



Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences

(Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi)

E-ISSN 2548-0006

JAES

AÇEH

30.09.2023

Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi

*Journal of Anatolian
Environmental and Animal Sciences*

Cilt/Volume 8 • Sayı/Number 3 • 2023



Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences

Cilt / Volume: 8, Sayı / Number: 3, Yıl / Year: 2023

(Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi)

Üç ayda bir yayımlanır / Published every three monthly.

E-ISSN: 2548-0006

JAES
AÇEH

Sahibi

Prof. Dr. Bülent VEREP(%50) & Prof. Dr. Fikri BALTA (%50)

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Baş Editör / Editor-in Chief

Prof. Dr. Bülent VEREP

Recep Tayyip Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü, Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, 53100 Rize, Türkiye

Baş Editör Yardımcıları / Co-Editor in Chief

Prof. Dr. Fikri BALTA

Prof. Dr. Turan YÜKSEK

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Hastalıklar Anabilim Dalı, Türkiye
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Bitki Materyali ve Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Türkiye

Editör Yardımcıları / Co-Editors

Prof. Dr. Nüket SIVRI, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi
Prof. Dr. Arzu Funda BAĞCIGİL, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veterinerlik Fakültesi
Prof. Dr. Alper ÇİFTÇİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Prof. Dr. Süleyman AKHAN, Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Tamer AKKAN, Giresun University, Fen-Edebiyat Fakültesi
Doç. Dr. Engin Derya GEZER, Karadeniz Teknik Ü, Orman Fakültesi

Editörler Kurulu / Editorial Boards

Prof. Dr. Ahmet ALP, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Prof. Dr. Athanasios KUNGOLOS, School of Engineering, Aristotle Univ. of Thessaloniki, Greece
Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Davut TURAN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Gökhan ABAY, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel San. Tas. ve Mim. Fakültesi
Prof. Dr. Gülay ÇİFTÇİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Prof. Dr. Iliia TSACHEV, Trakia University Faculty of Veterinary Medicine
Prof. Dr. İhsan AKYURT, Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi (Emekli Öğretim Üyesi)
Prof. Dr. İlkyay Erdoğan ORHAN, Gazi Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi
Prof. Dr. Jinho JUNG, Korea University Env. Sci. and Eco. Eng.
Prof. Dr. Şevki KAYIŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Levent BAT, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Mehmet Salih ÇELİKKALE, KTÜ Deniz Bilimleri Fakültesi (Emekli Öğretim Üyesi)
Prof. Dr. Muhammed TÜRKÖĞLU Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Deniz Bil. ve Tek. Fakültesi
Prof. Dr. Muhammed BORAN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN, Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Nadir Başçınar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Orhan Karşlı, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Prof. Dr. Önder YILDIRIM, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Ricardo PEREZ ENRIQUEZ, Genetica Acuicola Programa de Acuicultura Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste Mexico.
Prof. Dr. Semih ENGİN İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Şengül A. KARAOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Şenol AKIN, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Prof. Dr. Vagif ATAMOV, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Doç. Dr. Cengiz MUTLU, Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Doç. Dr. Emre ÇAĞLAK, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Ertan Emek ONUK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Doç. Dr. Ferhat KALAYCI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Doç. Dr. Huriye Arınan Karabulut, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. İlker Zeki KURTOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Serkan KORAL, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Mehmet AYDIN, Ordu Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Doç. Dr. Yusuf BEKTAŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Ertuğrul TERZİ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Christina EMMANOULI, Aristotle University of Thessaloniki School of Engineering
Dr. Tuba ERGÜL KALAYCI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

Bölüm Editörleri / Section Editors

Prof. Dr. Ali BİLGİN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Ahmet Mutlu GÖZLER, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Erol ÇAPKIN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Fatih İSLAMOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Nadir Başçınar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Ramazan SEREZLİ, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Serhat KÜÇÜKALİ, Çankaya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Prof. Dr. Temel ŞAHİN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi
Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN, Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO
Doç. Dr. Cemalettin BALTACI, Gümüşhane Üniversitesi, Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
Doç. Dr. Coşkun ERÜZ, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Doç. Dr. Ekrem Şanver ÇELİK, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bil. ve Tek. Fakültesi
Doç. Dr. Ayşegül ÇEBİ, Giresun Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
Doç. Dr. Fatih Şaban Beriş, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Doç. Dr. Hacer EMİRAL Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Doç. Dr. İlhan YANDI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi
Doç. Dr. Kenan GEDİK, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. M. Mustafa AKİNER Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Doç. Dr. Raşan Evren MAZLUM, , Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Tülay ÇAĞATAY, Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Ülgen AYATAN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Ahmet Raif ERYAŞAR, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Gülbin FIRIDİN GAZI ÜNİVERSİTESİ, Fen bilimleri enstitüsü, Çevre ABD.
Dr. Arzu AYDIN UNCUMUSAOĞLU, Giresun Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Dr. Şükrü ÖNALAN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Muhammed DUMAN, Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Dr. Erhan ÇİLOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi
Dr. Engin Derya GEZER, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi
Dr. Fatma Delihan SONAY, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Gökhan KALAYCI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Hakan KARAOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Koray ÖZSEKER, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü
Dr. Oğuz KURDOĞLU, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi
Dr. Ayşe DEMİRBAŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Münevver ORAL, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Öğ. Üyesi Salih KUMRU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Öğ. Üyesi Şafak KALINDAMAR, Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Dr. Ömer Lütfü ÇORBACI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel San. Tas. ve Mim. Fakültesi
Nimet Selda BAŞÇINAR, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü

Yönetim Yeri Adres / Address

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi,
Zihni Derin Yerleşkesi, Fener Mah., 53100, Rize / Turkey.

Tel: 90 464 223 33 85-1438 ve 1436

Fax: 90 464 223 41 18

İletişim: verepoglu@gmail.com, anatolianacademicciense@hotmail.com

Yayın Türü: Yaygın süreli ve hakemli

Yayın Tarihi: 30.09.2023

Tüm hakları saklıdır. Bu Derginin tamamı ya da Dergide yer alan bilimsel çalışmaların bir kısmı ya da tamamı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi sahibi yazılı izni olmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

İnternet Adreslerimiz / Web Addresses

http://dergipark.gov.tr/jaes



İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

	Makale Türü Article Type	Sayfa No Page No
Effect of Seasons on Fatty Acid Composition of <i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813 From Sinop Coast of the Black Sea	Research	
Karadeniz'in Sinop Sahilinden <i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813'ün Yağ Asidi Bileşimine Mevsimlerin Etkisi	Araştırma	247-254
Melek ERSOY KARAÇUHA, Ali KARAÇUHA & Gökhan YILDIZ		
Türkiye'de "Su Ürünleri" Alanında Hazırlanmış Doktora Tezlerinin Bibliyometrik Analizi (1979-2022)	Araştırma	
Bibliometric Analysis of Doctoral Theses in the Field of "Aquatic Product" in Türkiye (1979-2022)	Research	255-264
Hamdi AYDIN		
Diyabetes Mellitusta Fitoterapinin Etkisi	Derleme	
The Effect of Phytotherapy in Diabetes Mellitus	Review	265-272
Muhammed Taha KAYA & Tolga GÜVENÇ		
Kahramanmaraş merkezli depremden etkilenen kentlerde yer alan yeşil alanların coğrafi bilgi sistemleri ile deprem duyarlılığına göre konumsal/mekânsal analizi	Araştırma	
Spatial analysis of green areas located in affected cities by the Kahramanmaraş centered earthquake according to earthquake susceptibility with geographical information systems	Research	273-282
Ali Erdem ÖZÇELİK, Ömer Lütfü ÇORBACI & Turan YÜKSEK		
Histopathological evaluation of liver changes in rainbow trout after diethylnitrosamine (DEN) exposure	Research	
Dietilnitrozamin (DEN) uygulanan gökkuşağı alabalıklarında karaciğer değişikliklerinin histopatolojik değerlendirilmesi	Araştırma	283-290
Banu YARDIMCI, Ertan Emek ONUK & Gökmen Zafer PEKMEZCI		
Bitki Transplantasyon Uygulamaları: Rize Kenti Örneği	Araştırma	
Plant Transplantation Practices: The Case of Rize	Research	291-299
Ömer Lütfü ÇORBACI, Erdi EKREN & Ömür USTA		
The effect of press parameters on the physical and mechanical properties of cement-bonded particleboards produced from veneer wastes	Research	
Kaplama atıklarından üretilen çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine pres parametrelerinin etkisi	Araştırma	300-305
Uğur ARAS & Hüsnü YEL		
Karakaya baraj gölü'nde yaşayan <i>Arabibarbys grypus</i> (Heckel, 1843) (Şabut) popülasyonunun bazı büyüme özelliklerinin belirlenmesi	Araştırma	
Determination of some growth characteristics of <i>Arabibarbys grypus</i> (Heckel, 1843) (Shabut) population living in Karakaya dam lake	Research	306-312
Burhan CENGİZ, Engin ŞEKER & Ebru İfakat ÖZCAN		
Geçici hayvan bakımevleri için hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) örneği	Araştırma	
Example of failure modes and effects analysis (FMEA) for temporary animal shelters	Research	313-321
Evren ÇAĞLARER & Filiz ARICAK		
Mosquito Oviposition Detering and Larvicidal Effect of Cinnamaldehyde and Eugenol	Research	
Sinnamaldehyit ve Eugenolün Sivrisinek Yumurtlamasını Engelleme ve Larvisidal Etkisi	Araştırma	322-325
Harun ÇİMEN		
Giresun'da üretilen ballarda neonicotinoid kalıntı varlığının LC-MS/MS ile araştırılması	Araştırma	
Investigation of neonicotinoids insecticides with LC-MS/MS in honey produced in Giresun	Research	326-332
Seda Dicle KORKMAZ & Özlem KÜPLÜLÜ		
Effect of Natural Diatomite Different Sizes on Ammonia Adsorption in Aquarium Water	Research	
Farklı Boyutlardaki Doğal Diyatomitin Akvaryum Suyunda Amonyak Adsorpsiyonu Üzerine Etkisi	Araştırma	333-337
Dilek ŞAHİN, Meryem ÖZ & Ünal ÖZ		
The effect of depth of rice hulls litter on fattening performance, foot pad dermatitis, meat quality characteristics of broiler chicken	Research	
Etçi piliçlerde piriñ kabuğu altlık derinliğinin besi performansı, ayak taban yangısı ve et kalite özellikleri üzerine etkisi	Araştırma	338-344
Bülent TEKE & Gökhan İNAT		
Maun, Dut ve Kızılağaç Oduklarının Toprakta Geişen Çeşitli Zararlı Organizmalara Karşı Maruz Kalması Sonrasında Meydana Gelen Renk Özelliklerinin Belirlenmesi	Araştırma	
Determination of Color Properties of Mahogany, Mulberry and Alder Woods after Exposure to Various Harmful Organisms Growing in the Soil	Research	345-351
Göksel ULAY & Ümit AYATA		
Aras, Çoruh ve Doğu Karadeniz Havzalarındaki Yüksek Rakımlı Göllerde Fitoplankton Tür Kompozisyonu ve Biyokütlesi	Araştırma	
Phytoplankton Species Composition and Biomass in High Altitude Lakes in Aras, Çoruh and Eastern Black Sea Basins	Research	352-360
Tolga ÇETİN & Nilsun DEMİR		
Assessment of the Bioactivity of Zinc Nanoparticles Synthesized Using <i>Erica arborea</i> Plant	Research	
<i>Erica arborea</i> Bitkisi Kullanılarak Sentezlenen Çinko Nanopartiküllerin Biyoaktivitesinin Değerlendirilmesi.	Araştırma	361-366
Yılmaz KOÇAK & İsmet MEYDAN		
İntraselüler <i>Anoxybacillus amylolyticus</i> ksilanaz'ının klonlanması, saflaştırılması ve karakterizasyonu	Araştırma	
Cloning, Purification, and Characterization of Intracellular <i>Anoxybacillus amylolyticus</i> Xylanase	Research	367-373
Hakan KARAOĞLU & Züleyha AKPINAR		
Salmonidlerde besin kesesi tüketimine etki eden faktörler: Tür, sıcaklık, tuzluluk ve fotoperiyot	Derleme	
Factors Affecting of Yolk Sac Absorption in Salmonids: Species, Temperature, Salinity and Photoperiod.	Review	374-382
Nadir BAŞÇINAR & Fatma DELİHASAN SONAY		
Mutual Living with <i>Pomacea maculata</i> and Catfish and Their Benefits for Feeding	Research	
<i>Pomacea maculata</i> ile Cüce Vatoz Balığının Ortak Yaşamı ve Beslenme Açısından Faydaları	Araştırma	383-387
Nilay SEYIDOĞLU, Cetin YAGCILAR & Deniz KARAKCI		
Natural Heritages of The Southeast Black Sea Mountains: Ağaçaş, Barma and Yılandaş High Altitude Peatlands, Trabzon, Türkiye	Research	
Doğu Karadeniz Dağlarının Doğal Mirasları: Ağaçaş, Barma ve Yılandaş Yüksek Rakım Turbalıkları, Trabzon, Türkiye	Araştırma	388-393
Coskun ERUZ		
Synthesis of Environmentally Friendly Carbon Nano Fibers with Methanol by Using CVD Technique	Research	
Çevre Dostu Karbon Nano Fiberlerin KBB Tekniği Kullanılarak Metanol ile Sentezlenmesi	Araştırma	394-397
Melek CUMBUL ALTAY		
Ayır Prepusyonunun Bakteriye Mikrobiyolojisinin Araştırılması	Araştırma	
Investigation of the Bacterial Microflora of Stallion Preputium	Research	398-401
Eser AKAL, Burcu ESİN, Merve Gizem SEZENER, Volkan ERGUDEN & Arzu FINDIK		
Çeşitli Kimyasal Reaktifler Kullanılarak Koyun Gübresinden Süper Aktif Karbon Üretimi	Araştırma	
Production of Super Activated Carbon from Sheep Manure Using Various Chemical Reagents	Research	402-410
Mehmet Fatih DİLEKOĞLU & Mazlum YAPICI		
Faunistic Contributions on the Subfamily Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) in Türkiye	Research	
Türkiye'deki Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) Altfamilyası Üzerine Faunistik Çalışmalar	Araştırma	411-414
Semih ÖRGEL		
Deniz Deşarjından Yatay Deşarj Edilmiş Tekil Soğuk Su Jetlerinin Çarpma Noktası Seyrelmesinin US EPA Visual Plumes-UM3 Modeli ile İncelenmesi	Araştırma	
Investigation of Impact Point Dilution of Horizontally Discharged Singular Cold Water Jets from Marine Outfall Using by US EPA Visual Plumes-UM3 Model	Research	415-420
Uğur Emre TEMELLİ, Naim SEZGİN, Bilge ÖZDOĞAN CUMALI & Semih NEMLİOĞLU		
Altın İşleme Atık Suyundan Mezogözenekli SiO ₂ Destekli Altın Nanopartiküllerinin Sentezi	Araştırma	
Synthesis of Mesoporous SiO ₂ -Supported Gold Nanoparticles from Gold Processing Wastewater	Research	421-427
Fatma ULUSAL		

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

	Makale Türü	Sayfa No
	Article Type	Page No
Spatial Variation of the Body Condition and Growth Type of Endemic and Introduced Fish Species in the Düden Stream (Antalya, Türkiye) Düden Çayı'ndaki (Antalya, Türkiye) Endemik ve Aşılansız Balık Türlerinin Vücut Kondisyonu ve Büyüme Tiplerinin Mekansal Değişimi Nehir KAYMAK, Elif ACAR, Can Mert GÖREN & Mustafa GÜRDAL	Research Araştırma	428-434
Determining the Effect of Forest Fires on Soil Loss Using RUSLE and a New Approach: The Case of Çınarınar Forestry Enterprise/Türkiye Orman Yangınlarının Toprak kaybı üzerindeki etkisinin RUSLE ve Yeni Bir Yaklaşım Kullanılarak Belirlenmesi: Çınarınar Orman İşletme Şefliği Örneği/Türkiye. Hürem DUTAL	Research Araştırma	435-448
Immunity-Related Enzyme Gene Interactions in <i>Archocentrus centrarchus</i> Infected with <i>Lactococcus garvieae</i> <i>Lactococcus garvieae</i> ile Enfekte <i>Archocentrus centrarchus</i> 'ta Bağışıklıkla İlişkili Enzim Gen Etkileşimleri Ertuğrul KANKAYA & Şükür ÖNALAN	Research Araştırma	449-455
Ecological and Health Risk Assessment in Surface Sediments of the Berdan River Basin (Mersin-Türkiye) Berdan Nehri Yüzeysel Sedimanlarında Ekolojik ve Sağlık Riski Değerlendirmesi (Mersin-Türkiye) İsmail AKÇAY & Özgür ÖZBAY	Research Araştırma	456-466
Mısır Silajına Alternatif Olarak Sorgum ve Ryegrass Silajlarının Değerlendirilmesi Evaluation of Sorghum and Ryegrass Silage as Alternatives to Corn Silage Alparslan Mutluhan TÜREDİ & İbrahim Sadi ÇETİNGÜL	Derleme Review	467-473
Evaluation of the Water Quality of Kura-Aras River Basins, Transboundary Rivers of Türkiye, According to Some Biotic Indices Türkiye'nin Sınırtaşın Akarsularından Kura-Aras Nehir Havzaları Su Kalitesinin Bazı Biyotik İndekslerle Göre Değerlendirilmesi Hazel BAYTAŞOĞLU	Research Araştırma	474-483
Farklı Işık Yoğunluğunun Diploid ve Triploid Çoruh Alabalığı (<i>Salmo Coruhensis</i>) Larvalarının Besin Kesesi Tüketimi Üzerine Etkisi Effect of Different Light Intensity on Yolk Sac Consumption of Diploid and Triploid Larvae of Coruh Trout (<i>Salmo coruhensis</i>) Mete TUZCU & Fatma DELİHASAN SONAY	Araştırma Research	484-491
An Empirical Comparison of Sex Ratio, Condition Factor, and Length-Weight Relationships in Commercial Catch of Mediterranean Horse Mackerel from the Sea of Marmara, the Middle and Eastern Black Sea Marmara Denizi, Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz'den Ticari Av Kompozisyonundan Örneklenen İstavrit Balığı (<i>Trachurus mediterraneus</i>)'nin Cinsiyet Oranı, Kondisyon Faktörü ve Boy-Ağırlık İlişkisinin Ampirik Karşılaştırması Ömerhan DÜRRANİ	Research Araştırma	492-499
Examining the Relationship Between the Socio-Demographic Characteristics of Park Visitors and Park Use by Nonlinear Canonical Correlation Analysis: The Case Study of Konya Park Ziyaretçilerinin Sosyo-Demografik Özellikleri ile Park Kullanımı Arasındaki İlişkinin Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi ile İncelenmesi: Konya Örneği Nurgül ARISOY	Research Araştırma	500-506
Kentsel Kıyı Alanlarının Jeomorfolojik Yaklaşımla İncelenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı: İskenderun Örneği Use of Geographical Information Systems in Geomorphological Analysis of Urban Coastal Areas: The Case of Iskenderun Onur GÜNGÖR & Gülay TOKGÖZ	Araştırma Research	507-514
An Eco-philosophical and A Phenomenological Journey in William Wordsworth's <i>The Prelude</i> <i>William Wordsworth</i> 'ün <i>The Prelude</i> 'unda Eko-felsefi ve Fenomenolojik Bir Yolculuk Seher ÖZSERT	Art & Lit. San. & Ed.	515-525
Kentlerde Kuş Göç Yolları Üzerindeki Biyoçeşitliliğin Peyzaj Tasarım Uygulamaları ile Desteklenmesi: Çankırı Örneği Promoting Biodiversity on Bird Migration Routes in Cities with Landscape Design Practices: The Case of Çankırı Pelin ŞAHİN KÖRMEÇLİ & Kevser Sena CEYLAN	Araştırma Research	526-535
Investigations of Spatial and Temporal Land Use/Land Cover Changes in Trabzon Province (1990-2018) Using CORINE Maps and Landscape Metrics Trabzon İlinin Mekansal ve Zamansal Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimlerinin (1990-2018) CORINE Haritaları ve Peyzaj Metrikleri Kullanılarak İncelenmesi Tuğba ÜSTÜN TOPAL & Sultan Sevinç KURT KONAKOĞLU	Research Araştırma	536-546
Comparison of Nutritional Composition, Mineral and Heavy Metal Content of Rainbow Trout from Different Aquaculture Systems Farklı Akuakültür Sistemlerinde Yetiştirilen Gökkuşluğu Alabalıklarının Besin Kompozisyonu Mineral Madde ve Ağır Metal İçeriklerinin Tespiti Bilgen BAŞKAYA, Mehmet ÇELİK, Ali Eslem KADAK & Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ	Research Araştırma	547-553
Evaluation of Methods for the Acceptance of the Artificially Inseminated Queen Bee to the Colony Sunı Tohumlanan Kraliçe Arının Koloniyeye Kabulü İçin Yöntemlerin Değerlendirilmesi Arda Onur ÖZKÖK	Research Araştırma	554-558
Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyısında Bulunan Ağyatan (Hurma Boğazı) Lagününde Yakalanan Türlerin Av Kompozisyonu ve Av Verimi Catch Composition and Catch Yield of Species Caught from Ağyatan Lagoon on the Eastern Mediterranean Coast of Turkey Ferhat BÜYÜKDEVECİ	Araştırma Research	559-567
ERRATUM/DÜZELTME		
A New Trout Species from Southern Marmara Sea Drainages (Teleostei: Salmonidae) Marmara Denizi'nin Güney Drenajından Yeni Bir Alabalık Türü (Teleostei: Salmonidae) Davut TURAN & Sadi AKSU	Erratum Düzeltilme	568-575



Effect of Seasons on Fatty Acid Composition of *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813 From Sinop Coast of the Black Sea

Melek ERSOY KARAÇUHA^{1*} Ali KARAÇUHA² Gökhan YILDIZ²

¹Sinop University, Faculty of Health Sciences, 57000 Sinop, Türkiye

²Sinop University, Fisheries Faculty, 57000 Sinop, Türkiye

Geliş/Received: 18.02.2023

Kabul/Accepted: 24.07.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Ersoy Karacıha, M., Karacıha, A. & Yıldız, G. (2023). Effect of Seasons on Fatty Acid Composition of *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813 From Sinop Coast of the Black Sea. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 247-254. <https://doi.org/10.35229/jaes.1252795>
Atf yapmak için: Ersoy Karacıha, M., Karacıha, A. & Yıldız, G. (2023). Karadeniz'in Sinop Sahilinden *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813'ün Yağ Asidi Bileşimine Mevsimlerin Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 247-254. <https://doi.org/10.35229/jaes.1252795>

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-6210-9624>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-2123-0871>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0419-9964>

*Corresponding author's:
Melek ERSOY KARAÇUHA
Sinop University, Faculty of Health Sciences,
57000 Sinop, Türkiye
✉: melekeryoy57@hotmail.com

Abstract: The aim of this study was to determine the fatty acid profile of *Laurencia obtusa* collected from the Sinop coast. The fatty acids profile were analyzed by GC/MS and their seasonal variation was studied. Along the sampling, it was identified 36 different fatty acids in *L. obtusa*. During the research, it was determined that the most abundant fatty acid was palmitic acid with values ranging from 33.78±1.03% in autumn to 44.51±1.70% in summer. At the end of the study, it was determined that the season in which *L. obtusa* was richest in terms of PUFA and SFA contents was spring and in terms of MUFA content was autumn. In addition, in this study, it has been determined that the PUFA/SFA ratio in *L. obtusa* varied between 0.10% and 0.23% from winter to summer, and the total n-6/n-3 PUFA ratio changed between 1.14% and 2.37% from summer to autumn. It was determined that the atherogenicity index (AI) value changed between 1.75 and 1.97 from autumn to summer, and the thrombogenicity index (TI) value changed between 1.58 and 2.22 from winter to autumn. As a result of the research, it was revealed that the seasons have a significant effect on the fatty acid profile.

Keywords: Black sea, fatty acid, GC/MS, macroalgae, *Laurencia obtusa*, PUFA.

Karadeniz'in Sinop Sahilinden *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813'ün Yağ Asidi Bileşimine Mevsimlerin Etkisi

*Sorumlu yazar:
Melek ERSOY KARAÇUHA
Sinop Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi,
57000 Sinop, Türkiye
✉: melekeryoy57@hotmail.com

Öz: Bu çalışmanın amacı, Sinop sahilinden toplanan *Laurencia obtusa*'nın yağ asidi profilini belirlemektir. Yağ asitleri profili GC/MS ile analiz edilmiş ve mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Örnekleme boyunca *L. obtusa*'da 36 farklı yağ asidi tespit edilmiştir. Araştırmada kış mevsiminde %33,78±1,03 ile sonbahar mevsiminde %44,51±1,70 arasında değişen değerlerle en bol bulunan yağ asidinin palmitik asit olduğu belirlendi. Çalışma sonunda *L. obtusa*'nın PUFA ve SFA içerikleri bakımından en zengin olduğu mevsimin ilkbahar, MUFA içeriği bakımından ise sonbahar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada *L. obtusa*'daki PUFA/SFA oranının kıştan yazda doğru %0,10 ile %0,23 arasında değiştiği ve toplam n-6/n-3 PUFA oranının ise yazdan sonbahara doğru %1,14 ile %2,37 değiştiği belirlenmiştir. Aterojenite indeksi (AI) değerinin sonbahardan yazda 1,75 ile 1,97 arasında değiştiği bununla birlikte trombojenite indeksi (TI) değerinin ise kıştan sonbahara 1,58 ile 2,22 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Araştırma sonucu mevsimlerin yağ asidi profili üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Karadeniz, yağ asiti, GC/MS, makroalg, *Laurencia obtusa*, PUFA.

INTRODUCTION

Macroalgae which are containing abundant essential nutrients especially trace elements and some other

bioactive substances play important ecological, biological and environmental roles in coastal environments (Guerry et al., 2009; Carneiro et al., 2014; Olsson et al., 2020). The macroalgae nutritional content is generally rich in

carbohydrates but low in lipids and proteins (Holdt & Kraan, 2011; Neda et al., 2014; Olsson et al., 2020), however contains high amounts of polyunsaturated fatty acids (PUFA), which are highly essential for feeding (Susanto et al., 2016; Paiva et al., 2017). However, the algal contents changes widely in response to various factors, such as temperature, seasonal distribution, pH, life cycle, light, environmental factors, and geographic location (Mansilla & Avila, 2011; Paiva et al., 2017; Barbosa et al., 2020; Seca et al., 2018; Cavaco et al., 2021; Pereira et al., 2021). In addition, studies have revealed that adverse environmental conditions often cause changes in the lipid and unsaturated fatty acid ratios of algae (Guschina & Harwood, 2006; Martins et al., 2016).

There are many studies on the biochemical and nutritional contents of seaweeds in many different regions (Ginneken et al., 2011; Ivanova et al., 2013; Kendel et al., 2015; Panayotova, 2017; Belattmania et al., 2018; Berik & Çankırlıgil, 2019; Berneira et al., 2020; Biris-Dorhoi et al., 2020). Very few studies to date have examined seasonal changes in fatty acids and lipid classes in algae at the same time (Nelson et al., 2005; Schmid et al., 2014), and all seasons have not been compared. Sinop coasts of the Black Sea is rich in algal biomass. However, there is a few study about the fatty acid profiles of macroalgae in literature (Durmaz et al., 2008; Yazıcı et al., 2008; Polat & Ozogul, 2008; Uslu et al., 2013; Turan et al., 2015; Akgül et al., 2015; Pabuçcu et al., 2018; Caf et al., 2015; 2019; Aras & Sayın, 2020) from Turkey. Therefore, the aim of this study is to determine the seasonal changes in the fatty acid profile of *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813, which is distributed along the coasts of the Sinop Peninsula.

MATERIAL AND METHOD

This study was carried out at four stations (Hamsilos, Akliman, Karakum and DSİ) in Sinop Peninsula coast (Figure 1). The red alga *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813 samples were collected in 2014 from rocky shores by scuba diving at depth of 0 and 1 meters, seasonally. Macroalgae samples were transferred to the laboratory for identification. For taxonomic categorizations of the species, has been looked at www.algaebase.org (Guiry & Guiry, 2023). In the laboratory, samples were separated from foreign materials (epiphytes, animals, sand), and were washed with distilled water and excess water was absorbed on blotter and then dried in an oven at 60°C for 48 hours (Zhuang & Zhang, 2001; Moustafa & Batran, 2014; Yeşilova et al., 2017). The dried algae samples were dustered by pounding and stored at -20°C till the analysis. After the sampling period was completed, the analysis of the samples were carried out without waiting too long. For the analysis, 0.5 grams of each sample was used.

Lipid extraction: Lipid extracts were prepared according to Bligh & Dyer (1959), using a mixture of chloroform and methanol. The extracted algal lipid was then transesterified to fatty acid methyl esters (FAME) according to Ichihara et al. (1996). For this process, lipid samples were derivatized into methyl esters in a gas chromatography device (Thermo Scientific Trace 1310). In this process, 0.25 g of extracted oil was taken and dissolved by adding 4 ml of heptane, and then 0.4 ml of 2N KOH was added. This mixture was then vortexed for 2 minutes followed by centrifugation at 5000 rpm for 5 minutes. After centrifugation, 1.5-2 ml of clear heptane phase was taken and transferred to glass tubes and GC/MS analysis was performed. Samples were injected into the device with the help of the autosampler (Autosampler AI 1310).



Figure 1. Sam pling area (Google Maps).

Fatty acid profile: Samples were analyzed by Thermo Scientific ISQ LT model GC/MS gas chromatography mass spectrometry. A 60 m long Trace Gold TG-WaxMS capillary column (Thermo Scientific code: 26088-1540) with an inner diameter of 0.25 µm and a film thickness of 0.25 µm was used for this analysis. The injection block temperature was set to 240°C. The temperature of the column was programmed to remain constant at 100 °C for 3 minutes, then increase to 240 °C in increments of 4 °C/min. A separation ratio of 1:20 was applied using helium gas (1 ml/min) at constant flow as the carrier gas. MS unit (ISQ LT) was used in electron ionization mode (70 eV). Fatty acids were identified by comparing the standard FAME (fatty acid methyl ester) mixture of 37 components according to their arrival time. All analyzes were always done in triplicate.

Lipid quality: To evaluate the lipid quality of the samples and their effects on coronary heart disease risk factors, atherogenicity [AI] and thrombogenicity [TI] indices were calculated according to the method of Ulbricht & Southgate (1991).

Atherogenicity Index (AI) formula is:

$$AI = \frac{C12 : 0 + (4 \times C14 : 0) + C16 : 0}{\Sigma n - 3 \text{ PUFA} + \Sigma n - 6 \text{ PUFA} + \Sigma \text{MUFA}}$$

Thrombogenicity Index (TI) formula is:

$$TI = \frac{C14 : 0 + C16 : 0 + C18 : 0}{(0.5 \times \Sigma \text{MUFA}) + (0.5 \times \Sigma n - 6 \text{ PUFA}) + (3 \times \Sigma n - 3 \text{ PUFA}) + (n - 3/n - 6)}$$

Statistical analyses: Analysis of variance (one-way ANOVA) and then Tukey's multiple comparison test were used to determine seasonal differences in the fatty acid profile of the research material, and calculations were made with the SPSS package program (version 24.0). The contribution (percentage) of each fatty acid was taken into account during the calculations. Principal components analysis (PCA) was conducted among the main classes of fatty acids (MUFA, SFA, and MUFA) and sampling periods.

RESULTS

Fatty acid profile of *L. obtusa* expressed as percentage of total fatty acid (FA, dry weight (% of DW) are presented in Table 1. At the end of this study, it was determined 36 different fatty acids (FAs), from C4 to C22 in *L. obtusa* samples. The percentage of the total lipid content of *L. obtusa* showed wide fluctuations, and the total lipid fraction extracted changed between 0.01% DW (C20:3n3c eicosatrienoic acid) to 44.51% DW (palmitic acid). Palmitic acid was the most dominant fatty acid in all seasons, with values ranging from 33.78±1.03% in autumn to 44.51±1.70% in summer. The obtained fatty acids profiles determined to be qualitatively and quantitatively different among the seasons (Table 1, Figure 2). It was determined that the total content of SFA, MUFA and PUFA in *L. obtusa* varied seasonally during the sampling period. The higher contents of Σ SFA and Σ PUFA obtained in spring (61.95%

and 14.18%, respectively), but Σ MUFA in autumn (34.84%) (Figure 2).

The major FAs detected in *L. obtusa* were palmitic acid (C16:0), elaidic acid (C18:1 n-9cis), myristic acid (C14:0), stearic acid (C18:0), palmitoleic acid (C16:1), and linoleic acid (C18:2n6c), respectively, which together accounted for mean 80.18% of total fatty acid (TFA) (Table 1). The major fatty acid was palmitic acid (C16:0) from SFAs in the all season. Elaidic acid (C18:1 n-9cis) was the second abundant fatty acid belongst to MUFA. The fatty acid compositions of *L. obtusa* ranged from 59.37±0.57 to 61.94±0.23% saturated (SFAs), from 23.88±0.15 to 34.84±0.38% monounsaturated (MUFAs) and from 5.76±0.20 to 14.18±0.36% polyunsaturated fatty acids (PUFAs) (Table 1, Figure 2).

Statistically significant differences were found among all seasons in the fatty acid profile of *L. obtusa* (ANOVA, Tukey, P < 0.05). Significant amounts of palmitic acid and elaidic acid were obtained from *L. obtusa* throughout this study, and statistically significant differences were found between seasons (ANOVA, Tukey, P < 0.05). It was determined that the summer and winter samples for palmitic acid were significantly different from the autumn and spring samples. However, for elaidic acid, it was determined that the summer and winter samples were significantly different from the spring and autumn samples (Table 1).

Table 1. Seasonal changes in fatty acid profile and nutritional indices of *L. obtusa*

Fatty acid (%)	SEASONS			
	Spring	Summer	Autumn	Winter
C4:0	1.93 ± 0.03 ^a	1.07 ± 0.08 ^c	0.31 ± 0.02 ^d	1.27 ± 0.04 ^b
C6:0	0.12 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.02 ^{ab}	0.09 ± 0.00 ^b	0.10 ± 0.01 ^{ab}
C8:0	0.77 ± 0.10 ^a	0.37 ± 0.09 ^b	0.08 ± 0.01 ^c	0.32 ± 0.04 ^b
C10:0	0.10 ± 0.01 ^{ab}	0.05 ± 0.01 ^b	0.07 ± 0.02 ^{ab}	0.11 ± 0.03 ^a
C11:0	0.10 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^{bc}	0.04 ± 0.01 ^c	0.08 ± 0.01 ^{ab}
C12:0	0.16 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.02 ^a	0.12 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.02 ^{ab}
C13:0	0.04 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.02 ^a	0.05 ± 0.01 ^a
C14:0	7.90 ± 0.06 ^a	8.01 ± 0.53 ^a	7.94 ± 0.25 ^a	7.21 ± 0.20 ^a
C15:0	0.55 ± 0.03 ^d	0.62 ± 0.03 ^c	0.96 ± 0.03 ^a	0.73 ± 0.01 ^b
C16:0	40.17 ± 0.39 ^b	44.51 ± 1.70 ^a	38.78 ± 1.03 ^b	43.43 ± 0.45 ^a
C17:0	0.24 ± 0.01 ^{ab}	0.13 ± 0.04 ^b	0.14 ± 0.11 ^{ab}	0.31 ± 0.04 ^a
C18:0	6.94 ± 0.04 ^a	3.93 ± 1.41 ^b	8.26 ± 0.16 ^a	4.63 ± 0.05 ^b
C20:0	0.10 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.10 ^a	0.10 ± 0.03 ^a	0.13 ± 0.04 ^a
C21:0	0.12 ± 0.03 ^b	0.47 ± 0.06 ^a	0.11 ± 0.04 ^b	0.19 ± 0.02 ^b
C22:0	0.44 ± 0.05 ^{ab}	0.43 ± 0.10 ^{ab}	0.75 ± 0.08 ^a	0.29 ± 0.21 ^b
C23:0	0.12 ± 0.02 ^a	0.10 ± 0.05 ^a	0.17 ± 0.13 ^a	0.07 ± 0.02 ^a
C24:0	2.15 ± 0.44 ^a	0.90 ± 0.67 ^a	1.37 ± 0.61 ^a	1.14 ± 0.27 ^a
C14:1	0.25 ± 0.01 ^a	0.65 ± 0.01 ^a	0.54 ± 0.01 ^b	0.38 ± 0.02 ^c
C15:1	0.08 ± 0.02 ^a	0.11 ± 0.02 ^a	0.14 ± 0.02 ^a	0.10 ± 0.05 ^a
C16:1	4.98 ± 0.02 ^c	7.55 ± 0.47 ^a	5.63 ± 0.01 ^b	4.92 ± 0.05 ^c
C17:1	0.84 ± 0.03 ^b	1.85 ± 0.32 ^a	0.23 ± 0.10 ^c	1.02 ± 0.08 ^b
C18:1 n-9c	10.22 ± 0.09 ^c	11.26 ± 0.49 ^b	22.34 ± 0.30 ^a	11.81 ± 0.06 ^b
C18:1 n-9t	3.17 ± 0.04 ^a	3.90 ± 1.27 ^a	3.42 ± 0.04 ^a	4.36 ± 0.13 ^a
C18:2 n-6t	0.04 ± 0.02 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.05 ^a
C20:1	0.36 ± 0.03 ^c	0.29 ± 0.01 ^c	1.08 ± 0.06 ^a	0.52 ± 0.05 ^b
C22:1 n-9	0.64 ± 0.15 ^b	1.26 ± 0.07 ^a	0.50 ± 0.28 ^b	0.52 ± 0.16 ^b
C24:1	2.83 ± 0.11 ^a	1.13 ± 0.06 ^c	0.73 ± 0.11 ^d	1.91 ± 0.19 ^b
C18:2 n-6c(LIN)	7.75 ± 0.06 ^a	3.45 ± 0.29 ^c	2.92 ± 0.03 ^d	6.18 ± 0.04 ^b
C18:3 n-3(ALA)	0.74 ± 0.11 ^b	1.61 ± 0.43 ^a	0.61 ± 0.07 ^b	0.96 ± 0.04 ^b
C18:3 n-6(GLA)	0.47 ± 0.03 ^{ab}	0.58 ± 0.13 ^a	0.21 ± 0.08 ^c	0.29 ± 0.05 ^{bc}
C20:2	0.21 ± 0.03 ^{ab}	0.21 ± 0.02 ^{ab}	0.19 ± 0.03 ^b	0.29 ± 0.04 ^a
C20:3 n-3	0.03 ± 0.00 ^a	n.d.	0.01 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^a
C20:3 n-6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C20:4 n-6(ARA)	1.40 ± 0.16 ^a	1.44 ± 0.07 ^a	0.78 ± 0.13 ^b	1.66 ± 0.20 ^a
C20:5 n-3(EPA)	2.54 ± 0.09 ^b	2.59 ± 0.36 ^b	0.82 ± 0.01 ^c	4.42 ± 0.07 ^a
C22:2	0.18 ± 0.05 ^a	0.21 ± 0.15 ^a	0.23 ± 0.05 ^a	0.07 ± 0.02 ^a
C22:6 n-3 (DHA)	1.36 ± 0.12 ^a	0.70 ± 0.04 ^b	0.21 ± 0.04 ^d	0.32 ± 0.08 ^c
Σ SFA	61.94 ± 0.23 ^a	61.12 ± 0.30 ^{ab}	59.37 ± 0.57 ^a	60.19 ± 0.42 ^{bc}
Σ MUFA	23.88 ± 0.15 ^d	28.66 ± 0.81 ^b	34.84 ± 0.38 ^a	25.91 ± 0.31 ^c
Σ PUFA	14.18 ± 0.36 ^a	10.21 ± 0.60 ^b	5.76 ± 0.20 ^c	13.91 ± 0.13 ^a
AI	1.88	1.97	1.75	1.82
TI	1.76	1.73	2.22	1.88

Data as represented as a percentage of the total FAME (fatty acid methyl ester) content and presented as mean values of triplicate±SD (n=3), the superscript letters "a-d" in the same line differ significantly at P < 0.05 (ANOVA, Tukey HSD).

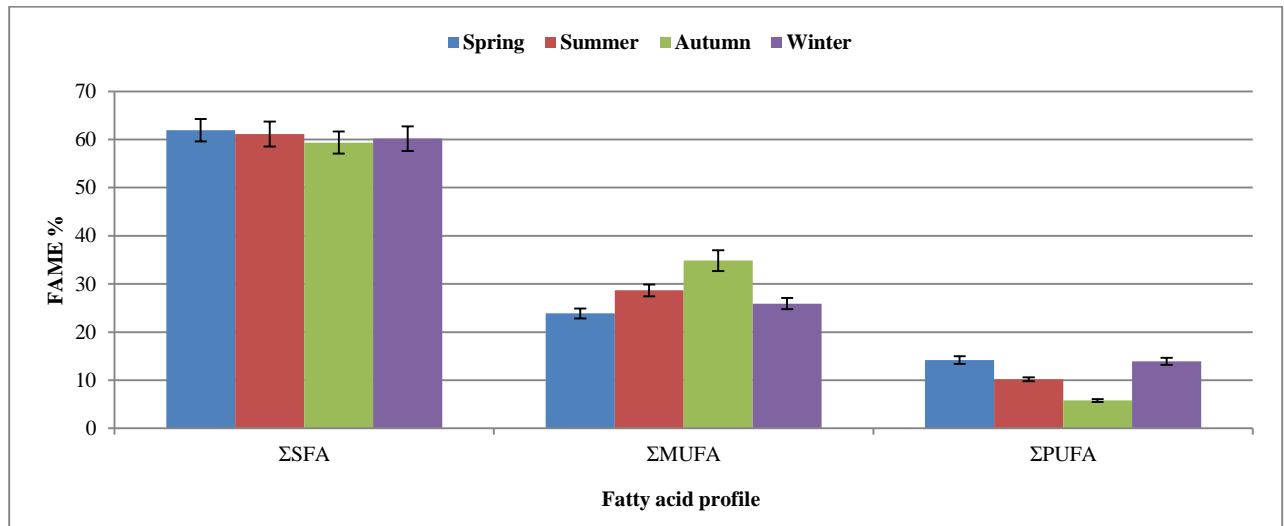


Figure 2. Seasonal ratios of main fatty acid groups (% FAs) in *L. obtusa*.

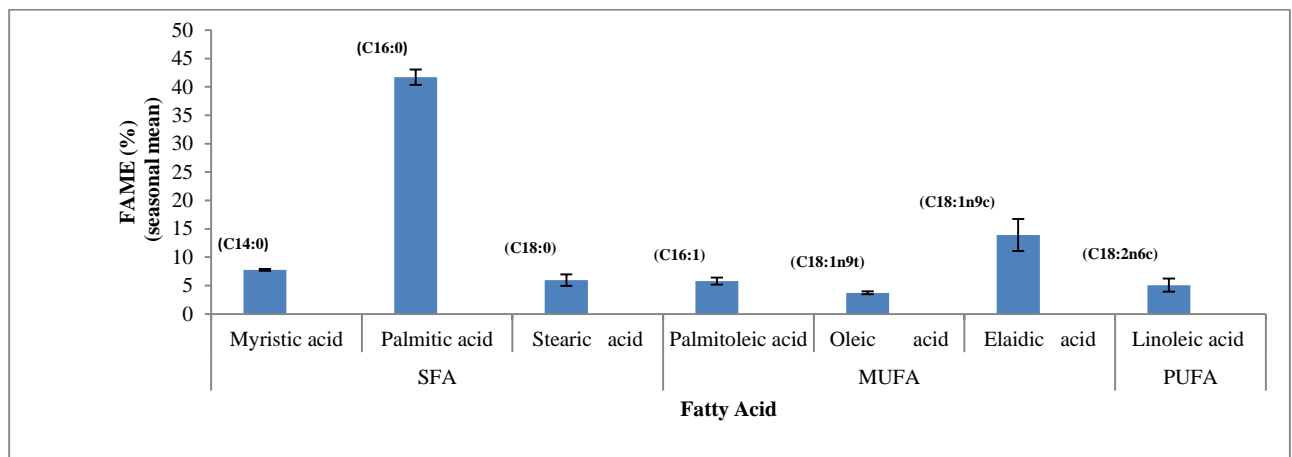


Figure 3. Comparison of the most abundant fatty acids of *L. obtusa* (FAME%, mean of seasons).

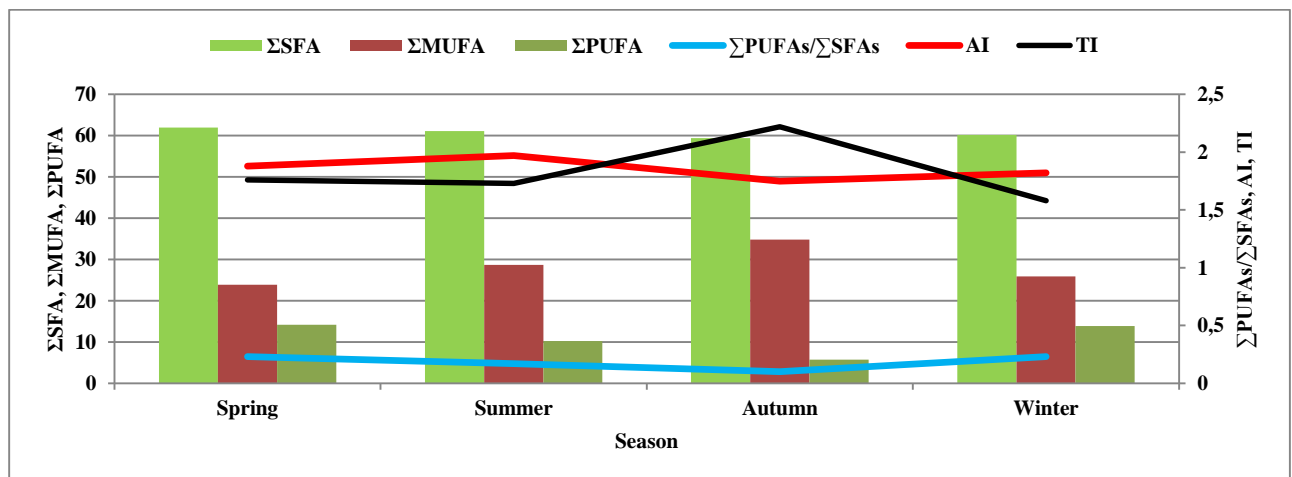


Figure 4. Comparison of saturated fatty acids (SFA), polyunsaturated fatty acids (PUFA), monounsaturated fatty acids (MUFA), Σ PUFA/ Σ SFA, AI and TI ratios of *L. obtusa* during the sampling period (n = 3).

The predominant fatty acids in this study were found to be saturated fatty acids (SFAs), which contain 4 or 24 carbons (Table 1, Figure 2). Elaidic acid (C18:1. n-9cis) was the most abundant MUFA, representing $22.34 \pm 0.30\%$ of total FAME especially in the autumn. On

the other hand, linoleic acid (C18:2 n-6c) was the major PUFA (Table 1, Figure 3).

It was determined that the PUFA/SFA ratio in *L. obtusa* examined in this study varied between 0.10% and 0.23% from winter to summer (Table 2). In addition, the

total n-6/n-3 PUFAs ratio of *L. obtusa* was found to be greater than 1 and ranged from 1.14 (summer) to 2.37 (autumn) (Table 2). As for the n6/n3 PUFAs ratio, the production of n-3 and n-6 also seemed to present seasonal variations. The amounts of the n-3 PUFA ranged between 1.65±0.10% (autumn) and 5.71±0.12% (winter), while the n-6 PUFAs were verified, between 3.90±0.03% (autumn) and 9.62±0.19% (spring) (Table 2, Figure 3 and 4).

The atherogenicity index (AI) and thrombogenicity index (TI) relating to nutritional factors linked with coronary diseases were calculated from the FA profiles of *L. obtusa* and are summarized in Table 1 and Figure 4. AI was determined to changed 1.75 (in autumn) to 1.97 (in summer), TI was 1.58 (in winter) to 2.22 (in autumn).

Table 2. Seasonal distribution of fatty acid ratios in *L.obtusa* to main groups (given as mean±SD % of total FAME) (n=3).

Group and ratios of fatty acids	Spring	Summer	Autumn	Winter
ΣSFAs	61.94±0.23 ^a	61.12±0.30 ^{ab}	59.37±0.57 ^c	60.18±0.42 ^{bc}
ΣMUFAs	23.88±0.15 ^d	28.66±0.81 ^b	34.84±0.38 ^a	25.91±0.31 ^c
ΣPUFAs	14.18±0.36 ^a	10.22±0.60 ^b	5.79±0.20 ^c	13.91±0.13 ^a
ΣPUFAs/ΣSFAs	0.23±0.01 ^a	0.17±0.01 ^b	0.10±0.00 ^c	0.23±0.00 ^a
Σn-6 PUFA	9.62±0.19 ^a	5.47±0.36 ^b	3.90±0.03 ^c	8.13±0.24 ^d
Σn-3 PUFA	4.64±0.22 ^b	4.91±0.77 ^{ab}	1.65±0.10 ^c	5.71±0.12 ^a
n-6/n-3	2.07±0.06 ^a	1.14±0.27 ^b	2.37±0.13 ^a	1.42±0.06 ^b

The superscript letters "a-d" in the same line differ significantly at P < 0.05 (ANOVA, Tukey HSD).

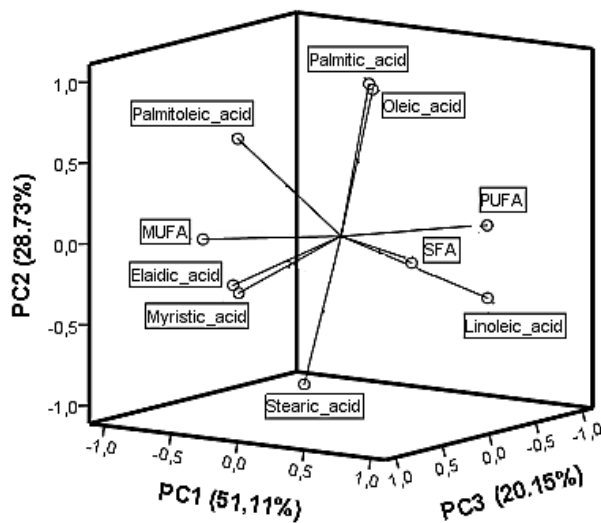


Figure 5. Results of loading plot of multivariate analysis (PCA).

Principal Components Analysis (PCA) was conducted to seasonally evaluate the relationship among the 7 fatty acids (myristic acid, palmitic acid, elaidic acid,

palmitoleic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid) with the highest FA ratio and the total SFA, MUFA, PUFA components. PCA analysis described 99.98% of the total variance, including PC1 (principal component 1, PC2 (principal component 2), and PC3 (principal component 3) (Figure 5). The opposite positions of total PUFA-SFA-linoleic acid and total MUFA-elaidic on the plot explained their inverse correlation with 51.11% of total variation in PC1, while the opposite positions of palmitic acid-oleic acid and stearic acid described in PC2 with 28.73%. The third component (PC3) accounted for 20.15% of total variation with the opposite position of myristic acid/palmitoleic acid

DISCUSSION

Thirty-six components were identified with varying amounts in *L. obtusa* studied in terms of fatty acid composition and were determined that saturated fatty acids (SFA) in abundance (Table 1, Figure 2). This result was consistent with previous studies (Caf et al., 2019; El-Shenody et al., 2019; Farghl et al., 2021), where SFAs were found to be the dominant in *L. obtusa*. It was also determined that the ratio of the fatty acid profile changed significantly (p<0.05) along the seasons (Table 1).

In the present study, the highest PUFA and SFA ratio of *L. obtusa* was found in spring, while the highest MUFA ratio was in autumn. Similarly, Nelson et al., (2005) reported that the total macroalgal lipid content increased from winter to spring and decreased in summer. The results of our research showed lower SFA but higher MUFA and PUFA compared to the findings of other studies with *L. obtusa* (El-Shenody et al., 2019; Farghl et al., 2021). However, the results of our study, compared to the findings of another study with *L. obtusa* on the Mediterranean and Black sea coasts, showed higher SFA and MUFA but lower PUFA (Uslu et al., 2013; Caf et al., 2019) (Table 3). Studies have suggested that these variations may be due to various factors such as temperature, age, habitats and environment (Colombo et al., 2006; Zubia et al., 2007; Peng et al., 2015; Farghl et al., 2021). As a matter of fact, the differences among the macroalgae samples obtained from the Sinop coast and the FA profile obtained from similar studies are thought to be due to these reasons.

Table 3. The fatty acids, PUFA/SFA, n-6/n-3 ratios of *Lauencia* spp. in comparison with the current study.

	Red Sea (El-Shenody et al., 2019)	Red Sea (Farghl et al., 2021)	Mediterranean (Caf et al., 2019)	Black Sea (Uslu et al., 2013)	Our study (mean)
SFA	75.6	69.62	48.42	25.24	60.65
MUFA	16.1	18.26	22.55	23.59	28.32
PUFA	8.3	4.68	29.03	42.49	11.02
PUFA/SFA	0.35	0.67	0.6	-	0.18
n-6/ n-3	0.1	0.70	-	-	1.75

Studies have demonstrated that nutritional indices such as AI and TI ratios greater than one in foods have negative effects on health, the nutritional quality decreases with the increase in these ratios, and the n6/n3 PUFA ratios in algae are reflected in the mentioned health indices (Ulbricht & Southgate, 1991; Kumar et al., 2011; Kumari et al., 2010, 2013; Chen et al., 2016; Bouafif et al., 2018; Schmid et al., 2018; Moreira et al., 2021). In terms of human health, the recommended maximum dietary ratio of n-6/n-3 PUFAs is 4.0 (HMSO, 1994) and the minimum dietary ratio of PUFA/SFAs is 0.45 (Wood et al., 2004; Kumar et al. 2011). In this study, it was determined that n-6/n-3 PUFA ratio and PUFA/SFA ratio were below the recommended diet ratios. On the other hand, AI and TI ratios were found to be higher than the stated ratio (>1.0) in this study. The reason for this situation is probably due to the high palmitic acid and myristic acid ratio we detected in *L. obtusa*. (Table 2; Figure 4).

CONCLUSION

In conclusion, our findings showed that *L. obtusa* has the highest SFA content compared to unsaturated fatty acids and also lower omega-3 ratio compared to omega-6, thus promoting higher AI and TI. As a result of the study, it was revealed that *L. obtusa* is not suitable for human nutrition because of the lower n-6/n-3 PUFA and the PUFA/SFA ratio and the higher AI and TI ratios than normal limits. However, *L. obtusa* can be an important source of fatty acids with highly obtained palmitic acid, myristic acid and stearic acid from SFA, palmitoleic acid, oleic acid and elaidic acid from MUFA and linoleic acid (LA) from PUFA. The rates of docosahexaenoic acid (DHA) varying between 0.21% and 1.36% and eicosapentaenoic acid (EPA) varying between 0.82% and 4.42% obtained in our study, it has been showed that *L. obtusa* can be an important source of n-3 fatty acids. The result of this study show that *L. obtusa* can be used in different fields, due to the fatty acids it contains. In addition, our results demonstrated that the seasons have a significant effect on the fatty acid profile of the studied seaweed. Therefore, it is thought that more comprehensive studies should be done in terms of evaluating the usability of macroalg species distributed in Turkey in different areas.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank to Sinop University, Scientific and Technological Research Application and Research Center (SUBİTAM) for the analysis by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

REFERENCES

- Akgül, R., Kızılkaya, B., Akgül, F. & Erduğan, H. (2015). Total lipid and fatty acid composition of twelve Algae from Çanakkale (Turkey). *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, **44**(4), 495-500.
- Aras, A. & Sayın, S. (2020). Determination of potential of some marine macroalgae for future functional products. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, **3**(1), 22-35.
- Barbosa, M., Fernandes, F., Pereira, D.M., Azevedo, I.C., Sousa-Pinto, I., Andrade, P.B. & Valentão, P. (2020). Fatty acid patterns of the kelps *Saccharina latissima*, *Saccorhiza polyschides* and *Laminaria ochroleuca*: Influence of changing environmental conditions. *Arabian Journal of Chemistry*. **13**, 45-58. DOI: [10.1016/j.arabjc.2017.01.015](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.01.015)
- Belattmania, Z., Engelen, A.H., Pereira, H., Serrão, E.A., Custódio, L., Varela, J.C., Zrid, R., Reani, A. & Sabour, B. (2018). Fatty acid composition and nutraceutical perspectives of brown seaweeds from the Atlantic coast of Morocco. *International Food Research Journal*, **25**(4), 1520-1527.
- Berik, N. & Çankırılıgil, E.C. (2019). The elemental composition of green seaweed (*Ulva rigida*) collected from Çanakkale, Turkey. *Aquatic Sciences and Engineering*. **34**(3), 74-79. DOI: [10.26650/ASE2019557380](https://doi.org/10.26650/ASE2019557380)
- Berneira, I., Silva, C., Poletti, T., Ritter, M., Santoz, M., Colepicola, P. & Pereira, C.M.P. (2020). Evaluation of the volatile composition and fatty acid profile of seven Antarctic macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, **32**, 3319–3329. DOI: [10.1007/s10811-020-02170-9](https://doi.org/10.1007/s10811-020-02170-9)
- Biris-Dorhoi, E.S., Michiu, D., Pop, C.R., Rotar, A.M., Tofana, M., Pop, O.L., Socaci, A.A. & Farcas, A.C. (2020). Macroalgae a sustainable source of chemical compounds with biological activities. *Nutrients*, **12**,3085. DOI: [10.3390/nu12103085](https://doi.org/10.3390/nu12103085)
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911–917.
- Bouafif, C., Messaoud, C., Boussaid, M. & Langar, H. (2018). Fatty acid profile of *Cystoseira* C. Agardh (Phaeophyceae, Fucales) species from the Tunisian coast: taxonomic and nutritional assessments. *Ciencias Marinas*, **44**(3), 169–183. DOI: [10.7773/cm.v44i3.2798](https://doi.org/10.7773/cm.v44i3.2798)
- Caf, F., Yılmaz, Ö., Durucan, F. & Özdemir, N.Ş. (2015). Biochemical components of three marine macroalgae (*Padina pavonica*, *Ulva lactuca* and *Taonia atomaria*) from the Levantine Sea coast of Antalya, Turkey. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, **6**(4), 401-411.
- Caf, F., Özdemir, N.Ş., Yılmaz, Ö., Durucan, F. & Ak, İ. (2019). Fatty acid and lipophilic vitamin composition of seaweeds from Antalya and

- Çanakkale (Turkey). *Grasas Aceites*, **70**(3), 312. DOI: [10.3989/gya.0704182](https://doi.org/10.3989/gya.0704182)
- Carneiro, J.G., Rodrigues, J.A.G., Teles, F.B., Cavalcante, A.B.D. & Benevides, N.M.B. (2014).** Analysis of some chemical nutrients in four Brazilian tropical seaweeds. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, **36**(2),137-145. DOI: [10.4025/actasciobiolsci.v36i2.19328](https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v36i2.19328)
- Cavaco, M., Duarte, A., Freitas, M.V., Afonso, C., Bernardino, S., Pereira, L., Martins, M. & Mouga, T. (2021).** Seasonal nutritional profile of *Gelidium corneum* (Rhodophyta, Gelidiaceae) from the Center of Portugal. *Foods*, **10**,2394. DOI: [10.3390/foods10102394](https://doi.org/10.3390/foods10102394)
- Chen, Z., Xu, Y., Liu, T., Zhang, L., Liu, H. & Guan, H. (2016).** Comparative studies on the characteristic fatty acid profiles of four different Chinese medicinal *Sargassum* seaweeds by GC-MS and chemometrics. *Marine Drugs*, **14**(4),68. DOI:[10.3390/md14040068](https://doi.org/10.3390/md14040068)
- Colombo, M.L., Risé, P., Giavarini, F., de Angelis, L., Galli, C. & Bolis, C.L. (2006).** Marine macroalgae as source of polyunsaturated fatty acids. *Plant Foods for Human Nutrition*, **61**(2), 67–72. DOI:[10.1007/s11130-006-0015-7](https://doi.org/10.1007/s11130-006-0015-7)
- Durmaz, Y., Duyar, HA., Gökpınar, Ş., Taşkaya, L., Öğretmen, Ö.Y., Bandarra, N.M. & Nunes M.L., (2008).** Fatty Acids, α -tocopherol and total pigment contents of *Cystoseira* spp., *Ulva* spp. and *Zostera* spp. from Sinop Bay (Turkey). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, **2**(3), 111-114.
- El-Shenody, R.A., Ashour, M. & Ghobara, M.M.E. (2019).** Evaluating the chemical composition and antioxidant activity of three Egyptian seaweeds: *Dictyota dichotoma*, *Turbinaria decurrens*, and *Laurencia obtusa*. *Brazilian Journal of Food Technology*, **22**,1-15. DOI: [10.1590/1981-6723.20318](https://doi.org/10.1590/1981-6723.20318)
- Farghl, A.A.M., Al-Hasawi, Z. & El-Sheekh, M. (2021).** Assessment of antioxidant capacity and phytochemical composition of brown and red seaweeds sampled off Red Sea coast. *Applied Sciences*, **11**,1-17. DOI: [10.3390/app112311079](https://doi.org/10.3390/app112311079)
- Ginneken, V., Helsper, J., de Visser, W., van Keulen, H. & Brandenburg, W. (2011).** Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from north Atlantic and tropical seas. *Lipids in Health and Disease*, **10**(1), 104-111. DOI: [10.1186/1476-511X-10-104](https://doi.org/10.1186/1476-511X-10-104)
- Guerry, A.D., Menge, B.A. & Dunmore, R.A. (2009).** Effects of consumers and enrichment on abundance and diversity of benthic algae in a rocky intertidal community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **369**(2), 155-164. DOI: [10.1016/j.jembe.2008.11.011](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.11.011)
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2023).** *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Erişim tarihi: 05.01.2023, <https://www.algaebase.org>
- Guschina, I.A. & Harwood, J.L. (2006).** Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. *Progress in Lipid Research*, **45**(2), 160-186. DOI: [10.1016/j.plipres.2006.01.001](https://doi.org/10.1016/j.plipres.2006.01.001)
- HMSO, (1994).** Nutritional aspects of cardiovascular disease. Department of Health Report on Health and Social Subjects, No. 46, Committee on Medical Aspects of Food Policy, London.
- Holdt, S.L. & Kraan, S. (2011).** Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, **23**(3), 543–597. DOI: [10.1007/s10811-010-9632-5](https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5)
- Ichihara, K., Shibahara, A., Yamamoto, K. & Nakayama, T. (1996).** An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycer olipids. *Lipids*, **31**, 535-5.
- Ivanova, V., Stancheva, M. & Petrova, D. (2013).** Fatty acid composition of Black Sea *Ulva rigida* and *Cystoseira crinita*. *Bulgarian Journal of Agricultural Science (BJAS)*, **19**(Supplement 1), 42-47.
- Kendel, M., Wielgosz-Collin, G., Bertrand, S., Roussakis, C., Bourgougnon, N.B. & Bedoux, G. (2015).** Lipid composition, fatty acids and sterols in the seaweeds *Ulva armoricana*, and *Solieria chordalis* from Brittany (France): An analysis from nutritional, chemotaxonomic, and antiproliferative activity perspectives. *Marine Drugs*, **13**(9), 5606-5628. DOI: [10.3390/md13095606](https://doi.org/10.3390/md13095606)
- Kumar, M., Kumari, P., Trivedi, N., Shukla, M.K., Gupta, V., Reddy, C. & Jha, B. (2011).** Minerals, PUFAs and antioxidant properties of some tropical seaweeds from Saurashtra coast of India. *Journal of Applied Phycology*, **23**(5), 797–810. DOI: [10.1007/s10811-010-9578-7](https://doi.org/10.1007/s10811-010-9578-7)
- Kumari, P., Kumar, M., Gupta, V., Reddy, C. & Jha, B. (2010).** Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. *Food Chemistry*, **120**(3), 749-757. DOI: [10.1016/j.foodchem.2009.11.006](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.006)
- Kumari, P., Bijo, A., Mantri, V.A., Reddy, C. & Jha, B. (2013).** Fatty acid profiling of tropical marine macroalgae: An analysis from chemotaxonomic and nutritional perspectives. *Phytochemistry*, **86**, 44–56. DOI: [10.1016/j.phytochem.2012.10.015](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.10.015)
- Mansilla, A. & Avila, M. (2011).** Using *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh from southern Chile as a source of applied biological compounds. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, **21**, 262-267. DOI: [10.1590/S0102-695X2011005000072](https://doi.org/10.1590/S0102-695X2011005000072)
- Martins, R.M., dos Santos, M.A.Z., Pacheco, B.S., Mansilla, A., Astorga-España, M.S., Seixa, F. & Pereira, C.M.P. (2016).** Fatty acid profile of the chlorophyta species from Chile's sub-Antarctic region. *Academia Journal of Scientific Research*, **4**, 93-98. DOI: [10.15413/ajsr.2015.0154](https://doi.org/10.15413/ajsr.2015.0154)
- Moreira, A.S., da Costa, E., Melo, T., Lopes, D., Pais, A., Santos, S.A., Pitarma, B., Mendes, M., Abreu, M.H. & Collén, P.N. (2021).** Polar lipids

- of commercial *Ulva* spp. of different origins: Profiling and relevance for seaweed valorization. *Foods*, **10**(5), 914. DOI: [10.3390/foods10050914](https://doi.org/10.3390/foods10050914)
- Moustafa, Y. & Batran, A. (2014).** Lipid chemistry of green macroalgae *Ulva* sp. a potential resource for biotechnological applications in the Southern Mediterranean Sea Coast, Alexandria shore, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, **18**(4), 9-20. DOI: <https://doi.org/10.12816/0011084>
- Neda, M., Neda, S. & Freza, R. (2014).** Proximate and fatty acid composition of the southern Caspian Sea macroalgae. *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, **18**(5), 63-72.
- Nelson, M.M., Phleger, C.F. & Nichols, P.D. (2005).** Seasonal lipid composition in macroalgae of the northeastern pacific ocean. *Botanica Marina*, **45**(1), 58–65. DOI: [10.1515/BOT.2002.007](https://doi.org/10.1515/BOT.2002.007)
- Olsson, J., Raikova, S., Mayer, J.J., Steinhagen, S., Chuck, C.J., Nylund, G.M. & Alber, E. (2020).** Effects of geographical location on potentially valuable components in *Ulva intestinalis* sampled along the Swedish coast. *Applied Phycology*, **1**(1), 80-92. DOI: [10.1080/26388081.2020.1827454](https://doi.org/10.1080/26388081.2020.1827454)
- Pabuçcu, K., Yılmaz, N., Şahin, F., Faruk, B., Canpolat, E. & Yücel, T.D. (2018).** The comparisons of fatty acid composition in some marine and freshwater algae. *Wulfenia Journal*, **25**(8), 40-47.
- Paiva, L., Lima, E., Neto, A.I., Marcone, M. & Baptista, J. (2017).** Nutritional and functional bioactivity value of selected Azorean macroalgae: *Ulva compressa*, *Ulva rigida*, *Gelidium microdon*, and *Pterocladia capillacea*. *Journal of Food Science*, **82**(7), 1757-1764. DOI: [10.1111/1750-3841.13778](https://doi.org/10.1111/1750-3841.13778)
- Panayotova, V., Merzhdanova, A., Dobрева, D.A., Zlatanov, M. & Makedonski, L. (2017).** Lipids of Black Sea algae: unveiling their potential for pharmaceutical and cosmetic applications. *Journal of IMAB- Annual Proceeding (Scientific Papers)*, **3**(4), 1747-1751. DOI: [10.5272/jimab.2017234.1747](https://doi.org/10.5272/jimab.2017234.1747)
- Pereira, T., Horta, A., Barroso, S., Mendes, S. & Gil, M.M. (2021).** Study of the seasonal variations of the fatty acid profiles of selected macroalgae. *Molecules*, **26**, 5807. DOI: [10.3390/molecules26195807](https://doi.org/10.3390/molecules26195807)
- Peng, Y., Hu, J., Yang, B., Lin, X.P., Zhou, X.F., Yang, X.W. & Liu, Y.H. (2015).** Chemical composition of seaweeds. In B. K., Tiwari, & D. J., Troy (Ed.) *Seaweed Sustainability Food and Non-Food Applications*, 79–124p., London: Elsevier-Academic Press. DOI: [10.1016/B978-0-12-418697-2.00005-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418697-2.00005-2)
- Polat, S. & Özoğul, Y. (2008).** Biochemical composition of some red and brown macroalgae from the northeastern Mediterranean Sea. *International Journal of Food Science and Nutrition*, **59**(7), 566-572. DOI: [10.1080/09637480701446524](https://doi.org/10.1080/09637480701446524)
- Seca, A.M.L., Gouveia, V.L.M., Carmo Barreto, M., Silva, A.M.S. & Pinto, D.C.G.A. (2018).** Comparative study by GC-MS and chemometrics on the chemical and nutritional profile of *Fucus spiralis* L. juvenile and mature life-cycle phases. *Journal of Applied Phycology*, **30**(4), 2539-2548. DOI: [10.1007/s10811-018-1447-9](https://doi.org/10.1007/s10811-018-1447-9)
- Schmid, M., Guihéneuf, F. & Stengel, D.B. (2014).** Fatty acid contents and profiles of 16 macroalgae collected from the Irish coast at two seasons. *Journal of Applied Phycology*, **26**, 451-463. DOI: [10.1007/s10811-013-0132-2](https://doi.org/10.1007/s10811-013-0132-2)
- Schmid, M., Kraft, L.G.K., Van Der Loos, L.M., Kraft, G.T., Virtue, P., Nichols, P.D. & Hurd, C.L. (2018).** Southern Australian seaweeds: A promising resource for omega-3 fatty acids. *Food Chemistry*, **265**, 70-77. DOI: [10.1016/j.foodchem.2018.05.060](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.060)
- Susanto, E., Fahmi, A.S., Abe, M., Hosokawa, M. & Miyashita, K. (2016).** Lipids, fatty acids, and fucoxanthin content from temperate and tropical brown seaweeds. *Aquatic Procedia*, **7**, 66–75. DOI: [10.1016/j.aqpro.2016.07.009](https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.07.009)
- Turan, F., Ozgun, S., Sayim, S. & Ozyilmaz, G. (2015).** Biochemical composition of some red and green seaweeds from Iskenderun Bay, the northeastern Mediterranean coast of Turkey. *Journal Black Sea/Mediterranean Environment*, **21**(3), 239-249.
- Ulbricht, T. & Southgate, D. (1991).** Coronary heart disease: Seven dietary factors. *The Lancet*, **338** (8773), 985-992. DOI: [10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- Uslu, L., Durmaz, Y., Duyar, H.A. & Bandarra, N.M. (2013).** Fatty acids, α -tocopherol and proximate composition of four red macroalgae in the Sinop Bay (Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **12**(1), 29-33. DOI: [10.3923/javaa.2013.29.33](https://doi.org/10.3923/javaa.2013.29.33)
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. & Enser, (2004).** Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, **66**(1), 21–32. DOI: [10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- Yazıcı, Z., Aysel, V., Öksüz, E., Köse, A., Cumali, S. & Güven, K.C. (2008).** Fatty acid composition of marine macroalgae from the Black Sea and Dardanelles. *Toxicological & Environmental Chemistry*, **89**(2), 371-379. DOI: [10.1080/02772240601012366](https://doi.org/10.1080/02772240601012366)
- Yeşilova, K., Balkıs, N. & Taşkın, E. (2017).** Seasonal investigation of the protein, carbohydrate and lipid contents of dominant macroalgae on the western coast of the Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, **26**(1), 46-55.
- Zhuang, S.H. & Zhang, M. (2001).** Biodiversity investigation. II. The biodiversity in intertidals of Yantai littoral regions. Shandong Map Publisher, Jinan.
- Zubia, M., Robledo, D. & Freile-Pelegrin, Y. (2007).** Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Applied Phycology*, **19**(5), 449-458. DOI: [10.1007/s10811-006-9152-5](https://doi.org/10.1007/s10811-006-9152-5)



Türkiye'de "Su Ürünleri" Alanında Hazırlanmış Doktora Tezlerinin Bibliyometrik Analizi (1979-2022)

Hamdi AYDIN*

Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kocaeli, Türkiye

Geliş Tarihi: 22.03.2023

Kabul Tarihi: 03.07.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Aydın, H. (2023). Türkiye'de "Su Ürünleri" Alanında Hazırlanmış Doktora Tezlerinin Bibliyometrik Analizi (1979-2022). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 255-264. <https://doi.org/10.35229/jaes.1269447>

How to cite: Aydın, H. (2023). Bibliometric Analysis of Doctoral Theses in the Field of "Aquatic Product" in Türkiye (1979-2022). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 255-264. <https://doi.org/10.35229/jaes.1269447>

<https://orcid.org/0000-0002-3854-6047>

Öz: Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki üniversitelerde 1979-2022 yılları arasında su ürünleri alanında yazılmış doktora tezlerinin bibliyometrik yapısını ortaya koymaktır. Bu amaçla Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Tez Merkezi bünyesinde bulunan "Su Ürünleri=Aquatic Product" konulu doktora tezleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda Türkiye'deki 43 üniversitede su ürünleri alanında 1040 adet doktora tezi çalışması yürütüldüğü tespit edilmiştir. En fazla doktora çalışmasının yapıldığı ilk 5 üniversitenin sırasıyla; Ege %25,87 (n=269), Çukurova %10,77 (n=112), İstanbul %9,42 (n=98), Fırat %5,96 (n=62) ve Atatürk Üniversitesi %5,10 (n=53) olduğu görülmüştür. Su Ürünleri alanında yürütülen doktora tezlerinin 41 farklı anabilim dalında yürütüldüğü ve bu anabilim dallarından Su Ürünleri Anabilim Dalı %26,54 (n=276) ile birinci sırada iken, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı %22,50 (n=234) ile ikinci ve Su Ürünleri Temel Bilimle Anabilim Dalı %15 (n=156) ile üçüncü sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Doktora tezlerinde en fazla çalışılan ilk üç konunun balık yetiştiriciliği, balık biyolojisi ve balık işleme olduğu ve yine en sık kullanılan İngilizce anahtar kelimelerden ilk üçünün ise *trout* (n=133), *fish* (n=107) ve *rainbow trout* (n=107) olduğu tespit edilmiştir. Su ürünleri alanında hazırlanan 1040 adet doktora tezinin 1024 adedi Türkçe, 16 adedi ise İngilizce dilinde yazıldığı ve yine öğrencilerden %61,88 (n=646)'inin erkek, %38,2 (n=394)'inin de kadın olduğu tespit edilmiştir. Doktora tezlerinin büyük çoğunluğuna (%69, n=727) Prof. Dr. unvanına sahip öğretim elemanlarının danışmanlık yaptığı, tezlerin ortalama sayfa sayısının 141,19±68,73 adet olduğu ve en fazla yabancı uyruklu öğrencinin de Kastamonu Üniversitesinden (13 adet) mezun olduğu tespit edilmiştir.

*Sorumlu yazarın:

Hamdi AYDIN

Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,

Biyoloji Bölümü, Kocaeli, Türkiye

aydin@kocaeli.edu.tr

Anahtar kelimeler: Bibliyometrik analiz, doktora tezleri, su ürünleri, Türkiye.

Bibliometric Analysis of Doctoral Theses in the Field of "Aquatic Product" in Türkiye (1979-2022)

Abstract: The aim of this study is to determine the structure of bibliometric doctorate thesis in the field of Aquatic Products at universities in Türkiye between the years 1979-2022. For this purpose, doctoral thesis on "Su Ürünleri=Aquatic Products" in the Higher Education Council (YÖK) Thesis Center, were examined. As a result of the examinations, it was determined that 1040 doctoral thesis studies were carried out in the field of fisheries in 43 universities in Türkiye. It was observed that the top five universities where the doctoral thesis were completed respectively are; Ege 25,87% (n=269), Çukurova 10,77% (n=112), İstanbul 9,42% (n=98), Fırat 5,96% (n=62) and Atatürk University %5,10 (n=53). It is seen that doctoral theses in the field of Fisheries are carried out in 41 different departments and the Department of Fisheries is in the first place with 26.54% (n=276), while the Department of Aquaculture is the second with 22.50% (n=234) and Department of Fisheries Basic Sciences ranks third with 15% (n=156). It was determined that the first three most studied topics in doctoral theses are fish farming, fish biology and fish processing, and the first three of the most frequently used English keywords are trout (n=133), fish (n=107) and rainbow trout (n=107). It was determined that 1024 of the 1040 doctoral theses prepared in the field of fishery products were written in Turkish and 16 in English, and 61.88% (n=646) of these students were male and 38.2% (n=394) were female. It was determined that the majority of doctoral theses are supervised by faculty members with the title of Prof. Dr., the average number of pages of the theses was 141.19±68.73 and the maximum number of foreign national students graduated from Kastamonu University (13 students).

*Corresponding author:

Hamdi AYDIN

Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences

Department of Biology, İzmit, Kocaeli, Türkiye

aydin@kocaeli.edu.tr

Keywords: Bibliometric analysis, doctoral theses, fisheries, Türkiye.

GİRİŞ

Türkiye’de yükseköğretim, önlisans, lisans, yüksek lisans ve doktora olmak üzere üç düzeyde yürütülmektedir. Önlisans ve lisans diploması bireye belli bir alanda genel bir yeterlik sağlarken, yüksek lisans bir konuda uzmanlaşma getirmektedir. Doktora eğitimi ise sınırlı bir konuda derin bir bilgi birikimine ulaşılmasını mümkün kılarak özel bir uzmanlık kazandırmaktadır. Lisansüstü eğitim günümüz toplumunun gereksinim duyduğu üst düzeyde bilgi ve becerilere sahip bireyler yetiştirilmesine olanak tanıdığından eğitim sistemi içindeki yeri ve önemi hızla artmaktadır. Bu makalede, Türkiye’deki üniversitelerde Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezleri hakkında bilgi verilerek, su ürünleri sektöründeki gelişmelerin önemi vurgulanmıştır.

Türkiye üniversitelerinde su ürünleri ve balıkçılık bilimlerinin başlangıcı 1920’li yıllara dayanmaktadır. 1926 yılında Türkiye ile Fransa arasındaki bir kültür anlaşması çerçevesinde Fransız Profesör Raymond Hovasse, İstanbul Darülfünun Fen Fakültesi’nde Profesör olarak görevlendirilmiş ve 1930 yılında İstanbul Boğazi kıyısında Baltalimanı Zooloji İstasyonunu kurmuştur (Kadıoğlu, 2003).

Baltalimanı Zooloji İstasyonu 1933 yılında İstanbul Üniversitesine bağlanmış ve İsviçre’li Prof. Dr. André Naville kısa bir süre burada görev almıştır. Naville’in 1937 yılında vefatından sonra çalışmalar durmuş ve Enstitü kapatılmıştır. Daha sonra, Atatürk döneminde Alman bilim adamı Prof. Dr. Curt Kosswig, 1937 yılında İstanbul’a gelerek, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesinde Hayvanat Enstitüsü direktörlüğüne atanmıştır. Curt Kosswig, Türkiye’deki biyoloji ve zooloji bilim dallarının gelişmesinde çok büyük katkılar sağlamıştır. Curt Kosswig, 1950 yılında Baltalimanı’ndaki eski Balıkçılık Enstitüsü ile ilgilenmeye başlamış ve 1951 yılında Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü kurulmuştur (Doğu & Şahinöz, 2017). Kosswig’in yanında çalışan araştırmacılardan birisi olan Prof. Dr. Remzi Geldiay, 1964 yılında ikinci bir Hidrobiyoloji Araştırma Merkezi’nin de İzmir’de kurulmasına öncülük etmiştir (Bilecik, 2012). Fethi Akşiray’ın yoğun çalışmaları sonucunda 1978 yılında Sakarya ili, Sapanca ilçesi, Kurtköy beldesinde, sazan ve alabalık üretimini gerçekleştirmek üzere ve "Sapanca İç Sular Araştırma ve Uygulama Birimi" faaliyete geçirilmiştir (Ongan, 2008).

1974 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde Su Ürünleri Kürsüsü kurulmuş ve 1979-1980 yılında ilk defa Su Ürünleri Bölümü’ne öğrenci alınmaya başlanmıştır. 1982 yılında 2547 sayılı yasa ile birlikte İzmir, İstanbul, Elazığ, Adana, Trabzon, Sinop ve Isparta illerinde Su Ürünleri Yüksekokulları açılmıştır. Bu okullar daha sonraki yıllarda öğretim üyesi sayılarını arttırarak ve

isimlerini Su Ürünleri Fakültesine dönüştürmüştür. İlerleyen yıllarda bu fakültelerin akademik kadro koşulları eğitim anlamında daha da iyileştirilerek, bu fakültelerde görev yapan öğretim elemanları tarafından lisansüstü eğitimler de verilmeye başlanmıştır.

Su ürünleri yetiştiriciliği, dünyanın en hızlı büyüyen gıda üretim sektörlerinden biridir. Bu büyümeyi etkileyen en önemli faktörler, teknolojik gelişmelerin yanı sıra su ürünleri alanında yapılan dinamik araştırmalardır. Su ürünleri yetiştiriciliği diğer hayvancılık biçimleriyle karşılaştırıldığında nispeten daha genç bir endüstri koludur ve daha fazla araştırma ve teknolojik gelişme yoluyla üretkenlik artışı potansiyeli de daha fazladır. (Asche, 2008). Dünyadaki doğal balık stokları, aşırı avcılık, kirlilik ve diğer nedenlerle her geçen yıl azalmaktadır. Ülkelerin nüfusunun hızla artması, balığa olan taleplerinin yükselmesine ve su ürünlerine verilen önemin artmasına sebep olmuştur.

Türkiye de 2022 yılı sonu itibarı ile 129 devlet ve 76’sı vakıf olmak üzere toplam 205 üniversite bulunmaktadır. Bu üniversitelerden 43 devlet üniversitesinde su ürünleri alanında doktora eğitimi verildiği tespit edilmiştir. Su ürünleri alanında hazırlanan lisansüstü tezleri birçok farklı anabilim dallarında ve farklı konuları kapsamaktadır. Türkiye’de maliye (Başel, 2017), turizm ve girişimcilik (Işık et al., 2019), kırsal kalkınma (Gül ve Gül, 2018), kırsal turizm (Albayrak ve Tüzünkan, 2020), sağlık turizmi (Canik, 2019), gastronomi (Altaş & Acar, 2018), vergi denetimi (Güney, 2019), eğitim teknolojileri (Erdoğan & Çağiltay, 2009), fen eğitimi (Özcan, 2020) gibi bir çok konuda hazırlanan lisansüstü tezlerinin bibliyometrik analizleri konusunda çalışmalar yapılmıştır. Yine Aslan & Açıkgöz (2022), Türkiye’de ekonomi, hukuk, psikoloji, siyaset bilimi ve uluslararası ilişkiler disiplinlerinde tamamlanan doktora tezlerinin bibliyometrik değerlendirilmesini yapmışlardır. Su ürünleri alanında hazırlanan lisansüstü tezlerinin analizleri konusunda yapılan çalışmalar ise son derece azdır.

Bilimsel bilginin öğretilmesi ön lisans ve lisans düzeyi eğitiminin başlıca amacı iken, bilimsel bilginin üretilmesi lisansüstü eğitiminin en önemli amacını oluşturmaktadır. Üniversitelerde yüksek lisans ve doktora düzeyinde yapılan araştırmalar ile bilimsel bilginin sistematik olarak üretilmesi sağlanmaktadır ve lisansüstü tezler bu araştırmaların en somut sonucunu oluşturmaktadır. Belirli bir alanda ya da konuda hazırlanan tezler aynı konuların tekrar tekrar çalışılmaması amacı ile sınıflandırılmaktadır. Bibliyografik analizler bu amaca ulaşmada araştırmacılara yol göstermektedir (Güney, 2019).

Bu araştırmada, Türkiye’de su ürünleri alanında 1979-2022 yılları arasında yazılmış doktora tezlerinin bibliyometrik yapısı incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Tez Merkezi bünyesinde

bulunan Su Ürünleri konulu 1040 adet doktora tezi incelenmiştir. Su Ürünleri alanında yazılan doktora tezlerin yıllar itibarı ile seyrini görmek, yapısının anlamak ve bu konuda çalışılmamış alanları tespit etmek için bu çalışma önem taşımaktadır. Türkiye'deki su ürünleri araştırmalarında bilimsel yayınların niteliksel ve niceliksel olarak analiz edilmesi ve yurt dışındaki araştırmalarla karşılaştırma yapılarak değerlendirilmelerde bulunulması, bu alanda karar alıcılar ve akademisyenler için önemli bir veri kaynağı olabilir.

Dünyada daha çok su ürünleri alanında yayınlanan makalelerin bibliyometrik analizleri konusunda çalışmalar yürütülmektedir (Natale et al., 2012; Radael et al., 2014; Jarić et al., 2012). Türkiye'de su ürünleri alanında yayınlanan makale veya lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizleri konusunda çalışma oldukça azdır. Gündoğar (2003), yüksek lisans tezinde 1998-2002 yılları arasında Türkiye'de gökkuşağı alabalığı konusunda yapılan yüksek lisans tezlerini incelemiştir. Aydın (2021), ise Türkiye'de 1979-2020 yılları arasında su ürünleri alanında yapılan yüksek lisans ve doktora çalışmalarının bibliyometrik analizlerini çok fazla detaya girmeden incelemiştir. Bu araştırmada ise Aydın (2021)'den farklı olarak, Türkiye üniversitelerinde Su Ürünleri alanında yürütülen doktora çalışmalarının, yıllara göre sayıları, öğrencilerin cinsiyetleri, yazım dilleri, tezlerinin yürütüldüğü anabilim dalları, danışman hocalarının akademik düzeyleri, ağırlıklı olarak çalışma konuları, en fazla kullanılan anahtar kelimeler, doktora tezlerinin sayfa sayıları ve yabancı öğrenci sayıları hakkında bilgilerin ortaya konulması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmanın Yöntemi: Bu çalışmada, Yükseköğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi (YÖKTEZ) veri tabanında "Su Ürünleri" alanında yayımlanan doktora tezlerinin çeşitli parametreler doğrultusunda bibliyometrik analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, YÖKTEZ sisteminde (<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>) "Su Ürünleri" alanında 1979-2022 yılları arasında yapılan 1040 doktora tezi araştırma kapsamına dahil edilmiştir. Araştırmada tanımlayıcı istatistikler uygulanmış, yüzde ve frekans değerleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

- Su Ürünleri alanında yazılan tezlerin yıllar itibarıyla frekans dağılımı nasıldır?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinin üniversitelere göre frekans dağılımı nasıldır?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinin Anabilim Dallarına göre frekans dağılımı nasıldır?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerin konularına göre frekans dağılımları nasıldır?

- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinde en sık kullanılan anahtar kelimeler nelerdir?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinin yazım diline göre frekans dağılımı nasıldır?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tez çalışmalarını yapan araştırmacıların cinsiyet dağılımları nasıldır?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinin danışman unvanına göre frekans dağılımı nasıldır?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinin sayfa sayısına göre frekans dağılımı nasıldır?
- Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerini yapan yabancı uyruklu öğrencilerin üniversitelere göre dağılımı nasıldır?

Yukarıdaki sorulara göre elde edilen veriler, M.S.Excel programı aracılığı hesaplanmış ve grafikler oluşturularak yorumlanmıştır. Araştırmada incelenen tüm doktora tezlerinin ingilizce anahtar kelimeleri önce Word dosyasına kopyalanmış daha sonra bu kelimeler wordcloud.timdream.org internet sayfasındaki ilgili alana yüklenerek en sık kullanılan anahtar kelimeler bulut grafiği olarak elde edilmiştir.

BULGULAR

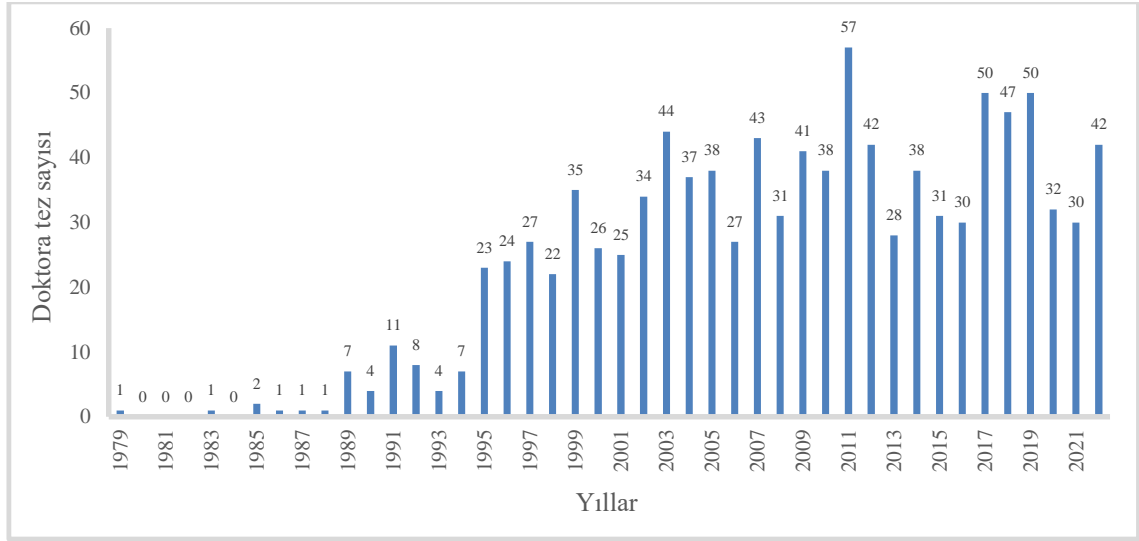
Türkiye'deki üniversitelerde hazırlanan tüm lisansüstü tez çalışmaları, Türkiye Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi sistemine kayıt edilmektedir. 03.02.2023 tarihi itibarı ile Türkiye Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi web sayfasında "Su Ürünleri = Aquatic Products" konusunda yapılan taramada 1087 adet doktora tezinin kayıtlı olduğu görülmüştür. Ancak detaylı incelemede bazı doktora tez çalışmalarının su ürünleri ile alakalı olmadığı halde bu arama sayfasında da görüldüğü tespit edilmiş, bu tezler inceleme dışına çıkarılarak toplamda 1040 adet tez üzerinde inceleme yapılmıştır.

Türkiye'deki üniversitelerde 1979-2022 yılları arasında Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tez çalışmalarının sayısı 1040 adettir ve bu sayılar Şekil 1.'de yıllara bağlı olarak gösterilmiştir. Türkiye'de su ürünleri alanında ilk doktora çalışmasının 1979 yılında hazırlandığı ve 1994 yılına kadar her yıl hazırlanan tez sayısının 1 ila 11 arasında değiştiği görülmüştür. 1995 yılında 23 olan tez sayısının daha sonraki yıllarda dalgalanmalar gösterdiği ve en fazla doktora çalışmasının 2011 yılında (n=57) olduğu görülmüştür. 2012 yılından 2022 yılına kadar dalgalanmalar gösteren doktora çalışmalarının 2022 yılında 42 adet olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1).

Türkiye'deki üniversitelerde 1979-2022 yılları arasında Su Ürünleri alanında hazırlanan 1040 adet doktora tez çalışmasının 43 üniversitede yapıldığı ve en fazla doktora tez çalışmasının 269 (%25,87) adetle Ege Üniversitesinde yapıldığı tespit edilmiştir. Ege Üniversitesini, Çukurova

(%10,77, n=112), İstanbul (%9,42, n=98), Fırat (%5,96, n=62) ve Atatürk (%5,10, n=53) Üniversitesinin takip ettiği

görülmüştür. Diğer üniversitelerde hazırlanan doktora tezlerin sayısı ve oranları Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Su Ürünleri alanında yapılan doktora tezlerinin yıllara göre dağılımı.

Figure 1. The distribution of doctoral dissertations in the field of Aquatic Products by year.

Tablo 1. Doktora tezlerinin üniversitelere göre dağılımı (1979-2022).

Table 1. Distribution of doctoral theses by universities (1979-2022).

Üniversite	(n)	(%)	Üniversite	(n)	(%)
Ege	269	25,87	İskenderun Teknik	6	0,58
Çukurova	112	10,77	Selçuk	5	0,48
İstanbul	98	9,42	Uludağ	5	0,48
Fırat	62	5,96	Hacettepe	5	0,48
Atatürk	53	5,10	Eskişehir Osman Gazi	3	0,29
Ankara	50	4,81	İzmir Katip Çelebi	3	0,29
Çanakkale Onsekiz Mart	46	4,42	Sakarya	2	0,19
Süleyman Demirel	44	4,23	Trakya	2	0,19
Ondokuz Mayıs	42	4,04	Dicle	2	0,19
Sinop	37	3,56	Ordu	1	0,10
Akdeniz	25	2,40	Tekirdağ Namık Kemal	1	0,10
Dokuz Eylül	25	2,40	Marmara	1	0,10
Muğla Sıtkı Koçman	21	2,02	İstanbul Teknik	1	0,10
Recep Tayyip Erdoğan	20	1,92	İnönü	1	0,10
Karadeniz Teknik	17	1,63	Harran	1	0,10
Mersin	16	1,54	Gazi	1	0,10
Kastamonu	15	1,44	Sivas Cumhuriyet	1	0,10
Isparta Uygulamalı Bilimler	11	1,06	Bingöl	1	0,10
Munzur	9	0,87	Balıkesir	1	0,10
Van Yüzüncü Yıl	9	0,87	Kırşehir Ahi Evran	1	0,10
Hatay Mustafa Kemal	8	0,77	Aydın Adnan Menderes	1	0,10
Orta Doğu Teknik	6	0,58	Toplam	1040	100

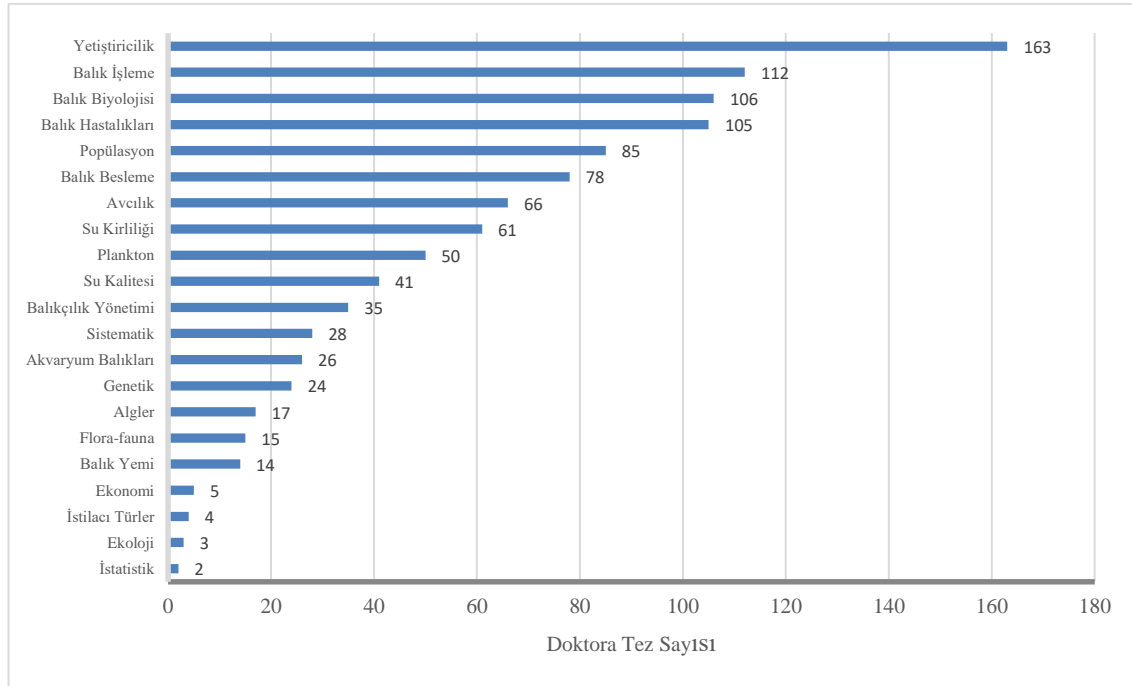
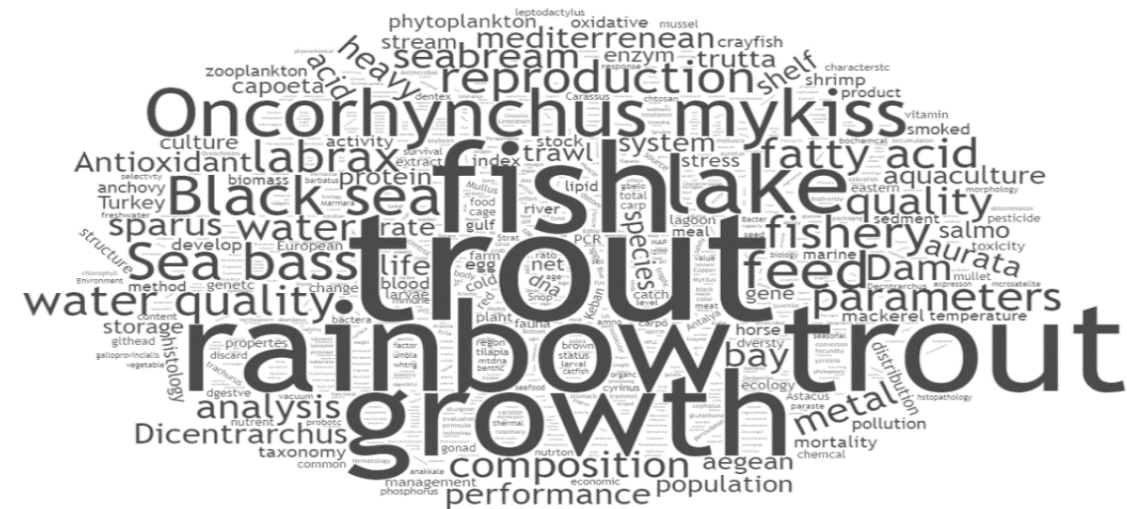
Su Ürünleri alanında yürütülen doktora tezlerinin 41 farklı anabilim dalında tamamlandığı, bu anabilim dallarından Su Ürünleri Anabilim Dalının (n=276, %26,54) birinci, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalının (n=234, %22,50) ikinci ve Su Ürünleri Temel Bilimle Anabilim Dalının ise (n=156, %15) üçüncü sırada olduğu tespit edilmiştir. Diğer önemli anabilim dallarının sayısı ve % dilimleri Tablo 2’de verilmiştir.

Türkiye’de 1979-2022 yılları arasında Su Ürünleri alanında tamamlanan doktora çalışmalarında en fazla çalışılan ilk beş konunun sırasıyla, yetiştiricilik (n=163, %15,67), balık işleme (n=112, %10,77), balık biyolojisi (n=106, %10,19), balık hastalıkları (n=105, %10,10) ve balık popülasyonu (n=85, %8,17) olduğu tespit edilmiştir. Diğer konularda yapılan çalışma sayıları Şekil 2’de gösterilmiştir.

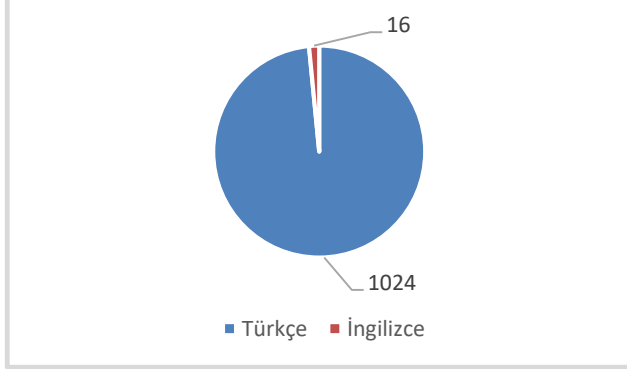
Su ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinde en sık kullanılan anahtar kelimeler İngilizce olarak araştırılmış ve tüm tezlerdeki anahtar kelimeler kopyalanarak <https://worldcloud.timdream.org> internet adresine yüklenerek hangi sıklıkla kullanıldıkları araştırılmıştır. Yapılan hesaplamada tezlerin İngilizce anahtar kelimelerinde en sık kullanılan ilk on kelime sırası ile; *trout* (n=133), *fish* (n=107), *rainbow trout* (n=107), *growth* (n=101), *lake* (n=69), *Oncorhynchus mykiss* (n=56), *Black Sea* (n=46), *feed* (n=44), *Sea bass* (n=43) ve *fishery* (n=38) olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Yine yapılan incelemede doktora tezlerinin anahtar kelime sayısı en az 4 kelime en fazla 24 kelime olarak bulunmuş, ortalama anahtar kelime sayısı da 9.45 ± 3.44 adet olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. İncelenen doktora tezlerinin anabilim dallarına göre dağılımı (1979-2022).**Table 2.** The distribution of examined doctoral dissertations according to their departments (1979-2022).

Anabilim Dalı	(n)	(%)	Anabilim Dalı	(n)	(%)
Su Ürünleri	276	26,54	Deniz Biyolojisi ve Balıkçılık	2	0,19
Su Ürünleri Yetiştiriciliği	234	22,50	Deniz ve İçsu Kaynakları Yönetimi	2	0,19
Su Ürünleri Temel Bilimleri	156	15,00	Dölerme ve Suni Tohumlama	2	0,19
Su Ür. Avlama. ve İşleme Teknolojisi	152	14,62	Fiziksel Oşinoğrafi ve Deniz Biyolojisi	2	0,19
Su Ürünleri Mühendisliği	73	7,02	Farmakoloji ve Toksikoloji	2	0,19
Biyoloji	31	2,98	Kimya	2	0,19
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği	17	1,63	Kimyasal Oşinoğrafi	2	0,19
Deniz Biyolojisi	13	1,25	İşletme	2	0,19
Avlama ve İşleme Teknolojisi	10	0,96	Biyoteknoloji	1	0,10
Temel Bilimler	8	0,77	Çevre Bilimleri	1	0,10
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi	8	0,77	Eskiçağ Tarihi	1	0,10
Su Ürünleri Yet. ve Hastalıkları	7	0,67	Genetik ve Biyomühendislik	1	0,10
Parazitoloji (Veterinerlik)	4	0,38	Hydrobiyoloji	1	0,10
Su Ürünleri Avlama Teknolojisi	4	0,38	Hayvan Sağlığı Ek.ve İşletmeciliği	1	0,10
Mikrobiyoloji	4	0,38	Hayvan Yetiştirme	1	0,10
Zootekni	4	0,38	Moleküler Biyoloji ve Genetik	1	0,10
Gıda Mühendisliği	3	0,29	Nükleer Bilimler	1	0,10
Zooloji	2	0,19	Su Bilimleri	1	0,10
Canlı Deniz Kaynakları	2	0,19	Temel Biyoteknoloji	1	0,10
İçsular Biyolojisi	2	0,19	Veterinerlik Patolojisi	1	0,10
Balıkçılık ve Su Ür. İşl. Teknolojisi	2	0,19	Toplam	1040	100

**Şekil 2.** Konularına göre doktora tez sayılarının dağılımı (1979-2022).**Figure 2.** Distribution of the number of doctoral dissertations by subject (1979-2022).**Şekil 3.** Doktora tezlerinde en sık kullanılan anahtar kelimeler (1979-2022). Kelimenin boyutu sıklığı ile orantılıdır. Kaynak: wordcloud.timdream.org (Anonim, 2023).**Figure 3.** The most frequently used keywords in doctoral dissertations (1979-2022). The size of the word is proportional to its frequency. Source: wordcloud.timdream.org (Anonymous, 2023).

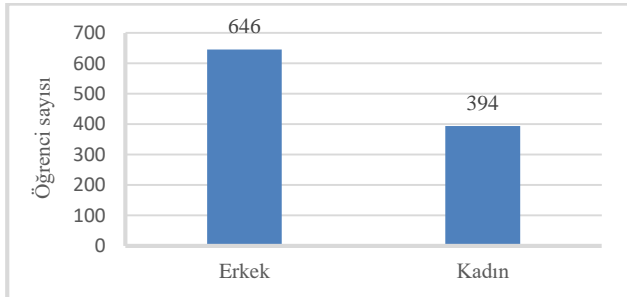
Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Tez Merkezi bünyesinde bulunan “Su Ürünleri” konulu 1040 adet doktora yazım diline göre dağılımı incelendiğinde; tezlerin 1024 adedinin Türkçe, 16 adedinin ise İngilizce yazıldığı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinin yazım dillerine göre dağılımı.

Figure 4. Distribution of doctoral dissertations in the field of Aquatic Product by written language.

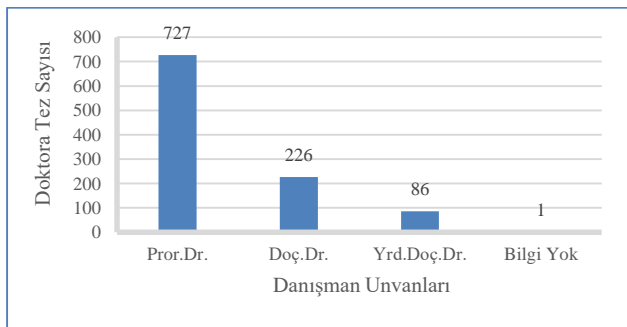
Doktora tez çalışmalarındaki öğrencilerin cinsiyet dağılımlarına bakıldığında %61.88 (n=646)'inin erkek, %38.2 (n=394)'inin de kadın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Doktora öğrencilerinin cinsiyete göre dağılımı.

Figure 5. Distribution of doctoral students by gender.

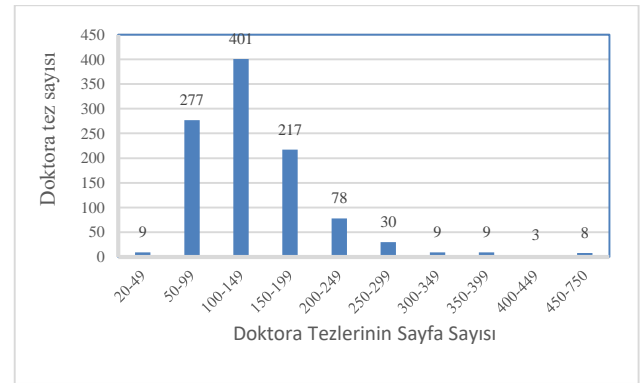
Su Ürünleri alanında yazılan doktora tezlerinin danışman unvanına göre dağılımlarına bakıldığında %69,77 (n=727)'sinin Prof. Dr., %21,69 (n=226)'unun Doçent Dr. ve % 8,25 (n=86)'inin Yrd. Doç. Dr. olduğu ve 1 adet doktora tezinin ise danışman bilgisinin olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Tez Danışman unvanına göre doktora tez sayıları.

Figure 6. Number of doctoral dissertations by title of thesis advisor.

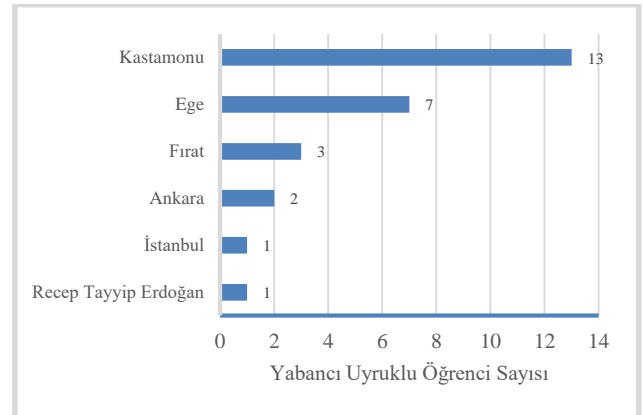
Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Tez Merkezi bünyesinde bulunan “Su Ürünleri” konulu 1040 adet doktora tezi sayfa sayısına göre bazında incelendiğinde; tezlerin 9 adedinin 20-50 sayfa aralığında, 277 adedinin 50-99 sayfa aralığında, 401 adedinin 100-149 sayfa aralığında, 217 adedinin 150-199 sayfa aralığında, 78 adedinin 200-249 sayfa aralığında, 30 adedinin 250-299 sayfa aralığında, 9 adedinin 300-349 sayfa aralığında, 9 adedinin 350-399 sayfa aralığında, 3 adedinin 400-449 sayfa aralığında ve 8 adedinin ise 450-750 sayfa aralığında olduğu tespit edilmiştir. Doktora tezlerinde en az sayfa sayısı 29 adet, en fazla sayfa sayısı 728 sayfa ve sayfa ortalaması ise $141,19 \pm 68,73$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Sayfa sayısına göre “Su Ürünleri” konulu doktora tez sayıları.

Figure 7. Number of doctoral dissertations by page number.

Türkiye’de 1979-2022 yılları arasında su ürünleri alanında yazılan doktora tez çalışmalarının 27 tanesinin yabancı uyruklu öğrenciler tarafından hazırlandığı tespit edilmiştir. En fazla yabancı uyruklu doktora öğrencisi 13 adet ile Kastamonu Üniversitesinde iken, diğer üniversitelerin ise sırayla Ege Üniversitesi (n=7), Fırat Üniversitesi (n=3), Ankara Üniversitesi (n=2), İstanbul Üniversitesi (n=1) ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (n=1) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Yabancı uyruklu doktora öğrencilerin üniversitelere göre dağılımı (1979-2022).

Figure 8. Distribution of foreign doctoral students by universities (1979-2022).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bibliyometrik araştırmalar, belli bir konuda yapılan akademik yayınların daha yakından tanınması, konuya ilişkin çalışmalarda araştırmacılara yol göstermesi, araştırmaya açık alanların belirlenmesi ve aynı konuda çalışma yapacaklara konu hakkında istatistiki ve özet bilgi vermesi açısından önemlidir (Arslan, 2017). Yükseköğretimdeki uluslararası rekabetin her geçen gün arttığı küresel bir dünyada, Türkiye yükseköğretim sisteminin en stratejik meselelerinden biri, doktora öğretiminin kapasitesini ve niteliğini artırmaktır. Türkiye'deki doktora programlarından mezun sayıları, diğer ülkelerle mukayese edildiğinde oldukça düşük olduğu görülmektedir. Türkiye'de yıllık doktora mezun sayısı 8 bine yaklaşırken, Fransa'da bu sayı 13 bin, Japonya'da 16 bin, Almanya'da 29 bin, Birleşik Krallık'ta 29 bin, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise 74 bindir (Anonim, 2022).

Bu çalışmada, YÖK veri tabanında 1979-2022 yılları arasında "Su Ürünleri" alanında yayımlanan 1040 doktora tezi çeşitli parametreler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ulusal Tez Merkezine kayıtlı verilere göre, Türkiye de "Su Ürünleri" alanında yapılan ilk doktora tezi Ege Üniversitesi'nde 1979 yılında Hikmet HOŞSUCU tarafından hazırlanan "Gölmarmara sazani (*Cyprinus carpio* L.) ve aynalı sazani (*Cyprinus carpio* L. var: Royal)'ın Ege Bölgesi kültür koşullarında verim özellikleri üzerinde araştırmalar" isimli çalışmadır. 1979-1988 yılları arasında su ürünleri alanında tamamlanan doktora tez sayısında fazla bir artışın olmadığı ve toplamda 6 adet tezin hazırlandığı görülmüştür. Türkiye'de Su Ürünleri Yüksekokullarının ve bazı Ziraat Fakültelerinin bünyesinde Su Ürünleri Bölümlerinin açılması ve bu okullardan mezun olan öğrencilerin lisansüstü programlarına başlaması ile birlikte 1995 yılından itibaren doktora programlarından mezun olan öğrenci sayıları artmaya başlamış ve 2011 yılında mezun sayısı 57'ye kadar yükselmiştir. Daha sonraki yıllarda mezun olan öğrenci sayılarında yıllara bağlı olarak dalgalanmalar göstermiş ve 2022 yılında tamamlanan doktora tez sayısı 42 olmuştur (Şekil 1). 1995-2022 yılları arasında Su ürünleri alanında yazılan doktora tezlerinin yıllık ortalaması $35,43 \pm 9,16$ adet olarak hesaplanmıştır. Türkiye'de su ürünleri alanında doktora öğreniminin belli bir düzeye ulaşmasında, su ürünleri sektörünün gelişmesi, su ürünleri eğitimi veren üniversitelerde öğretim üyesi ve lisansüstü programlarının sayısının artması etkili olmuştur.

Türkiye'de en fazla lisansüstü çalışmasının yapıldığı üniversiteler çoğunlukla bünyesinde Su Ürünleri Fakültesi, Deniz Bilimleri Fakültesi, Su Bilimleri Fakültesi veya bünyesinde Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü bulunan Ziraat Fakültelerinde yürütüldüğü görülmektedir

(Tablo 1). Sıralamadaki en büyük etkenin bu üniversitelerdeki Su Ürünleri Fakültelerinin kuruluş tarihlerinin diğer üniversitelere göre daha eski ve akademik personel sayısının da fazla olması ile açıklanabilir. Besimoğlu, (2015), Türkiye'de su ürünleri alanındaki araştırmalarının önemli bir kısmının Su Ürünleri Fakülteleri bünyesinde yürütüldüğünü, Ziraat Fakülteleri Su Ürünleri Bölümlerinde ise nispeten daha az çalışma yapıldığını bildirmiştir.

Türkiye'de su ürünleri alanında eğitim veren fakültelerde bulunan anabilim dalları, su ürünleri sektörüne yönelik araştırma, geliştirme ve eğitim faaliyetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Su Ürünleri Fakültelerindeki en önemli anabilim dalları, su ürünleri yetiştiriciliği, su ürünleri avcılığı ve işleme, su ürünleri hastalıkları ve temel bilimler gibi konuları kapsayan ana disiplinlerdir. Bu anabilim dalları, su ürünleri üretimi ve sürdürülebilirliği ile ilgili araştırmalar ve uygulamalar yapmak için gereklidir. Türkiye'de Su Ürünleri alanında yürütülen doktora tezlerinin 41 farklı anabilim dalında tamamlandığı tespit edilmiştir. Bu anabilim dallarından Su Ürünleri Anabilim Dalının (n=276, %26,54) birinci, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalının (n=234, %22,50) ikinci ve Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalının ise (n=156, %15) üçüncü sırada olduğu tespit edilmiştir. Diğer önemli anabilim dallarının sayısı ve % dilimleri Tablo 2'de verilmiştir. Su Ürünleri Anabilim Dalında hazırlanan doktora tez sayısının fazla olmasının sebebi, bu anabilim dalının su ürünleri alanında yapılan tüm çalışma konularını kapsaması sebebiyle olduğu görülmüştür. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalında, su ürünleri üretiminde kullanılan teknikler, su ürünleri biyolojisi, su kalitesi kontrolü, balık besleme, hastalık yönetimi, yetiştirme sistemleri ve pazarlama gibi konularda araştırmalar yürütülmektedir. Bu anabilim dalında yapılan çalışmalar, su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinin geliştirilmesine ve iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gibi konular da araştırılıp ve bu alanda yenilikçi çözümler üretilmektedir. Bu nedenle, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalında yapılan doktora tezlerinin sayısının ikinci sırada olması sürpriz olmamıştır.

Gündoğar (2003), Türkiye'de 1998-2003 yılları arasında gökkuşağı alabalığı konusunda yapılan tezlerde en fazla balık besleme konularının çalışıldığını, bunu sırasıyla su ürünleri yetiştiriciliği, hastalık ve toksikoloji, planlama ve ekonomi, genetik, biyoekoloji ve diğer konular olduğunu bildirmiştir. Bu araştırmada da Türkiye'de 1979-2022 yılları arasında Su Ürünleri alanında tamamlanan doktora çalışmalarında en fazla yetiştiricilik konusu çalışılırken diğer konuların sırası ile balık işleme, balık biyolojisi, balık hastalıkları ve balık

popülasyonu olduğu görülmüştür (Şekil 2). Türkiye’de su ürünleri üretiminin artması ile birlikte, balık işleme, balık biyolojisi ve balık hastalıkları konuları da önem kazanmaya başlamıştır. Bu nedenle doktora öğrencilerinin büyük çoğunluğu tezleri ile hem alanlarında uzmanlaşarak hem de gelecekte bu sektörlerde çalışarak kariyerlerini oluşturmak istemektedirler.

Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinde en sık kullanılan İngilizce anahtar kelimelerden ilk on tanesi sıra ile; trout (n=133), fish (n=107), rainbow trout (n=107), growth (n=101), lake (n=69), *Oncorhynchus mykiss* (n=56), Black Sea (n=46), feed (n=44), Sea bass (n=43) ve fishery (n=38) olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Yukarıda da belirtildiği gibi doktora tezlerinde en fazla çalışılan konu yetiştiricilik olduğundan, anahtar kelimelerde de Türkiye’de en fazla yetiştiriciliği yapılan balık türlerinin isimleri ve yetiştiricilik terimlerinin kullanılması doğaldır.

Doktora tezlerinde anahtar kelime sayısı önemlidir, çünkü anahtar kelimeler, tezin konusunu, kapsamını ve içeriğini özetler. Bu nedenle, doğru anahtar kelimelerin seçilmesi ve kullanılması, tezin doğru kitleye ulaşmasını sağlayabilir. Türkiye’de bazı üniversitenin lisansüstü tez yazım kılavuzlarında anahtar kelimelerin kullanım sayısı konusunda belli bir sınırlama getirilirken, bazılarında da herhangi bir kısıtlama getirilmemiştir. Yapılan incelemede Su Ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinin anahtar kelime sayısı en az 4, en fazla 24 kelime olarak bulunmuş, ortalama anahtar kelime sayısı da 9.45 ± 3.44 adet olarak hesaplanmıştır.

Türkiye’deki üniversitelerde 1979-2022 yılları arasında Su Ürünleri alanında hazırlanmış doktora tezlerin 1024 adedinin Türkçe, 16 adedinin ise İngilizce yazıldığı (Şekil 4), tezlerin % 61.88 (n=646)’inin erkekler, % 38.20 (n=394)’sinin ise bayanlar tarafından hazırlandığı tespit edilmiştir (Şekil 6). Doktora öğrencilerin cinsiyet dağılım oranlarının bölgelere ve üniversitelere göre bir önemli farklılık göstermediği de tespit edilmiştir. Türkiye’de su ürünleri alanında lisansüstü eğitim gören öğrencilerin cinsiyet dağılımı ve tezlerin yazım dillerindeki oranlar diğer bilim dallarındaki oranlarla paralellik göstermektedir.

Türkiye üniversitelerinde birçok alanda hazırlanan doktora tezlerinde çoğunlukla profesör unvanına sahip öğretim üyeleri danışmanlık yapmaktadırlar (Güney, 2019; Ünal & Toraman, 2022). Su Ürünleri alanında yazılan doktora tezlerinin danışman unvanına göre dağılımlarına bakıldığında da en fazla tezin (%69,77; n=727) profesör unvanına sahip danışmanlar tarafından yürütüldüğü görülmüştür (Şekil 6).

Türkiye üniversitelerinde hazırlanan doktora tezlerinin sayfa sayısı konusunda genel olarak herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Bununla birlikte, bir doktora

tezi, genellikle kapsamlı bir araştırma projesi veya çalışmasıdır ve bu nedenle ortalama bir tez genellikle 100-300 sayfa arasında değişebilir. Çalışmamızda da su ürünleri alanında hazırlanan doktora tezlerinde en az sayfa sayısı 29 adet, en fazla sayfa sayısı 728 sayfa ve sayfa ortalaması ise $141,19 \pm 68,73$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 7).

Son yıllarda Türkiye üniversitelerinde su ürünleri alanında doktora çalışması yapan öğrenci sayısında artış görülmektedir. Türkiye’de 1979-2022 yılları arasında su ürünleri alanında hazırlanan 1040 adet doktora tez çalışmasının 27 tanesinin yabancı uyruklu öğrenciler tarafından hazırlandığı tespit edilmiştir. En fazla yabancı uyruklu doktora öğrencisinin Kastamonu Üniversitesinden (n=13) mezun olurken, diğer üniversitelerin ise sırayla Ege Üniversitesi (n=7), Fırat Üniversitesi (n=3), Ankara Üniversitesi (n=2), İstanbul Üniversitesi (n=1) ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (n=1) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8). Kastamonu Üniversitesinde su ürünleri alanında lisansüstü öğrenim gören yabancı uyruklu öğrenci sayısının 2016 yılından sonra hızla arttığı, doktora 13 yabancı uyruklu öğrencinin tez çalışmasını tamamladığı ve bu öğrencilerin tamamının Libya’dan geldiği tespit edilmiştir. Türkiye ve Libya hükümetleri arasında imzalanan bir işbirliği protokolü çerçevesinde bu öğrencilerin Kastamonu Üniversitesinde lisansüstü eğitimlerini tamamladıkları öğrenilmiştir. Türkiye Yükseköğretim Kurumu, Yükseköğretim Yönetim Bilgi Yönetim Sistemi’nden 21.02.2022 tarihinde alınan verilere göre Türkiye’deki üniversitelerde Su Ürünleri alanında yüksek lisans düzeyinde eğitim alan öğrenci sayısı 40, doktora düzeyinde eğitim alan kayıtlı öğrenci sayısı ise 30’dur. Yüksek Lisans eğitimlerini tamamlayan yabancı öğrencilerin bir kısmının da mezuniyeti sonrası doktora eğitimlerine Türkiye’de devam etmeleri durumunda ileriki yıllarda doktora eğitimi alan yabancı uyruklu öğrenci sayısında artış olacağı öngörülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye’de Su Ürünleri alanında 1979-2022 yılları arasında yapılan doktora tezlerin özelliğini ortaya koyan bir çalışma olması bakımından önemlidir. Su ürünleri alanında en fazla doktora çalışması yapılan üniversitelerin, bünyesinde Su Ürünleri Fakültesi veya Su Ürünleri Bölümü bulunan üniversiteler olduğu görülmüştür. Doktora çalışmalarında en fazla çalışılan konuların su ürünleri yetiştiriciliği, balık avlama ve işleme, balık biyolojisi, balık hastalıkları ve balık popülasyonu olduğu tespit edilmiştir. Su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığı, sürdürülebilir bir şekilde yönetilirse dünya genelinde birçok avantaj sağlar. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığı, gelecekte de dünya genelinde önemli bir gıda kaynağı olarak kalmaya devam edecektir. Ayrıca doktora çalışmalarında son yıllarda dünyada ve ülkemizde de önemli hale gelen yeni

türler, istilacı balıklar, su kirliliği, ekoloji gibi konulara daha fazla önem verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Çalışma sadece doktora tezleri sınırlı olduğundan konuya katkı sağlamak için son yıllarda sayıları hızla artan makale, bildiri ve konuyla ilgili kitapların da dahil edileceği yeni çalışmalar yapılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Albayrak, A. & Tüzünkan, D. (2020).** Bibliometric Analysis of Graduate Dissertation for Rural Tourism. *Turkish Studies-Social*, **15**(1), 845-859. DOI: [10.29228/TurkishStudies.40613](https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.40613)
- Altaş, A. & Acar, Y. (2018).** Bibliometric Profile of the Postgraduate Dissertations Written in the Field of Gastronomy, *Journal of Aksaray University Faculty of Economics and Administrative Sciences*, **10**(3), 1-10.
- Anonim. (2022).** Doktora Öğretiminin İyileştirilmesi Çalıştay Raporu, 14 Şubat 2022. Yükseköğretim Kurulu, Ankara.
- Anonim. (2023).** <http://wordcloud.timdream.org> (Erişim tarihi: 12.02.2023).
- Aslan, A. & Açıkgöz, Ö. (2022).** Bibliometric analysis of the Turkish doctoral dissertations: A case study of economy, law, psychology, political science and international relations disciplines. *Yükseköğretim Dergisi*, **12**(2), 363-372. DOI: [10.2399/yod.21.820951](https://doi.org/10.2399/yod.21.820951)
- Arslan, E. (2017).** *Science Direct Veri Tabanında Taranan Dergilerin Bibliyometrik Analizi: 'Turizm Talebi' Üzerine Yapılan Çalışmaların İncelenmesi.* Muğla: Detay Yayıncılık.
- Asche, F. (2008).** Farming the sea. *Marine Resource Economics* **23**(4), 527-547.
- Aydın, H. (2021).** Bibliometric analysis of post-graduate dissertations in aquatic products area of Turkish universities (1979-2020). *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **7**(1), 6-15.
- Başel, F. (2017).** The Bibliometric Analysis of the Postgraduate Dissertation Written on Public Finance in Turkey (2003-2017), *International Journal of Public Finance*, **2**(1), 27-62. DOI: [10.30927/ijpf.327823](https://doi.org/10.30927/ijpf.327823)
- Besimoğlu, C. (2015).** *Türkiye'deki Ziraat Fakültelerinin Tarımsal Araştırma Eğilimleri:1996-2011 Yıllarının Bibliyometrik Analizi.* Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Bilgi ve Belge Yönetimi Anabilim Dalı. Ankara.
- Bilecik, N. (2012).** *Medeniyet Tarlasından Marş Marşla Geçenler.* Bio-Ofset Matbaacılık Yay. San. ve Dış Tic. Ltd. Şti. ISBN 978-605-86979-0-4. İstanbul.
- Canik, S. & Özdemir, E.G. (2019).** Bibliometric Analysis of Graduate Dissertation on Health Tourism (1988-2017): Anatolia: A Journal of Tourism Research, **30**(2), 125-134. DOI: [10.17123/atad.636870](https://doi.org/10.17123/atad.636870)
- Doğu, Z. & Şahinöz, E. (2017).** Yüksek Öğretimde Kapanan Bölümler: Su Ürünleri Örneği. *Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi*, **10**(4), 490-499.
- Erdoğan, F.U. & Çağltay, K. (2009).** Türkiye'de eğitim teknolojileri alanında yapılan master ve doktora tezlerinde genel eğilimler, *Akademik Bilişim '09 Konferansı, 11- 3 Şubat 2009*, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Gül, M. & Gül, K. (2018).** Bibliometric Profile of Graduate and Post-Graduate Dissertation on Rural Development and Rural Tourism. *International Journal of Social and Economic Sciences*, **8**(2), 56-62.
- Gündoğar, A. (2003).** *Türkiye'de gökkuşağı alabalığı konusunda 1998-2002 döneminde yapılan tezlerin değerlendirilmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Su Ürünleri Anabilim Dalı. 131589
- Güney, C. (2019).** *A Bibliometric Analysis of the Postgraduate Dissertation Written on "Tax Auditing" in Turkey (1984-2018) Türkiye Vizyonu: Multidisipliner Çalışmalar 2019.* Editör: Bülent Kırmızı, Bahar İşigüzel, Ekin Yayınevi, 572-595 ss.
- İşık, C., Günlü Küçükaltan, E., Kayalak Çelebi, S., Çalkın, Ö., Enser, İ. & Çelik, A. (2019).** Turizm ve Girişimcilik Alanında Yapılmış Çalışmaların Bibliyometrik Analizi. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, **3**(1), 119-149. DOI: [10.32572/guntad.519018](https://doi.org/10.32572/guntad.519018)
- Jarić, I., Cvijanović, G., Jarić, J. K. & Lenhardt, M. (2012).** Trends in Fisheries Science from 2000 to 2009: A Bibliometric Study. *Reviews in Fisheries Science*, **20** (2), 70-79. DOI: [10.1080/10641262.2012.659775](https://doi.org/10.1080/10641262.2012.659775)
- Kadioğlu, S. (2003).** Raymond Hovasse'ın Türkiye'deki Bilimsel Çalışmaları ve Baltalimanı Hayvanat İstasyonu'nun Kuruluşu. *Osmanlı Bilimi Araştırmaları*. **4**(2), 61-82.
- Natale, F., Fiore, G. & Hofherr, J. (2012).** Mapping the research on aquaculture. A bibliometric analysis of aquaculture literature. *Scientometrics*, **90**, 983-999. DOI: [10.1007/s11192-011-0562-z](https://doi.org/10.1007/s11192-011-0562-z)
- Ongan, T. (2008).** *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Sapanca İçsu Ürünleri Araştırma ve Uygulama Biriminin Tarihçesi.* Editörler: Hacer Okgerman, Gülşen Altuğ, Sapanca Gölü'ne

Bilimsel Açıdan Bakış. Türk Deniz Araştırmalar Vakfı. Yayın No: 29.

Özcan, C. (2020). Fen Eğitimi Alanında Yapılan Doktora Tezlerinin Belirlenen Temalar Açısından İncelenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **4**(6), 33-41.

Radael, M.C., Shimoda E., Duarte, S.C., Andrade, D.R., Guimaraes, H.A. & Vidal, Jr, M.V. (2014). Fish Reproduction: Bibliometric Analysis of Worldwide and Brazilian Publications in Scopus Database, *Acta Biomedica Brasiliensia*, **5**, 1-15.

Ünal, A.K. & Toraman, A. (2022). Bibliometric Analysis of Graduate Dissertations Written Based on Quality Function Deployment (QFD) Method: An Overview of Health Management Profile. *Journal of Internatianal Health Sciences and Management*, **8**(15), 22-31.



Diyabetes Mellitusta Fitoterapinin Etkisi

Muhammed Taha KAYA* Tolga GÜVENÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Patoloji Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye, 55200

Geliş Tarihi: 16.04.2023

Kabul Tarihi: 28.07.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atf yapmak için: Kaya, M.T. & Güvenç, T. (2023). Diyabetes Mellitusta Fitoterapinin Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 265-272. <https://doi.org/10.35229/jaes.1284154>

How to cite: Kaya, M.T. & Güvenç, T. (2023). The Effect of Phytotherapy in Diabetes Mellitus. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 265-272. <https://doi.org/10.35229/jaes.1284154>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2744-4763>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1468-3415>

*Sorumlu yazarın:
Muhammed Taha KAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner
Fakültesi, Patoloji Anabilim Dalı, Samsun,
Türkiye, 55200
✉: mtaha19@msn.com

Öz: Diyabetes mellitus (DM), kan glukoz seviyesinde kalıcı bir artışla karakterize, çeşitli metabolik bozukluğa neden olan kronik bir hastalıktır. Diyabetes Mellitus Tip 1 (insüline bağımlı) ve Diyabetes Mellitus Tip 2 (insülden bağımsız) olmak üzere 2 ana diyabet tipi bulunmaktadır. Tip 1 DM, pankreasın β hücrelerinin epigenetik (otoimmünite / mutasyon) veya edinsel olarak yok olması sonucunda insülin üretilmemesinden kaynaklanmaktadır. T2DM, insülin sekresyonundaki veya insülin reseptöründeki defekt nedeniyle kan şekeri seviyesinde uzun süreli artış ile karakterizedir. Diyabet iyi tedavi edilmezse kalp, damar, böbrek, beyin, göz gibi çeşitli organları etkileyerek yaşamı tehdit eden çeşitli komplikasyonlara hatta ölüme yol açabilmektedir. Hastalığın tam bir tedavisi bulunmamakla yapılan uygulamalar kan glukoz seviyesini kontrol altında tutmaya yöneliktir. Ancak uygulanan ilaçların farklı yan etkileri bulunabilmektedir. Bu durumla beraber antihipoglisemik ve antidiyabetik potansiyeli olan medikal bitkiler diyabette destekleyici olarak kullanılmaya başlanmıştır. Destekleyici tedavinin amacı ise uygulanan medikal tedavinin etkisini artırmak, DM'ye bağlı oluşan komplikasyonların etkisini azaltmak ve hastaların yaşam standartlarını yükseltmektir. Bu derlemenin amacı, çeşitli medikal bitkilerden elde edilen fitoterapik ajanların diyabet modeli oluşturulan deney hayvanları ve hücre hatları üzerinde etki mekanizmalarının derlenmesidir. Deney hayvanları, diyabetes mellitus, fitoterapi.

Anahtar kelimeler: Deney hayvanları, diyabetes mellitus, fitoterapi.

The Effect of Phytotherapy in Diabetes Mellitus

Abstract: Diabetes mellitus (DM) is a chronic disease characterized by a persistent increase in blood glucose levels, causing various metabolic disorders. There are 2 main types of diabetes: Diabetes Mellitus Type 1 (insulin-dependent) and Diabetes Mellitus Type 2 (insulin-independent). Type 1 DM results from the inability to produce insulin as a result of epigenetic (autoimmunity / mutation) or acquired destruction of the β cells of the pancreas. T2DM is characterized by a prolonged increase in blood glucose levels due to a defect in insulin secretion or the insulin receptor. If diabetes is not treated well, it can affect various organs such as the heart, blood vessels, kidneys, brain and eyes, leading to various life-threatening complications and even death. Since there is no complete treatment for the disease, the applications are aimed at keeping blood glucose levels under control. However, the drugs applied may have different side effects. With this situation, medicinal plants with antihypoglycemic and antidiabetic potential have been used as supplements in diabetes. The aim of supportive treatment is to increase the effect of medical treatment, to reduce the effects of complications due to DM, and to increase the living standards of patients. The aim of this review is to compile the mechanisms of action of phytotherapeutic agents obtained from various medicinal plants on experimental animals and cell lines for which diabetes models were created.

Keywords: Diabetes mellitus, laboratory animals, phytotherapy.

*Corresponding author:
Muhammed Taha KAYA
Ondokuz Mayıs University, Faculty of
Veterinary Medicine, Department of Pathology,
Samsun, Türkiye, 55200
✉: mtaha19@msn.com

GİRİŞ

Diyabetes mellitus (DM), kan glukoz seviyesinde kalıcı bir artışla karakterize, çeşitli metabolik bozukluklara neden olan kronik bir hastalıktır. Tedavi edilmezse çeşitli organları (kalp, damar, böbrek, nöron, göz) etkileyebilir ve yaşamı tehdit eden çeşitli komplikasyonlara hatta ölüme yol açabilmektedir (Mirmiran vd., 2014). Yetişkinlerde diyabetin (DM) küresel prevalansı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Uluslararası Diyabet Federasyonu'nun hazırladığı 9.baskısının yayımlandığı 2019 yılına ait diyabet atlasında 463 milyon kişide diyabet olduğu ve 2045 yılında 693 milyon kişinin diyabetli şekilde yaşayacağı tahmin edilmektedir (Williams vd., 2019).

Diyabetes Mellitus Tip 1 (insüline bağımlı) ve Diyabetes Mellitus Tip 2 (insülden bağımsız) olmak üzere 2 ana diyabet tipi bulunmaktadır. Tip 1 DM, pankreasın β hücrelerinin epigenetik (otoimmünite / mutasyon) veya edinsel olarak yok olması sonucunda insülin üretilmemesinden kaynaklanmaktadır (Ozougwu vd., 2013; Atkinson vd., 2014). T2DM, insülin sekresyonundaki veya insülin reseptöründeki defekt nedeniyle kan şekeri seviyesinde uzun süreli artış (kronik hiperglisemi) ile karakterizedir. (Li vd., 2019).

DM Komplikasyonları: Kronik hiperglisemi, çeşitli uzun vadeli ve yaşamı tehdit eden, belli başlı komplikasyonların dahil olduğu durumlara yol açabilmektedir. Kronik hipergliseminin oksidatif stres, AGE (İleri glikasyon son ürünleri) oluşumu, hipertansiyon, yangısal yanıt, vasküler / endotelial disfonksiyon dislipidemi gibi birçok patolojik kaskadı tetikler bu nedenle sinirler, kalp, göz, böbrek ve endotel gibi çeşitli organlar bu durumdan etkilenir (Chawla vd., 2016; Rahimi-Madiseh vd., 2017). Diyabete bağlı komplikasyonlar arasında diyabetik nefropati, retinopati ve nöropati bulunmaktadır. (Fowler, 2008).

Farmakolojik Tedavi: Bazı kan glukoz seviyesi (KGS) düşürücü ajanlar, glisemik kontrolün yanı sıra, hayat standartlarını yükseltmede önemli öneme sahiptir ("Standards of Medical Care in Diabetes—2016: Summary of Revisions," 2015). Ticari ürünler ve KGS'yi azaltmak için halihazırda mevcut olan terapiler, bu patofizyolojik bozuklukların herhangi birine veya birkaçına odaklanır. DM tedavisinde kullanılan çeşitli antihiperglisemik ilaçlar kan glukoz seviyesini (KGS) düşürerek etki eder (İbrahim, 2010). Bunun yanı sıra çeşitli oral antihiperglisemik ilaçlar, biguanidler, meglitinidler, sülfonilüreler (SU'ler), dipeptidil peptidaz 4 (DPP-4) inhibitörleri, tiazolidindion (TZD) ve sodyumglukoz kotransporter inhibitörleri (SGLT2) gibi çeşitli sınıflara ayrılır (Waring, 2016; Zheng vd., 2019).

Bitkisel Destekleyici Tedavi: DM'te kullanılan çoğu sentetik maddenin birçok yan etkisi bulunmaktadır (Ekar ve Kreft, 2019). Bu durumla beraber antihipoglisemik potansiyeli olan medikal bitkiler diyabette kullanılmaya başlanmıştır (Singh vd., 2018). Destekleyici tedavinin amacı ise uygulanan medikal tedavinin etkisini artırmak, DM'ye bağlı oluşan komplikasyonların etkisini azaltmak ve hastaların yaşam standartlarını yükseltmektir. Dünya etnobotanik incelemesine göre, DM'den korunmak için tıbbi olarak yaklaşık 800 bitki kullanılmaktadır (Ekar ve Kreft, 2019). Ancak, bilimsel olarak, bu 800 bitkiden sadece 450'sinin kan şekerini düşürücü özelliklere sahip olduğu ve 109 bitkinin kapsamlı etki mekanizmasına sahip olduğu doğrulanmıştır (Adeniyi vd., 2018). Dünya nüfusunun yaklaşık %60-80'i başta DM olmak üzere çeşitli hastalıklar için medikal bitkilerden elde edilen geleneksel ilaçları kullanmaktadır. Anti-diyabetik özelliklere sahip çok sayıda bitki mevcuttur (Odeyemi ve Bradley, 2018).

Alkaloidler: Alkaloidler, azot içeren ve en az iki karbon atomuna bağlanan kompleks ve yüksek moleküler kütleli heterosiklik kimyasal bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Aniszewski, 2015). Çeşitli tıbbi bitkilerden farklı alkaloidler izole edilmiş ve farklı hayvan modellerinde olası antidiyabetik aktiviteleri araştırılmıştır. Alkaloidler, farklı mekanizmalar yoluyla çok çeşitli antidiyabetik faaliyetler sergilediği bilinmektedir. Bir izokinolin alkaloidi olan Berberin, *Berberis L.*'nin (Berberidaceae) köklerinden ve gövde kabuğundan elde edilir. (Dong vd., 2016) şeker ve yüksek yağlı diyet tüketimine bağlı obezite modeliyle tip T2DM oluşturduğu sıçanlarda 12 hafta boyunca farklı dozlarda berberin (150 ve 300 mg/kg) uygulamasının AMPK yolağı üzerinden bozulmuş lipit metabolizmasını düzelttiğini ortaya koymuşlardır. Buna karşın, Liu vd. (2014) yüksek dozda glikoz uygulanmış sıçan insulino hücre hattı (INS-IE) ve diyabetik farelerin beta adacıklarını inceledikleri deneysel çalışmada farklı dozlardaki berberinin (0.1, 1, 5 ve 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$), yüksek glikoz seviyesinin INS-1E ve sıçanların adacık hücrelerinde AMKP fosforilasyonu ve UCP2 ekspresyonunda azalttığı, berberin uygulaması sonrasında artmış nitrotrozin seviyesinde normalleşme, azalmış Süperoksit Dismutaz 1(SOD 1) ekspresyonunda düzelme, yüksek glikoz ile muamele edilmiş INS-1E hücrelerinde Anjiotensin II ile uyarılmış mitokondriyal ROS üretimini inhibe ettiği, INS-1E hücrelerinde ve sıçan adacıklarında AMPK ve UCP2 sinyalleşmesinin aktivasyonu vasıtasıyla bozulmuş insülin salgılanmasını onardığı ve son olarak oksidatif stresi inhibe ederek diyabetik farelerin adacıklarında AMPK / UCP2 aktivasyonu vasıtasıyla insülin salgılanmasını düzelttiği ortaya koymuşlardır. Jiang vd. (2015) streptozotolinle

diyabet modeli oluşturduğu sıçanlarda 156mg/kg dozda berberin uygulaması ve 184 mg/kg dozda metformin uygulaması ardından, berberinin total *transkripsiyon kofaktör* 2 (TOCR2) ekspresyonunu azaltarak glukoneojenik genlerin transkripsiyonu azalmasına ve karaciğer glukoz çıkışında azalmaya neden olduğu Chang vd. (2016) tip 2 diyabetli sıçanlar üzerinde yaptığı çalışmada, 100 mg/kg dozda berberinin iskemik-reperfüze kalplerin iskemik olmayan bölgelerinde AMP/ATP ve ADP/ATP oranını artırarak, hasar esnasında enerji desteğinin korunmasına yardımcı olduğu ve böylelikle oluşan hasarı azalttığını ortaya koymuştur. Tao vd. (2017) diyabetik sıçanlarda farklı dozlarda (50 mg/kg/d, 100 mg/kg/d, 200 mg/kg) berberin uygulamasının kan şekeri seviyesini düşürmesine bağlı olarak, diyabetik sıçanların retinasında Nrf-2 ve HO-1 ekspresyonunu azaltarak diyabette endotelial hasarının önlediği öne sürülmüştür. Zhou vd. (2009) yüksek karbonhidrat ve streptozotolinle diyabet oluşturulan sıçanlarda 75, 150 ve 300 mg/kg dozda berberin uygulamasının, streptozotolinle oluşturulmuş modellerde antioksidan aktivite aracılığıyla insülin duyarlılığını, insülin salgısı ve β hücre yenilenmesini uyardığı ortaya konmuştur. Bunun nedenin berberinin, diyabetik pankreastaki artan malonaldehit içeriğini azaltmasıyla lipid peroksidasyon hasarına karşı güçlü bir savunma etkisi olduğu düşünülmüştür. Tang vd. (2006) alloksan ve yüksek yağlı diyet modeliyle diyabet oluşturdukları sıçanlarda 100 ve 200 mg / kg dozda berberinin belirgin hipoglisemik etki, hipolipidemik etki ve antioksidan etkiye sahip olduğunu ayrıca histolojik incelemelerde diyabetin ilerlemesini açıkça hafiflettiğini ortaya konmuştur. Ayrıca berberinin alloksan diyabetik sıçanlar üzerindeki bu anti-hiperglisemik etkisi, ana mekanizmasının pankreas hücrelerinden insülin salınımını uarmaya bağlı olmadığını, ancak periferik dokular tarafından glikoz kullanımını teşvik ederek doğrudan bir etki uygulayabileceğini düşündürmektedir. Berberinin diyabet üzerindeki inhibitör etkisinin, hipoglisemik etkisi, lipidlerin metabolik etkilerini modüle etmesi ve serbest radikal süpürme yeteneği ile ilişkili olabileceğini de ortaya konmuştur.

Terpenoidler: Terpenoidler, ışık hasat kompleksleri, hormonlar, fitoaleksinler, semiokimyasallar ve diğerlerinde dahil olduğu geniş bir işlev yelpazesine sahip en büyük ve en çeşitli fitokimyasal sınıfını temsil etmektedir. Tüm terpenoidler beş karbonlu yapılardan, izopentenil difosfattan ve alkil izomeri dimetilalkil difosfattan üretilmiştir. (Tholl, 2015). Şifalı bitkilerden izole edilen terpenoidlerin yüksek oranda hipoglisemik özelliğe sahip olduğu gösterilmiştir. Ginseng, Panax ginseng dahil olmak üzere Araliaceae familyası altında Panax cinsine ait bir bitki grubudur. Bu cins bitkiler genel olarak şifalı bitki, yardımcı ilaç ve takviye gıda maddesi

olarak kullanılmaktadır (Patel ve Rauf, 2017). Ginsenositler, Panax bitkilerine özgü bir triterpenoid saponin grubudur ve ginsengin en güçlü fitokimyasallarıdır (Park vd., 2015). Panax ginseng'in yaprağı bol miktarda ginsenosit Rb3 ve Rh1 içerirken, ana kökte büyük miktarda ginsenosit Rb1 ve Rc bulunmaktadır. Ginsenosit Rb2, Rb3 ve Rg1 sırasıyla sadece kök tüyü, yaprak ve ana kökte tespit edilmiştir (Kang ve Kim, 2016). Tian vd. (2017) streptozotolinle oluşturulmuş diyabet modellerine farklı dozlarda (25 ve 50mg/kg) Ginsenosit Rg1 uygulaması yaparak karaciğer hasarı ve glukoz metabolizması üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, 50 mg/kg dozda Ginsenosit Rg1'in, karaciğer hücre apoptozunu azalttığı ve karaciğer hasarını azaltmak için yangısal reaksiyonu ve JNK sinyal yolağını aktivasyonunu inhibe ederek bu sayede karaciğer üzerinde koruyucu etki oluşturduğu ortaya konmuştur. Xiong vd. (2010) yaptığı çalışmada, Ginsenosit Rb1'in (10 mg / kg) yüksek yağlı diyetle obezite oluşturulan sıçanlarda açlık kan glukoz seviyesini önemli ölçüde azalttığı ve glukoz toleransını düzelttiği bildirilmiştir.

Cucurbitaceae ailesine, acı kabak veya acı kavun olarak da bilinen *Momordica charantia*, meyvesinin, anti-hiperglisemik, antioksidan, antiinflamatuvar özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Teoh vd. (2009) yaptıkları bir çalışmada *Momordica charantia* (MC) ekstraktının, 50 mg/kg dozda diyabetik sıçanlarda yara iyileşme sürecinde bilinmeyen bir mekanizma yoluyla hücresel çoğalmayı ve göçü uyararak iyileşmeye katkı sağladığı ortaya konmuştur. Hussan vd. (2014) 50 mg/kg dozda *M. Charantia* ekstraktının diyabetik sıçanlarda yara bölgesindeki TGF- β ekspresyonunun arttığı ve bu durumunda yara iyileşmesini hızlandırdığı ortaya konmuştur.

Limonen (p-Mentha-1,8-dien), portakal, limon ve üzüm meyvesi gibi narenciye bitkilerinden elde edilen yağların ana bileşenidir ve D ve L formu olmak üzere iki izomeri mevcuttur. Limonenin ana aktif formu d-limonendir (Del Toro-Arreola vd., 2005; Arruda vd., 2009). Jing vd. (2013) D-limonenin obezite oluşturulmuş farelerde dislipidemi ve hiperglisemik etkisini incelemiştir. Ayrıca deneyde pre-adiposit 3T3-L1 hücreleri de kullanılmış daha sonra fikse edilip oil-red-o boyaması yapılmıştır. Fareler yüksek yağlı diyet (YYĞ), düşük yağlı diyet (DYD) ve yüksek yağlı diyetlerine (YYD) %0.5 D-limonen uygulaması sonucunda kan glukoz seviyesini düzenlemede etkili bir bileşik olduğu, hiperglisemi ve tip 2 diyabeti önlemede faydalı olabileceği önerilmiştir. Bunların yanı sıra D-limonen PPAR α sinyalini düzenleyerek gelişen dislipidemiye karşı da koruyucu etkisi olduğu da ortaya konmuştur. Murali vd. (2013) yaptığı çalışmada ise streptozotolin ile diyabet oluşturulmuş sıçanlarda 100 mg/kg dozda D-Limonenin

antioksidan aktivitesi gösterdiği ve serbest radikal temizleyici olarak davrandığı sonucuna varmışlardır.

Oleanolik asit (3 β -hidroksiolean-12-en-28-oik asit) bitkilerde bulunan bir pentasiklik triterpenoid ve güçlü anti-diyabetik madde olarak tanımlanmıştır (Pollier ve Goossens, 2012). Mukundwa vd. (2016) streptozotozinle diyabet oluşturulmuş sıçanlarda 80 mg/kg dozda oleanolik asit uygulamasının mitokondriyal ROS, hipolipidemik ve antiinflamatuvar etkileri inhibe ederek hiperglisemi ve hepatik insülin direncini düzelttiği keşfedilmiştir.

Ursolik asit (3 β -hidroksi-12-urs-12-en-28-oik asit), geleneksel Çin tıbbında yaygın olarak kullanılan, iyi bilinen bir pentasiklik triterpen olduğu ortaya koymuştur (Ikeda vd., 2008). Jang vd. (2010) streptozotozinle indüklenmiş ve yüksek yağlı diyetle beslenmiş farelerde 0.5 mg/kg ursolik asitin gıda takviyesi olarak uygulanması sonucunda yüksek yağlı beslenen tip 1 diyabetik farelerde plazma glikoz / insülin oranında bir iyileşmeye yol açtığını gösterilmiştir. Ayrıca, Bacanlı vd. (2018) yaptığı çalışmada diyabetik sıçanlar üzerinde yaptığı çalışmada 50mg/kg ursolik asit uygulamasının böbrek üzerindeki oksidatif DNA hasarını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

Fenolik Birleşikler ve Flavonoidler: Kimyasal olarak, flavonoidler, iki fenil halkası (A ve B) ve bir heterosiklik halkadan (C) oluşan 15 karbonlu bir iskeletin genel yapısına sahiptir. Flavonoidlerin, antiviral, antikanser, antioksidan, antihistaminik, antiinflamatuvar ve hepatoprotektif tepkiler sergilediği bildirilmiştir (Wang vd., 2013). Meyan kökü, Glycyrrhiza türlerinin kök ve stolon kısımlarından elde edilen ve çeşitli yangısal hastalıklar, sindirim sistemi hastalıkları ve ağrı tedavisi için kullanılan geleneksel bir bitkidir. (Hatano vd., 2017). Glabridin bir izoflavonoiddir ve meyan kökü içinde bulunan ana biyoaktif bileşiktir (Şerbetçi, 2007). Yehuda vd. (2015) yaptıkları çalışmada glabridinin, hiperglisemik koşullar altında, in vivo olarak makrofajlarda LPS'nin neden olduğu NO üretimini, iNOS gen ekspresyonunu ve nitro tirozin oluşumunu inhibe ettiği böylece vasküler disfonksiyonu önlediği ve yüksek glikoz altında güçlü bir antiinflamatuvar ajan olduğu belirlenmiştir.

Bitkisel bir doğal polifenol olan mangiferin, antidiyabetik, antikanser, antiviral, yaşlanma önleyici ve antioksidatif etkilere sahip bir bileşiktir (Dar vd., 2005). Han vd. (2015) yaptıkları çalışmada mangiferinden köken alan X-3 maddesinin 80 ve 120 mg/kg dozda diyabetik fareler ve 70 mikrogram dozda 3T3-L1 preadiposit hücre hattına uygulanması sonucu hücre kütlelerini arttırdığı, hücre içine glukoz alımını ve insülin kullanımını arttırdığı, bunun yanı sıra 3T3-L1 hücrelerinde AMP ile aktive edilmiş protein kinazın (AMPK) fosforilasyonunun artışı vasıtasıyla glukoz metabolizmasına etki ettiği ortaya

konmuştur. Zhu vd. (2015) yaptıkları çalışmada streptozotozinle diyabetik oluşturulan sıçanlara farklı dozda mangiferin (15, 30 ve 60 mg / kg) uygulamasının tip 1 diyabete sahip sıçanlarda böbrek fibrozunu azalttığını ortaya koymuştur.

Hesperidin, bir flavonoiddir. Turunçgil cinsi bitkilerde, özellikle de *Citrus aurantium*'da bulunur (Miyake vd., 1998). Visnagri vd. (2014) diyabetik nöropatili sıçanlarda farklı dozlarda hesperidin (25,50 ve 100mg/kg) uygulamasının hiperglisemi ve hiperlipidemiye azaltarak serbest radikal oluşumunu azalttığı böylelikle nöroprotektif olarak etki gösterdiği ortaya konmuştur. Shi vd. (2011) diyabetik retinopatili sıçanlara 100 ve 200 mg/kg dozda hesperidin uygulaması sonucunda ilk kez hesperidin'in diyabetik retinopati gelişimi ile yakından ilişkili fizyolojik parametrelerin anormallikleri üzerindeki etkisinin belirgin olduğu görülmüş, ayrıca hesperidin'in retina anormallikleri üzerindeki koruyucu etkileri, anjiyojenik parametreler üzerindeki doğrudan etkileri ve antioksidan, anti-inflamatuar etkisi aldoloz redutaz aktivitesi üzerindeki etkisi, retinada AGE birikimi üzerindeki inhibitör etkisi, hipoglisemi etkisiyle kalsiyum dopesilattan daha etkili olduğu ortaya konmuştur.

Naringin (4, 5,7-trihidroksiflavanon-7-ramnoglukosid) ana olarak domates, greylift ve diğer birçok turunçgillerden elde edilen flavanon glikozittir. Kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve kanser gibi bazı hastalıklarda faydalı olduğu öne sürülmektedir (Bharti vd., 2014). Rodríguez vd. (2018) yaptıkları çalışmada streptozotozinle diyabet oluşturulan sıçanlarda 40 mg/kg dozda naringinin karaciğerindeki Fas / FasL / kaspaz-3 ve Bax / Bcl-2 oranının protein ekspresyonunda azalma ve süper oksit anyon, katalaz, süperoksit bismutaz seviyesini azalttığı GSH içeriğini arttırdığı, iNOS / NO / nitrosillenmiş protein yolağı tarafından uyarılan NF κ B / IL-6 / COX-2 aşırı ekspresyonunu inhibe ettiği gözlenmiştir. Bu bulgular eşliğinde diyabetteki yüksek glukoz oranının karaciğer hücrelerinde oksidatif / nitroztatif stres ve yangıyı baskılayarak hepatositler üzerinde koruyucu etkisi olduğu ortaya konmuştur. Pari ve Chandramohan (2017) yaptıkları çalışmada diyabetik sıçanlara farklı dozlarda naringin (20, 40 ve 80 mg) uygulamasının diyabetik sıçanlarda plazma glukoz ve insülin seviyelerinin yanı sıra glikoz ve glikojen metabolizmasında yer alan enzimleri modüle etmesi yoluyla anti-hiperglisemik aktivite gösterdiği ve karaciğer dokusu üzerindeki koruyucu etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur.

Gossipin, başlıca *Hibiscus vitifolius* (*H. vitifolius*), *Gossypium indicum* ve *Hibiscus esculentus* gibi çeşitli Hibiscus türlerinin çiçeklerinde bulunan bir flavonol glikozididir. Doğada gossipin, Malvaceae familyasının farklı bitkilerinde bulunur (Duraisami vd., 2009).

Venkatesan ve Sorimuthu Pillai (2012) yaptıkları çalışmada streptozotozinle diyabet oluşturulan sıçanlarda 20 mg/kg dozda gossipinin kronik oksidatif strese bağlı oluşan reaktif oksijen türlerini ortadan kaldırdığı, ayrıca NF-kB ve hedef genlerini baskılayarak yangı oluşumunu engelleyip koruyucu etki oluşturduğu düşünülmüştür.

Curcuma longa L. rizomlarında bulunan ana polifenolik aktif bileşik olan kurkumin, besin takviyesi olarak kullanılır. Kurkuminin diyabet ve glisemi, karaciğer bozuklukları, yağ dokusu disfonksiyonu, nefropati, nöropati, vasküler hastalıklar, pankreas β hücre disfonksiyonu ve testis hasarı gibi komplikasyonlarında etkili olduğu bildirilmiştir (Zhang vd., 2013; Nabavi vd., 2015; Parsamanesh vd., 2018). Abdelsamia vd. (2019) 100 mg/kg dozda kurkumin uygulamasının, diyabetik sıçanlarda Nrf2 / HO-1 yolağını aktive edip, JAK2 / STAT3 yolağının inhibisyonu aracılığıyla oksidatif stresi azalttığı, yangısal yanıtı düzelttiği, ardından kardiyak fibrozu inhibe ederek kardiyomyopatiyi engellediği düşünülmüştür.

Üzüm, kızılcık ve yaban mersini gibi birçok bitkide doğal olarak bulunan bir polifenolik bileşik olan resveratrol, antioksidan ve antiinflamatuvar etkilere sahip olduğu kanıtlanmıştır (Bishayee vd., 2010). Palsamy ve Subramanian (2010) streptozotozin-nikotinamid ile diyabetik oluşturulan sıçanlarda 5mg/kg resveratrolün hipergliseminin aracılık ettiği oksidatif stresi azaltarak proinflamatuvar sitokinleri salınımı azaltması ve pankreatik-hücrelerinin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünü koruyarak belirgin şekilde düzelttiği sonucuna varılmıştır.

Zencefil, zencefil kökü veya zencefil, baharat ve halk arasında ilaç olarak yaygın kullanılan çiçekli bir bitkidir. Zencefil, başlıca gingerol, shogaols, paradols, gingerdiols dahil olmak üzere çeşitli bileşenlere sahiptir (Yu vd., 2011). Afshari vd. (2007) diyabetik sıçanlarda zencefilin mezengial matriks birikimi, glomerular proliferasyon ve hiyalinizasyonda belirgin azaltarak diyabetik nefropatinin etkilerini azalttığını ortaya koymuşlardır. Kim ve Choung (2010) yaptıkları çalışmada diyabetik farelerde 200 mg/kg dozda *Cinnamomum cassia* ekstraktının (Tarçın kabuğu) insülin duyarlılığını artırdığı, serum, hepatik lipid seviyelerini azalttığı ve peroksizom proliferator ile aktive olan reseptör (PPAR-aracılı) aracılığı vasıtasıyla lipid metabolizmasının ve glukoz seviyesini düzenleyerek hiperglisemi ve hiperlipidemiye azalttığı öne sürülmüştür. Ping vd. (2010) farklı dozlarda (25,50 ve 100 mg/kg) tarçın yağının diyabetik fareler üstündeki etkisi incelendiğinde pankreasın beta hücrelerindeki yıkımını azalttığı ve kalan hücrelerin fonksiyonunu da düzelttiği düşünülmüştür. Ayrıca tarçın yağının pankreasın düzelmiş immünoreaktif hücrelerinden insülini salgılamasını ya da bağlı formdan salınımı arttırarak kan glukoz seviyesini

düşürdüğü ve lipid profilini de azaltarak antidiyabetik etki oluşturduğu belirtilmiştir.

SONUÇ

Yapılan çalışmalar sonucunda diyabet tedavisinde fitoterapi uygulamasının kan şekerini düşürdüğü, lipid peroksidasyonunu engellediği, lipid metabolizmasını düzenlediği, antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirdiği ve diyabete bağlı olarak oluşan yangıyı azalttığı gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkılarak diyabet tedavisinde medikal tedaviye destek maksatlı fitoterapi uygulaması yapılmasının faydalı olabileceği düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abdelsamia, E.M., Khaleel, S.A., Balah, A. & Abdel Baky, N.A. (2019).** Curcumin augments the cardioprotective effect of metformin in an experimental model of type I diabetes mellitus; Impact of Nrf2/HO-1 and JAK/STAT pathways. *Biomed Pharmacother*, **109**, 2136-2144. DOI: [10.1016/j.biopha.2018.11.064](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.11.064)
- Adeniyi, A., Asase, A., Ekpe, P., Asitoakor, B. K., Adu-Gyamfi, A., Awekor, P. Y. (2018).** Ethnobotanical study of medicinal plants from Ghana; confirmation of ethnobotanical uses, and review of biological and toxicological studies on medicinal plants used in Apra Hills Sacred Grove. *Journal of Herbal Medicine*. DOI: [10.1016/j.hermed.2018.02.001](https://doi.org/10.1016/j.hermed.2018.02.001)
- Afshari, A.T., Shirpoor, A., Farshid, A., Saadatian, R., Rasmi, Y., Saboory, E., Ilkhanizadeh, B. & Allameh, A. (2007).** The effect of ginger on diabetic nephropathy, plasma antioxidant capacity and lipid peroxidation in rats. *Food Chemistry*, **101**(1), 148-153. DOI: [10.1016/j.foodchem.2006.01.013](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.013)
- Aniszewski, T. (2015).** *Alkaloids: Chemistry, Biology, Ecology, and Applications: Second Edition*.
- Arruda, D.C., Miguel, D.C., Yokoyama-Yasunaka, J.K.U., Katzin, A.M., Uliana, S.R.B. (2009).** Inhibitory activity of limonene against *Leishmania* parasites in vitro and in vivo. *Biomedicine & pharmacotherapy*, **63**(9), 643-649. DOI: [10.1016/j.biopha.2009.02.004](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2009.02.004)
- Atkinson, M.A., Eisenbarth, G.S. & Michels, A.W. (2014).** Type 1 diabetes. *The Lancet*, **383**(9911), 69-82.
- Bacanlı, M., Aydın, S., Anlar, H., Çal Doğan, T., Ari, N., Bucurgat, Ü., Başaran, A., Basaran, N.**

- (2018). Can ursolic acid be beneficial against diabetes in rats? *Turkish Journal of Biochemistry*, **43**. DOI: [10.1515/tjb-2017-0289](https://doi.org/10.1515/tjb-2017-0289)
- Bharti, S., Rani, N., Krishnamurthy, B. & Arya, D.S. (2014)**. Preclinical evidence for the pharmacological actions of naringin: a review. *Planta Med*, **80**(6), 437-451. DOI: [10.1055/s-0034-1368351](https://doi.org/10.1055/s-0034-1368351)
- Bishayee, A., Barnes, K.F., Bhatia, D., Darvesh, A.S. & Carroll, R.T. (2010)**. Resveratrol suppresses oxidative stress and inflammatory response in diethylnitrosamine-initiated rat hepatocarcinogenesis. *Cancer Prev Res (Phila)*, **3**(6), 753-763. DOI: [10.1158/1940-6207.Capr-09-0171](https://doi.org/10.1158/1940-6207.Capr-09-0171)
- Chang, W., Li, K., Guan, F., Yao, F., Yu, Y., Zhang, M. & Hatch, G.M., Chen, L. (2016)**. Berberine Pretreatment Confers Cardioprotection Against Ischemia-Reperfusion Injury in a Rat Model of Type 2 Diabetes. *J Cardiovasc Pharmacol Ther*, **21**(5), 486-494. DOI: [10.1177/1074248415627873](https://doi.org/10.1177/1074248415627873)
- Chawla, A., Chawla, R. & Jaggi, S. (2016)**. Microvascular and macrovascular complications in diabetes mellitus: Distinct or continuum? *Indian J Endocrinol Metab*, **20**(4), 546-551. DOI: [10.4103/2230-8210.183480](https://doi.org/10.4103/2230-8210.183480)
- Dar, A., Faizi, S., Naqvi, S., Roome, T., Zikr-ur-Rehman, S., Ali, M., Firdous, S. & Moin, S.T. (2005)**. Analgesic and antioxidant activity of mangiferin and its derivatives: the structure activity relationship. *Biol Pharm Bull*, **28**(4), 596-600. DOI: [10.1248/bpb.28.596](https://doi.org/10.1248/bpb.28.596)
- Del Toro-Arreola, S., Flores-Torales, E., Torres-Lozano, C., Del Toro-Arreola, A., Tostado-Pelayo, K., Guadalupe Ramirez-Dueñas, M. & Daneri-Navarro, A. (2005)**. Effect of D-limonene on immune response in BALB/c mice with lymphoma. *Int Immunopharmacol*, **5**(5), 829-838. DOI: [10.1016/j.intimp.2004.12.012](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2004.12.012)
- Dong, Y., Chen, Y.T., Yang, Y.X., Zhou, X.J., Dai, S.J., Tong, J.F., Shou, D. & Li, C. (2016)**. Metabolomics Study of Type 2 Diabetes Mellitus and the AntiDiabetic Effect of Berberine in Zucker Diabetic Fatty Rats Using Uplc-ESI-Hdms. *Phytother Res*, **30**(5), 823-828. DOI: [10.1002/ptr.5587](https://doi.org/10.1002/ptr.5587)
- Duraisami, R., Srinivasan, D. & Ramaswamy, S. (2009)**. Anticonvulsant activity of bioflavonoid gossypin. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, **4**. DOI: [10.3329/bjp.v4i1.1081](https://doi.org/10.3329/bjp.v4i1.1081)
- Ekar, T., Kreft, S. (2019)**. Common risks of adulterated and mislabeled herbal preparations. *Food Chem Toxicol*, **123**, 288-297. DOI: [10.1016/j.fct.2018.10.043](https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.10.043)
- Fowler, M.J. (2008)**. Microvascular and macrovascular complications of diabetes. *Clinical diabetes*, **26**(2), 77-82.
- Han, J., Yi, J., Liang, F., Jiang, B., Xiao, Y., Gao, S., Yang, N., Hu, H., Xie, W.F. & Chen, W. (2015)**. X-3, a mangiferin derivative, stimulates AMP-activated protein kinase and reduces hyperglycemia and obesity in db/db mice. *Mol Cell Endocrinol*, **405**, 63-73. DOI: [10.1016/j.mce.2015.02.008](https://doi.org/10.1016/j.mce.2015.02.008)
- Hatano, T., Eerdunbayaer, Cui, Y., Kuroda, T. & Shimozu, Y. (2017)**. Licorice as a Resource for Pharmacologically Active Phenolic Substances: Antioxidant and Antimicrobial Effects. In.
- Hussan, F., Teoh, S.L., Muhamad, N., Mazlan, M. & Latiff, A.A. (2014)**. Momordica charantia ointment accelerates diabetic wound healing and enhances transforming growth factor- β expression. *J Wound Care*, **23**(8), 400, 402, 404-407. DOI: [10.12968/jowc.2014.23.8.400](https://doi.org/10.12968/jowc.2014.23.8.400)
- Ibrahim, R. (2010)**. Diabetes mellitus type II: review of oral treatment options. *Int J Pharm Pharmaceut Sci*, **2**(1), 21e30.
- Ikeda, Y., Murakami, A. & Ohigashi, H. (2008)**. Ursolic acid: an anti- and pro-inflammatory triterpenoid. *Mol Nutr Food Res*, **52**(1), 26-42. DOI: [10.1002/mnfr.200700389](https://doi.org/10.1002/mnfr.200700389)
- Jang, S.M., Kim, M.J., Choi, M.S., Kwon, E.Y. & Lee, M.K. (2010)**. Inhibitory effects of ursolic acid on hepatic polyol pathway and glucose production in streptozotocin-induced diabetic mice. *Metabolism*, **59**(4), 512-519. DOI: [10.1016/j.metabol.2009.07.040](https://doi.org/10.1016/j.metabol.2009.07.040)
- Jiang, S.J., Dong, H., Li, J.B., Xu, L.J., Zou, X., Wang, K.F., Lu, F.E. & Yi, P. (2015)**. Berberine inhibits hepatic gluconeogenesis via the LKB1-AMPK-TORC2 signaling pathway in streptozotocin-induced diabetic rats. *World J Gastroenterol*, **21**(25), 7777-7785. DOI: [10.3748/wjg.v21.i25.7777](https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i25.7777)
- Jing, L., Zhang, Y., Fan, S., Gu, M., Guan, Y., Lu, X., Huang, C. & Zhou, Z. (2013)**. Preventive and ameliorating effects of citrus D-limonene on dyslipidemia and hyperglycemia in mice with high-fat diet-induced obesity. *Eur J Pharmacol*, **715**(1-3), 46-55. DOI: [10.1016/j.ejphar.2013.06.022](https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2013.06.022)
- Kang, O. J., Kim, J. S. (2016)**. Comparison of Ginsenoside Contents in Different Parts of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Prev Nutr*

- Food Sci*, **21**(4), 389-392. DOI: [10.3746/pnf.2016.21.4.389](https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.4.389)
- Kim, S.H. & Choung, S.Y. (2010)**. Antihyperglycemic and antihyperlipidemic action of Cinnamomi Cassiae (Cinnamon bark) extract in C57BL/Ks db/db mice. *Arch Pharm Res*, **33**(2), 325-333. DOI: [10.1007/s12272-010-0219-0](https://doi.org/10.1007/s12272-010-0219-0)
- Li, P., Tang, Y., Liu, L., Wang, D., Zhang, L. & Piao, C. (2019)**. Therapeutic potential of buckwheat hull flavonoids in db/db mice, a model of type 2 diabetes. *Journal of Functional Foods*, **52**, 284-290.
- Liu, L., Liu, J., Gao, Y., Yu, X., Xu, G. & Huang, Y. (2014)**. Uncoupling protein-2 mediates the protective action of berberine against oxidative stress in rat insulinoma INS-1E cells and in diabetic mouse islets. *Br J Pharmacol*, **171**(13), 3246-3254. DOI: [10.1111/bph.12666](https://doi.org/10.1111/bph.12666)
- Mirmiran, P., Bahadoran, Z. & Azizi, F. (2014)**. Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. *World journal of diabetes*, **5**(3), 267.
- Miyake, Y., Yamamoto, K., Tsujihara, N. & Osawa, T. (1998)**. Protective effects of lemon flavonoids on oxidative stress in diabetic rats. *Lipids*, **33**(7), 689-695. DOI: [10.1007/s11745-998-0258-y](https://doi.org/10.1007/s11745-998-0258-y)
- Mukundwa, A., Mukaratirwa, S. & Masola, B. (2016)**. Effects of oleanolic acid on the insulin signaling pathway in skeletal muscle of streptozotocin-induced diabetic male Sprague-Dawley rats. *J Diabetes*, **8**(1), 98-108. DOI: [10.1111/1753-0407.12260](https://doi.org/10.1111/1753-0407.12260)
- Murali, R., Karthikeyan, A. & Saravanan, R. (2013)**. Protective effects of D-limonene on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*, **112**(3), 175-181. DOI: [10.1111/bcpt.12010](https://doi.org/10.1111/bcpt.12010)
- Nabavi, S.F., Thiagarajan, R., Rastrelli, L., Daglia, M., Sobarzo-Sánchez, E., Alinezhad, H. & Nabavi, S.M. (2015)**. Curcumin: a natural product for diabetes and its complications. *Curr Top Med Chem*, **15**(23), 2445-2455. DOI: [10.2174/1568026615666150619142519](https://doi.org/10.2174/1568026615666150619142519)
- Odeyemi, S. & Bradley, G. (2018)**. Medicinal Plants Used for the Traditional Management of Diabetes in the Eastern Cape, South Africa: Pharmacology and Toxicology. *Molecules*, **23**(11). DOI: [10.3390/molecules23112759](https://doi.org/10.3390/molecules23112759)
- Ozougwu, J., Obimba, K., Belonwu, C. & Unakalamba, C. (2013)**. The pathogenesis and pathophysiology of type 1 and type 2 diabetes mellitus. *J Physiol Pathophysiol*, **4**(4), 46-57.
- Palsamy, P. & Subramanian, S. (2010)**. Ameliorative potential of resveratrol on proinflammatory cytokines, hyperglycemia mediated oxidative stress, and pancreatic beta-cell dysfunction in streptozotocin-nicotinamide-induced diabetic rats. *J Cell Physiol*, **224**(2), 423-432. DOI: [10.1002/jcp.22138](https://doi.org/10.1002/jcp.22138)
- Pari, L., Chandramohan, R. (2017)**. Modulatory effects of naringin on hepatic key enzymes of carbohydrate metabolism in high-fat diet/low-dose streptozotocin-induced diabetes in rats. *Gen Physiol Biophys*, **36**(3), 343-352. DOI: [10.4149/gpb_2016055](https://doi.org/10.4149/gpb_2016055)
- Park, J.Y., Choi, P., Kim, T., Ko, H., Kim, H.K., Kang, K.S. & Ham, J. (2015)**. Protective Effects of Processed Ginseng and Its Active Ginsenosides on Cisplatin-Induced Nephrotoxicity: In Vitro and in Vivo Studies. *J Agric Food Chem*, **63**(25), 5964-5969. DOI: [10.1021/acs.jafc.5b00782](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00782)
- Parsamanesh, N., Moossavi, M., Bahrami, A., Butler, A. E. & Sahebkar, A. (2018)**. Therapeutic potential of curcumin in diabetic complications. *Pharmacol Res*, **136**, 181-193. DOI: [10.1016/j.phrs.2018.09.012](https://doi.org/10.1016/j.phrs.2018.09.012)
- Patel, S. & Rauf, A. (2017)**. Adaptogenic herb ginseng (Panax) as medical food: Status quo and future prospects. *Biomed Pharmacother*, **85**, 120-127. DOI: [10.1016/j.biopha.2016.11.112](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.11.112)
- Ping, H., Zhang, G. & Ren, G. (2010)**. Antidiabetic effects of cinnamon oil in diabetic KK-Ay mice. *Food Chem Toxicol*, **48**(8-9), 2344-2349. DOI: [10.1016/j.fct.2010.05.069](https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.069)
- Pollier, J. & Goossens, A. (2012)**. Oleanolic acid. *Phytochemistry*, **77**, 10-15. DOI: [10.1016/j.phytochem.2011.12.022](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.12.022)
- Rahimi-Madiseh, M., Heidarian, E., Kheiri, S. & Rafieian-Kopaei, M. (2017)**. Effect of hydroalcoholic Allium ampeloprasum extract on oxidative stress, diabetes mellitus and dyslipidemia in alloxan-induced diabetic rats. *Biomedicine & pharmacotherapy*, **86**, 363-367.
- Rodriguez, V., Plavnik, L. & Tolosa de Talamoni, N. (2018)**. Naringin attenuates liver damage in streptozotocin-induced diabetic rats. *Biomed Pharmacother*, **105**, 95-102. DOI: [10.1016/j.biopha.2018.05.120](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.120)
- Shi, C.Y., Yang, H., Wei, C.L., Yu, O., Zhang, Z.Z., Jiang, C.J., Sun, J., Li, Y.Y., Chen, Q., Xia, T. & Wan, X.C. (2011)**. Deep sequencing of the Camellia sinensis transcriptome revealed candidate genes for major metabolic pathways of

- tea-specific compounds. *BMC Genomics*, **12**(1), 131. DOI: [10.1186/1471-2164-12-131](https://doi.org/10.1186/1471-2164-12-131)
- Singh, A.K., Raj, V., Keshari, A.K., Rai, A., Kumar, P., Rawat, A., Maity, B., Kumar, D., Prakash, A., De, A., Samanta, A., Bhattacharya, B. & Saha, S. (2018).** Isolated mangiferin and naringenin exert antidiabetic effect via PPAR(γ)/GLUT4 dual agonistic action with strong metabolic regulation. *Chem Biol Interact*, **280**, 33-44. DOI: [10.1016/j.cbi.2017.12.007](https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.12.007)
- Standards of Medical Care in Diabetes (2016) Summary of Revisions. (2015).** *Diabetes Care*, **39**(Supplement_1), S4-S5. DOI: [10.2337/dc16-S003](https://doi.org/10.2337/dc16-S003)
- Şerbetçi, H. (2007).** *Meyan (Glycyrrhiza glabra L.) bitkisinin antioksidan kapasitesinin belirlenmesi / Determination of antioxidant capacity of licorice (Glycyrrhiza glabra L.)*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tang, L.Q., Wei, W., Chen, L.M. & Liu, S. (2006).** Effects of berberine on diabetes induced by alloxan and a high-fat/high-cholesterol diet in rats. *J Ethnopharmacol*, **108**(1), 109-115. DOI: [10.1016/j.jep.2006.04.019](https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.04.019)
- Tao, K., Chen, J. & Wang, L. (2017).** Effects of berberine on the expressions of NRF2 and HO-1 in endothelial cells of diabetic rat. *Biomedical Research-tokyo*, **28**, 3860-3864.
- Teoh, S.L., Latiff, A.A. & Das, S. (2009).** The effect of topical extract of *Momordica charantia* (bitter gourd) on wound healing in nondiabetic rats and in rats with diabetes induced by streptozotocin. *Clin Exp Dermatol*, **34**(7), 815-822. DOI: [10.1111/j.1365-2230.2008.03117.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2230.2008.03117.x)
- Tholl, D. (2015).** Biosynthesis and biological functions of terpenoids in plants. *Adv Biochem Eng Biotechnol*, **148**, 63-106. DOI: [10.1007/10_2014_295](https://doi.org/10.1007/10_2014_295)
- Tian, W., Chen, L., Zhang, L., Wang, B., Li, X.B., Fan, K.R., Ai, C.H., Xia, X., Li, S.D. & Li, Y. (2017).** Effects of ginsenoside Rg1 on glucose metabolism and liver injury in streptozotocin-induced type 2 diabetic rats. *Genet Mol Res*, **16**(1). DOI: [10.4238/gmr16019463](https://doi.org/10.4238/gmr16019463)
- Venkatesan, T. & Sorimuthu Pillai, S. (2012).** Antidiabetic activity of gossypin, a pentahydroxyflavone glucoside, in streptozotocin-induced experimental diabetes in rats. *J Diabetes*, **4**(1), 41-46. DOI: [10.1111/j.1753-0407.2011.00145.x](https://doi.org/10.1111/j.1753-0407.2011.00145.x)
- Visnagri, A., Kandhare, A.D., Chakravarty, S., Ghosh, P. & Bodhankar, S.L. (2014).** Hesperidin, a flavanoglycone attenuates experimental diabetic neuropathy via modulation of cellular and biochemical marker to improve nerve functions. *Pharm Biol*, **52**(7), 814-828. DOI: [10.3109/13880209.2013.870584](https://doi.org/10.3109/13880209.2013.870584)
- Wang, X., Liu, R., Zhang, W., Zhang, X., Liao, N., Wang, Z., Li, W., Qin, X. & Hai, C. (2013).** Oleanolic acid improves hepatic insulin resistance via antioxidant, hypolipidemic and anti-inflammatory effects. *Mol Cell Endocrinol*, **376**(1-2), 70-80. DOI: [10.1016/j.mce.2013.06.014](https://doi.org/10.1016/j.mce.2013.06.014)
- Waring, W.S. (2016).** Antidiabetic drugs. *Medicine*, **44**(3), 138-140.
- Williams, R., Colagiuri, S., Chan, J., Gregg, E., Ke, C., Lim, L.L. & Yang, X. (2019).** *IDF Atlas 9th Edition 2019*.
- Xiong, Y., Shen, L., Liu, K. J., Tso, P., Xiong, Y., Wang, G., Woods, S.C. & Liu, M. (2010).** Antiobesity and antihyperglycemic effects of ginsenoside Rb1 in rats. *Diabetes*, **59**(10), 2505-2512. DOI: [10.2337/db10-0315](https://doi.org/10.2337/db10-0315)
- Yehuda, I., Madar, Z., Leikin-Frenkel, A. & Tamir, S. (2015).** Glabridin, an isoflavan from licorice root, downregulates iNOS expression and activity under high-glucose stress and inflammation. *Mol Nutr Food Res*, **59**(6), 1041-1052. DOI: [10.1002/mnfr.201400876](https://doi.org/10.1002/mnfr.201400876)
- Yu, Y., Zick, S., Li, X., Zou, P., Wright, B. & Sun, D. (2011).** Examination of the pharmacokinetics of active ingredients of ginger in humans. *Aaps j*, **13**(3), 417-426. <https://doi.org/10.1208/s12248-011-9286-5>
- Zhang, D.W., Fu, M., Gao, S.H. & Liu, J.L. (2013).** Curcumin and diabetes: a systematic review. *Evid Based Complement Alternat Med*, **2013**, 636053. DOI: [10.1155/2013/636053](https://doi.org/10.1155/2013/636053)
- Zheng, Y., Bai, L., Zhou, Y., Tong, R., Zeng, M., Li, X., Shi, J. (2019).** Polysaccharides from Chinese herbal medicine for anti-diabetes recent advances. *International journal of biological macromolecules*, **121**, 1240-1253.
- Zhou, J., Zhou, S., Tang, J., Zhang, K., Guang, L., Huang, Y., Xu, Y., Ying, Y., Zhang, L. & Li, D. (2009).** Protective effect of berberine on beta cells in streptozotocin- and high-carbohydrate/high-fat diet-induced diabetic rats. *Eur J Pharmacol*, **606**(1-3), 262-268. DOI: [10.1016/j.ejphar.2008.12.056](https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2008.12.056)
- Zhu, X., Cheng, Y.Q., Du, L., Li, Y., Zhang, F., Guo, H., Liu, Y.W. & Yin, X.X. (2015).** Mangiferin attenuates renal fibrosis through down-regulation of osteopontin in diabetic rats. *Phytother Res*, **29**(2), 295-302. DOI: [10.1002/ptr.5254](https://doi.org/10.1002/ptr.5254)



Kahramanmaraş Merkezli Depremden Etkilenen Kentlerde Yer Alan Yeşil Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Deprem Duyarlılığına Göre Konumsal/Mekânsal Analizi

Ali Erdem ÖZÇELİK* Ömer Lütfü ÇORBACI Turan YÜKSEK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

Geliş Tarihi: 24.04.2023

Kabul Tarihi: 12.06.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Özçelik, A.E., Çorbacı, Ö.L. & Yüksek, T. (2023). Kahramanmaraş merkezli depremden etkilenen kentlerde yer alan yeşil alanların coğrafi bilgi sistemleri ile deprem duyarlılığına göre konumsal/mekânsal analizi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 273-282. <https://doi.org/10.35229/jaes.1286979>
How to cite: Özçelik, A.E., Çorbacı, Ö.L. & Yüksek, T. (2023). Spatial analysis of green areas located in affected cities by the Kahramanmaraş centered earthquake according to earthquake susceptibility with geographical information systems. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 273-282. <https://doi.org/10.35229/jaes.1286979>

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-5877-1738>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-8763-3163>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-2964-1760>

*Sorumlu yazarın:
Ali Erdem ÖZÇELİK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye.
✉: alierdem.ozcelik@erdogan.edu.tr

Öz: Kentsel alanlarda deprem afet yönetim süreçlerinde kentsel açık yeşil alanların etkili bir şekilde kullanılabilirliği konumsal/mekânsal planlama kapsamında öncelikli alanlar olarak tanımlanması önem arz etmektedir. Deprem risk analizlerinin kentsel planlamalar kapsamında öncül bileşenler arasında esas alınarak kentsel açık yeşil alanların alansal ve hacimsel olarak en uygun yerlerde oluşturulması hayati öneme sahiptir. Ayrıca kentsel açık yeşil alanların erişilebilirlik, kullanılabilirlik, yeterli altyapı sistemleri (su, temizlik, atık vb.), güvenlik, toplanma alanı vb. özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanması deprem afeti yönetimi sürecinde bu alanların etkin bir şekilde kullanılabilirliğini olumlu etkilemektedir. Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Kahramanmaraş depremi alanında risk analizi gerçekleştirilerek kentsel açık yeşil alanların konumsal/mekânsal dağılımlarının planlama boyutunda değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında deprem risk analizlerinin kentsel gelişim alanlarında planlama süreciyle bütünleşik olarak ele alınması gerekliliği doğrultusunda kentsel yeşil alan bölgelerinin oluşturulmasında bilgi teknolojilerinin kullanılmasının önemi ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, deprem duyarlılığı, deprem afet yönetimi, kentsel yeşil alanlar, konumsal/mekânsal analiz, peyzaj planlama.

Spatial Analysis of Green Areas located in Affected Cities by the Kahramanmaraş Centered Earthquake according to Earthquake Susceptibility with Geographical Information Systems

Abstract: It is important to define the effective use of urban open green spaces as priority areas within the scope of spatial planning in earthquake disaster management processes in urban areas. It is of vital importance to create urban open green spaces in the most suitable places in terms of spatial and volume density, based on earthquake risk analysis among the priority components within the scope of urban planning. In addition, accessibility, usability, adequate infrastructure systems (water, sanitation, waste, etc.), security, assembly area, etc. of urban open green spaces. It has a positive effect on the effective usability of these areas in the earthquake disaster management process. In this study, risk analysis was carried out in the field of Kahramanmaraş earthquake with Geographical Information Systems and the spatial distribution of urban open green areas was evaluated in the planning dimension. The importance of using information technologies in the creation of urban green space zones has been revealed in line with the necessity of considering earthquake risk analyzes in urban development areas in an integrated manner with the planning process.

Keywords: Earthquake disaster management, earthquake susceptibility, geographic information systems, landscape planning, spatial analysis, urban green area.

*Corresponding author:
Ali Erdem ÖZÇELİK
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of
Engineering and Architecture, Department of
Landscape Architecture, Rize, Türkiye.
✉: alierdem.ozcelik@erdogan.edu.tr

GİRİŞ

Doğal afetler arasında yer alan depremler, dünyanın sismik olarak aktif bölgelerinde insan yaşamı ve ekonomi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Yıkıcı depremlerin bir sonucu olarak, 1980'den bu yana dünya genelinde yaklaşık 800.000 insan hayatını kaybettiği ve 950 milyar ABD dolarından fazla ekonomik zarar olduğu rapor edilmiştir. Depremlerin neden olduğu afetler önlenemez; ancak depreme duyarlı bölgelerin belirlenmesi ve planlamalarda bu duyarlılıkların dikkate alınması ile deprem riskin azaltılmasına yardımcı olabilir. Deprem potansiyel alanlarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanımı önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca deprem sonrası hasar analizlerinin konumsal ve zamansal olarak değişiminin belirlenmesine olanak sunmaktadır. Bu bağlamda deprem risk alanlarına yönelik merkez üssü konumları, büyüklük, merkez üssüne uzaklık ve aktif faylar, fayların yoğunluğu, çizgiselliklerin yoğunluğu, arazi eğimi ve yükseklik dikkate alınması ve analiz edilmesi önemlidir (Ahmed vd., 2023).

Genel olarak deprem tehlikeleri zinciri, yapısal hasara ve can kayıplarına yol açan ana şok, yüzey kırılmaları, artçı şoklar, şev kaymaları ve deprem kaynaklı heyelanları içermektedir. Fay hattının mekansal özellikleri, tehlikelerin mekansal özellikleri, depremlerin ve tehlikelerin mekansal korelasyonları, deprem acil barınak alanları ve toplanma alanları uygun yerleri ve tehlike önleme ve azaltma planlarının hazırlanması deprem öncesi ve deprem sonrası süreçlerde karar-destek, acil müdahale, hasar tespit, koordinasyonun sağlanması gibi uygulamalarda etkin rol oynamaktadır. Deprem kaynaklı jeolojik tehlikelerin zamansal ve mekansal dağılım özellikleri vardır. Bu özelliklerin afet önleme girişimlerinin öncelik değerlendirmesine dayalı olarak belirlenmesi/tanımlanması, acil durum planı ve yerinde acil müdahale için koordinasyon birimlerine bilimsel temelli anlık veri/bilgi sağlayabilmektedir (Kohno vd., 2022; Wu vd., 2022). Bahsedilen tüm bu gereksinimler doğrultusunda büyük ölçekli doğal afetlerin sayısındaki ve etkilenen insanların sayısındaki dünya çapında yaşanan artış sonucunda verimli afet yönetimine olduğundan daha fazla ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır (Niyazi & Behnamian, 2023).

Dünya genelinde kentsel yeşil alanların deprem duyarlılığına göre dağılımlarının nasıl olduğu konusunda yürütülen az sayıda çalışma olmasına rağmen; ülkemiz genelinde yapılmış böyle bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle kentsel yeşil alan dağılımı yapılırken deprem duyarlılığının nasıl dikkate alındığı ile alakalı çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı 6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizi etkileyen deprem bölgesindeki yeşil alanların deprem duyarlılıklarına göre dağılımlarının CBS ile belirlenmesidir.

Kentsel Alanlar Ve Doğal Afetler: Kentleşmenin ve küreselleşmenin gelişmesiyle birlikte kentler giderek nüfus yoğunluğunun hızla arttığı yaşam alanlarına dönüşmektedir. Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %55'i kentlerde yaşamaktadır. Bu oranın 2050 yılına kadar yaklaşık olarak %68'e ulaşması beklenmektedir (Wu vd., 2023). Ancak ülkemizdeki kentleşme oranı dünya ortalamasının oldukça üzerindedir. Türkiye'de 2022 yılında il ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranının %93,4 olduğu belirtilmektedir (TUİK, 2023). Kentsel alanların büyük ölçekli afetlerin etkilerine karşı direnç seviyesinin düşük olduğu yaşanan afetler sonucunda görülmektedir. Birçok kentsel gelişim alanı yalnızca yüksek riskli bölgelerde yer almakla kalmaz, aynı zamanda bu alanlardaki daha çok insan kaynaklı kentsel gelişim faaliyetleri/aktiviteleri birçok afetin olumsuz etkilerini artırıcı etki oluşturmaktadır (Helderop ve Grubestic, 2023). Bir depremden önce ve sonra ekolojik çevrenin peyzaj tabanlı dinamik restorasyonu ve değişimlerinin özellikle de peyzaj ekolojisi indeksi kullanılarak arazi örtüsü değişim sıklığının mekansal dağılım özellikleri ve bu özellikleri etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi kentlerin deprem öncesi ve sonrasında planlanması açısından oldukça önem arz etmektedir (Wang vd., 2022).

Kentsel Açık Yeşil Alanlar: Son yıllarda kentleşmenin yoğun olarak arttığı Türkiye'nin buna paralel olarak yeşil alan ihtiyaçları da artmaktadır. Fakat bu artışın miktarının nüfusun gereksinimi karşılayabilecek oranda olduğu söylenemez (Abdullah ve Selim 2017). Kentsel açık yeşil alanların birimlerinden biri olarak kabul edilen konut ve toplu konut bahçelerinde, estetik ve işlevsel açıdan olduğu kadar, kullanılan bitkisel materyaller konusunda da farklı yaklaşımlar söz konusudur. Günümüzde söz konusu bahçelerin, sosyal, ekonomik, kültürel ve yasal faktörler nedeniyle estetik ve işlevsel yönden önemli eksikliklerinin bulunduğu ve çeşitli sorunlar yaşadığı da bilinmektedir (Dönmez ve Özyavuz 2016). Kentsel yeşil alanlar ekolojik, toplumsal, sosyal, ekonomik ve fiziksel özellikleri ile kentte yaşayanların konforunu etkileyen, rekreasyonel ihtiyaçların karşılanmasında ve kentin imajına önemli katkılar sunan önemli temel yapılar olmakla birlikte afet sonrası gereksinim duyulan önemli alanlardandır (Aydemir, 2004; Korgavuş & Ersoy, 2015; Türkoğlu & Kısar Koramaz, 2012). Kentsel yeşil alanlar, kentlerdeki ekolojik ve sosyal sistemlerin önemli bir parçası olup ekosistem servisleri üretir ve kentsel direncine önemli katkılar sunarlar (Colding, 2012). Açık ve yeşil alanlar, kentsel yaşamın beraberinde getirdiği sorunları iyileştirme odaklı bir yaklaşımı bünyesinde barındırır (Hüsam, Öztürk, & Dönmez, 2021). Kentsel açık alan ve yeşil alanlar deprem öncesi, deprem sırası ve sonrasında kullanım ve dönüşümü ile kentsel anlamda önemli bir oynamaktadır. Açık alan ve yeşil alanlar deprem sonrasında deprem öncesi işlevlerinden farklı işlevler üstlenerek fiziksel

yapılaşmanın yerini ve işlevsel fonksiyonlarını içermektedir (Nalbantoğlu, 2000; Atalay, 2008). Deprem gibi doğal afetlerde, insanlar kendilerini tehlike altında hissettiklerinde güvenlik açısından içgüdüsel olarak açık alanlara çıkma ihtiyacı duyarlar. Binaları zarar görse de görmese de güvenlik kaygısı ile bir süre dışarıda kalmayı tercih ederler (Korgavuş & Ersoy, 2015). Açık-yeşil alanlar afet sonrası güvenlik başta olmak üzere acil ihtiyaçların karşılandığı, ilk müdahalelerin yapılabildiği, kentsel ihtiyaçların toplandığı bir başka deyişle yaşamın tekrar başladığı yerlerdir (Kırçın vd., 2017; Özyavuz vd., 2016). 17 Ağustos Kocaeli depreminde sokaklara çıkan ve uzun bir süre evlerine giremeyen insanlar güvenle kalabilecekleri bir yeşil alan bulmakta zorlanmışlardır. Bu durumda kentteki yeşil alanların azlığı ve yetersizliğini tekrar ortaya koymuştur (Aksoy vd., 2007). Yeşil alanlardaki yetersizlik, kentin yaşam kalitesini olumsuz etkilemesinin yanında, doğal afet riskleri açısından da tedirginliğe neden olmaktadır (Özcan vd., 2013).

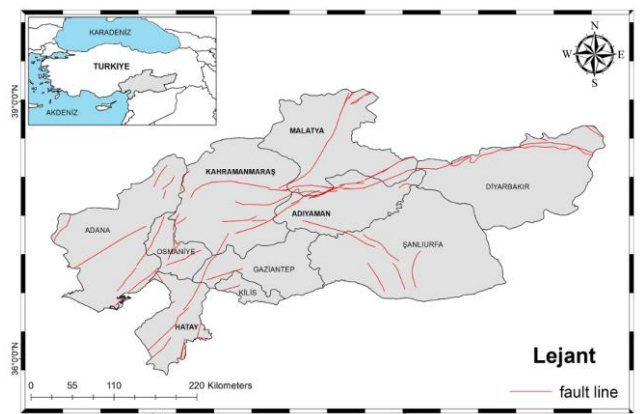
Deprem Afet Yönetiminde Konumsal/Mekansal Veri Yönetimi: Kentsel sismik risk analizi, sismik risk faktörlerini anlamak ve deprem hasarını ve kayıplarını azaltmak için stratejiler tasarlamaya yönelik oldukça fayda sağlamaktadır. Sismik risk değerlendirmesi, özellikle kişiler, binalar ve altyapılar için doğrudan ya da dolaylı hasar görebilecek kentsel alanların belirlenmesinde önemli rol almaktadır. Kentsel alanlarda ve kentsel gelişim alanlarında, sismik risk değerlendirme analizleri, etkisi altındaki farklı hasar derecelerini ve olumsuz etkilenebilecek başta yapı kümelerini ve yerleşim alanları olmak üzere potansiyel sismik risk ve tehlike alanlarının harita tabanlı çıktılar elde edilerek gerekli önlemlerin önceden alınmasına katkı sunulabilmektedir. Özellikle sismik hasar dağılımının harita tabanlı değerlendirilmesinde; sismik etki, kırılma, maruz kalma ve hasar durumu bileşenleri dikkate alınan birincil kriterler arasında yer almaktadır. Bu kriterler kapsamında (i) Sismik yer sarsıntısını temsil eden sismik etkinin, (ii) Zarar görebilecek veya değer kaybına uğrayabilecek öncelikle bina türleri olmak üzere maruz kalan tüm arazi/coğrafi varlıkların hasar dağılımı tahminini (iii) Maruz kalan elemanların sismik sarsıntının etkisine duyarlılığını belirleyen fiziksel/coğrafi koşulları temsil eden sismik direnç bileşenlerinin tanımlanması, deprem müdahale ve karar-destek uygulamalarında etkin bileşenler arasında yer almaktadır. Bu uygulamalar arasında önemli bir rol alan bir diğer başlık ise enkaz hacmi, enkaz birikimi ve enkaz dağıtımı alt bileşenleri kapsamında "sismik riskin açık alanlara yayılması" olarak tanımlanmaktadır. (Gaspar-Escribano, Martínez-Cuevas, Yazdi, Staller, & Torres, 2023). Deprem afeti sürecinde durum her an ve hızla değişebilmekte ve bu durum gereği hızlı müdahale çok önem taşımaktadır. Herhangi bir gecikme dramatik sonuçlara ve potansiyel olarak insan kayıplarına neden olabilmektedir. Bu

nedenle, birçok kurum/yetkili, özellikle modern teknolojileri kullanarak hızlı bir müdahale sürecine sahip olmak için doğal afet yönetimi stratejilerinin geliştirilmesini desteklemektedir. Bu süreci etkileyen önemli bir faktörler arasında, mevcut afet durumunu yansıtan ve doğru karar vermeyi destekleyen, afet durumuna ilişkin gerçek zamanlı, güncel erişilebilir ve sürdürülebilir şekilde konumsal bilgi altyapısının kullanılabilirliğini, etkinliğini ve yeterliliğini sağlayan harita tabanlı servislerin geliştirilmesi yer almaktadır. Bahsedilen sistem altyapısının en önemli bileşenleri arasında (i) deprem anında güncel konumsal/mekansal veri paylaşımı ve edinimi (ii) deprem anında konumsal/mekansal veri senkronizasyonu ve akışının anlık ve hızlı bir şekilde sağlanması yer almaktadır (Alamouri, Hassan, & Gerke, 2021).

YÖNTEM

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen harita tabanlı tüm uygulamalar Coğrafi Bilgi Sistemleri kapsamında ArcGIS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Harita tabanlı uygulamalarda kent sınırlarına ait vektörel veriler T.C. Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü (HGM) ve ESRI tarafından paylaşılan web tabanlı açık veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Deprem ile ilgili harita tabanlı çalışmalarda ise T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), MTA Genel Müdürlüğü ve ESRI tarafından paylaşılan web tabanlı açık veriler kullanılmıştır. Kentsel yeşil alanlara ait vektörel veriler Google Earth ve Open Street Map (OSM) kullanılarak elde edilmiştir.

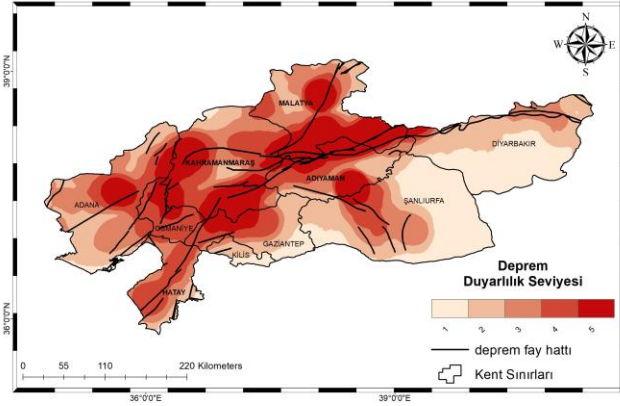
Çalışma Alanı: 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli gerçekleşen ve çevre illeri (Kahramanmaraş, Hatay, Adana, Gaziantep, Kilis, Osmaniye, Malatya, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır) etkileyen deprem bölgesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Depremden yaklaşık olarak 110.000 kilometrekarelik bir alan ve burada yaşayan 13, 5 milyon kişi etkilenmiştir.



Şekil 1. 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş Merkezli Deprem Bölgesi.
Figure 1. Kahramanmaraş Centered Earthquake Zone dated February 6, 2023.

BULGULAR

Kahramanmaraş merkezli on ildeki kentsel yerleşim alanlarının büyük çoğunluğu deprem duyarlılığının yüksek olduğu (4. ve 5. duyarlılık seviyesi) araziler üzerindedir (Şekil 2).



Şekil 2. 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş merkezli deprem bölgesi deprem duyarlılık haritası.
Figure 2. Earthquake susceptibility map of Kahramanmaraş centered earthquake region dated February 6, 2023

Kahramanmaraş merkezli depremden etkilenen on ildeki toplam park sayısının yaklaşık olarak 2496 ve park alanının 2318,29 ha olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).

Tablo 1. On ildeki parkların deprem seviyesi 1'e göre dağılımları.

Table 1. Distribution of parks in ten provinces according to earthquake level 1.

İller	Toplam Park Alanı (ha)	Park Sayısı	İllere Göre Ortalama Park Alanı (ha)	Park Sayısına Göre İl Park Yüzdesi
Adana	0	0	0,00	0,00
Kahramanmaraş	0	0	0,00	0,00
Osmaniye	0	0	0,00	0,00
Hatay	0,17	1	0,03	0,04
Kilis	23,85	65	4,90	6,01
Gaziantep	11,76	19	2,41	2,96
Malatya	0	0	0,00	0,00
Adıyaman	0	0	0,00	0,00
Şanlıurfa	77,45	167	15,90	19,53
Diyarbakır	283,42	235	58,20	71,45
Toplam	396,65	487	7,40*	100,00

*: 10 il park ortalaması

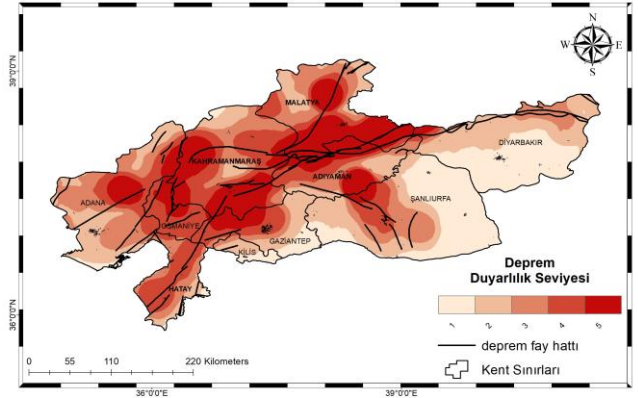
Tablo 2. On ildeki parkların deprem seviyesi 2'ye göre dağılımları

Table 2. Distribution of parks in ten provinces according to earthquake level 2

İller	Toplam Park Alanı (ha)	Park Sayısı	İllere Göre Ortalama Park Alanı (ha)	Park Sayısına Göre İl Park Yüzdesi
Adana	340,24	343	0,99	86,40
Kahramanmaraş	0,39	1	0,39	0,25
Osmaniye	0,00	0	0,00	0,00
Hatay	0,00	0	0,00	0,00
Kilis	0,00	0	0,00	0,00
Gaziantep	3,16	2	1,58	0,50
Malatya	0,00	0	0,00	0,00
Adıyaman	6,65	10	0,67	2,52
Şanlıurfa	13,69	24	0,57	6,05
Diyarbakır	10,61	17	0,62	4,28
Toplam	374,75	397	0,44	100,00

*: 10 il park ortalaması

Deprem seviyesi 3'e göre on ildeki toplam park sayısı 186 adet ve toplam park alanı 208,37 ha'dır. İllere göre deprem seviye 3'te en fazla park alanı 115,19 ha (%86,40) ile Kahramanmaraş ilinde, en az park alanı 0 ha ile Osmaniye ilindedir (Tablo 3).



Şekil 3. 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş Merkezli Deprem Bölgesi Kentsel Park Alanı Dağılımı.
Figure 3. Distribution of Urban Park Area in Kahramanmaraş Centered Earthquake Region dated February 6, 2023.

İllere göre deprem seviye 1'de en fazla park alanı 283,42 hektar (ha) (%71,45) ile Diyarbakır'da, en az park alanı 0 ha ile Adana, Kahramanmaraş, Malatya ve Adıyaman illerindedir (Tablo 1).

Deprem seviyesi 2'ye göre on bir ildeki toplam park sayısı 397 adet ve toplam park alanı 374,75 ha'dır. İllere göre deprem seviye 2'de en fazla park alanı 340,24 ha (%86,40) ile Adana ilinde, en az park alanı 0 ha ile Hatay, Kilis ve Osmaniye Adıyaman illerindedir (Tablo 2).

Deprem seviyesi 4'e göre on ildeki toplam park sayısı 1138 adet ve toplam park alanı 1.071,69 ha'dır. İllere göre deprem seviye 4'te en fazla park alanı 460,46 ha (%39,38) ile Gaziantep ilinde, en az park alanı 0 ha ile Adana, Diyarbakır ve Kilis illerindedir (Tablo4).

Deprem seviyesi 5'e göre on ildeki toplam park sayısı 288 adet ve toplam park alanı 266,83 ha'dır. İllere göre deprem seviye 5'te en fazla park alanı 148,15 ha

(%53,82) ile Kahramanmaraş ilinde, en az park alanı 0 ha ile Osmaniye, Hatay, Kilis ve Diyarbakır illerindedir (Tablo 5).

Tablo 3. On ildeki parkların deprem seviyesi 3'e göre dağılımları.

Table 3. Distribution of parks in ten provinces according to earthquake level 3.

İller	Toplam Park Alanı (ha)	Park Sayısı	İllere Göre Ortalama Park Alanı (ha)	Park Sayısına Göre İl Park Yüzdesi
Adana	23,43	40	0,59	21,51
Kahramanmaraş	115,19	20	5,76	10,75
Osmaniye	0,00	0	0,00	0,00
Hatay	33,81	38	0,89	20,43
Kilis	0,18	1	0,18	0,54
Gaziantep	6,97	9	0,77	4,84
Malatya	0,00	0	0,00	0,00
Adıyaman	26,13	72	0,36	38,71
Şanlıurfa	1,48	2	0,74	1,08
Diyarbakır	1,19	4	0,30	2,15
Toplam	208,37	186	0,87*	100,00

*: 10 il park ortalaması

Tablo 4. On ildeki parkların deprem seviyesi 4'e göre dağılımları.

Table 4. Distribution of parks in ten provinces according to earthquake level 4

İller	Toplam Park Alanı (ha)	Park Sayısı	İllere Göre Ortalama Park Alanı (ha)	Park Sayısına Göre İl Park Yüzdesi
Adana	0,00	0	0,00	0,00
Kahramanmaraş	219,58	258	0,85	22,67
Osmaniye	21,75	29	0,75	2,55
Hatay	62,12	52	1,19	4,57
Kilis	0,00	0	0,00	0,00
Gaziantep	460,46	455	1,01	39,98
Malatya	5,88	16	0,37	1,41
Adıyaman	18,94	11	1,72	0,97
Şanlıurfa	282,97	317	0,89	27,86
Diyarbakır	0,00	0	0,00	0,00
Toplam	1.071,69	1.138	0,94*	100,00

*: 10 il park ortalaması

Tablo 5. On ildeki parkların deprem seviyesi 5'e göre dağılımları.

Table 5. Distribution of parks in ten provinces according to earthquake level 5

İller	Toplam Park Alanı (ha)	Park Sayısı	İllere Göre Ortalama Park Alanı (ha)	Park Sayısına Göre İl Park Yüzdesi
Adana	4,08	12	0,34	4,17
Kahramanmaraş	148,15	155	0,96	53,82
Osmaniye	0	0	0,00	0,00
Hatay	0	0	0,00	0,00
Kilis	0	0	0,00	0,00
Gaziantep	8,14	10	0,81	3,47
Malatya	90,23	107	0,84	37,15
Adıyaman	13,56	3	4,52	1,04
Şanlıurfa	2,65	1	2,65	0,35
Diyarbakır	0	0	0,00	0,00
Toplam	266,83	288	0,92*	100,00

*: 10 il park ortalaması

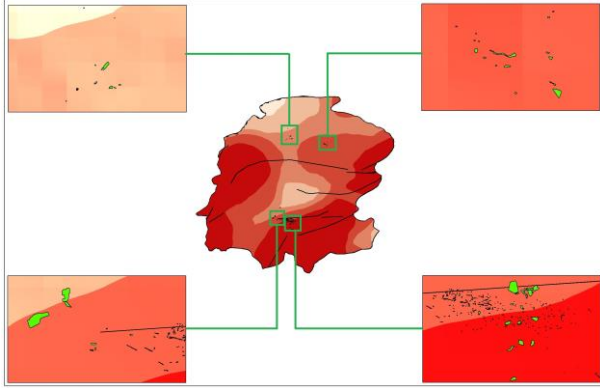
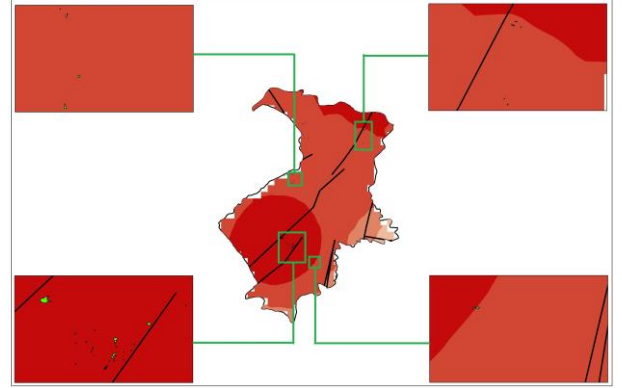
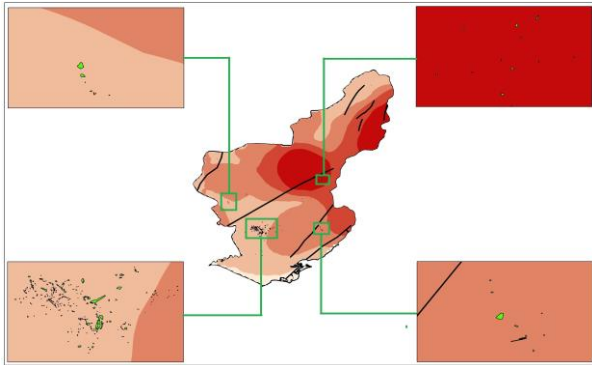
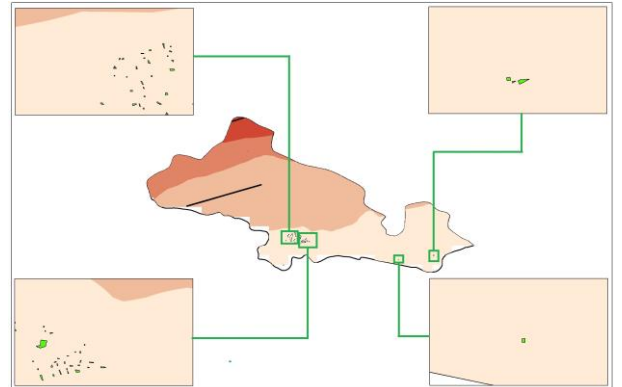
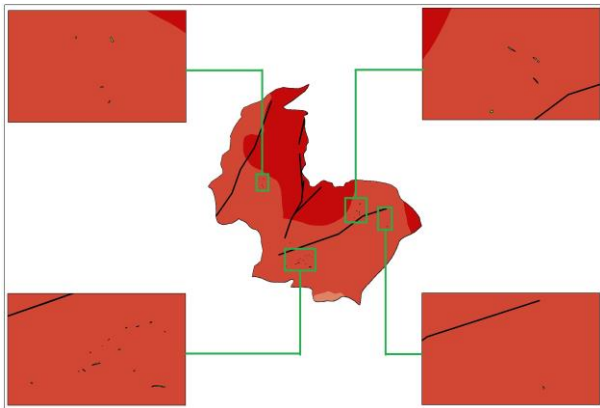
Deprem şiddeti 5 seviyesinde olan yerlerde en fazla park sayısı Kahramanmaraş ilinde iken; Osmaniye, Hatay, Kilis ve Diyarbakır illerinde bu seviyede hiç park alanı yoktur (Tablo 5), Diyarbakır ve Kilis illerinde deprem seviyesi 4 ve 5'te hiç park alanı yoktur (Tablo 4, 5). Deprem seviyesi 1'de en fazla park sayısı Diyarbakır ve Kilis'te, deprem seviyesi 2'de en fazla park sayısı Adana'da, Deprem seviyesi 3'te en fazla park sayısı Adıyaman'da, deprem seviyesi 4'te en fazla park sayısı Gaziantep'te, deprem seviyesi 5'te en fazla park sayısı Malatya'dadır Deprem seviye 5'te Osmaniye, Hatay, Kilis ve Diyarbakır illerinde hiç park yoktur (Tablo 1, 2, 3, 4, 5). Deprem etkilediği on ilde en fazla park alanı sırasıyla

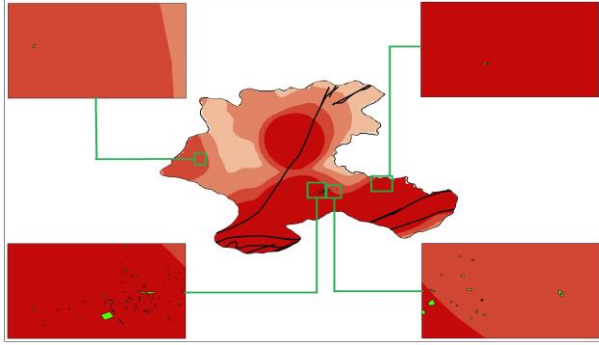
Gaziantep (490,49 ha), Kahramanmaraş (483,32 ha) ve Şanlıurfa (378,24 ha) illerindedir. Park alanının ilin yüzölçümüne oranına göre en fazla park alanı %0,07 ile Adana ve Gaziantep illerindedir. İl yüz ölçümlerine göre tüm illerin park alanı oranları %1'in altındadır (Tablo 6).

Kentsel park alanlarının konumsal/mekânsal dağılımlarının deprem duyarlılık ilişkisi Kahramanmaraş ili için Şekil 4'te, Adana ili için Şekil 5'te, Osmaniye ili için Şekil 6'da, Hatay ili için Şekil 7'de, Kilis ili için Şekil 8'de, Gaziantep ili için Şekil 9'da, Malatya ili için Şekil 10'da, Adıyaman ili için Şekil 11'de, Şanlıurfa ili için Şekil 12'de, Diyarbakır ili için Şekil 13'te sunulmuştur.

Tablo 6. On ildeki parkların alansal, oransal ve deprem şiddet derecesine göre dağılımları.**Table 6.** Distribution of parks in ten provinces by spatial, proportional and earthquake intensity.

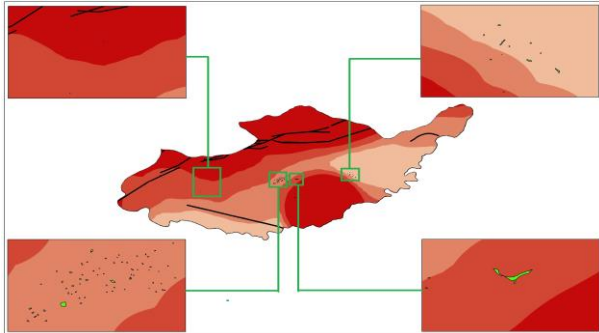
İLLER	Toplam Alan (ha)	Park Alan Toplamı (ha)	Toplam Park Sayısı (Adet)	Park Alanı (%)	Deprem Şiddet Seviyesi										
					1		2		3		4		5		
					Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)	
Adana	552400	367,75	395	0,07	0,00	0,00	340,24	0,06	23,43	0,00	0,00	0,00	0,00	4,08	0,00
Kahramanmaraş	1384400	483,32	434	0,03	0,00	0,00	0,39	0,00	115,19	0,01	219,58	0,02	148,16	0,01	
Osmaniye	332000	21,75	29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,75	0,01	0,00	0,00	
Hatay	552400	96,1	91	0,02	0,17	0,00	0,00	0,00	33,81	0,01	62,12	0,01	0,00	0,00	
Kilis	141200	24,03	66	0,02	23,85	0,02	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Gaziantep	680300	490,49	495	0,07	11,76	0,00	3,16	0,00	6,97	0,00	460,46	0,07	8,14	0,00	
Malatya	1225900	96,11	123	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,88	0,00	90,23	0,01	
Adıyaman	733700	65,28	96	0,01	0,00	0,00	6,65	0,00	26,13	0,00	18,94	0,00	13,56	0,00	
Şanlıurfa	1924200	378,24	511	0,02	77,45	0,00	13,69	0,00	1,48	0,00	282,97	0,01	2,65	0,00	
Diyarbakır	1510100	295,22	256	0,02	283,42	0,02	10,61	0,00	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

**Şekil 4.** Kahramanmaraş ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.**Figure 4.** Spatial/spatial distribution of urban park areas in Kahramanmaraş according to earthquake susceptibility.**Şekil 7.** Hatay ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.**Figure 7.** Spatial/Spatial Distribution of Urban Park Areas in Hatay Province According to Earthquake Susceptibility.**Şekil 5.** Adana ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.**Figure 5.** Spatial/spatial distribution of urban park areas in Adana province according to earthquake susceptibility.**Şekil 8.** Kilis ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.**Figure 8.** Spatial/spatial distribution of Kilis urban park areas according to earthquake susceptibility.**Şekil 6.** Osmaniye ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.**Figure 6.** Spatial distribution of urban park areas in Osmaniye according to earthquake susceptibility.**Şekil 9.** Gaziantep ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.**Figure 9.** Spatial/spatial distribution of urban park areas in Gaziantep province according to earthquake susceptibility.



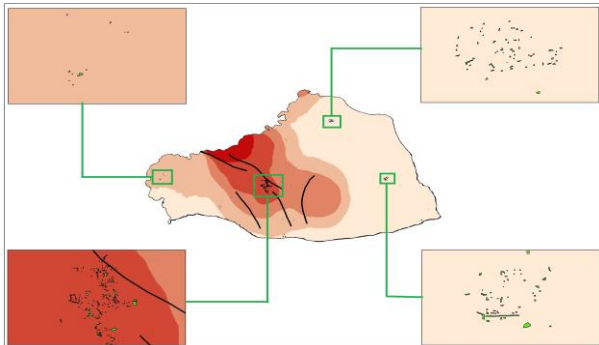
Şekil 10. Malatya ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.

Figure 10. Spatial/spatial distribution of urban park areas in Malatya province according to earthquake susceptibility.



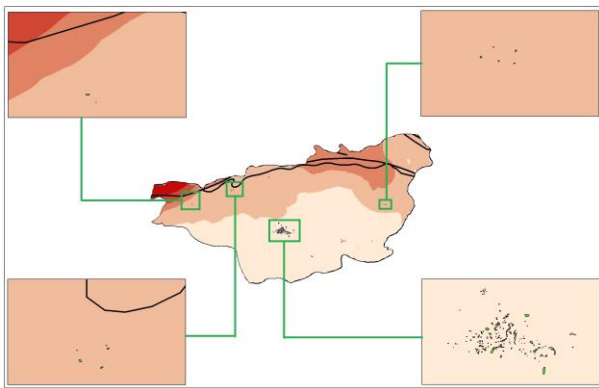
Şekil 11. Adıyaman ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.

Figure 11. Spatial/Spatial Distribution of Adıyaman City Urban Park Areas According to Earthquake Susceptibility.



Şekil 12. Şanlıurfa ili kentsel park alanlarının deprem duyarlılığına göre konumsal/mekansal dağılımı.

Figure 12. Spatial/spatial distribution of şanlıurfa urban park areas according to earthquake susceptibility.



Şekil 13. Diyarbakır İli Kentsel Park Alanlarının Deprem Duyarlılığına göre Konumsal/Mekansal Dağılımı.

Figure 13. Spatial/spatial distribution of urban park areas in diyarbakır province according to earthquake susceptibility.

TARTIŞMA

Kahramanmaraş ilindeki 434 adet parkın 413'ü (%95'i) deprem seviye 4 ve 5'te yer almaktadır. Yine Hatay ilindeki 91 adet parkın 52'si (%42,85'i) deprem seviye 4'te; Gaziantep ilindeki 495 adet parkın 465 adedi (%93,93'ü) en şiddetli depremlerin meydana geldiği araziler (deprem seviyesi 4 ve 5) yer almaktadır. En şiddetli depremlerin meydana geldiği deprem seviyesi 5 ve 4'teki arazilerin kentsel park alanı olarak değerlendirilmesi planlama açısından doğru bir uygulamadır. Ancak meydana gelen deprem sonucunda bu parkların çoğunu erişilemez ve kullanılamaz hale gelmiştir. Park dağılımları doğru planlanmasına rağmen işlevsel olmamıştır. Bunun da muhtemel nedeni deprem seviye şiddetinin en fazla olduğu bu arazilerde parkların yanı sıra yoğun yapılaşmanın yapılması ve şiddetli deprem sonrası parkların çevresinde yıkılan binaların parkları erişilemez ve kullanılamaz hale getirmesi olabilir. Bir diğer önemli husus depremin görüldüğü 5 ildeki park sayısı 250 adedin üzerinde fakat dağınık ve alansal değerleri küçüktür. Parkların bu şekilde irili ufaklı ve parçalı yapıda olması ve parkların çevresindeki yapılaşma yoğunluğu nedeniyle kentsel parklar deprem sonrasında erişilemez ve hizmet dışı kalmıştır. Deprem şiddetinin en yüksek olduğu araziler (özellikle deprem şiddeti 4 ve 5) rekreasyonel aktivitelerin yapıldığı ve deprem anında ve sonrasında halkın toplanabileceği ve yardımların organize edileceği bir alan olarak planlanması bir yandan afet riskinin azaltılması, diğer yandan sürdürülebilir kent yönetimi için faydalı olabilir. Deprem şiddeti 5'teki araziler yapılaşmaya kapalı mutlak koruma zonu şeklinde ayrılabilir. Deprem şiddeti 4'teki araziler üzerinde çok zorunlu hallerde depreme dayanıklı ve düşük yoğunlukta (en fazla toplam arazi varlığının %20'si) ve en fazla 2 katlı yapılardan oluşan yerleşim kurulabilir. Deprem şiddeti 4 ve 5'teki arazilerin çok olması durumunda rekreasyonel kullanımların yanı sıra sürdürülebilir hayat için önemli olan ve ekonomik değer üretebilen arazi kullanımlarına (örneğin: plantasyon ormanları, mera, çayırılık, tarımsal aktiviteler, tıbbi ve aromatik bitki bahçeleri, vb.) da tahsis edilebilir. Depreme hassasiyeti yüksek (4 ve üzeri) arazilerin rekreasyonel ve diğer amaçlar için planlanmasında arazilerin sahip olduğu morfometrik yapı ve iklim özelliklerinin dikkate alınması planlamanın doğru bir şekilde yapılması için önemlidir. Nitekim pek çok farklı araştırmalarda arazilerin planlanmasında morfometrik yapı ve iklim özelliklerinin dikkate alınmasının yararlı olacağı belirtilmektedir (Göl & Dengiz, 2007; Gedikli, 2018; Yüksek vd., 2019; Yüksek vd., 2020; Dursun & Babalık, 2023). Depreme hassas alanların bu şekilde bütüncül ve büyük alan şeklinde planlanması deprem

sonrasında bu alanlara daha kolay erişim sağlamasına ve alanın ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılabilmesine katkı sağlayabilir.

Deprem Duyarlılık Düzeylerine Göre Değerlendirme

Yapılan çalışmada kentsel yeşil alanların deprem duyarlılık alanlarına göre dağılımları tablolarda verilmiştir. Bu durumda kentsel yeşil alanların planlanmasında ve tasarım süreçlerinde alan seçiminin doğru şekilde yapılmadığının önemli bir göstergesidir. Yapılan çalışma sonucunda zemin etüd çalışmalarına bağlı olarak yeni kurulacak olan yerleşim alanları için zemin etüd çalışmaları yapılıyorsa, kentsel yeşil alanlar içinde yapılması ne kadar gerekli olduğunu ortaya koymuştur. Deprem sırasında ve sonrasında kentsel yeşil alanların rolünün büyüklüğü düşünüldüğünde bu durum büyük bir sorun teşkil etmektedir.

Mesafeye Göre Değerlendirme

Kentsel yeşil alanların yerleşim alanlarını olan mesafesi kullanıcıların ulaşımı açısından büyük önem taşımaktadır. Genellikle yakın olması erişim kolaylığı açısından önemlidir ve tercih edilen bir seçenektir. Ülkemizde kentsel arazi varlığı ekonomik açıdan çok önemli olduğu için genellikle binalar ve ona bağlı yapılan yeşil alanlar çok iç içe girmiş konumda tasarlanmaktadır. Kahramanmaraş depremlerinin göstermiş olduğu gerçeklerden biriside yapılaşma ve kentsel yeşil alanlar arasındaki mesafelerdir. Maalesef deprem felaketinin büyüklüğü ve yapı stokları ile kentsel yeşil alanlar ve bu alanlar arasındaki sirkülasyonun yetersiz bırakılması ulaşımı tamamen kilitlemiştir. Bu da gerekli yardım çalışmaları ve sonrasında uygulanacak çalışmaların önüne geçmiştir. Aynı zamanda toplanma alanı vb. olarak kullanılacak kentsel yeşil alanların işlevini yerine getirmemesine neden olmuştur. Yapılacak olan planlama ve tasarım süreçlerinde kentsel yeşil alanların konumlarının zemin etüd çalışmaları sonucunda yerleşim alanlarına yakınlığı ve büyüklüğüne karar verilmesi gerekmektedir.

Kişi başına Göre Değerlendirme

Dünya standartlarında yaklaşık kişi başına 10 metrekare yeşil alan düşmektedir. Yeşil alan miktarı sadece insan refahı, sağlığı için değil deprem sonrası ve sonrasında insanların kullanımı içinde büyük önem taşıdığı için, kişi başına düşen yeşil alan miktarının da bu doğrultuda artırılması sürdürülebilir kent yönetimi için son derece önemlidir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Deprem duyarlı kentlerin hatalı planlanması can ve mal güvenliği açısından ciddi seviyede risk oluşturmaya devam etmektedir. Geçmişten günümüze ülkemiz açısından olumsuz sonuçlar yaratan birçok deprem (27 Ocak 1939 Erzincan, 17 Ağustos 1999

Gölcük (Kocaeli), 24 Aralık Muradiye (Van) ve 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri) olayında binlerce vatandaşımız hayatını kaybetmiş ve ülke olarak çok büyük acılar yaşanmıştır. Meydana gelen depremlerin bir diğer önemli sonucu oluşturduğu ekonomik zararlardır. Nitekim Kahramanmaraş merkezli on ilde meydana gelen depremlerde oluşan zararın ilk tespitlere göre 100 milyar doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir.

Kahramanmaraş depremi ile beraber, ulaşım, tahliye, müdahale, toplanma, acil yardım, iletişim, lavabo ve barınma gibi hayati konularda değerlendirilebilecek kentsel açık yeşil alanların yetersizliği ve kullanılabilirliği sorunu ortaya çıkmıştır.

Bu durum ülkemizin bu gibi büyük afetlere karşı ne kadar hazırlıksız olduğunun en önemli kanıtıdır. Ülkemizdeki her kesiminin içine alındığı tüm kamu kurumları, belediyeler, sivil toplum örgütleri vb. en etkin çalışmaları yapıp, gerekli tüm yasa ve yönetmelikleri değerlendirip ona göre tedbirler almak zorundadır. Bu kapsamda yapılacak olan çalışmalarda, alanında uzman kişilerden kurulacak ekiplerin sistemli ve düzenli bir şekilde çalışması sağlanmalıdır. Kentsel tasarım ve planlama açısından yapılacak olan çalışmalar jeolojik etüd çalışmaları sonucu ortaya çıkan verilere uygun olarak yapılmalıdır. Toplanma, afet yönetimi, yaşam alanları kurma, sağlık hizmetleri vb. gibi çok acil ulaşım ve stratejik planların yönetilebileceği çeşitli ölçeklerdeki geniş yollar, kent parkları, mesire alanları, kent ormanı, millet bahçesi, spor alanları vb. gibi çeşitli açık ve yeşil alanların kentin nüfusuna uygun daha ulaşılabilir ve daha imkan ve koşullara uygun olması gerekmektedir. Kentsel açık-yeşil alanların miktarları artırılmalı, içerisinde acil durumlarda yapısal birimlere de yer verilmelidir. Acil yönetim binası mutlaka olmalı içerisinde sağlık tesisi, lavabolar, dini birimler vb. gibi ihtiyaçları karşılayacak yapısal birimlere mutlaka yer verilmelidir. Bu alanların deprem öncesi ve deprem sonrasında en aktif şekilde kullanılacak tasarım parametrelerine göre planlanmalıdır.

Deprem sonrası sirkülasyon sisteminin sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için yol kenarlarına yapılaşma sınırı getirilmeli ve bu alanlar kentsel yeşil alanlar şeklinde değerlendirilmelidir.

Yeni tasarlanacak olan kentsel yeşil alanlarda; deprem sonrası yaşam alanları oluşturulması için kurulacak olan çadır ve konteynerlar için uygun bitkisel yoğunluğun az olduğu daha açık alanların bırakılarak tasarlanması gerekmektedir. Bu alanlarda gerekli altyapı sistemlerinin de oluşturulması anında çözüm açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Doğal varlığın korunması, efektif kullanılabilmesi ve sürdürülebilirliği açısından büyük bir öneme sahip olan peyzaj mimarlığı meslek alanında

yapılan çalışmaların birçok parametre düşütülerek değerlendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Deprem öncesi ve sonrası peyzaj mimarlığı alanında yapılacak olan çalışmalarda güncel verileri en doğru şekilde kullanabilmenin en iyi yöntemlerinden biriside CBS'nin en doğru biçimde kullanımıdır.

Bu çalışma deprem çalışmalarında elde edilen mevcut verilerin daha etkin kullanımı, meydana gelen arazi değişiminin izlenmesi, anında değerlendirilmesi ve ileriye dönük yapılacak olan çalışmalarda en uygun ve ekonomik analizlerin yapılması açısından CBS'nin kullanımı büyük bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Kentsel yeşil alanların oluşturulmasına yönelik yer seçiminde;

- i. Afet Koordinasyon Biriminin oluşturulması
- ii. Zemin etüdü
- iii. Yapılaşma alanları ile olan mesafesi
- iv. Ulaşılabilir ve erişilebilir altyapıya sahip olması
 - Engelli ve yaşlı depremzedelerin gereksinimlerine uygun olması
 - Çocuk ve gebe olan depremzedelerin gereksinimlerine uygun olması
- v. Deprem öncesi ve sonrası kullanılabilir olması
 - Kişi başına düşen yeşil alan miktarının artırılması
 - Yerleşime uygun ve güvenli alanlar barındırması
 - Yüzeysel su ve yeraltı suyu kaynakları altyapısı ve yönetimi
 - Katı atık toplama ve uzaklaştırma altyapısı
 - Atıksu toplama ve uzaklaştırma sistemleri
 - Kanalizasyon atıkları bertaraf altyapısı
 - Sosyo-ekonomik, toplumsal ve çevresel ihtiyaçların karşılanmasına uygun mekânsal alanların tasarımı
 - Altyapısı kurgulanmış spor ve oyun alanların tasarımı gibi uygulamalar ve faaliyet alanlarına yönelik veri setlerinin oluşturulması ve deprem afet yönetimi öncesinde, sırasında ve sonrasında planlı bir şekilde uygulanması kentsel yeşil alanların kullanım planlanmasında büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, K. & Selim, K. (2017).** Sürdürülebilir kentsel gelişme ve yeşil alanlar. *SİYASAL: Journal of Political Sciences*, 26(2), 53-78.
- Ahmed, T., Rehman, K., Shafique, M. & Ali, W. (2023).** GIS-based earthquake potential analysis in Northwest Himalayan, Pakistan.

Environmental Earth Sciences, 82(4), 113. DOI: 10.1007/s12665-023-10798-2

- Aksoy, Y. Aygün, B. Turan, A. (2007).** Fatih İlçesinde Risk ve Afet Yönetimi Kapsamında Mevcut ve Önerilen Yeşil Alanların Deprem Öncesi ve Sonrası Değerlendirilmesi, Risk Yönetimi Çerçevesinde Yeşil Koridor Dönüşüm Projesi, *İ.B.B./Y ve K.D. İŞAT Müdürlüğü, Yüklenici Bimtaş A.Ş. Alt Yüklenici (Proje Yüklenici) Bahçeşehir Üniversitesi.*
- Alamouri, A., Hassan, M., & Gerke, M. (2021).** Development of a methodology for real-time retrieving and viewing of spatial data in emergency scenarios. *Applied Geomatics*, 13(4), 747-761. DOI: 10.1007/s12518-021-00389-w
- Atalay, H. (2008).** Deprem Durumunda Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Kullanımı Küçükçekmece-Cennet Mahallesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Aydemir, S.E. (2004).** Kentsel açık ve yeşil alanlar-rekreasyon. Ş. Aydemir (Ed.), Kentsel alanların planlanması ve tasarımı içinde (s. 284-337). *Trabzon: Akademi Kitabevi.*
- Colding J (2012).** Creating incentives for increased public engagement in ecosystem management through urban commons. *Cambridge University Press, Cambridge*, p.101-124.
- Dursun, İ. & Babalık, A.A. (2023).** Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 24(1), 25-38. DOI: 10.18182/tjf.1205157
- Gaspar-Escribano, J.M., Martínez-Cuevas, S., Yazdi, P., Staller, A. & Torres, Y. (2023).** Extending urban seismic risk assessment to open spaces for the 2011 Lorca earthquake scenario. *Natural Hazards*. DOI: 10.1007/s11069-023-05911-4
- Gedikli, B. (2018).** Approaches to climate change in spatial planning and design: international and Turkish experiences. *METU JFA* 35(1), 89-109.
- Göl, C. & Dengiz, O. (2007).** Çankırı-Eldivan Karataşbağı deresi havza arazi kullanım-arazi örtüsündeki değişim ve toprak özellikleri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 86-97
- Helderop, E. & Grubestic, T.H. (2023).** Analyzing historical development trends to predict future hurricane vulnerability in Tampa, Florida. *Journal of Coastal Conservation*, 27(2), 13. DOI: 10.1007/s11852-023-00941-3
- Hüsam, A., Öztürk, S. & Dönmez, Y. (2021).** Parkların peyzaj mimarlığı açısından incelenmesi:

- Karabük kent merkezi örneği. *Journal of Humanities and Tourism Research*, 11(2), 339-346.
- Kırçım, P.N., Çabuk, S.N., Aksoy, K. & Çabuk, A. (2017).** Ülkemizde Yeşil Alanların Afet Sonrası Toplanma Alanı Olarak Kullanılma Olanaklarının Artırılması Üzerine Bir Araştırma, 4. *Uluslararası deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 11-13 Ekim 2017, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Korgavuş, B. & Ersoy, E. (2015).** Kadıköy İlçesi Kentsel Açık ve Yeşil Alanlarının Olası İstanbul Depreminde Yeterliliğinin İrdelenmesi, *Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu*, 07-09 Mayıs 2015, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur.
- Kohno, M., Higuchi, Y. & Ono, Y. (2022).** Evaluating earthquake-induced widespread slope failure hazards using an AHP-GIS combination. *Natural Hazards*. DOI: [10.1007/s11069-022-05725-w](https://doi.org/10.1007/s11069-022-05725-w)
- Nalbantoğlu, O. (2000).** Dikmen vadisi konut ve çevre geliştirme projesi bağlamında, ülkemizde kentsel yenileme/dönüşüm proje modellerinin sorgulanması, *Peyzaj Mimarlığı Kongresi*, 97-107.
- Niyazi, M. & Behnamian, J. (2023).** Application of Emerging Digital Technologies in Disaster Relief Operations: A Systematic Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(3), 1579-1599. DOI: [10.1007/s11831-022-09835-3](https://doi.org/10.1007/s11831-022-09835-3)
- Özcan, N.S., Erdin, H.E. & Zengin, H. (2013).** Kentlerde Açık ve Yeşil Alan Sistemlerinin Afet Yönetimi Bağlamında Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS): İzmir örneği, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi* 11-13 Kasım 2013, Ankara
- Özyavuz, M. & Dönmez, Y. (2016).** Konut ve site alanlarında uygulanan peyzaj tasarımlarının yeterliliği üzerine bir araştırma: Tekirdağ kenti. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 12(2), 108-122.
- Özyavuz, M., Dönmez, Y. & Çorbacı, Ö.L. (2016).** Natural Disaster Management Availability of Open and Green Areas; Example of Earthquake Park (Açık ve Yeşil Alanların Doğal Afet Yönetiminde Kullanılabilirliği; Deprempark Örneği), *Doğal Afet ve Yönetimi Sempozyumu (DAAYS'2016)*, 2-4 Mart 2016, Karabük, Türkiye
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023).** Haber Bülteni. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2022-49685>. (Yayın Tarihi, 6 Şubat, 2023; Erişim Tarihi: 20 Mart, 2023).
- Türkoğlu, H. & Kısar Koramaz, E. (2012).** Yaşam kalitesi ve kentsel yeşil alanlar. M. Ersoy (Ed.), *Kentsel planlama (Ansiklopedik Sözlük)* içinde (s. 474-475). İstanbul: Ninova Yayıncılık.
- Wang, J., Wang, Z., Cheng, H., Kang, J. & Liu, X. (2022).** Land Cover Changing Pattern in Pre- and Post-Earthquake Affected Area from Remote Sensing Data: A Case of Lushan County, Sichuan Province. *Land*, 11(8), DOI: [10.3390/land11081205](https://doi.org/10.3390/land11081205)
- Wu, P., Duan, Q., Zhou, L., Wu, Q. & Deveci, M. (2023).** Spatial-temporal evaluation of urban resilience in the Yangtze River Delta from the perspective of the coupling coordination degree. *Environment, Development and Sustainability*. DOI: [/10.1007/s10668-023-03087-2](https://doi.org/10.1007/s10668-023-03087-2)
- Wu, X., Xu, C., Xu, X., Chen, G., Zhu, A., Zhang, L., Yu, G. & Du, K. (2022).** A Web-GIS hazards information system of the 2008 Wenchuan Earthquake in China. *Natural Hazards Research*, 2(3), 210-217. DOI: [10.1016/j.nhres.2022.03.003](https://doi.org/10.1016/j.nhres.2022.03.003)
- Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B., 2020.** Fırtına havzasının bazı havza karakteristikleri ile arazilerin fizyografik özelliklere göre dağılımlarının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(3), 439-449.
- Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2019).** Çağlayan havzasının (Fındıklı-Rize) bazı havza karakteristiklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 4(3), 532-538.



Histopathological Evaluation Of Liver Changes In Rainbow Trout After Diethylnitrosamine (DEN) Exposure

Banu YARDIMCI* Ertan Emek ONUK Gokmen Zafer PEKMEZCI

Department of Aquatic Animal Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Türkiye

Geliş/Received: 10.05.2023

Kabul/Accepted: 04.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Yardimci, B., Onuk, E.E. & Pekmezci, G.Z. (2023). Histopathological evaluation of liver changes in rainbow trout after diethylnitrosamine (DEN) exposure. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 283-290. <https://doi.org/10.35229/jaes.1294687>

Atıf yapmak için: Yardimci, B., Onuk, E.E. & Pekmezci, G.Z. (2023). Diethylnitrozamin (DEN) uygulanan gökkuşağı alabalıklarında karaciğer değişikliklerinin histopatolojik değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 283-290. <https://doi.org/10.35229/jaes.1294687>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7232-554X>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7643-046X>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7791-1959>

***Corresponding author's:**

Banu YARDIMCI
Department of Aquatic Animal Diseases,
Faculty of Veterinary Medicine, Ondokuz
Mayıs University, Samsun, Türkiye.
✉: byardimci@omu.edu.tr

Abstract: The aim of this study was to determine the hepatocarcinogenic effect of diethylnitrosamine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), the most cultivated and consumed freshwater fish. In this study, 120 fish weighing 50-70 g each were used. Randomly selected fish were divided into 3 dosage groups and a control group that contained 10 fish per group. Groups were named as A group on the 15th day, group B on the 30th day and group C on the 45th day. In addition, since 3 different doses were administered to each group, they were divided into A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3. Diethylnitrosamine was dissolved in 0.1 ml of dimethylsulfoxide at 50 mg/kg, 100 mg/kg and 150 mg/kg, and respectively administered to each of the dosage groups intraperitoneally. On the 15th, 30th and 45th days of the study, 10 fish from each study group were euthanised while under sedation, and necropsies were performed. For histopathological and immunohistochemical examinations, tissues were routinely processed, and sections were stained with haematoxylin-eosin and examined by light microscopy. Histology revealed hyperaemia, parenchymal degeneration, mononuclear cell infiltration, necrosis, bile ducts hyperplasia, cholangiofibrosis and fatty degeneration of the liver. In immunohistochemical staining, CYP1A was slightly positive in the bile duct epithelium in the C2, A3, B3 and C3 groups, and negative in the other groups. Cytokeratin 18 showed negative staining in all groups. Mild positive staining in the bile duct epithelium, A3, B3 and C3 and negative staining in other groups for glutathione-S-transferase. It was concluded that diethylnitrosamine causes significant damage to liver tissue in fish, even in short-term applications, and may cause neoplastic changes in liver cells over the long term.

Keywords: Diethylnitrosamine, hepatocarcinogen, histopathology, immunohistochemistry, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Dietilnitrozamin (DEN) Uygulanan Gökkuşağı Alabalıklarında Karaciğer Değişikliklerinin Histopatolojik Değerlendirilmesi

Öz: Bu çalışmanın amacı, endüstriyel ve zirai faaliyetlerde kullanılan birçok ürünün içerisinde ve atıklarında bulunan, canlılarda karsinojenik özellikteki, dietilnitrozamin (DEN) in tatlı sularda en çok yetiştiriciliği yapılan ve tüketilen balık olan gökkuşağı alabalığındaki hepatokarsinojen etkisini ortaya koymaktır. Çalışmada, 50-70 gr ağırlığındaki 120 adet balık kullanıldı. Rastgele seçilen balıklar her grupta 10 balık olacak şekilde ve her doz için 3'erli gruplara ayrıldı. Gruplar 15. gün A, 30. gün B ve 45. gün ise C grubu olarak adlandırıldı. Ayrıca her gruba 3 farklı doz uygulaması yapıldığı için A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3 olarak ayrıldı. 50 mg/kg, 100 mg/kg ve 150 mg/kg olacak şekilde DEN (dietilnitrozamin) 0,1 ml DMSO (dimetilsülfoksit) da çözülerek intraperitoneal (ip) yolla verildi. 15, 30 ve 45. günlerde, her bir grupta bulunan balıklara sedasyon uygulanarak ötenazileri gerçekleştirilip nekropsileri yapıldı. Histopatolojik ve immunohistokimyasal inceleme için örnekler alınarak rutin doku takibi prosedürü uygulandı, ışık mikroskopunda incelendi. Histolojik olarak, karaciğerde hiperemi, parankimal dejenerasyon, mononükleer hücre infiltrasyonu, nekroz, safra kanallarında hiperplazi, kolangiofibrozis ve yağlı dejenerasyon bulguları gözlemlendi. İmmunohistokimyasal boyamada, CYP1A yönünden C2, A3, B3 ve C3 gruplarında safra kanalı epitellerinde hafif pozitif, diğer gruplarda ise negatif boyanma; Cytokeratin 18 yönünden tüm gruplar negatif boyanma ve GST yönünden A3, B3 ve C3 gruplarında safra kanalı epitellerinde hafif pozitif, gruplarda ise negatif boyanma tespit edildi. Sonuç olarak, dietilnitrozaminin balıklarda kısa süreli uygulamalarda bile karaciğer dokusunda belirgin hasara neden olduğu ve uzun dönemde karaciğer hücrelerinde neoplastik değişikliklere neden olabileceği kanısına varıldı.

***Sorumlu yazar:**

Banu YARDIMCI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner
Fakültesi, Su Ürünleri Hastahıkları Anabilim
Dalı, Samsun, Türkiye
✉: byardimci@omu.edu.tr

Anahtar kelimeler: Dietilnitrozamin, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), hepatokarsinojen, histopatoloji, immunohistokimya.

INTRODUCTION

Water is essential for life for all living things. Everyone needs clean and healthy water. Water is polluted for natural and artificial reasons, this results in the emergence of more than one water pollutant. The discharge of heavy metals, along with chemicals, which are the most important anthropogenic pollutants, through industries and factories are the main sources of water pollution. (Singh et al., 2019; Manalo et al., 2023) Fish have attracted attention as valuable models to be used as an early warning system for the detection of carcinogens in aquatic environments over the past 30 years. Studies carried out in a laboratory setting also support the connection between cancer and the growth of various water pollutants in fish (Couch et al., 1985; Dunn et al., 1987; Varanasi et al., 1987; Gardner, 1988; Metcalfe et al., 1988; Varanasi et al., 1989; Maccubbin et al., 1990; Black et al., 1991). Many tumor suppressor genes found in humans have also been expressed in fish. Various tumor types, such as hepatocellular adenomas and carcinomas, are affected by dysregulation of the expression of these genes, which act as regulators of cell cycle, proliferation, and malignant changes. Studies have shown that these gene structures are similar between fish and humans, and it has been concluded that fish can be a model for studies on humans (Chen et al., 2014; Dias Guerreiro, 2019; Etchin et al., 2011; Howe et al., 2013). Moreover, non-mammalian vertebrate models, various fish species have been examined as indicators of ecological contamination in order to understand the mechanisms of development and prevention of cancers in humans (Bailey et al., 1996).

At the basis of cancer development, mutations that biologically stimulate events, such as cell proliferation, proliferation control and differentiation, must all come together. In this process, the cells undergo many changes, and as a result, tumour cells can rapidly and unlimitedly spread to the surrounding tissues. There are also oncogenic mutations targeting intercellular signal transduction pathways and proteins in carcinogenesis. This makes the cell cycle control points inactive and plays an active role in tumour formation, invasion and metastasis (Dogan et al., 2004; Ustuner, 2006).

Hepatocellular carcinomas are among the most common tumors in the world and it is estimated that there has been a significant increase especially in the last decade, with 500,000 to 1,000,000 new cases of HCC reported each year, and their causes include Aflatoxin B1 and Hepatitis B-C viruses, and chemicals such as diethylnitrosamine (DEN), phenobarbital, 2-acetylaminofluorene (2-AAF) and alcohol (Dias Guerreiro, 2019; Kuroda et al., 2002; Thirunavukkarasu et al., 2003; Ustuner, 2006; Montella et

al., 2015). The hepatocarcinogenicity of DEN was experimentally demonstrated for the first time by Stanton (1965) in zebrafish (*Danio rerio*) (Stanton, 1965; Bailey et al., 1996). In the studies carried out, a mutation was detected in the 61st codon of the Ha-Ras proto-oncogene, which served in the pathway of DEN's mitogen-activated protein kinases (MAPK). This mutation has also been found to induce tumour formation in the liver (Frey et al., 2000; Aydinlik et al., 2001; Ustuner, 2006).

DEN is a carcinogenic substance that is formed from insecticides and nitrates used in agriculture; can be found in cigarette smoke, alcoholic beverages and processed meat products; and can also occur during the metabolism of certain drugs in the liver, as well as in the reaction of nitrates in foods with secondary and tertiary amines in the stomach (Chiarello et al., 1998). DEN is one of the nitrosamine compounds that cause hepatocellular carcinoma. According to doses of DEN, rising of 8-OH 2'-deoxyguanosine (8-OHdG) levels indicate oxidative DNA damage in hepatocytes. It was determined that the 8-OHdG level increased in the early period (6 hours after DEN administration). In tumour formation, there is a relationship between lipid peroxidation and environmental free radicals. In addition, antioxidant protective effects are used against hepatic carcinomas formed due to DEN. Free radicals originating from DEN are formed microsomal metabolism during in vitro trials, however, in vivo studies, the relationship of elevation of free radicals with tissue damage has not been fully proven yet. Based on this, DEN's cytochrome P450 reductase pathway was observed to be metabolized and, as a result, free radicals were formed (Yamada et al., 2006). DEN is metabolised by the enzymes of the monooxygenase system bound to the cytochrome P450 reductase enzyme, but reactive intermediates, which have little relevance to the catalytic sites of the binding enzymes, cause necrosis, mutation and cancer by forming covalent bonds with important cell components (Daoust et al., 1986). It also states that lipid-bound free radicals in the liver occur within 1-24 hours following the administration of DEN (Yamada et al., 2006).

In experimental studies, chemicals with carcinogenic effects were added to fish feed, given to embryos and offspring in the form of baths or microinjections, or administered intraperitoneally or through a gavage. Carcinogenic effects were found following all application methods (Bailey et al., 1996). Presently, in studies performed with DEN, the microinjection method is preferred for embryos and juveniles, and bath and food administration are preferred for adults (Hendricks et al., 1984; Lee et al., 1989; Bailey et al., 1996; Bunton, 1996).

In the examinations performed, non-neoplastic lesions, such as fatty degeneration of the liver, basophilic and eosinophilic cell hyperplasia, bile duct epithelium proliferation, cholangiofibrosis and pancreatic metaplasia were observed. Furthermore, neoplastic lesions, such as hepatocellular carcinoma, hepatocellular adenoma, cholangiocarcinoma, cholangioma, hemangiopericytoma have been identified (Hendricks et al., 1984; Lee et al., 1989; Hendricks et al., 1994; Bunton, 1996).

In this study, DEN, which is a carcinogen found in many products used in industrial and agricultural activities and in their waste, was used to reveal the hepatocarcinogenic effect in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), which is the most cultivated and consumed freshwater fish. Rainbow trout was used as a model for DEN toxicity in the present study.

MATERIAL AND METHOD

The 120 rainbow trout used in this study were obtained from a commercial trout farm, and weighed 50-70 g each (The animal experiments in this study were performed in accordance with relevant national and international guidelines. All the experiments were approved by the Ethics Committee of Ondokuz Mayıs University (2012/71)). In the experiment, 12 300-liter polyester tanks were used. These tanks were disinfected before the study and filled with tap water, which was rested for at least 48 hours prior to the beginning of study and was free of chlorine.

Experimental protocol: Fish were placed in stock tanks in the laboratory for adaptation purposes 15 days before the start of the study. Later, the randomly selected fish were transferred to 12 300-liter polyester tanks, in which the 10 fish took place. The randomly selected fish were divided into 3 dosage groups and 1 control group containing 30 fish each. Groups were named as A group on the 15th day, group B on the 30th day and group C on the 45th day. In addition, since 3 different doses were administered to each group, they were divided into A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3. Mild sedation was administered intraperitoneally (ip) to each dosage group by dissolving DEN in 0.1 ml dimethylsulfoxide (DMSO) at 50 mg/kg, 100 mg/kg and 150 mg/kg, respectively. In the control group, only 0.1 ml of DMSO was injected in the same way. Each trial (10 fish) was done in separate tanks. During the trial period, the fish were fed with trout growing feed at a rate of 2% of their body weight per day (Table 1). During the experiment, the pH of the water was between 7.4 mg/L and 7.7 mg/L, and the dissolved oxygen concentration of the water (determined weekly) was between 8.2 mg/L and 9.4 mg/L.

Table 1. Groups and diethylnitrosamine (DEN) doses used in the experiment.

	Group name and number of fish			Total number of fish
	15 th day	30 th day	45 th day	
Control (dimethylsulfoxide ,DMSO)	10	10	10	30
Group 1 (A) (50 mg/kg, DEN)	A1-10	A2-10	A3-10	30
Group 2 (B) (100 mg/kg, DEN)	B1-10	B2-10	B3-10	30
Group 3 (C) (150 mg/kg, DEN)	C1-10	C2-10	C3-10	30

Macroscopical and histopathological examination: Following the administration of DEN, 10 fish from each study group were euthanised while under sedation by MS222 (30mg/lt) on the 15th, 30th and 45th days of the study, and necropsies were conducted. Following the necropsy, tissue samples from the skin, gills, muscles, liver, kidneys, spleen, hearth, stomach, intestines, brain, eyes and gonads were taken for histopathological examination and fixed in 10% neutral formaldehyde solution. For this study, only the liver samples taken were routinely processed and embedded in paraffin. Tissue sections 4-6 μ thick in width were stained with haematoxyline-eosin and examined using light microscopy. After the evaluation, the prepared tissues that were deemed suitable were immunohistochemically stained for CYP1A1, Cytokeratin 18 and glutathione-S-transferase-p (GST-p) antibodies and evaluated under the light microscope (Eclipse E600, Nikon).

Immunohistochemistry: In this study, the streptavidin-biotin peroxidase method was used for immunohistochemical method. Sections that were 4 μ thick were taken from paraffin blocks and placed on slides coated with 3-Aminopropyl triethoxysilane (APES). Deparaffinization and dehydration were performed for each section. Then, all the sections were kept in a 0.3% solution of hydrogen peroxide in methanol for 30 minutes in order to prevent endogenous peroxide activity. Microwave or pronase or trypsin were used to elicit antigenic receptors where necessary. After washing the sections with phosphate buffer solution (PBS), the sections were incubated with different rates of diluted primary antibodies in PBS at different times and temperatures. After washing with PBS again, sections were incubated with monoclonal mouse cytokeratin 18 (Sigma-Aldrich, 100 μ l) polyclonal rabbit GST (Sigma-Aldrich, 25 μ l) and polyclonal rabbit cytochrome P450 reductase, family 1, subfamily A (CYP1A) (Sigma-Aldrich, 100 μ l) for 30 minutes with biotinylated goat anti-rabbit immunoglobulin (1:300) at room temperature. Subsequently, all sections were washed with PBS and incubated with streptavidin-peroxidase complex (Dako; 1:300) for 30 minutes. Labelling was 'visualized' with 3-amino-9-ethylcarbazole (AEC; Golden Bridge Int., Life Science) or 3,3'-diaminobenzidine tetrahydrochloride (DAB) prepared in 0.035% of PBS as the chromogen. Sections were stained with Gill's Hematoxylen for 20 seconds and washed in tap water. Later, the sections were covered with a water-based

or normal immunmount and evaluated under a light microscope.

The sample size of this research was decided by performing power analysis in the G'Power 3.1 statistical program. The error probable (α) was taken as 0.05 and the statistical power ($1-\beta$) as 0.80.

RESULTS

Clinical and macroscopical findings: In the 15-day trial, on the 1st and 8th day of the experiment, 1 fish from the B1 group died, and on the 12th and 14th day of the experiment 1 fish from the C1 group died. Necropsies were performed immediately on the fish that died during the trial, and others were euthanized according to protocol on the last day of the trial. In the B1 group, the necropsy of the fish that died on the 1st day of the experiment showed only mild petechial haemorrhages at the injection site and a yellowish, gelatinous injection material. In the fish that died on the 8th day, mild tail fin rot, ascites and anal prolapse were observed. In addition, 1 of the fish had a rupture on its abdominal wall. In the C1 group, the fish that died on the 12th day of the experiment exhibited haemorrhages in the pelvic and pectoral fin bases, injection zone, and adipose tissue in the abdominal cavity. Fish that died on the 14th day exhibited lightening of the skin colour, mild tail fin rot, mucus accumulation between the gill lamellae and slight haemorrhages at the injection site.

At the end of the experiment, in the A1 group, darkening of the skin colour, in the abdominal cavity the colour of the liver was slightly pale, with marked haemorrhaging at the injection site and adipose tissue was observed. In the B1 group, darkening of the skin colour, haemorrhaging in the pectoral and pelvic fin bases in 1 fish, and haemorrhages at the injection site and surrounding tissues in the abdominal cavity were observed. The liver was pale and had haemorrhagic foci. In the C1 group, lightening of the skin colour and tail fin rot was observed. In addition, 1 fish showed a slightly erosive lesion, approximately 1 cm in diameter, on its back skin. Haemorrhages was observed at the injection site and surrounding adipose tissue, and the pyloric caeca and serosa in the abdominal cavity in all fish of Group C1.

In the 30-day trial, on the 12th day of the experiment, 1 fish from the A2 group died, and on the 16th day, 1 fish from the A2 group and 1 fish from the B2 group died. The necropsies found that there was mild acites in all 3 fish and petechial haemorrhages at the injection site was observed. At the end of the experiment, in fish in the A2 group, darkening of the skin colour and paleness in liver colour were observed. In the B2 group, darkening of the skin colour, mild tail fin rot and paleness in liver colour were observed. In the C2 group, darkening of the skin

colour, foci of skin erosions and grey-white areas in the liver were encountered.

In the 45-day trial, on the 4th day of the experiment, 1 fish died in the C3 group. The necropsy showed only mild petechial haemorrhages and a yellowish, gelatinous material was found at the injection site. At the end of the experiment, darkening of the skin colour was observed in all groups, more prominent in B3 and C3 groups, was haemorrhages in the liver, as well as pale areas on the margins of the liver.

Histopathological findings: In the 15-day trial, mild hyperaemia in 3 fish in the A1 group; moderate hyperaemia in 1 fish in the A1 group and 2 fish in the C1 group; and severe hyperaemia in 1 fish in the B1 group and 2 fish in the C1 group was observed. In the hepatocytes, parenchymal and fatty degeneration were as follows: mild in 2 fish from the B1 group, and moderate in 4 and severe in 1 from the C1 group. Mild mononuclear cell infiltration was observed around the bile ducts in only 1 fish in the B1 group. Hyperplasia was noted in the bile duct epithelium in 2 fish - 1 from the B1 group and 1 from the C1 group (Figure 1a).

In the 30-day trial, mild hyperaemia in 1 fish in the C2 group; moderate hyperaemia in 3 fish in the A2 group, 3 fish in the B2 group and 2 fish in the C2 group; and severe hyperaemia was observed in 3 fish in the C2 group. In the hepatocytes, parenchymal and fatty degeneration were as follows: mild in 1 fish from the B2 group; moderate in 2 fish from the A1 group, 3 fish from the B2 group and 2 fish from the C2 group; and severe in 3 fish from the C1 group. Focal necrosis was observed in the hepatocytes of 2 fish in the A2 group and 1 fish in the C2 group. In addition, hyperplasia in the bile duct epithelium in 1 fish in the B2 group and 2 fish in the C2 group, and necrosis of melanomacrophages in 1 fish in the C2 group were observed (Figure 1b-d).

In the 45-day trial, mild hyperaemia was observed in 3 fish in the A3 group and 4 fish in the B3 group. In the hepatocytes, parenchymal and fatty degeneration were as follows: moderate in 7 fish in the A3 group, and severe in 8 fish in the B3 group and 10 fish in the C3 group. Focal mononuclear cell infiltration was observed around the bile ducts in 2 fish in the A3 group and 1 fish in the B3 group. In the hepatocytes, necrosis was observed as follows: moderate in 7 fish in the A3 group, and severe in 8 fish in the B3 group and 10 fish in the C3 group. Hyperplasia in the bile duct epithelium was noted in 3 fish in the A3 group, 2 fish in the B3 group and 5 fish in the C3 group. In addition, cholangiofibrosis in 1 fish in the A3 group, 2 fish in the B3 group and 2 fish in the C3 group, and necrosis of melanomacrophages in 2 fish in the A3 group and 1 fish in the C3 group were observed (Figure 1e, f).

Immunohistochemical findings: In the examination performed as a result of immunohistochemical staining, in the C2, A3, B3 and C3 groups in terms of CYP1A, a mild positive staining was seen in the bile duct epithelium, whereas the other groups stained negative (Figure 2a-d). All groups exhibited negative staining in terms of cytokeratin 18, and a mild positive staining was seen in the bile duct epithelium in the A3, B3 and C3 groups, whereas the other groups stained negative in terms of GST (Figure 3a, b).

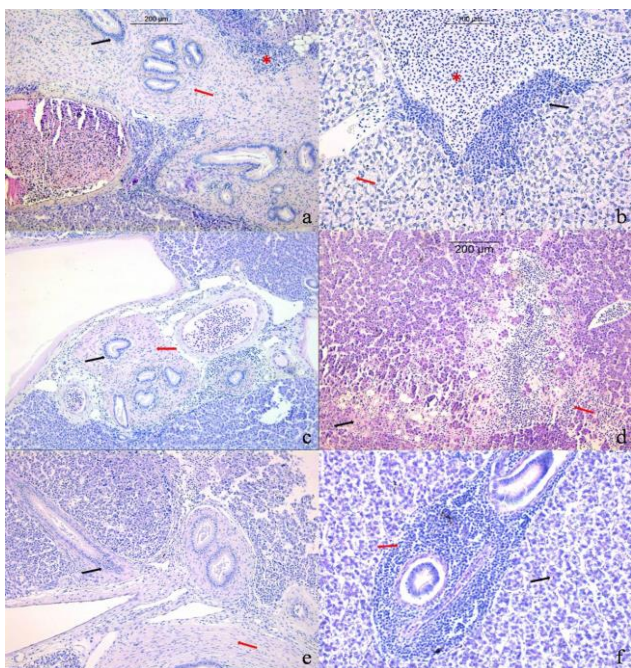


Figure 1. (a) Group C1, hyperplasia in the bile duct epithelium (black arrow) fibrosis (red arrow) and mononuclear cell infiltration (asterisk) x100, HXE. (b) Group A2, severe hyperaemia (asterisk), mononuclear cell infiltration around the vein (black arrow) and vacuolar degeneration in hepatocytes (red arrow) x200, HXE. (c) Group B2, hyperplasia in the bile duct epithelium (black arrow), fibrosis (red arrow) x100, HXE. (d) Group C2, necrosis in hepatocytes (black arrow) and mononuclear cell infiltration (red arrow) x100, HXE. (e) Group A3, hyperplasia in the bile duct epithelium (black arrow) fibrosis (red arrow) x100, HXE. (f) Group B3, mononuclear cell infiltration around the bile ducts (red arrow) and parenchymal degeneration of hepatocytes (black arrow) x200, HXE.

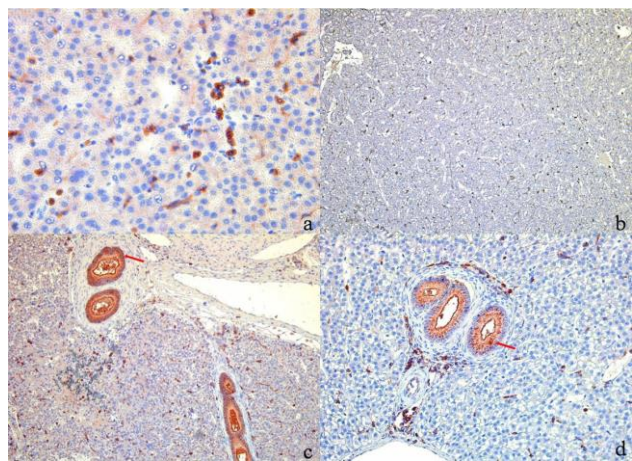


Figure 2. CYP1A; (a) Control group x400. (b) Group B1 negative x100. (c) Group A3 mild positive in bile duct epithelium (red arrow) x100. (d) Group C3 mild positive in bile duct epithelium (red arrow) x200, ABC method.

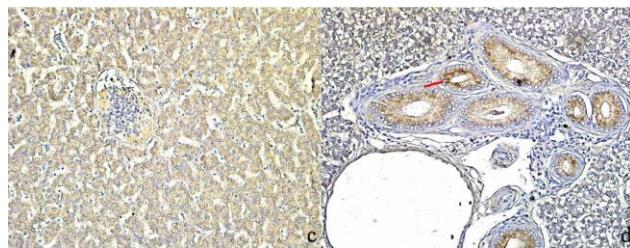


Figure 3. GST; (a) Control group x200. (b) A3 mild positive in bile duct epithelium (red arrow) x200, ABC method.

DISCUSSION AND CONCLUSION

DEN is a carcinogenic compound that is linked to a number of industries and their products. It has even been reported that some therapeutic drugs can occur during metabolism in the liver (Goodsell, 2004; Straif et al., 2000). DEN is removed by enzymes of the cytochrome P450 bound to the monooxygenase system, where reactive intermediates can cause necrosis, mutation and cancer if they are not being excreted in the urine and are instead forming covalent bonds with important cell components, since they have little interest in the catalytic regions of binding enzymes (Chiarello et al., 1998).

In histopathological studies previously performed in fish (especially zebrafish or medaka), multifocal or diffuse vacuolization in hepatocytes, coagulative necrosis, spongiosis, hepatic cysts, hyalinization in the hepatocytes, mononuclear inflammatory reaction, non-neoplastic proliferative changes, cholangiofibrosis, bile duct epithelium hyperplasia, hepatocellular adenoma or carcinoma, and cholangioma or cholangiocarcinoma were encountered (Boorman et al., 1997). In a study conducted in Medakas, samples were taken on days 3, 8, 14 and 21, and degenerative and necrotic changes were observed in the histopathological examination, while neoplastic changes were not observed (Braunbeck et al., 1992). In this study, the findings of hyperaemia, degeneration, mononuclear cell infiltration, necrosis, bile duct epithelium hyperplasia, cholangiofibrosis and fatty degeneration in the liver tissue can be found. However, spongiosis, hepatic cyst, non-neoplastic proliferative changes, hepatocellular adenoma or carcinoma, cholangioma or cholangiocarcinoma were not observed. In this study, Although doses similar to those used in previous studies were used in this study, it was thought that the reason why no tumors were formed was due to the shorter autopsy times, as in the study by Braunbeck et al (1992). In our study necropsy examinations were performed at 15th, 30th and 45th days while in other studies they were performed between 24th and 36th weeks (Mizgireuv et al., 2004). In another study by Machada et al. (2014), necropsies were performed at 3, 6 and 9 months following DEN application, and preneoplastic lesions were found at 6 and 9 months trials. While DEN was thought to form tumours in the body

after longer periods of time, we suggest that rainbow trout were more resistant to environmental factors than other fish used in laboratory experiments.

Cytochrome P450 reductase is a family of haemoproteins found in many mammals and insects. It is found in hepatocytes, especially in the centrilobular region cells. The cytochrome P450 reductase enzyme plays a role in the biotransformation of drugs and chemicals (pesticides, polyaromatic hydrocarbons, etc.) and draws attention, as it is an important source of reactive oxygen species. Many pesticide classes (including polychlorobiphenyls and cyclodienes, such as DDT, aldrin/dieldrin, chlorine, toxafene, heptachlor, lindane, endosulfan and myrex) induce cytochrome P450 reductase. GST is a family of isoenzymes that play an important role in protecting cells against cytotoxic and carcinogenic agents. Pesticide metabolites are rendered inactive by conjugation with GSH. The ability of pesticides to bind to the “mu” isoenzyme of the GST enzyme is high (Kurutas et al., 2003).

As a result of immunohistochemical staining, in C2, A3, B3 and C3 groups in terms of CYP1A, mild positive in bile duct epithelium and negative in other groups; all groups were negative staining in terms of cytokeratin 18 and for GST, the mild positive in the bile duct epithelium in the A3, B3 and C3 groups, and negative in the other groups. The negative results in the immunohistochemical staining could be attributed to the absence of neoplastic changes in the cells. In addition, the levels of these enzymes in the blood have been determined in fish, following DEN administration, but have not been studied immunohistochemically in other tissues. Therefore, no comparison was made in terms of immunohistochemical findings.

As a result, DEN is toxic and carcinogenic to all living creatures that come into contact with this substance, as in fish. With this study, it was shown that diethylnitrosamine causes significant damage to the liver tissue even in short-term applications in fish.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Research Fund of Ondokuz Mayıs University (Project Number: PYO.VET.1901.15.001).

REFERENCES

Aydinlik, H., Nguyen, T.D., Moennikes, O., Buchmann, A. & Schwarz, M. (2001). Selective pressure during tumor promotion by phenobarbital leads to clonal outgrowth of beta-catenin-mutated mouse liver tumors. *Oncogene*, **20**(53), 7812-7816. DOI: [10.1038/sj.onc.1204982](https://doi.org/10.1038/sj.onc.1204982)

- Bailey, G.S., Williams, D.E. & Hendricks, J.D. (1996).** Fish models for environmental carcinogenesis: the rainbow trout. *Environmental Health Perspectives*, **104**, Supp. 1, 5-21. DOI: [10.1289/ehp.96104s15](https://doi.org/10.1289/ehp.96104s15)
- Black, J.J. & Baumann, P. C. (1991).** Carcinogens and cancers in fresh water fishes. *Environmental Health Perspectives*, **90**, 27-33. DOI: [10.1289/ehp.90-1519473](https://doi.org/10.1289/ehp.90-1519473)
- Boorman, A.G., Botts, S., Bunton, T.E., Fournie, J.W., Harshbarger, J.C., Hawkins, W.E., Hinton, D.E., Jokinen, P.M., Okihiro, M.S. & Wolfe, M.J. (1997).** Diagnostic criteria for degenerative, inflammatory, proliferative nonneoplastic and neoplastic liver lesions in Medaka (*Oryzias latipes*): Consensus of a National Toxicology Program Pathology Working Group. *Toxicologic Pathology*, **25**(2), 202-210. DOI: [10.1177/019262339702500210](https://doi.org/10.1177/019262339702500210)
- Braunbeck, T.A., Teh, S.J., Lester, S.M. & Hinto, D.E. (1992).** Ultrastructural alterations in liver of Medaka (*Oryzias latipes*) exposed to diethylnitrosamine. *Toxicologic Pathology*, **20**, 141-311. DOI: [10.1177/019262339202000205](https://doi.org/10.1177/019262339202000205)
- Bunton, T.E. (1996).** Review Article: Experimental Chemical Carcinogenesis in Fish. *Toxicologic Pathology*, **24**, 603-618. DOI: [10.1177/019262339602400511](https://doi.org/10.1177/019262339602400511)
- Chen, Y.Y., Zhu, J.Y. & Chan, K.M. (2014).** Effects of cadmium on cell proliferation, apoptosis, and proto-oncogene expression in zebrafish liver cells. *Aquatic Toxicology*, **157**, 196-206. DOI: [10.1016/j.aquatox.2014.10.018](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.10.018)
- Chiarello, P.G., Iglesias, A.C., Zucoloto, S., Moreno, F., Jordao, A.A. & Vannucchi, H. (1998).** Effect of a necrogenic dose of diethylnitrosamine on vitamin E-deficient and vitamin E-supplemented rats. *Food and Chemical Toxicology*, **36**, 929-935. DOI: [/10.1016/s0278-6915\(98\)00043-x](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(98)00043-x)
- Couch, J.A. & Harshbarger, J.C. (1985).** Effects of carcinogenic agents on aquatic animals: an environmental and experimental overview. *Journal of Environmental Science and Health. Part C: Environmental Carcinogenesis Reviews*, **3**, 63-105. DOI: [10.1080/10590508509373329](https://doi.org/10.1080/10590508509373329)
- Daoust, R. & Morais, R. (1986).** Degenerative changes, DNA synthesis and mitotic activity in rat liver following single exposure to diethylnitrosamine. *Chemico-Biological Interactions*. **57**(1), 55-64. DOI: [10.1016/0009-2797\(86\)90048-7](https://doi.org/10.1016/0009-2797(86)90048-7)
- Dias Guerreiro I. C. (2019).** Xenoestrogenic and androgenic impacts on carcinogenesis onset – A mechanistically look at a controversial issue recurring to diethylnitrosamine induced carcinogenesis in zebrafish larvae. Dissertation for the degree of Master in Environmental Contamination and Toxicology, submitted to the Institute of Biomedical Sciences Abel Salazar of the University of Porto (ICBAS – UP).

- Dogan, A.L. & Guc, D. (2004). Sinyal iletim mekanizmaları ve kanser. *Hacettepe Medical Journal*, 35, 34-42. <https://actamedica.org/index.php/actamedica/article/view/180>
- Dunn, B.P., Black, J.J. & Maccubbin, A.E. (1987). 32P-postlabeling analysis of aromatic DNA adducts in fish from polluted areas. *Cancer Research*, 47, 6543-6548. Published December 1987.
- Etchin, J., Kanki, J. & Look, A. (2011). Zebrafish as a model for the study of human cancer. *Methods in Cell Biology*, 105, 309-337. DOI: 10.1016/B978-0-12-381320-6.00013-8
- Frey, S., Buchmann, A., Bursch, W., Schulte-Hermann, R. & Schwarz, M. (2000). Suppression of apoptosis in C3H Mouse liver tumors by activated Ha-ras oncogene. *Carcinogenesis*, 21(2), 161-166. DOI: 10.1093/carcin/21.2.161
- Gardner, G.R. (1988). Histopathology of feral and experimental flounder exposed to contaminated harbor sediments. Proceedings of the 14th Annual Aquatic Toxicity Workshop, November 2-4, 1987, Toronto, Ontario. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* No. 1607, p. 145.
- Goodsell, D.S. (2004). The molecular perspective: Nicotine and nitrosamines. *Oncologist*, 9(3), 353-354. DOI: 10.1634/theoncologist.9-3-353
- Hendricks, J.D., Meyers, T.R. & Shelton, D.W. (1984). Histological progression of hepatic neoplasia in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *National Cancer Institute Monographs*, 65, 321-336.
- Hendricks, J.D., Cheng, R., Shelton, D.W., Pereira, C.B. & Bailey, G.S. (1994). Dose-dependent carcinogenicity and frequent K-ras proto-oncogene activation by dietary N-nitrosodiethylamine in rainbow trout. *Fundamental and Applied Toxicology*, 23: 53-62. DOI: 10.1006/faat.1994.1078
- Howe, K., Clark, M. D., Torroja, C. F., Torrance, J., Berthelot, C., Muffato, M., Collins, J. E., Humphray, S., McLaren, K., Matthews, L., McLaren, S., Sealy, I., Caccamo, M., Churcher, C., Scott, C., Barrett, J. C., Koch, R., Rauch, G. J., White, S., Chow, W., Kilian, B., Quintais, L. T., Guerra-Assuncao, J. A., Zhou, Y., Gu, Y., Yen, J., Vogel, J. H., Eyre, T., Redmond, S., Banerjee, R., Chi, J., Fu, B., Langley, E., Maguire, S. F., Laird, G. K., Lloyd, D., Kenyon, E., Donaldson, S., Sehra, H., Almeida-King, J., Loveland, J., Trevanion, S., Jones, M., Quail, M., Willey, D., Hunt, A., Burton, J., Sims, S., McLay, K., Plumb, B., Davis, J., Clee, C., Oliver, K., Clark, R., Riddle, C., Elliot, D., Threadgold, G., Harden, G., Ware, D., Begum, S., Mortimore, B., Kerry, G., Heath, P., Phillimore, B., Tracey, A., Corby, N., Dunn, M., Johnson, C., Wood, J., Clark, S., Pelan, S., Griffiths, G., Smith, M., Glithero, R., Howden, P., Barker, N., Lloyd, C., Stevens, C., Harley, J., Holt, K., Panagiotidis, G., Lovell, J., Beasley, H., Henderson, C., Gordon, D., Auger, K., Wright, D., Collins, J., Raisen, C., Dyer, 78 L., Leung, K., Robertson, L., Ambridge, K., Leongamornlert, D., McGuire, S., Gildershorp, R., Griffiths, C., Manthavadi, D., Nichol, S., Barker, G., Whitehead, S., Kay, M., Brown, J., Murnane, C., Gray, E., Humphries, M., Sycamore, N., Barker, D., Saunders, D., Wallis, J., Babbage, A., Hammond, S., Mashreghi-Mohammadi, M., Barr, L., Martin, S., Wray, P., Ellington, A., Matthews, N., Ellwood, M., Woodmansey, R., Clark, G., Cooper, J., Tromans, A., Grafham, D., Skuce, C., Pandian, R., Andrews, R., Harrison, E., Kimberley, A., Garnett, J., Fosker, N., Hall, R., Garner, P., Kelly, D., Bird, C., Palmer, S., Gehring, I., Berger, A., Dooley, C. M., Ersan-Urun, Z., Eser, C., Geiger, H., Geisler, M., Karotki, L., Kirn, A., Konantz, J., Konantz, M., Oberlander, M., Rudolph-Geiger, S., Teucke, M., Lanz, C., Raddatz, G., Osoegawa, K., Zhu, B., Rapp, A., Widaa, S., Langford, C., Yang, F., Schuster, S. C., Carter, N. P., Harrow, J., Ning, Z., Herrero, J., Searle, S. M., Enright, A., Geisler, R., Plasterk, R. H., Lee, C., Westerfield, M., de Jong, P. J., Zon, L. I., Postlethwait, J. H., Nusslein-Volhard, C., Hubbard, T. J., Roest Crolius, H., Rogers, J., & Stemple, D. L. (2013). The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. *Nature*, 496(7446), 498-503. DOI: 10.1038/nature12111
- Kuroda, H., Ohtsuru, A., Futakuchi, M., Kawashita, Y., Nagayama, Y., Fukuda, E., Namba, H., Shirai, T., Kanematsu, T. & Yamashita, S. (2002). Distinctive gene expression of receptor type Tyrosine-kinase families during rat hepatocarcinogenesis. *International Journal of Molecular Medicine*, 9, 473-480. DOI: 10.3892/ijmm.9.5.473
- Kurutaş, B.E. & Kılınç, M. (2003). Pestisitlerin biyolojik sistemler üzerine etkileri. *ARŞİV*, 12, 215-228, 2003.
- Lee, B.C., Hendricks, J.D. & Bailey, G.S. (1989). Metaplastic pancreatic cells in liver tumors induced by diethylnitrosamine. *Experimental and Molecular Pathology*, 50, 104-113. DOI: 10.1016/0014-4800(89)90060-9
- Maccubbin, A.E., Black, J.J. & Dunn, B.P. (1990). 32P-postlabeling detection of DNA adducts in fish from chemically contaminated water ways. *Science of the Total Environment*, 94, 89-104. DOI: 10.1016/0048-9697(90)90366-3
- Machado, S. P., Cunha, V., Reis-Henriques M. A., Ferreira, M. (2014). Histopathological lesions, P-glycoprotein and PCNA expression in zebrafish (*Danio rerio*) liver after a single exposure to diethylnitrosamine. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 38(3), 720-732. DOI: 10.1016/j.etap.2014.09.002

- Manalo, J.V.I. & Hemavathy, R.V. (2023).** Effects of water pollution on the quality of fish. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, **10**(1S), 6029-6035.
- Metcalf, C.D., Cairns, V.W. & Fitzsimons, J.C. (1988).** Experimental induction of liver tumors in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by contaminated sediment from Hamilton Harbor, Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **45**, 2161-2167. DOI: [10.1139/f88-251](https://doi.org/10.1139/f88-251)
- Mizgireuv, I.V., Majorova, I.G., Gorodinskaya, V.M., Khudoley, V.V. & Revskoy, S.Y. (2004).** Carcinogenic effect of N-nitrosodimethylamine on diploid and triploid zebrafish (*Danio rerio*). *Toxicologic Pathology*, **32**(5), 514-518. DOI: [10.1080/01926230490496311](https://doi.org/10.1080/01926230490496311)
- Montella, M., D'Arena, G., Crispo, A., Capunzo, M., Nocerino, F., Grimaldi, M., Barbieri, A., D'Ursi, A. M., Tecce, M. F., Amore, A., Galdiero, M., Ciliberto, G. & Giudice, A. (2015).** Role of Sex Hormones in the Development and Progression of Hepatitis B Virus-Associated Hepatocellular Carcinoma. *International Journal of Endocrinology*, **2015**, 1-9. DOI: [10.1155/2015/854530](https://doi.org/10.1155/2015/854530)
- Singh, J., Yadav, P., Pal, A.K. & Mishra, V. (2020).** Water pollutants: Origin and status. In: Pooja, D., Kumar, P., Singh, P., Patil, S. (eds) *Sensors in water pollutants monitoring: Role of material. advanced functional materials and sensors*. Springer, Singapore. DOI: [10.1007/978-981-15-0671-0_2](https://doi.org/10.1007/978-981-15-0671-0_2)
- Stanton, M. (1965).** Diethylnitrosamine-induced hepatic degeneration and neoplasia in the aquarium fish, *Brachydanio rerio*. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, **34**, 117-130. DOI: [10.1093/jnci/34.1.117](https://doi.org/10.1093/jnci/34.1.117)
- Straif, K., Weiland, S.K., Bungers, M., Holthenrich, D., Taeger, D. & Keil, U. (2000).** Exposure to high concentrations of nitrosamines and cancer mortality among a cohort of rubber workers. *Occupational and Environmental Medicine*, **57**, 180-187. DOI: [10.1136/oem.57.3.180](https://doi.org/10.1136/oem.57.3.180)
- Thirunavukkarasu, C. & Sakthisekaran, D. (2003).** Effect of dietary selenite on N-nitrosodiethylamine-induced and phenobarbital promoted multistage hepatocarcinogenesis in rat: reflection in some minerals. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **57**(9), 416-21. DOI: [10.1016/j.biopha.2003.08.023](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2003.08.023)
- Ustuner, C.M. (2006).** *Karaciğerde tümör oluşmasına neden olan dietilnitrozamin ve 2-asetilaminofloran uygulanmış sıçanlara demetoksiviridin ve 1-alfa-hidroksi demetoksiviridin'in etkileri*. Eskişehir Osmangazi University, Graduate School of Health Science, PhD Thesis.
- Varanasi, U., Stein, J.E., Nishimoto, M., Reichart, W.L. & Collier, T.K. (1987).** Chemical carcinogenesis in feral fish: uptake, activation, and detoxification of organic xenobiotics. *Environmental Health Perspective*, **71**, 155-170. DOI: [10.1289/ehp.8771155](https://doi.org/10.1289/ehp.8771155)
- Varanasi, U., Reichart, W.L. & Stein, J.E. (1989).** 32P-postlabeling analysis of DNA adducts in liver of wild English sole (*Parophrys vetulus*) and winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). *Cancer Research*, **49**, 1171-1177.
- Yamada, K., Yanamiya, I. & Utsumi, H. (2006).** In vivo detection of free radicals induced by diethylnitrosamine in rat liver tissue. *Free Radical Biology and Medicine*, **40**(11), 2040-2046. DOI: [10.1016/j.freeradbiomed.2006.01.031](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2006.01.031)



Bitki Transplantasyon Uygulamaları: Rize Kenti Örneği

Ömer Lütfü ÇORBACI^{1*} Erdi EKREN² Ömür USTA³

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

³Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: 11.05.2023

Kabul Tarihi: 11.07.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atfilyapmak için: Çorbacı, Ö.L., Ekren, E. & Usta, Ö. (2023). Bitki Transplantasyon Uygulamaları: Rize Kenti Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 291-299. <https://doi.org/10.35229/jaes.1296020>

How to cite: Çorbacı, Ö.L., Ekren, E. & Usta, Ö. (2023). Plant Transplantation Practices: The Case of Rize. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 291-299. <https://doi.org/10.35229/jaes.1296020>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8763-3163>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1223-3568>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8346-7523>

***Sorumlu yazarın:**

Ömer Lütfü ÇORBACI
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye
✉: omerlutfu.corbaci@erdogan.edu.tr

***Corresponding author:**

Ömer Lütfü ÇORBACI
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of
Engineering and Architecture, Department of
Landscape Architecture, Rize, Türkiye
✉: omerlutfu.corbaci@erdogan.edu.tr

Öz: Günümüzde hızla gelişen teknolojinin getirdiği imkânlar ile insanlar bir peyzaj tasarımı yapıldığında ihtiyaç duydukları estetik ve fonksiyonel özelliklere bir an önce kavuşma arzusunadadırlar. Bu amaçla yapılan transplantasyon çalışmaları sayesinde kent içinde bitkilendirilecek alanlar, tohum ekimi ve fidan dikimi ile uzun yıllar sonucunda alacağı görünüme bir anda kavuşmaktadır. Çalışma kapsamında Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi, Portakallık Mahallesi'nde yapımı devam eden ve ismi henüz verilmemiş olan park alanı ile Rize Hayvan Barınağı'nda hem günümüzün modern teknolojisiyle geliştirilen yöntemler ve makineler yardımıyla hem de el ile bitki transplantasyonu çalışmaları yapılarak buradaki bitkilerin transplantasyonu aşamaları acelelenmiş ve alanların sürdürülebilirliğine katkıda bulunarak görsel değerlerinin artırılması amaçlanmıştır. Uygulama alanlarında toplam 8 farklı tür *Betula alba* L. (Huş), *Chamaerops excelsa* Thunb. (Tüylü Palmiye), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Portakal ağacı), *Diospyros kaki* L.f. (Trabzon Hurması), *Lagerstroemia indica* L. (Oya Ağacı), *Liquidambar styraciflua* L. (Amerikan Sığla Ağacı), *Platanus orientalis* L. (Doğu Çınarı), *Tilia tomentosa* Moench (Gümüş İhlamur) ve 34 adet bitki üzerinde çalışılmıştır. Uygulama sonrasında herhangi bir bitki kaybı ve hastalanması görülmemiştir. Sonuç olarak, Rize kentindeki bitki transplantasyon uygulamalarının şehrin yeşil alanlarını iyileştirme potansiyeline sahip olduğu ortaya konarak plantasyon çalışmaları ile ilgili öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitki transplantasyonu, kentsel açık yeşil alanlar, Rize.

Plant Transplantation Practices: The Case of Rize

Abstract: Today, people seek to quickly obtain the aesthetic and functional features they need when a landscape design is created, thanks to the opportunities provided by rapidly advancing technology. Thanks to transplantation efforts carried out for this purpose, areas that will be landscaped within the city can instantly acquire the appearance they will gain in the long run through seed planting and sapling planting. As part of the study, plant transplantation stages were examined by conducting both plant transplantation with the help of modern methods and machines developed by today's technology and by hand at Rize Ziraat Botanical Garden, Recep Tayyip Erdogan University Zihni Derin Campus, the park area under construction in the Portakallık neighborhood and whose name has not been given yet and Rize Animal Shelter, with the aim of contributing to the sustainability of the areas and increasing their visual values. A total of 8 different species (*Betula alba* L. (Birch), *Chamaerops excelsa* Thunb. (Chusan Palm), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Orange), *Diospyros kaki* L.f. (Oriental Persimmon), *Lagerstroemia indica* L. (Crape Myrtle), *Liquidambar styraciflua* L. (American Sweetgum Tree), *Platanus orientalis* L. (Oriental Plane Tree), *Tilia tomentosa* Moench (Silver Linden) and 34 plants were studied in the application areas. No plant loss or illness was observed after the application. As a result, it has been revealed that plant transplantation applications in Rize have the potential to improve the city's green areas, and recommendations regarding plantation studies have been developed.

Keywords: Plant transplantation, urban open green areas, Rize.

GİRİŞ

Peyzaj çalışmalarının planlama ve tasarım aşamalarında hedeflenen etkileri ortaya koyabilmesi için en önemli ihtiyacı zamandır. Ortalama olarak 30–40 yıl içerisinde fiziksel, görsel, iklimik vb. yönlerden etki gücüne kavuşabilen ağaçların ve peyzaj elemanlarının oluşturdukları peyzaj çalışmalarında geleceğin kentlerinin çevre şartlarını bugünden görüp, bunların gerektirdiği davranışları gerçekleştirebilmek gerçekten zor ancak hayata geçirilmesi gereken bir sorumluluktur. Günümüzde hızla gelişen teknolojinin getirdiği imkânlar ile insanlar bir peyzaj tasarımı yapıldığında ihtiyaç duydukları estetik ve fonksiyonel özelliklere bir an önce kavuşma arzusunadırlar (Sağlık vd., 2019; Oğuztürk & Bayramoğlu, 2020; Özyurt Ökten & Pehlivan, 2021). Bu amaçla yapılan transplantasyon çalışmaları sayesinde kent içinde bitkilendirilecek alanlar, tohum ekimi ve fidan dikimi ile uzun yıllar sonucunda alacağı görünüme bir anda kavuşmaktadır (Tattar, 1998).

Transplantasyon kelimesi Fransızca “sökülüp başka yere dikilen fidan veya organ” anlamına gelen “transplanté” sözcüğünden gelmektedir (URL 1). Dolayısıyla transplantasyon kavramı tıp biliminde bir organ, doku veya hücrenin bir organizmadan alınarak, başka bir organizmaya nakledilmesi anlamına gelirken botanikte ise belirli bir yaşa ve olgunluğa sahip bitkilerin buldukları yerlerden sökülüp başka bir yere dikilmesi, nakledilmesi anlamına gelmektedir (Harris, 1983).

Bitki transplantasyon uygulamalarının tarihsel süreci incelendiğinde bu işlemlerin antik çağ dönemlerine dayandığı görülmektedir. Öyle ki, Mısırlılar Nil Havzası'nın kurak iklimini serinletmek ve gölge sağlamak için teknelerle ağaç taşımaşlardır (Nadel & Oberlander, 1977). Mısır Firavunu Hatshepsut M.Ö. 1500 civarında Punt'a -günümüzde Somali- bir keşif gezisi yapılmasını emretmiş ve bu gezi sonucunda Mısır'a getirilen Mür ağaçlarını taşıyan tekneler döneme ait duvar kabartmalarında tasvir edilmiştir (Keville, 2016). Daha sonra Yunanlılar konu ile ilgili önemli çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların başında Theophrastis'in M.Ö. 300 yılında bitki transplantasyonunda kök sistemini tamamıyla koruyabilmek için gerekli işlemler üzerine yaptığı araştırma gelmektedir (Nadel & Oberlander, 1977; Oğuztürk vd., 2021). Günümüze yaklaştıkça farklı yöntemlerin ve makinelerin geliştirilmesi ile bazı ülkelerde ağaç transplantasyonu ile ilgili önemli gelişmeler yaşanmıştır. Örneğin 19. yüzyılın başında Fransa ve İngiltere büyük ağaçların nakli konusunda önemli ilerlemeler kaydetmiştir (Meyer, 1982). 20. Yüzyılın başlarında ise özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya bitki transplantasyonu üzerine önemli akademik çalışmalar ve uygulamalar yapmıştır (Zion, 1968).

Ülkemizdeki bitki transplantasyonu çalışmaları incelendiğinde ise Osmanlı döneminde çok büyük boyutlarda olmamakla beraber bazı saray bahçelerinin, parkların ve özellikle yol kenarlarının bitkilendirilmesinde ağaçların kök bölgelerinin kazılıp çıkarılarak transplante edildiği görülmektedir. Cumhuriyetin ilanından sonraki dönemde ise büyük ağaçlara nispeten daha kolay olduğu için çalı ve küçük ağaçların transplantasyonu özellikle orta refüjlerin bitkilendirme çalışmalarında başvurulan bir yöntem olmuştur. 1970'lerden sonra yurtdışından getirilen ağaç sökme-dikme makineleri sayesinde, ağaç transplantasyonu çalışmalarında daha da fazla bir artış olmuştur (Caner, 1976).

Bitki transplantasyonunun başarısı; seçilen bitkinin türüne, bitkinin yaşam isteklerine ve mevcut sağlık durumuna, transplantasyonun yapılacağı yerdeki yetiştirme ortamı özelliklerine, mevsim koşullarına, transplantasyon aşamalarında gösterilen özene ve transplantasyon yöntemine bağlıdır (Zion, 1968; Çorbacı & Ertekin, 2012; Özkaya, 2020). Bahsedilen tüm bu özelliklere göre transplantasyonun başarı durumu değişmekle beraber bitkilerin taşınması ile ilgili bazı genel kurallar vardır. Saçak, ince ve kompakt bir kök sistemine sahip olan sığ köklü ağaç türlerinde, uzun ve derine inen kazık köklere veya seyrek bir kök sistemine sahip olan türlere göre daha başarılı nakil işlemleri yapılabilmektedir (Ürgenç, 1998). Ne kadar büyük olursa olsun çalılar, ağaçlardan, kışın yapraklarını döken ağaçlar da herdem yeşil ağaçlardan çok daha kolay ve başarılı bir şekilde transplante edilebilirler (Turhan, 1994). Engelleyici cisimlerin (taş vb.) bulunmadığı topraklarda yetişen ağaçlar daha kolaylıkla nakledilebilirler. Islak ve eğimli yüzeylerde bulunan ağaçların yerlerinden çıkarılarak dikey olarak boş alanlara taşınması da oldukça güçtür (Harris, 1983). Sert yapı malzemesi döşenmiş bir alanda ve çok sık bitkilendirilmiş alanlarda bitkileri transplante etmek zordur. Yaprakların renkleri değişmeye ve dökülmeye başlamadan ve toprak donmadan önce, erken kış veya daha ilkbaharda büyüme başlamadan önce yapılacak transplantasyon yaprağını döken ağaçlar için daha uygundur. İğne yapraklı ağaçlar genellikle erken sonbahar veya geç ilkbaharda dikilirler. Geniş yapraklı herdem yeşillerin transplantasyonu için uygun zaman ise genelde ilkbahar ve sonbahardır (Kim, 1989).

Peyzaj çalışmalarında transplantasyon yöntemi kullanılarak istenilen etkinin hızlı bir şekilde elde edilmesi peyzaj tasarımı bakımından önemlidir. Ancak büyük ağaçların ve çalılıarın transplantasyon süreçlerinde, bitkilerin mevcut arazi koşullarının değişmesi, uygun olmayan taşıma ve iklimsel koşullar nedeniyle bitkilerde ciddi hasar ve kayıplar görülebilmektedir (Bainbridge vd., 2001; Etmedi vd., 2013; Pryor & Watson, 2016). Bu

bağlamda çalışma kapsamında Rize ili Ziraat Botanik Çay Bahçesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi, Portakallık Mahallesi'nde yapımı devam eden Portakallık Mahallesi Sahil Rekreasyon Alanı ve Rize Hayvan Barınağı'nda hem günümüzün modern teknolojisiyle geliştirilen yöntemler ve makineler yardımıyla hem de el ile bitki transplantasyonu çalışmaları yapılarak buradaki bitkilerin transplantasyon aşamaları incelenmiş ve alanların sürdürülebilirliğine katkıda bulunarak görsel değerlerinin artırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Rize ili merkez sınırları içerisinde 4 farklı alan üzerinde transplantasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışma alanları; Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi, Portakallık Mahallesi Sahil Rekreasyon Alanı ve Rize Hayvan Barınağı olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanlarının konumu. (URL-2.)
Figure 1. Location of study areas.

Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nde 2019 yılı aralık ayında gerçekleştirilen transplantasyon uygulaması kapsamında toplam 22 adet bitki üzerinde çalışılmıştır. Çalışılan bitkiler içerisinde altı farklı tür bulunmaktadır. Bu türler; *Betula alba* L. (Huş), *Chamaerops excelsa* Thunb. (Tüylü Palmiye), *Lagerstroemia indica* L. (Oya Ağacı), *Liquidambar styraciflua* L. (Amerikan Sığla Ağacı), *Platanus orientalis* L. (Doğu Çınarı), *Tilia tomentosa* Moench (Gümüşi Ihlamur)'dır. Transplantasyon uygulamasında Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi'ne getirilen büyük ağaçların sökülme işlemleri Rize Çaykur Anatamir Fabrikası Serbest Bölgesi'nden yapılmıştır. *Platanus orientalis* L., *Lagerstroemia indica* L., *Betula alba* L. ve *Tilia tomentosa* Moench ağaçları, bu bölgeden temin edilmiştir. *Chamaerops excelsa* Thunb. ağaçları ise Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nin eski laboratuvar bölgesinden temin edilmiştir. Dikim işlemlerinin yapıldığı uygulama alanları ise botanik bahçenin girişinde bulunan çaylık alan ve otopark alanının

üst tarafındaki düz sahadır. 17 adet ağaç otopark alanı üst tarafında, 5 adet ağaç ise çaylık alanda kullanılmıştır.

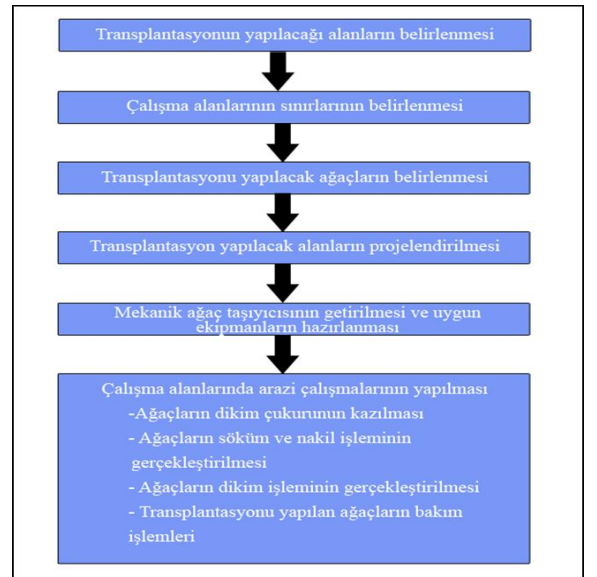
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi'nde yapılan transplantasyon çalışması 2022 yılı şubat ayında gerçekleştirilmiştir. Bitkiler, Zihni Derin Yerleşkesi İlahiyat Fakültesi binasının arka tarafında yer alan bahçeden alınmıştır. 1 adet *Diospyros kaki* L.f. (Trabzon Hurması) ve 2 adet *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Portakal ağacı) kullanılmıştır.

Rize Hayvan Barınağı'na ise Rize Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü bünyesindeki eski çay paketleme fabrikasından alınan 7 adet *Chamaerops excelsa* Thunb. (Tüylü Palmiye) transplantasyonu gerçekleştirilmiştir.

Rize ili Portakallık Mahallesi'nde yapımı devam eden Portakallık Mahallesi Sahil Rekreasyon alanında ise 2 adet *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Portakal ağacı) transplantasyonu yapılmıştır.

Bitki sökülme ve dikim işlemlerinde ağaç sökme- taşıma ve dikim makinesi (transplanter), kepçe aracı, kamyon, kazma, kürek, budama makası, testere, çuval, halat, ip, kelepçe vb. malzemeler kullanılmıştır.

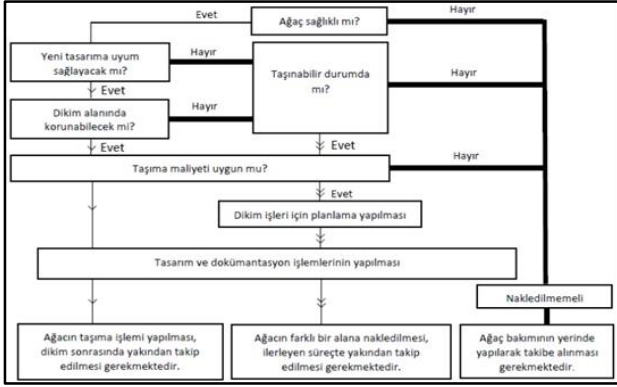
Çalışma kapsamında uygulanan metot Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın metot şeması.
Figure 2. Method scheme of the study.

Transplanter, Rize Belediyesi'nin Orman Genel Müdürlüğü'nden talebi doğrultusunda, Antalya Bölge Müdürlüğü'nden bir aylığına temin edilmiştir. Transplantasyonun yapılacağı alanların önceden planlamasının yapılmaması ve sökülecek bitkilere karar verilmemiş olması aracın efektif kullanımını engellemiş, çok az bitki türünün transplante edilmesine neden olmuştur. Yapılacak işlemler ve ihtiyaçlar öncelik sırasına göre tespit edilerek uygulama çalışmalarına başlanmıştır. Transplantasyon uygulaması öncesinde Şekil 3'te verilen

yöntem akışı dikkate alınarak bitkiler üzerinde gerekli işlemler yapılmıştır.



Şekil 3. Ağaç taşıma işlemine karar verme süreci. (Development Bureau, 2014; Özyurt Ökten & Pehlivan, 2021).

Figure 3. The process of deciding on tree transplantation.

Rize ilinin sahip olduğu eğimli arazi yapısı nedeniyle transplanter aracı her alanda kullanılamamış sadece arazi yapısının uygun olduğu alanlarda kullanılmıştır. Transplanter aracının giremeyeceği alanlara ise alternatif sökümler araçları veya el ile insan gücü kullanılarak sökümler işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nde belirlenen ağaçların kök çaplarının etrafı ağaç sökme-taşıma ve dikim makinesi (transplanter) kullanılmadan, kepçe aracı ile sökümler işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ağaçlara zarar vermeyecek biçimde dipleri açılmış ve dikim alanına nakledilerek dikilmiştir. Çaylık alanda yapılan nakil dikim çalışmasında ise bitkiler manuel olarak el ile kazma kürek kullanılarak kök çaplarının etrafı sökülmüştür. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi'nde, Portakallık Mahallesi'nde yapımı devam eden Portakallık Mahallesi Sahil Rekreasyon alanında ve Rize Hayvan Barınağı'nda belirlenen ağaçların kök çaplarının etrafı ağaç sökme-taşıma ve dikim makinesi (transplanter) kullanılarak ağaca zarar vermeyecek biçimde açılmış ve dikim alanına nakledilerek dikilmiştir.

BULGULAR

Çalışma kapsamında Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi, Portakallık Mahallesi Sahil Rekreasyon Alanı ve Rize Hayvan Barınağı'nda transplantasyon çalışmaları uygulanmıştır.

Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nde Yapılan Transplantasyon Çalışmaları: Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nin potansiyeli yüksek ve boşta kalmış kullanışsız kısımlarını daha iyi bir hale getirebilmek, alan üzerinde istenilen vurguyu sağlayabilmek adına, boylu bitkilerin transplante edilmesine karar verilmiştir. Bu bağlamda Rize Belediyesi ile görüşmeler yapılarak, büyük ağaçların transplantasyon işlemine kullanılmak için taşıyıcı araç

talep edilmiştir. Çaylık alanda yapılan transplantasyon çalışmasında ise el ile kazma-sökme işlemleri yapılarak dikme işleminin yapılacağı alana bitkiler transfer edilmiştir.

Alan seçiminde rol oynayan etmenleri şu şekilde sıralanabilir;

- Alana getirilecek bitki türlerinin toprak istekleri,
- Alanın kullanılabilirliği ve etkinliği,
- Transplantasyon işlemi gerçekleştirecek olan mekanik ağaç taşıyıcısının rahatça transplantasyon işlemi yapabildiği,
- Bitkileri taşıyan tır, kamyon gibi taşıma araçlarının alana ulaşım sağlayabilmesi,
- Ağaçların estetik ve fonksiyonel açıdan kendilerini gösterebilecekleri yerlerden biri olması.

Bu kriterler dikkate alınarak, Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nde yapılan transplantasyon çalışmasının alanı olarak; otopark alanının batısındaki düz arazi ve botanik çay bahçesinin girişinde bulunan sera alanının yanındaki çaylık bölge seçilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nde transplantasyon gerçekleştirilen alanlar.

Figure 4. Transplanted areas in Ziraat Botanical Garden.

Transplantasyon işlemi sırasında harcanılan zaman çok önemlidir. Sökülen bitkinin dikim yerine ulaştırılması çok vakit kaybedilmeden yapılmalıdır. Bu nedenle transplantasyonda kullanılan bitkiler olabilecek en yakın konumdan, Rize Çaykur Anatamir Fabrikası Serbest Bölgesi'nden temin edilerek, ağaç sökme-taşıma ve dikim makinesi olmadan diğer taşıma araçları ile uygulama alanına getirilmişlerdir. Bitkilerin dikimi kepçe ve el yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Transplantasyon işlemlerinde bir yerden sökülüp başka bir yere dikilen ağaçlar içinden bazı türlerin nakli diğerlerine göre daha kolay yapılabilmektedir. Saçak ve ince bir kök sistemine sahip olan sığ köklü ağaç türleri, uzun ve derine inen kazık köklere veya seyrek kök sistemine sahip olan türlere göre daha başarılı nakil işlemi yapılabilmektedir. Ancak kazık ve seyrek bir kök sistemine sahip olan türlerde bakım işlemi uygulanarak bitkinin yaşamını devam ettirmesi sağlanabilir ve başarılı bir transplantasyon yapılabilmektedir. Ayrıca seçilen türlerin, ekolojik özelliklerinin uygulama alanıyla uyumlu

olmasının yanında renk, doku ve form açısından da alanda istenilen vurguyu sağlayabilecek özellikte olmasına dikkat edilmiştir. Bu kriterler kapsamında Rize Çaykur Anatamir Fabrikası Serbest Bölgesi'nden 4 adet *Tilia tomentosa* Moench, 12 adet *Platanus orientalis* L., 1 adet *Betula alba* L., 1 adet *Liquidambar styraciflua* L. ve 2 adet *Lagerstroemia indica* L., Ziraat Botanik Çay Bahçesi'nin eski laboratuvar bölgesinden 2 adet *Chamaerops excelsa* Thunb. ağaçları seçilmiştir. Seçim işleminden hemen sonra transplantasyon işleminden yaklaşık bir ay önce bitkilerde budama çalışması gerçekleştirilmiştir. Bitkilerin kuzey yönü de kırmızı bir boya ile işaretlenmiştir.

Transplantasyonu yapılacak ağaçların söküm işlemleri kepçe ve insan gücü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, bitkinin ana gövde çevresinin 2 m. uzağından kepçe yardımı ile 2 m. derinliğinde çukur kazılmıştır. Kazılan çukurun içerisindeki kılcal kökler budama makası ile kesilmiştir. Bitkinin kepçe ile kaldırılmasına engel olabilecek dallar budanarak uzaklaştırılmıştır. Kepçe ile bitki havaya kaldırılacağı için bitkinin gövdesine zarar vermemek adına kalın bir çuval ile sarılıp kelepçeli bir halat takılmış ve bitki havaya kaldırılmıştır. Bitki köklerinin toprak kitlesi ile hareket edebilmesi için kaldırma işleminde hassas davranılmıştır. Bitki havaya kalktıktan sonra kökleri ile toprağı bir arada tutabilecek büyüklükte bir çuval ile sarılıp bağlanmıştır. Daha sonra dört teker kamyonla yüklenerek dikim yapılacak alana götürülmüştür.

Transplantasyonu yapılan bitkilerin dikim çukuru bitkiler getirilmeden önce içerisine girebilecek genişlikten biraz fazla kazılmıştır. Çukurun içerisine bitkilerin köklerinin daha rahat gelişebilmesi için %50 organik toprak, %30 torf, %10 kum, %10 bekletilmiş inek gübresi karışımı yaklaşık 30 cm. kalınlıkta serilmiştir. Dikim gerçekleşmeden önce çukurlar bol su ile ıslatılmıştır. Bitki türleri kepçe ile kamyon üzerinden kaldırılarak, işaretlenmiş olan kuzey yönüne gelecek, dikim çukuruna tam oturacak ve kökleri hasar almayacak şekilde dikimi gerçekleştirilmiştir. Bitkinin ortama uyum sağlayabilmesi ve bitki transplantasyonunun başarılı olabilmesi adına gerekli bakım işlemleri uygulanmıştır.

Dikimden sonra ağaçların; toprakta oynamasını ve rüzgârdan devrilmelerini önlemek amacıyla üç noktadan kazıklarla bağlanmıştır. Bitkinin ortama adaptasyonu tamamlandıktan sonra bu hareketler sökülmüştür. Nakli gerçekleştirilen ağaçlara iki günde bir sulama işlemi uygulanmıştır. İlerleyen süreçlerde bakım ve gübreleme çalışmalarına devam edilecektir. Transplantasyonu gerçekleştirilen bazı ağaçlar Şekil 5'te verilmiştir.

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi'nde Yapılan Transplantasyon Çalışması:
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin

Yerleşkesi'nde potansiyeli yüksek ve boşta kalmış kullanışsız kısımları daha iyi bir hale getirebilmek, alan üzerinde istenilen vurguyu sağlayabilmek adına, boylu bitkilerin transplante edilmesine karar verilmiştir. Bu bağlamda büyük ağaçların transplantasyon işleminde kullanılmak üzere mekanik ağaç taşıyıcısı temin edilmiştir. Transplanter aracı ile bitki transplantasyonunda aracın her araziye girememesi bitki seçiminde zorluklara ve az tür seçimine neden olmuştur. Yerleşkenin eğimli bir alan üzerine kurulması, yeşil alan içeren düz alanın az olması ve aracın bir günlüğüne temin edilmesinden dolayı tür sayısı az tutulmuştur. Bu kriterler dikkate alınarak, yerleşke çevresinde yapılan transplantasyon uygulama alanı olarak; Zihni Derin Yerleşkesi'ndeki sera alanı yolu üzerindeki arazi seçilmiştir ve projeye işlenmiştir (Şekil 6). Bitkiler dikim alanına yaklaşık 300 m. uzaklıktaki Zihni Derin Yerleşkesi İlahiyat Fakültesi binasının arka tarafında yer alan bahçeden getirilmiştir.



Şekil 5. Transplantasyonu gerçekleştirilen bitki türleri.

Figure 5. Transplanted plant species.

Ağaç türlerinin yeni yerlerinde sağlıklı bir şekilde yaşamını sürdürmesi ve yerine daha hızlı adapte olabilmesi için transplantasyon mevsimi büyük önem taşımaktadır. Mevsim olarak transplantasyon için en uygun zaman vejetasyon döneminin tam olarak başlamadığı erken ilkbahardır. Erken ilkbaharda transplantasyonun başarılı bir şekilde yapılması için, kapalı bir hava veya hafif yağışın olduğu bir gün tercih edilmelidir. Ancak yapılan transplantasyon çalışmasında kullanılan transplanter

aracının Antalya Belediyesi'nden getirilmiş olması ve tekrar geri götürülmesi sebebiyle transplantasyon işlemi şubat ayında, güneşli günlerde yapılmak zorunda kalmıştır. Bitkiler getirilmeden yaklaşık 1 ay önce gerekli budama işlemleri yapılmıştır. Alandaki konumlarına göre taşınmadan önce kuzey yönü kırmızı boya ile işaretlenmiştir.



Şekil 6. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi'nde seçilen uygulama alanı.
Figure 6. Selected application area at Recep Tayyip Erdoğan University Zihni Derin Campus.

Transplantasyonu yapılacak ağaçların çukurunun boyutları mekanik taşıyıcının ağız çapına bağlıdır (Şekil 7). Mekanik ağaç taşıyıcı ile sökülüp başka bir yere getirilen ağaçlarda, ağaç çukurunun yine aynı aletle açılması gerekmektedir. Çünkü çukurun küçük veya büyük olması ağacın yeni yerine adapte olması, şiddetli rüzgârlardan etkilenmesi, kök gelişiminin düzenli olması açısından sökülme ve dikim çukurunun aynı boyutta olması gerekmektedir.



Şekil 7. Transplanter aracının ağız çapı.
Figure 7. Opening width of transplanter.

Mekanik ağaç taşıyıcısıyla yapılan transplantasyonda kural olarak önce getirilmesi düşünülen bitkinin dikim çukurunun açılması ve iyice sulanması gerekmektedir. Çünkü mekanik ağaç taşıyıcısı bitkiyi alandan sökülüp getirdiğinde, zaman kaybının önüne geçmek ve ağaçlara zarar vermemek adına bitkileri hemen dikmek gerekmektedir. Bu yüzden mekanik ağaç taşıyıcısının yerleşkeye her gelişinde, kazıklarla işaretlenmiş yerlere

dikim çukurları açılmıştır. Köklerin daha iyi gelişebilmesi için kazılan çukura ek olarak yaklaşık 30 cm. el küreği ile dip kısmının çevresi de kazılmıştır. Çukurun içerisine bitkilerin köklerinin daha rahat gelişebilmesi için %50 organik toprak, %30 torf, %10 kum, %10 bekletilmiş inek gübresi karışımı yaklaşık 30 cm. kalınlıkta serilmiştir. Doldurulan karışım köklerin rahat bir şekilde büyümesi ve hareket edebilmesi amacı ile organik maddeyle karıştırılmış ve böylelikle toprak geçirgen bir yapıya sahip olmuştur. Daha sonra çukurun sulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Transplantasyonu yapılan bitkinin dikileceği alanın merkez noktası alınarak ağaç sökücü mekanizma çalışma anında aracın arkasından yere indirilip açılan çerçevesiyle sökülecek ağacı çevrelemiştir. Hidrolik sistemle hareket eden bıçaklar, çerçevenin belirlediği noktalardan toprağa saplanarak kök kütüğünün altında belirli bir derinlikte ters bir kubbe oluşturacak biçimde birleştirilmiştir. Ağaç sökücü bölüm bıçaklarının kavradığı toprakla birlikte, ağacı yerinden yukarı kaldırıp aracın platformu ve kabini üzerine yatay olarak yerleştirilmiş ve taşınmaya hazır hale getirilmiştir. 300 m'lik bir mesafenin olması taşıma işleminin çok dikkatli bir şekilde yapılmasına neden olmuştur. Sökülen bitkinin dikim yerine ulaştırılması çok vakit kaybedilmeden ve bekletilmeden yapılması gerektiği için sökülme gerçekleştirilen 2 adet *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, ve 1 adet *Diospyros kaki* L.f. ağaçları vakit kaybedilmeden dikim yerlerine getirilmiştir (Şekil 8). Söküm ve dikim sırasında transplanter aracının yük dengesini sağlamak için kullanılan ağaç sökme makinesi ayakları tek tek açılarak zemine oturtulmuştur. Alçak kalan kısımlar tahta parçaları ile desteklenmiştir. Fakat baskı betonların katmanlarının uygun standartlarda yapılmaması nedeni ile kırılmasına neden olmuştur. Yapılacak uygulamalarda bu tür problemlerle karşılaşmamak için uygun zemin ya da ayakların altlarına koymak için büyük tahta parçalarına ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 8. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi'nde transplanter aracı ile dikim işleminin gerçekleştirilmesi.
Figure 8. Carrying out the planting process with a transplanter at the Recep Tayyip Erdoğan University Zihni Derin Campus.

Söküm alanındaki kuzey işaretinin dikim alanında da aynı yöne gelmesi dikkate alınarak uygulama gerçekleştirilmiştir. Dikim çukuru için oluşturulan karışım, dikim sırasında oluşan boşlukların toprak ile doldurulması işlemi, köklerin hava alması ve bu yüzden köklerin kuruyup ölmesinin önüne geçilmesi adına yapılmıştır. Ağaç gövdesinin yeni gelişen dallarını güneş yanığından, don çatlaklarından, rüzgâr ve soğuk zararlılarından korumak için yeni çıkan dallar çuvallarla sarılmıştır.

Transplantasyonu yeni yapılmış ağaçların yeni yerlerine alması ve çevre baskılarına maruz kalmaması için çevresi herekleyle desteklenmiştir. Destekleme çalışmalarında ağaçlar kazıklara, ağaçların gövde kısımlarından 2-3 cm. boşluk bırakılarak lastik hortumla arazinin eğimine göre halatlarla bağlanmıştır. Halatlar gövde ve yer ile 45° açı yapacak şekilde üç taraftan gergin olarak bağlanılarak ağaçların rüzgâr vb. durumlardan korunması için destek sağlanmıştır.

Dikim sonrasında taşıma esnasında kırılan ve kuruyan dalların temizlenmesi yapılmıştır. Bu işlem bitkide su kaybının önlenmesinde büyük ölçüde yarar sağlamıştır.

Transplantasyonu yapılan ağaçların diplerine ve çevresine 5-10 cm. kalınlığında yaprak çürüntüsü ve iyi olgunlaşmış gübreden oluşan malçlama çalışması yapılmıştır. Malçlama işlemi, köklerin üzerindeki toprağın evaporasyonunu azaltarak nemi koruması, toprağın sıcaklığını dengeli tutması ve böylece ağacın yaşamasına olumlu etki sağlaması için yapılmıştır. Transplantasyonu yapılan bitkiler, yeni ortamda toprakla kökler arasındaki ilişkiyi geliştirmek ve toprağa gerekli nemi kazandırmak amacı ile her gün belirli aralıklarla sulanmıştır.

Rize Hayvan Barınağı'nda Yapılan Transplantasyon Çalışması: Rize Hayvan Barınağı'ndaki boşta kalmış kullanışsız alanı daha iyi bir hale getirebilmek, alan üzerinde istenilen vurguyu sağlayabilmek adına, boylu bir bitkinin transplante edilmesine karar verilmiştir. Rize'nin arazi yapısı dikkate alınarak ve Rize Hayvan Barınağı'nda soliter bir vurgu alanı oluşturabilmek adına hayvan barınağının ön kısmında yer alan bölgeye transplantasyon uygulamasının yapılması düşünülmüştür. Seçilen türün, ekolojik özelliklerinin uygulama alanıyla uyumlu olmasının yanı sıra renk, doku ve form açısından da alanda istenilen vurguyu sağlayabilecek özellikte olmasına dikkat edilmiştir. Bu kriterler kapsamında Rize Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü bünyesindeki eski çay paketleme fabrikası alanı üzerinden 7 adet *Chamaerops excelsa* Thunb. ağacı alınmıştır. Ağaçların dip kısmındaki yaprakları budanarak, alandaki kuzey yönü kırmızı boya ile işaretlenmiştir. Söküm ve dikim yapılacak alan arası yaklaşık 1 km.'dir. Transplantasyonu yapılacak ağaçların söküm işlemleri Antalya Belediyesi'nden temin edilen transplanter

makinesi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 9). Rize Hayvan Barınağı'nda gerçekleştirilen transplantasyon çalışmalarında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi'nde izlenen transplantasyon uygulama süreçleri aynı şekilde hayata geçirilmiştir.

Portakallık Mahallesi'ndeki Park Alanında Yapılan Transplantasyon Çalışması: Portakallık Mahallesi'nde yapımı devam eden Portakallık Mahallesi Sahil Rekreasyon Alanı'na 2 adet *Citrus sinensis* (L.) Osbeck bitkisi dikilmiştir (Şekil 10). Mahalle ismi ve Rize ilinin geçmişi yansıtmamasından dolayı park alanına bir turunçgil bahçesi tasarlanmıştır. Bu kapsamda alanın bir an önce bu görünümü kazanması için yakın çevredeki konut bahçelerinden alınan iki adet portakal ağacı alana transplante edilmiştir. Mandalina, limon, kamkat vb. turunçgiller de alana getirilmek istenmiş fakat söküme uygun tür ya da alan bulunmadığı, özel konut bahçesinde yer alanlar için de kullanıcılar izin vermediği için gerçekleştirilememiştir. Bu yüzden projede eksik kalan bitkiler fidanlıktan temin edilerek bitkisel tasarım uygulanacaktır.



Şekil 9. Rize Hayvan Barınağı'nda transplanter aracı ile dikim işleminin gerçekleştirilmesi.

Figure 9. Carrying out the planting process with a transplanter at the Rize Animal Shelter.



Şekil 10. Portakallık Mahallesi parkında transplanter aracı ile dikim işleminin gerçekleştirilmesi.

Figure 10. Carrying out the planting process with a transplanter at the park in Portakallık neighbourhood.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Kent içinde bitkilendirilecek alanların uzun yıllar sonucunda alacağı görünüme bir anda kavuşmasını sağlayan bitki transplantasyonu uygulamaları son yıllarda daha fazla ilgi görmektedir. Bu uygulama süreçlerinde dikim kontrollü yapılabildiği bitki büyümesi için uygun koşullar sağlandığında dahi bitkinin kuruma, solma, hastalanma gibi sorunlarla karşılaşma ihtimali bulunmaktadır. Çalışma kapsamında Rize Ziraat Botanik Çay Bahçesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi, Portakallık Mahallesi'nde Portakallık Mahallesi Sahil Rekreasyon Alanı ve Rize Hayvan Barınağı'nda belirlenen uygulama alanlarında toplam 8 farklı tür ve 34 bitki üzerinde çalışılmış olup herhangi bir bitki kaybı ve hastalanması görülmemiştir.

Bitki transplantasyonu uygulamaları sürecinde taşınacak bitki taksonlarıyla ilgili literatürlerin ve taşıma deneyimlerinin araştırılması, taşınacak bitkilerin dikime uygunluğunun incelenmesi ve transplantasyon öncesinde dikim planlamalarının yapılması gerekmektedir. Bitkilerde oluşabilecek olumsuzluklara karşı budama ve ilaçlama işlemleri yapılmalı, dikim yeri kazılırken bitki türüne uygun derinlik ve çap oluşturulmalı, kullanılan toprak tekstürü incelenerek kullanılacak olan bitki için en ideal hale getirebilme adına gerekli gübre ve düzenleyiciler kullanılmalıdır.

Transplantasyon çalışmalarında karşılaşılan en büyük risk ve zorluk ise bitki dikim zamanının seçiminin uygulayıcıların zaman çizelgesine göre yapılmasıdır. Hâlbuki bitki transplantasyonu için en uygun dikim zamanı, dikilecek bitkilerin sağlık durumu ve taşıma süreçleri için en uygun olduğu dönemler seçilerek planlanmalıdır.

Bu çalışmanın bulguları, Rize kentindeki bitki transplantasyon uygulamalarının şehrin yeşil alanlarını iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bitki transplantasyonu, kentteki yeşil alanların görsel ve işlevsel kalitelerinin artırılmasına katkı sağlayabilir. Kentte başarılı bitki transplantasyonu uygulamalarını artırabilmek için daha sistematik ve stratejik bir yaklaşımın gerektiği ortaya koyulmuştur. Bu stratejilerin geliştirilmesinde peyzaj mimarlığı meslek disiplini önemli bir rol oynayacaktır.

Mekanik ağaç taşıyıcısı ile yapılacak transplantasyon çalışmalarında bitkinin söküm ve dikim alanlarının konumu önem arz etmektedir. Aracın eğimli arazilerde söküm ve dikim yapamaması seçim alternatiflerini de oldukça azaltmaktadır. Transplantasyonu yapılacak bitkinin de dikileceği alanın da aracın uygulamayı yapabileceği düzlükte olması gerekmektedir. Rize'nin çok engebeli ve dağlık bir arazi yapısına sahip olması mekanik ağaç taşıyıcısı ile uygulama yapılmasını

güçleştirmiştir. Söküm ve dikim yapılacak bitki türlerinin önceden planlı bir şekilde hazırlanmaması da bu durumu desteklemiştir. Bu yüzden belli bir süre kapsamında Rize iline getirilen mekanik ağaç taşıyıcısı ile çok az sayıda uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu durum da mekanik ağaç taşıyıcısı ile yapılacak transplantasyon çalışmalarında planlamanın çok iyi yapılması gerekliliği sonucunu bir kere daha ortaya koymuştur.

Rize kenti yetkililerinin, tür özellikleri ve çevresel koşulları dikkate alan kapsamlı bir bitki transplantasyonu stratejisi geliştirmeleri önerilmektedir. Çalışma kapsamında 8 farklı tür üzerinde çalışılmıştır. Bölgedeki diğer farklı bitki türleri için en etkili transplantasyon tekniklerinin belirlenmesi adına daha fazla araştırma ve uygulama yapılmalıdır. Bu amaçla bölgede tercih edilen bitkilerin belirlendiği çalışmalar esas alınabilir. Örneğin Karaşah ve Sarı, (2018) kentlerin imajı ve görsel kalitesini destekleyecek bir yaklaşımla bitki materyalinin kullanılmasına yönelik örnek bir çalışmada Rize kentinde bitkilendirme tasarımlarında kimlik kazandıracak bitkilerin belirlenmesi amacıyla bir uzman anketi uygulamışlardır. Çalışma sonucunda *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (Çay), *Sorbus torminalis* (L.) Crantz (Akçaağaç Yapraklı Üvez), *Sorbus aucuparia* L. (Kuş Üvezi), *Laurocerasus officinalis* M. Roem. (Karayemiş), *Castanea sativa* Mill. (Kestane), *Buxus sempervirens* L. (Şimşir) ve *Citrus reticulata* Blanco (Mandalina) bitkilerinin en çok tercih edilen türler olduğu ortaya çıkmıştır.

Transplante edilen bitkilerin hayatta kalma oranları, peyzaj tasarımının başarısını etkileyeceği için önemlidir. Dolayısıyla transplantasyon başarısını doğrudan etkileyen; seçilen bitki türünün özellikleri ve mevcut sağlık durumuna, transplantasyonun yapılacağı yerdeki yetiştirme ortamı özelliklerine, mevsim koşullarına, transplantasyon aşamalarında gösterilen özene ve transplantasyon yöntemine ilişkin konulara son derece önem gösterilmelidir. 2023 yılı mayıs ayında çalışma alanlarında yapılan gözlemler sonucu transplantasyonu yapılan 34 türün hepsinin yaşam faaliyetlerini sürdürdüğü tespit edilmiştir. Bu durum da her iki uygulama tipinde de doğru teknikler kullanıldığında başarının artacağına en büyük göstergesidir.

Kentsel açık yeşil alanların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ve geliştirilmesine katkı sunan peyzaj mimarları sahip oldukları uzmanlık gereği bitki transplantasyonu için uygun tekniklerin belirlenmesi ve uygulanması konularında oluşturulacak çalışma gruplarına öncülük etmelidirler.

Başarılı bitki transplantasyonları konu ile ilgili kamu farkındalığının artırılması açısından son derece önemlidir. Halkın kendi imkânları ile gerçekleştireceği bitki transplantasyonlarında da başarı oranının yüksek

olması açısından konu hakkında eğitim çalışmalarının düzenlenmesi son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- Bainbridge, D., Tiszler, J., Macaller, R. & Allen, M.F. (2001).** Irrigation and mulch effects on desert shrub transplant establishment. *Native Plant Journal*, 2(1), 1-5. DOI: 10.3368/npj.2.1.25
- Caner, M. (1976).** A Recreational approach and the green areas and open spaces in the city of Ankara. Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Çorbacı, Ö.L. & Ertekin, M. (2012).** Private plantation techniques. In: Özyavuz, M. (Ed), *Landscape planning*, 319-352p, Intech Open, Rijeka, Croatia.
- Development Bureau. (2014).** Guidelines on tree transplanting. Greening, landscape and tree management section. From: https://www.greening.gov.hk/filemanager/greening/en/content_28/Guidelines_on_Tree_Transplanting_e.pdf (Erişim tarihi: 15.03.2023).
- Etemadi, N., Nezhad, R.M., Zamani, N. & Majidi, M.M. (2013).** Effect of transplanting date and harvest method on growth and survival of three urban tree species in an arid climate. *Arboriculture & Urban Forestry*, 39(5), 211-217. DOI: 10.48044/jauf.2013.027
- Harris, R.W. (1983).** *Arboriculture: care of trees, shrubs and vines in the landscape*, Prentice – Hall, Inc. Englewood Cliffs, 688, New Jersey.
- Karaşah, B. & Sarı, D. (2018).** Kent kimliğinde etkili bir bileşen: Doğal bitkiler. *Social Sciences Studies Journal*, 4(26), 5539-5545. DOI: 10.26449/sss.965
- Keville, K. (2016).** *The aromatherapy garden growing fragrant plants for happiness and well-being*. Timber Press, 277, Portland.
- Kim, H. (1989).** *Green world*. Green Grower Publishing Company, 484, Moreno Valley.
- Meyer, F.H. (1982).** *Baume in der Stadt*. Verlag, 380, Stuttgart.
- Nadel, I.B. & Oberlander, C.H. (1977).** *Trees in the city*. Pergamon Press, 102, New York.
- Oğuztürk, G.E. & Bayramoğlu, E. (2020).** Kurakçıl peyzaj açısından Rize Sahil Parkının incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi*, 10(21), 13-24. DOI: 10.16950/ijad.733326
- Oğuztürk, G.E., Turna, T., Yuksek, T. & Kaval, U. (2021).** Bazı bitki ekstraktlarının antiviral etkileri üzerine bir derleme. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 156-163.
- Özkaya, S. (2020).** Artvin-Yusufeli yeni yerleşim yerinde yapılan nakildikim (transplantasyon) uygulamalarının tutma başarısı ve diğer bazı faktörler bakımından irdelenmesi. *II. Uluslararası 29 Ekim Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu*, 29-31 Ekim 2020, Ankara, Türkiye.
- Özyurt Ökten, S.S. & Pehlivan, G. (2021).** İleri yaşta palmiye (*Washingtonia filifera*) taşıma süreçlerine dair bir uygulama, İskenderun Teknik Üniversitesi örneği. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 175-184. DOI: 10.29278/azd.830478
- Pryor, M. & Watson, G. (2016).** Mature tree transplanting: Science supports best management. *The International Journal of Urban Forestry*, 38(1), 2-27. DOI: 10.1080/03071375.2016.1157401
- Sağlık, A., Kelkit, A., Temiz, M., Sağlık, E. & Bayrak, M. İ. (2019).** Millet bahçesi kavramı: Kahramanmaraş ili örneği. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Ek-1 Özel Sayı, 11-30.
- Tattar, A.T. (1998).** Large tree transplanting, *Landscape Management*, 40-43. From: <https://archive.lib.msu.edu/tic/wetr/article/1998sep40.pdf> (Erişim tarihi: 30.03.2023).
- Turhan, Ç. (1994).** *Peyzaj uygulamalarında büyük bitkilerin transplantasyonu ile ilgili sorunlar ve çözümlenmelerine ilişkin Ankara'da yapılan çalışmalar üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, 167s.
- URL-1. Etimoloji - Türkçe Etimoloji Sözlüğü (2023).** Erişim tarihi: 20.01.2023, <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/transplant>
- URL-2. Google Earth. (2021).** Erişim tarihi: 25.01.2023, <http://earth.google.com/web/>.
- Ürgenç, S. (1998).** *Genel plantasyon ve ağaçlandırma tekniği*. İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Basımevi, 664, İstanbul.
- Zion, R.L. (1968).** *Trees for architecture and the landscape*. Van Nostrand Reinhold Company, 207, New York.



The Effect of Press Parameters on the Physical and Mechanical Properties of Cement-Bonded Particleboards Produced from Veneer Wastes

Uğur ARAS^{1*} Hüsnü YEL²

¹Karadeniz Technical University, Arsin Vocational School, Department of Materials and Material Processing Technologies, 61090 Trabzon, Türkiye

²Artvin Coruh University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, 08000 Artvin, Türkiye

Geliş/Received: 14.05.2023

Kabul/Accepted: 25.07.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Aras, U. & Yel, H. (2023). The effect of press parameters on the physical and mechanical properties of cement-bonded particleboards produced from veneer wastes. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 300-305. <https://doi.org/10.35229/jaes.1296776>

Atıf yapmak için: Aras, U. & Yel, H. (2023). Kaplama atıklarından üretilen çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine pres parametrelerinin etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 300-305. <https://doi.org/10.35229/jaes.1296776>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-1572-0727>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0661-9109>

*Corresponding author's:

Uğur ARAS

Karadeniz Technical University, Arsin Vocational School, Department of Materials and Material Processing Technologies, 61090 Trabzon, Türkiye

✉: uaras@ktu.edu.tr

Abstract: This study aims to investigate the effect of press temperature and time changes on the physical and mechanical properties of cement-bonded particleboards produced by using poplar veneer waste (*Populus tremula* L.). In this study, single-layer cement-bonded particleboards with a target density of 1200 kg/m³ and a size of 500 x 500 x 10 mm³ were produced with five different pressing parameters. The physical (moisture content, density, water absorption, and thickness swelling) and mechanical (modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bond strength, and screw withdrawal strength) properties of the boards were investigated. According to the results, the changes in press time and temperature did not cause a significant change in water absorption values, while the increase in the pressing time reduced the thickness swelling. While the mechanical properties increased with the increase in pressing time, suitable values for the standard were obtained in all board groups. In addition, it was also determined that the most suitable time for production was 24 hours, and the temperature application did not have a significant effect on the board properties.

Keywords: Cement bonded particleboards, veneer wastes, press parameters, physico-mechanical properties.

Kaplama Atıklarından Üretilen Çimentolu Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Pres Parametrelerinin Etkisi

Öz: Bu çalışmanın amacı, kavak kaplama atıkları (*Populus tremula* L.) kullanılarak üretilen çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine pres sıcaklık ve süre değişiminin etkisinin araştırılmasıdır. Bu çalışmada, 5 farklı presleme parametresi kullanılarak 1200 kg/m³ hedef yoğunluğa ve 500 x 500 x 10 mm³ boyutlarına sahip tek tabakalı çimentolu yongalevhalar üretilmiştir. Üretilen levhaların fiziksel (rutubet içeriği, yoğunluk, su alma ve kalınlık artımı) ve mekanik (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci ve vida tutma direnci) özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, pres süresi ve sıcaklıktaki değişimler su alma değerlerinde önemli bir değişikliğe neden olmazken, presleme süresindeki artış kalınlık artımı değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Pres süresinin artmasıyla mekanik özellikler artarken, tüm levha gruplarında standarda uygun değerler elde edilmiştir. Ayrıca üretim için en uygun sürenin 24 saat olduğu ve sıcaklık uygulamasının levha özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çimentolu yongalevhalar, kaplama atıkları, pres parametreleri, fiziko-mekanik özellikler.

INTRODUCTION

Wood-cement composites, which have been used in the building industry as a construction material for more than 60 years, generally consist of wood raw material (particle,

lignocellulosic material, saw or planer waste), portland cement, and hardening chemicals (Okino et al., 2004).

Wood-cement composites have many uses such as floor slabs, fence posts, railway sound barriers, laboratory benches, corrugated roofing material, heat-resistant wall and floor material, prefabricated house construction, and exterior

cladding. They are highly resistant to biological pests such as rot, insects, and termites. Their usage areas are gradually expanding due to their fire resistance, thermal insulation, and acoustic performance (Fan et al., 2004; Tittlein et al., 2012; Aras et al., 2019). In addition, cement-bonded particleboards are increasingly gaining popularity with their advantages such as high mechanical strength (Fan et al., 2006), resistance to outdoor weather conditions (Tabarsa et al., 2011), high fire resistance (Pedieu et al., 2012), and low cost (Nazerian & Sadeghiipana, 2013) started to find wider usage areas (Hou et al., 2022).

Directing waste from landfills to reuse, recycling or recovery is important in terms of providing new commercial opportunities for the country as well as making a significant contribution to economic development (Godfrey et al., 2019). Environmental sustainability is an indicator of agricultural development and seeks a way to develop projects that reduce the harmful effects of overconsumption of natural resources. All wastes produced by industry and agriculture must be handled correctly to avoid for environment consequences (Arruda Filho et al., 2012). The use of these resources encourages system improvements, such as the elimination of waste, increasing resource efficiency, and achieving a more sustainable economy, environment, and societal balance (Kristensen & Mosgaard 2020). In this respect, reusing the waste generated in the production of wood-based composite products instead of using them as fuel will provide an important added value. Various studies, such as the use of particleboard-fiberboard waste (Qi et al., 2006; Yel et al., 2022), lignocellulosic wastes (Jarobo et al., 2013; Odeyemi et al., 2020; Aras et al., 2022) and industrial waste in the production of cement-bonded particleboard (CBPB) (Naghizadeh et al., 2011; Yel et al., 2017) have been carried out and it has been determined that these materials may have an important raw material potential to produce cement-bonded particleboard (CBPB).

Incompatibility between wood and cement is the main problem in the production of CBPB. Here, the amount and the chemical composition of wood in the production of CBPB are decisive. The soluble chemicals in the wood prevent the hydration of the cement and cause lower mechanical resistance properties (Zhengtian & Moslemi, 1985). Therefore, this incompatibility does not allow the use of all types of wood in the production of CBPBs. Species with low sugar content such as poplar, spruce, and birch are preferred in production due to their high compatibility and high physico-mechanical properties for this purpose (Okino et al., 2005; Papadopoulos, 2007). Other important factors affecting technological properties in CBPB production are chip size and geometry, chip orientation, wood/cement ratio, water/cement ratio, and hardener addition (Frybort et al., 2008). However, there are not many studies on pressing parameters in CBPB production.

The study aims to evaluate the effects of pressing time and press temperature on the mechanical and physical properties of cement-bonded particleboards that are produced from poplar veneer wastes.

MATERIAL AND METHOD

Poplar (*Populus tremula* L.) veneer wastes were used in the production of trial boards. CEM II/B-M (P-LL) 32.5 R Portland cement used in the production of the boards was supplied from Aşkale Cement Co. CaCl₂ (calcium chloride) (TEKKİM Chemistry) with 10% solids content was used as hardener.

Veneer wastes were chipped in a knife ring chipper consisting of 6 hammers and 16 knives. In the sieving of the particles, a 4-stage sieve with circular horizontal movement was used. 1.5-3 mm sized particles were used in the production and single-layer production was carried out. Primarily, poplar particles with a moisture content of 12% were wetted with some of the water to be used and the humidity of the particles reached approximately 30%. After this process, cement was added, and mixing was continued. In order to improve the compatibility between cement and wood raw materials during board production, CaCl₂ was added to the mixture at a rate of 5% by weight of cement. The remaining water was added to the mixture last. The target specific gravity was taken as 1.2 gr/cm³. The cement/wood ratio was determined as 3. A wooden forming mold with the size of 500 mm x 500 mm was used in the production of the board. After the homogeneous laying process, the pressing process was carried out. A total of ten boards were produced, two of each board type. The boards, which were conditioned for 30 days at 20 °C and 65% relative humidity, were prepared according to the sample sizes to be used for the tests.

Moisture content (EN 322), density (EN 323), water absorption (ASTM D1037), thickness swelling (EN 317), modulus of rupture (EN 310), modulus of elasticity (EN 310), internal bond strength (EN 319), and screw withdrawal strength (EN 320) values were determined. The results were assessed in accordance with EN 634-2 (2009). ANOVA analysis was performed on the produced boards using IBM SPSS 20.0 software. DUNCAN homogeneity test was performed to determine the significance (p<0.05) between the board groups. The board production plan is given in Table 1.

Table 1. Board groups and production plan.

Board types	Hot press time (h)	Cold press time (h)	Total press time (h)	Other production parameters
A	4	-	4	Water/cement ratio: 0.61
B	8	-	8	Board size: 500 x 500 x 10 mm ³
C	12	-	12	Wood/cement ratio: 1/3
D	-	24	24	Board density: 1.2 g/cm ³
E	8	16	24	Hot press temperature: 60 °C Cold press temperature: 20 °C

RESULTS AND DISCUSSION

Physical Properties: The effects of press parameters on the physical properties of the boards are determined and the results are given in Figure 1. In addition, the statistical analysis results of the physical tests are given in Table 2.

The moisture content values of the boards were found to be between 11.42% and 14.06%. In EN 634-1 (1999), standard moisture content values are given between 6-12%. Moisture content values were slightly higher in boards with 4 and 8 hours of pressing time than the standard limit values. The low pressing time (4 and 8 hours) may have caused the boards not to be compacted sufficiently. This may have facilitated the boards to absorb moisture. While the density values of the boards were between 1.22-1.27 gr/cm³, values close to the target density were obtained. The highest density values were found in D-type boards, and the lowest in A-type boards. The occurrence of springback in the boards can be attributed to the removal of the pressure before sufficient strength was reached. This may have resulted in a reduced contact area between the cement and wood particles, which may have contributed to the observed deviations in board density.

When the 2 hours water absorption values of the boards are examined, there was a decrease in the amount of water absorption when the pressing time was used for 12 hours or more, while there was no significant difference in the 24 hours water absorption values (p<0.05). Since the boards, pressed for 12 hours or more, maintained their compact structure, the number and size of voids in these boards were less, compared to those in the boards pressed for 4 and 8 hours. Therefore, this may be the reason for the low water absorption values of these boards. With the increase in pressing time, the boards' dimensional stability properties improved. The lowest values were obtained from the D type-board group which was cold-pressed for 24h (1.4%). According to EN 634-2 (2007), the maximum amount of water absorption values is given as 1.5% for CBPB. While the values in accordance with the standard were obtained in the board group that was cold pressed for 24 hours, the low pressing time negatively affected the dimensional stability. With the increase of the water soaking time, the water absorption and thickness swelling values increased.

Yel et al., (2020) produced CBPB using different wood species (poplar and spruce) and press temperatures (20 °C - 80 °C). The results showed that the press temperature significantly affected the board properties depending on the wood species.

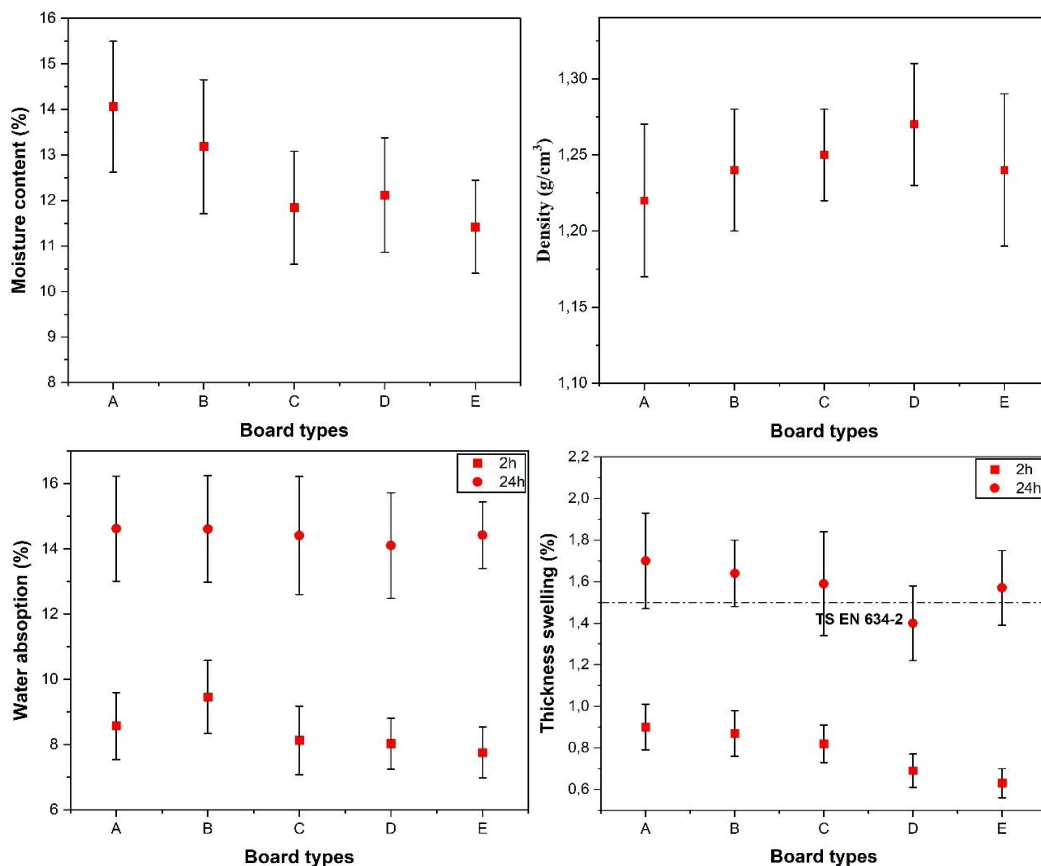


Figure 1. The effect of pressing time and temperature on the physical properties of CBPBs.

Another study by Rana et al., (2020) on the physical and mechanical properties of jute stick cement bonded-composites cold-pressed at the different pressing durations of 4, 6, 8, 12, and 16 hours indicated that, with the increase of press time, the density values increased while the water absorption and thickness swelling values decreased. Moreover, they reported that the addition of chemical hardeners (CaCl_2 and MgCl_2) to the cement-bonded composites reduced the press time.

Mechanical Properties: The effects of press parameters on the mechanical properties of the boards are determined and the results are given in Figure 2. In addition, the statistical analysis results of the mechanical tests are given in Table 2.

The lowest values for modulus of rupture and modulus of elasticity were obtained from the A type-board group that was hot-pressed for 8 hours (10.35 N/mm^2 and 5050 N/mm^2). The highest modulus of rupture and modulus of elasticity values were obtained from the board groups with a cold-pressing time of 24 hours (13.36 N/mm^2 and 6541 N/mm^2) ($p < 0.05$). The increment in press time enhanced the flexural strength values of the boards. Similar results with our funding were found by Rana et al., (2020). According to EN 634-2 (2007), the required modulus of rupture and modulus of elasticity values for CBPBs are given as 9 N/mm^2 and 4500 N/mm^2 , respectively.

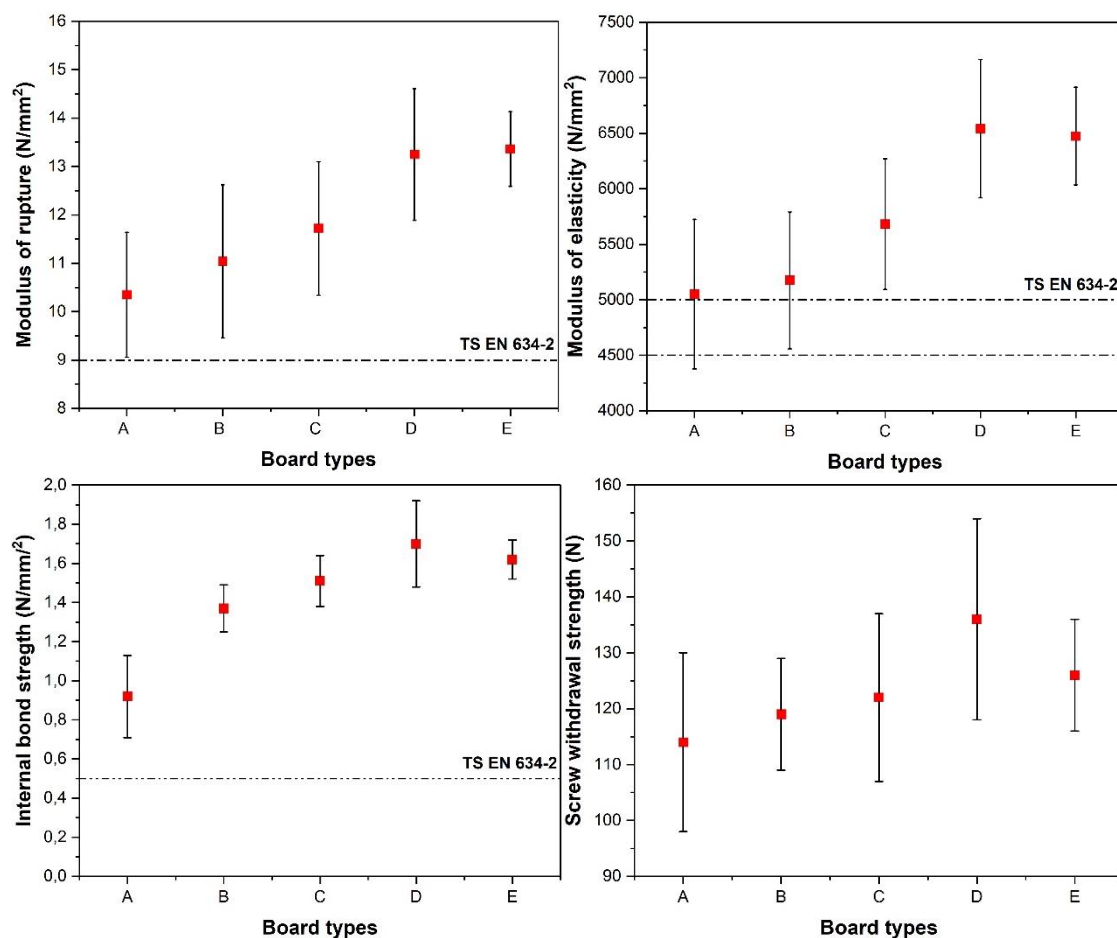


Figure 2. The effect of pressing time and temperature on the mechanical properties of CBPBs.

All board groups meet EN 634-2 (2007) standard values. The internal bond strength values of the boards were found between $0.92\text{-}1.70 \text{ N/mm}^2$. The standard minimum internal bond strength values, which are 0.5 N/mm^2 and are established in EN 634-2 (2007), have been met by all board groups. The internal bond strength values increased with the increase of the pressing time. In addition, it was determined that the hot press process did not have a significant effect on the internal bond strength

values of the board groups with a pressing time of 24 hours ($p < 0.05$). The screw withdrawal strength values of the boards were found to be between $114\text{-}136 \text{ N}$. The highest values were obtained from the board groups obtained as a result of cold pressing for 24 hours and the lowest screw withdrawal strength values were found in the A type-board group that was hot pressed for 4 hours. Ashori et al., (2012) investigated the effect of press temperatures of $25 \text{ }^\circ\text{C}$ and $60 \text{ }^\circ\text{C}$ on the properties of cement-bonded particleboards

and reported the boards produced at low press temperatures had higher mechanical properties than the boards made at high press temperatures. Del Menezzi et al., (2007) stated that cement-bonded particleboards pressed at room temperature had sufficient strength properties.

Table 2. ANOVA and DUNCAN analysis results on the effect of press time and temperature on the properties of the boards.

Test	A	B	C	D	E	P**
Density	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	0.284
Moisture content	<i>k</i>	<i>kl</i>	<i>m</i>	<i>lm</i>	<i>m</i>	0.0001
Thickness swelling (24h)	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>kl</i>	<i>l</i>	<i>kl</i>	0.047
Water absorption (24h)	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	0.956
Modulus of rupture	<i>m</i>	<i>lm</i>	<i>l</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	0.0001
Modulus of elasticity	<i>l</i>	<i>lm</i>	<i>l</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	0.0001
Internal bond strength	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>lm</i>	<i>k</i>	<i>kl</i>	0.0001
Screw withdrawal capacity	<i>l</i>	<i>l</i>	<i>kl</i>	<i>k</i>	<i>kl</i>	0.028

*The letters refer to the homogeneity groups (k: The highest arithmetic mean, m: The lowest arithmetic mean); **p-value: Significant level.

CONCLUSION

This study investigated the effects of press temperature and duration on the physical and mechanical properties of cement-bonded particleboards produced at 1/3 wood-cement ratio and 1,2 gr/cm³ using poplar veneer wastes. According to the test results, the following conclusions can be drawn;

- The increase in press time considerably improved the mechanical and physical properties of boards.
- A heat application of 60 °C had no significant effect on the boards' properties compared to the cold-pressing application (20 °C).
- Application of low pressing time (4 and 8 hours) caused the boards to have more moisture content (above the standard limit) and lower density than that in the boards produced at the high pressing times (12 and 24 hours).
- Since the boards pressed for 12 hours or more, maintained their compact structure, the number and size of voids in these boards were less, compared to those in the boards pressed for 4 and 8 hours. Therefore, this may be the reason for the low water absorption values of these boards.
- The low pressing time (4 and 8 hours) may have led to the boards not being compacted sufficiently. This made it easier for the boards to swell to their thickness and absorb moisture and water.
- The boards, which were cold pressed for 24 hours, yielded the best mechanical and dimensional stability properties. This may differ depending on the tree species.
- The low pressing time decreased in the contact area between cement and wood particles and the springback in the boards. This may be the reason for the low mechanical properties of the boards.

- The mechanical properties of all the board groups satisfied the limit values specified in EN 634-2 (2007) standard. Therefore, the boards produced in this study are suitable for use as construction materials.

Future studies are needed to determine the effects of press conditions on the technological properties of cement-bonded particleboard produced using different factors such as wood/cement ratios, types and ratios of hardener, wood species, and cement types.

REFERENCES

- Aras, U., Kalaycıoğlu, H., Yel, H., Çok, A. (2019). Effect of cement and accelerator types on the physico-mechanical properties of cement-bonded particleboards. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(4), 627-631. DOI: 10.35229/jaes.641542
- Arruda Filho, N.T.D., Dantas, C.P., Leal, A.F., Barbosa, N.P., Silva, C.G. & Alexandre, M.V. (2012). Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 894-902. DOI: 10.1590/S1415-43662012000800012
- Ashori, A., Tabarsa, T. & Sepahvand, S. (2012). Cement-bonded composite boards made from poplar strands. *Construction and Building Materials*, 26(1), 131-134. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.06.001
- ASTM D1037. (2010). *Standard test method for evaluating properties of wood-based fibres and particle panel materials*, American Society for Testing and Materials, USA.
- Del Menezzi, C.H.S., Gomez de Castro, V. & Rabelo de Souza, M. (2007). Production and properties of a medium density wood-cement boards produced with oriented strands and silica fume. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 9(2), 105-115. DOI: 10.4067/S0718-221X2007000200001
- EN 310. (1993). *Wood-based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength*. European Committee for Standardization, Brussels-Belgium.
- EN 317. (1993). *Particleboards and fibreboards-determination of swelling in thickness after immersion in water*. European Committee for Standardization, Brussels-Belgium.
- EN 319. (1993). *Particleboards and fiberboards, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 320. (2011). *Particleboards and fibreboards - Determination of resistance to axial withdrawal of screws*, European Committee for Standardization, Brussels-Belgium.
- EN 322. (1993). *Wood-based panels-Determination of moisture content*, European Committee for Standardization, Brussels-Belgium.

- EN 323. (1993). *Wood-based panels-Determination of density*, European Committee for Standardization, Brussels-Belgium.
- EN 634-1. (1999). *Cement-bonded particleboards - specifications - Part 1: General requirements*, European Committee for Standardization, Brussels-Belgium.
- EN 634-2. (2007). *Cement-bonded particleboards - Specifications - Part 2: Requirements for OPC bonded particleboards for use in dry, humid and external conditions*, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Fan, M.Z, Bonfield, P. & Dinwoodie, J. (2006) Nature and behavior of cement bonded particleboard: structure, physical property and movement. *Journal of Materials Science*, **41**, 5666-5678. DOI: [10.1007/s10853-006-0286-2](https://doi.org/10.1007/s10853-006-0286-2)
- Fan, M.Z., Bonfield, P.W., Dinwoodie, J.M., Boxall, J. & Breese, M.C. (2004). Dimensional instability of cement-bonded particleboard: The effect of surface coating. *Cement and concrete research*, **34**(7), 1189-1197. DOI: [10.1016/j.cemconres.2003.12.010](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.12.010)
- Frybort, S., Mauritz, R., Teischinger, A. & Müller, U. (2008). Cement Bonded Composites - A Mechanical Review. *Biosource*, **3**(2), 602-626.
- Godfrey, L., Ahmed, M.T., Gebremedhin, K.G., Katima, J.H., Oelofse, S., Osibanjo, O., Richter, U.F. & Yonli, A.H. (2019). Solid waste management in Africa: governance failure or development opportunity. *In Regional Development in Africa*, (235-249) Rijeka: Intechopen.
- Hou, J., Jin, Y., Che, W. & Yu, Y. (2022). Value-added utilization of wood processing residues into cement-bonded particleboards with admirable integrated performance. *Construction and Building Materials*, **344**, 128144. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2022.128144](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128144)
- Jarabo, R., Montea, M.C., Fuentea, E., Santosb, S.F. & Negro, C. (2013). Corn Stalk from Agricultural Residue used as Reinforcement Fiber in Fiber-Cement Production. *Industrial Crops and Products*, **43**, 832-839. DOI: [10.1016/j.indcrop.2012.08.034](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.034)
- Kristensen, H.S. & Mosgaard, A. (2020). A review of micro level indicators for a circular economy—moving away from the three dimensions of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, **243**, 118531. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.118531](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118531)
- Naghizadeh, Z., Faezipour, M., Ebrahimi, G. & Hamzeh, Y. (2011). Fabrication of lignocellulosic fiber-cement composite board and determination of optimum quantities of additives. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, **8**(1), 37. DOI: [10.1007/s13196-011-0021-8](https://doi.org/10.1007/s13196-011-0021-8)
- Nazerian, M. & Sadeghiipannah. V. (2013), Cement-bonded particleboard with a mixture of wheat straw and poplar wood. *Journal of Forestry Research*, **24**, 381-390. DOI: [10.1007/s11676-013-0363-8](https://doi.org/10.1007/s11676-013-0363-8)
- Odeyemi, S.O., Abdulwahab, R., Adeniyi, A.G. & Atoyebi, O.D. (2020). Physical and mechanical properties of cement-bonded particle board produced from African balsam tree (*Populous Balsamifera*) and periwinkle shell residues. *Results in Engineering*, **6**, 100126. DOI: [10.1016/j.rineng.2020.100126](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100126)
- Okino, E.Y.A., De Souza, M.R., Santana, M.A.E., Da Alves, M.V., De Souza, M.E. & Teixeira, D.E. (2005). Physicomechanical properties and decay resistance of cupressus ssp. cement-bonded particleboards. *Cement and Concretes Composites*, **27**, 333-338. DOI: [10.1016/j.cemconcomp.2004.02.046](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.02.046)
- Okino, E.Y.A., De Souza, M.R., Santana, M.A.E., Alves, M.V.D.S., De Sousa, M.E. & Teixeira, D.E. (2004). Cement-bonded wood particleboard with a mixture of eucalypt and rubberwood. *Cement and Concretes Composites*, **26**(6), 729-734. DOI: [10.1016/S0958-9465\(03\)00061-1](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(03)00061-1)
- Papadopoulos, N.A. (2007). An Investigation of the suitability of some greek wood species in wood-cement composites manufacture. *Holz Roh Werkst*, **65**, 245-246. DOI: [10.1007/s00107-006-0126-8](https://doi.org/10.1007/s00107-006-0126-8)
- Pedieu, R., Koubaa, A., Riedl, B., Wang, X.M. & Deng, J. (2012). Fire-retardant properties of wood particleboards treated with boric acid. *European Journal of Wood and Wood Products*, **70**(1-3), 191-197. DOI: [10.1007/s00107-011-0538-y](https://doi.org/10.1007/s00107-011-0538-y)
- Qi H, Cooper P.A. & Wan, H. (2006). Effect of carbon dioxide injection on production of wood cement composites from waste medium density fiberboard (MDF). *Waste Manage*, **26**, 509-515. DOI: [10.1016/j.wasman.2005.04.010](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.04.010)
- Rana, M.N., Islam, M.N., Nath, S.K., Das, A.K., Ashaduzzaman, M. & Shams, M.I. (2020). Influence of chemical additive on the physical and mechanical properties of cement - bonded composite panels made from jute stick. *Journal of Building Engineering*, **31**, 101358. DOI: [10.1016/j.jobee.2020.101358](https://doi.org/10.1016/j.jobee.2020.101358)
- Tabarsa, T. & Ashori, A. (2011) Dimensional stability and water uptake properties of cement-bonded wood composites. *Journal of Polymers and the Environment*, **19**, 518-521. DOI: [10.1007/s10924-011-0295-3](https://doi.org/10.1007/s10924-011-0295-3)
- Tittlein, P., Cloutier, A. & Bissonnette, B. (2012). Design of a low-density wood-cement particleboard for interior wall finish. *Cement and Concrete Composites*, **34**(2), 218-222. DOI: [10.1016/j.cemconcomp.2011.09.020](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.09.020)
- Yel, H., Kalaycioglu, H. & Aras, U. (2017). Utilization of silica fume in manufacturing of cement bonded particleboards. *Pro Ligno*, **13**(4), 257-263.
- Yel H, Cavdar, A.D. & Torun, S.B. (2020). Effect of press temperature on some properties of cement bonded particleboard. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, **22**(1), 83-92. DOI: [10.4067/S0718-221X2020005000108](https://doi.org/10.4067/S0718-221X2020005000108)
- Yel, H, Aras, U. & Kalaycioglu, H. (2022). Utilization of waste urea-formaldehyde resin-bonded particleboards in the manufacturing of cement-bonded particleboards. *Giresun ITESDES 2022, 2-5 June*, Giresun, Turkey, 411-424 pp.
- Zhengtian, L. & Moslemi, A.A. (1985). Influence of chemical additives on the hydration characteristics of tern larch wood-cement water mixtures. *Forest Products Journal*, **35**(7), 837-843.



Karakaya Baraj Gölü'nde Yaşayan *Arabibarbus grypus* (Heckel, 1843) (Şabut) Populasyonunun Bazı Büyüme Özelliklerinin Belirlenmesi^[*]

Burhan CENGİZ Engin ŞEKER Ebru İfakat ÖZCAN*

Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye

Geliş Tarihi: 17.05.2023

Kabul Tarihi: 31.07.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Cengiz, B., Şeker, E. & E.İ. Özcan. (2023). Karakaya baraj gölü'nde yaşayan *Arabibarbus grypus* (Heckel, 1843) (Şabut) populasyonunun bazı büyüme özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 306-312. <https://doi.org/10.35229/jaes.1298332>

How to cite: Cengiz, B., Şeker, E. & E.İ. Özcan. (2023). Determination of some growth characteristics of *Arabibarbus grypus* (Heckel, 1843) (Shabut) population living in Karakaya dam lake. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 306-312. <https://doi.org/10.35229/jaes.1298332>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2017-6647>
ID: <https://orcid.org/0009-0007-3427-7613>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-2906-6006>

*Sorumlu yazarın:
Ebru İfakat ÖZCAN
A Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi,
Tunceli, Türkiye
✉: ebrouzer@munzur.edu.tr

Öz: Bu çalışmada; Karakaya Baraj Gölü'ndeki *Arabibarbus grypus*'un (Heckel, 1843) eşey dağılımı, boy ve ağırlık ilişkisi, von Bertalanffy büyüme parametreleri ve kondisyon faktörü gibi bazı büyüme özellikleri araştırılmıştır. İncelenen 74 bireyin %37,84'ünün (28 adet) dişi, %62,16'sının (46 adet) erkek olduğu ve dişi/erkek oranının 1/1,64 olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin total boy ve ağırlıkları dişilerde 32,0-62,2 cm ve 354,0-3046 g; erkeklerde 25,0-63,0 cm ve 200,0-3350 g arasında değişmektedir. İncelenen örneklerin yaş grupları II ile VI arasında değişmektedir. Boy-ağırlık ilişkisi dişilerde $W = 0,0067L^{3,079}$, erkeklerde $W = 0,011L^{2,962}$ ve tüm bireylerde $W = 0,0096L^{2,993}$ olarak hesaplanmıştır. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un izometrik bir büyüme gösterdiği saptanmıştır ($p > 0,05$). von Bertalanffy büyüme parametreleri dişiler için $L_t = 76,53 [1 - e^{-0,348(t + 1,22)}]$, erkekler için $L_t = 89,83 [1 - e^{-0,212(t + 2,08)}]$ ve tüm bireyler için $L_t = 92,40 [1 - e^{-0,200(t + 2,21)}]$ olarak tahmin edilmiştir. Büyüme performans endeksi (Φ') değeri dişi, erkek ve tüm bireyler için sırasıyla 3,309; 3,233 ve 3,232 olarak hesaplanmıştır. Kondisyon faktörü dişi bireylerde 0,707-1,120 ve erkek bireylerde ise 0,702-1,356 arasında değişmektedir.

Anahtar kelimeler: *Arabibarbus grypus*, boy-ağırlık ilişkisi, karakaya baraj gölü, von bertalanffy büyüme parametreleri, yas.

Determination of Some Growth Characteristics of *Arabibarbus grypus* (Heckel, 1843) (Shabut) Population Living in Karakaya Dam Lake

Abstract: In this study; Some growth characteristics such as sex distribution, length and weight relationship, von Bertalanffy growth parameters and condition factor of *Arabibarbus grypus* (Heckel, 1843) were investigated in Karakaya Dam Lake. It was determined that 37.84% (28 individuals) of the 74 individuals examined were female, 62.16% (46 individuals) were male, and the female/male ratio was 1/1.64. The total length and weight of the samples were 32.0-62.2 cm and 354.0-3046 g in females; It varies between 25.0-63.0 cm and 200.0-3350 g in males. The age groups of the examined samples ranged from II to VI. The length-weight relationship was calculated as $W = 0.0067L^{3.079}$ in females, $W = 0.011L^{2.962}$ in males, and $W = 0.0096L^{2.993}$ in all individuals. It was determined that *A. grypus* showed an isometric growth ($p > 0.05$) in Karakaya Dam Lake. von Bertalanffy growth parameters $L_t = 76.53 [1 - e^{-0.348(t + 1.22)}]$ for females, $L_t = 89.83 [1 - e^{-0.212(t + 2.08)}]$ for males and $L_t = 92.40 [1 - e^{-0.200(t + 2.21)}]$ for all individuals. The growth performance index (Φ') value calculated as 3.309, 3.233 and 3.232 for female, male and all individuals, respectively. Condition factor varies between 0.707-1.120 in females and 0.702-1.356 in males.

*Corresponding author:
Ebru İfakat ÖZCAN
Munzur University, Faculty of Fisheries,
Tunceli, Türkiye
✉: ebrouzer@munzur.edu.tr

Keywords: Age, *Arabibarbus grypus*, Karakaya Dam Lake, length-weight relationship, von Bertalanffy growth parameters.

GİRİŞ

Cyprinidae ailesinden olan *Arabibarbus grypus*'un vücutları yan taraflardan yassılaştırılmış olup iri pullarla kaplıdır. Vücut dorsal yüzgecin önünden yuvarlak olarak görülmektedir. İri etli dudakların yanında ağız ventral konumludur. Dorsal yüzgeç ventral yüzgece göre daha öndedir. Karın bölgeleri kirliliğe sarı, yanlar esmer kahverengiye meyilli, sırt kısmı ise koyu kahverengidir. Balığın vücudunun yan taraflarında bazen yeşilimsi yansımalar olmaktadır. Kaudal ve anal yüzgeçlerin dışındaki yüzgeçler açık renkli olup bunlar ise koyu renktedir. Yayılım alanları Fırat ve Dicle nehir sistemleridir (Geldiay & Balık, 2007; Düşükcan vd., 2015; Düşükcan & Çalta, 2018; Yüksel vd., 2020a).

Balıklardaki büyüme, besin tüketimi asimilasyonu ve bunun sonucu olarak boy ve ağırlıkta meydana gelen artış olarak ifade edilebilir (Nikolsky, 1963). Başka bir ifade ile büyüme belirli bir süre içinde enerji artışını pozitif olarak ortaya çıkarıp hücre, büyüklük ve sayısını arttırmaktır (Mommsen, 1998). Populasyon analizlerinde, boy ve ağırlık olarak balığın büyümesi matematiksel bir eşitlik kullanılarak çizilen bir eğri ile gösterilir. Populasyon analizlerinin çoğu balıkların çeşitli yaşlardaki büyüklüklerinden ziyade büyüme oranıyla ilgilidir. Çünkü balık populasyon tahminlerindeki ele alınan hususların çoğu, doğal ölümlerle meydana gelecek kayıplara karşılık büyümeyle kazanılan ağırlık artışını karşılaştırmaya dayanır (Karataş, 2005).

Balıklarda yaş tayini balıkçılık çalışmalarının en önde gelen biyolojik yönüdür. Bu alandaki araştırmalar 300 sene öncesine kadar uzanmakta olup pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Balıkçılığın ve balık stoklarının sürekliliğinin sağlanabilmesi için balık stoklarının yaş ve gelişme oranlarının iyi bir şekilde saptanması gerekmektedir. Balıklar üzerinde çalışma yapan araştırmacıların yaş tespiti için kemiksi yapılar üzerindeki büyüme halkaları veya çizgileri en büyük yardımcıları olmuştur. Balıklar üzerindeki yaş çalışmaları ağırlık ve boy parametreleri verileri, yaş verileri, populasyon kompozisyonu ilk üreme yaşı, ilk cinsiyet olgunluk boyu büyüme ve ölüm oranları, stok miktarı hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır (Ambrose, 1989; Karataş, 2005).

A. grypus türünün büyüme özellikleri ile ilgili çok fazla araştırma bulunmamaktadır. Ancak türün yaşama alanı olan Fırat-Dicle nehir sistemlerinde farklı balık türlerine yönelik çok sayıda büyüme çalışmaları bulunmaktadır (Aydın vd., 2012; Çoban vd., 2012; Çoban & Yüksel, 2013; Gündüz vd., 2015; Eroğlu vd., 2018; Özcan & Serdar, 2018; Özcan & Serdar, 2019a; Özcan & Serdar, 2019b; Serdar & Özcan, 2019; Yüksel vd., 2020b; Aslan vd., 2021; Çoban vd., 2021; Özcan & Serdar, 2021).

Bu çalışma ile, Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan *A. grypus* (Heckel, 1843) (Şabut) populasyonunun bazı büyüme özelliklerini saptamak ve böylece bu alanda yapılabilecek diğer çalışmalarla mukayese imkanı oluşturulabilecek verilerin toplanması amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE METOT

Karakaya Baraj Gölü enerji üretim amacıyla Fırat Nehri üzerine inşa edilen ve 1987 yılında hizmete açılan Malatya-Elazığ-Diyarbakır illeriyle sınırı olan 9580 hm³ göl hacmi ve 268 km² göl alanına sahiptir (Düşükcan & Çalta, 2018). Keban barajının 166 kilometre çıkışında Diyarbakır ilinin Çüngüş ilçesi sınırlarındaki seki bağları mevkiinde baraj gövdesi inşa edilmiştir (Şekil 1). Elektrik üretimi açısından Türkiye'de ikinci büyük üretim tesisine sahiptir.



Şekil 1. Karakaya Baraj Gölü (URL-1, 2022).
Figure 1. Karakaya Dam Lake (URL-1, 2022).

Ekim 2021-Eylül 2022 tarihleri arasında aylık olarak, bölge balıkçılarından çeşitli göze açıklığına sahip sade uzatma ağlarla balıklar temin edilmiştir. Laboratuvara getirilen balıkların total boyları ± 1 mm hassasiyet ile ölçüm yapılmıştır (Şekil 2). Balıkların üzerindeki su ve mucus tabakası kurulandıktan sonra 0,1 gram hassas terazide tartımları yapılmıştır. Cinsiyet tespiti için karınları yarılarak gonadlarına bakılmıştır. Düzgün yüzeyli ve berrak beyaz olanlara testis, yeşilimsi kırmızı, sarı ve granüler yüzeyli yapıda olanlara ise ovaryum olarak değerlendirilmiştir (Lagler vd., 1977). Üreme mevsimi dışındaki zamanlarda ise cinsiyet tayini çıplak gözle belirlenemediği için için gonadlar mikroskop altında incelenerek cinsiyet tayinleri yapılmıştır.



Şekil 2. *Arabibarbus grypus* (Orjinal)
Figure 2. *Arabibarbus grypus* (Original)

Balıkların yaşını tespit etmek için balık omurları kullanılmıştır. Omurların alınmasında ise 5. ve 10. omur arasında bulunanlar kullanılmıştır (Avşar, 1998). Tüm balıklarda bu kuralla örnek toplanmıştır. Omurun üzerindeki kalıntıları ayırmakta ise % 10-20 'lik NaOH çözeltisi içerisine bırakılarak 12-18 saat beklenilmiştir. Sonrasında saf su ile temizlenip %96'lık etil alkole bırakılarak binoküler mikroskopla incelemeler yapılmıştır.

Bulunan ağırlık ve boy değerleriyle, erkek ve dişi tüm bireyler için boy-ağırlık ilişkisi belirlenmiştir. Tüm örneklerin cinsiyetlere göre, ortalama ağırlıkları, ortalama total boyları ve bunların standart hataları, minimum ve maksimum bulguları hesaplanarak tablo şeklinde verilmiştir. Regresyon formülü ile boy-ağırlık ilişkisi tespit edilmiştir. Büyümenin izometrik, negatif allometrik veya pozitif allometrik olduğunu gösteren b katsayısına t-testi yapılarak, istatistiki bakımdan 3'ten farklı olup olmadığına bakılmıştır.

$$W=a*L^b \text{ (Sparre \& Venema, 1998).}$$

von Bertalanfy Büyüme Denklemi (VBBD)

$L_t=L_\infty [1-e^{-k(t-t_0)}]$ olup yaş gruplarına göre boy ve ağırlık dağılımlarından yararlanılarak hesaplama yapılmıştır (Lt: t yaşındaki vücut boyu, L_∞ : t sonsuz kabul edildiğinde maksimum boy, k: Büyüme katsayısı, t_0 : Balık boyunun kuramsal olarak sıfır olduğu yaştır).

Farklı ortamlardaki büyüme oranının karşılaştırmak gayesiyle von Bertalanffy büyüme performansı kullanılmış; büyüme performansı indeksi (Φ') alttaki formülden faydalanılarak saptanmıştır (Gayanilo & Pauly, 1997).

$$\Phi' = \log_{10}(k)+2\log_{10}(L_\infty)$$

Balıkların yaş okumaları arasında farklılık bulunup bulunmadığını, Ortalama Yüzde Hata İndeksi (Index of Average Percentage Error=IAPE) yöntemi ile bulunmuştur (Beamish & Fournier, 1981).

$$IAPE=1/N \sum (1/R) \sum (x_{ij}-x_i/x_j)$$

Yukarıdaki eşitlikte; R: Okuma sayısını x_{ij} 'inci balıktaki i'inci yaş tayinini N: Yaş tayini yapılan balık sayısını, x_j : j'inci balıktan hesaplanan ortalama yaşı ifade etmektedir.

Balıkların kondüsyon faktörleri ise total boy ve ağırlık değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$KF=(W/L^3)*100 \text{ (Le Cren, 1951).}$$

Çalışma verilerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için bulunan sonuçlar SPSS 24 ile Excel 2013 programları kullanılarak istatistik yapılmıştır.

BULGULAR

Karakaya Baraj Gölü'nde Ekim 2021-Eylül 2022 tarihlerinde avlanan *A. grypus* örneklerinin total boy uzunlukları dişilerde 32,0-62,2 cm; erkeklerde 25,0-63,0 cm arasında değişmektedir. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A.*

grypus'un total boy dağılımı Tablo 1 ve total boy-birey sayısı dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Dişi bireylerde 40,0-44,9 cm; erkek bireylerde ise 45,0-49,9 cm boy baskın durumdadır (Tablo 1, Şekil 3). İncelenen bireylerin %37,84'ünün (28 adet) dişi, %62,16'sının (46 adet) erkek olduğu ve dişi/erkek oranının 1/1,64 olduğu tespit edilmiştir. Karakaya Baraj Gölü'nde avlanan *A. grypus* örneklerinin ağırlıkları dişilerde 354,0-3046 g; erkeklerde 200,0-3350 g arasında değişmektedir. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un ağırlık dağılımı Tablo 2 ve ağırlık-birey sayısı dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Dişi ve erkek bireylerde 500-999 g ağırlık aralığı baskın durumdadır (Tablo 2, Şekil 3).

Tablo 1. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un total boy dağılımı.
Table 1. Total length distribution of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake.

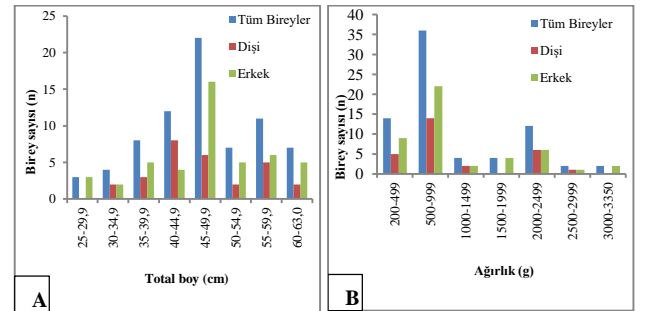
Boy aralığı (cm)	Dişi		Erkek		Tüm Bireyler	
	N	%	N	%	N	%
25-29,9	-	-	3	4,05	3	4,05
30-34,9	2	2,70	2	2,70	4	5,40
35-39,9	3	4,05	5	6,76	8	10,82
40-44,9	8	10,82	4	5,40	12	16,22
45-49,9	6	8,11	16	21,62	22	29,73
50-54,9	2	2,70	5	6,76	7	9,46
55-59,9	5	6,76	6	8,11	11	14,86
60-63,0	2	2,70	5	6,76	7	9,46
Toplam	28	37,84	46	62,16	74	100

N: Birey sayısı, %: Populasyonun toplamına oranı.
N: Number of individuals, %: Ratio of population to total.

Tablo 2. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un ağırlık dağılımı.
Table 2. Weight distribution of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake.

Ağırlık aralığı (g)	Dişi		Erkek		Tüm Bireyler	
	N	%	N	%	N	%
200-499	5	6,76	9	12,17	14	18,92
500-999	14	18,92	22	29,73	36	48,65
1000-1499	2	2,70	2	2,70	4	5,40
1500-1999	-	-	4	5,40	4	5,40
2000-2499	6	8,11	6	8,11	12	16,22
2500-2999	1	1,35	1	1,35	2	2,70
3000-3350	-	-	2	2,70	2	2,70
Toplam	28	37,84	46	62,16	74	100

N: Birey sayısı, %: Populasyonun toplamına oranı.
N: Number of individuals, %: Ratio of population to total.



Şekil 3. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un total boy-birey sayısı (A) ve ağırlık-birey sayısı (B) dağılımı.

Figure 3. Distribution of total length-individual number (A) and weight-individual number (B) of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake.

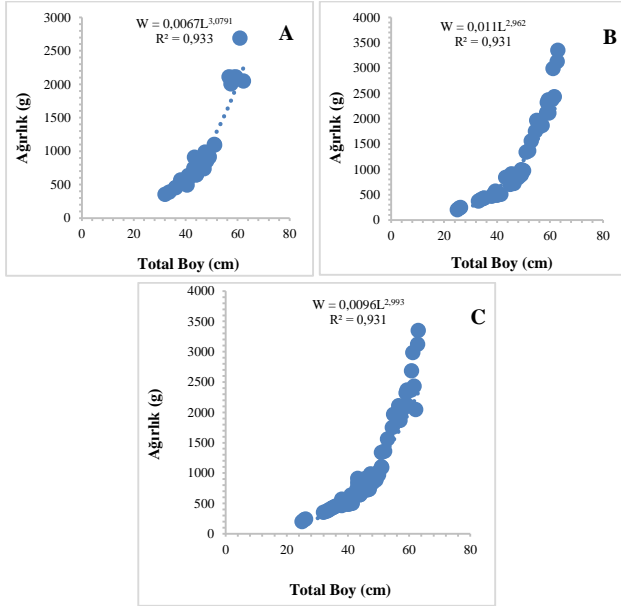
Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un boy-ağırlık ilişkisi dişilerde $W = 0,0067L^{3,079}$, erkeklerde $W = 0,011L^{2,962}$ ve tüm bireylerde $W = 0,0096L^{2,993}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4). Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un izometrik bir büyüme gösterdiği saptanmış ve $p>0,05$ olarak hesaplanmıştır. Boy-ağırlık arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde R^2 değerinin dişi, erkek ve tüm bireylerde sırasıyla 0,933; 0,931 ve 0,931 olması, boy ve ağırlık arasında pozitif

yönde çok kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir ($P < 0,001$, Tablo 3).

Tablo 3. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un boy-ağırlık ilişkisi parametreleri.

Table 3. Length-weight relationship parameters of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake.

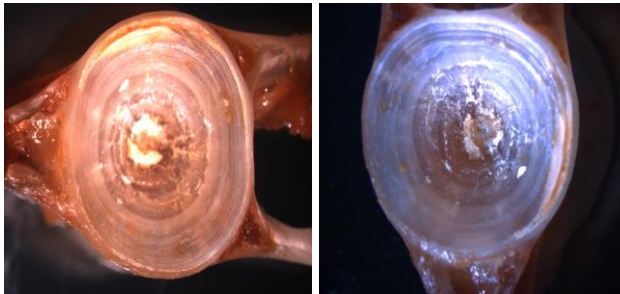
Cinsiyet	n	Boy-ağırlık ilişkisi parametreleri		
		a	b	%95 Güven aralığı
Dışı	28	0,0067	3,079	2,956-3,090
Erkek	46	0,0110	2,962	2,952-3,147
Tüm bireyler	74	0,0096	2,993	2,952-3,147



Şekil 4. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un tüm bireylerinde dişi (A), erkek (B) ve tüm bireylerde (C) boy-ağırlık ilişkisi.

Figure 4. Length-weight relationship in female (A), male (B) and all individuals (C) of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake.

İncelenen örneklerin yaş grupları II ile VI arasında değişmektedir. Populasyonda IV yaşındakiler en baskın yaş grubunu oluşturmaktadır (Tablo 4, Şekil 5). En uzun örnek 63,0 cm ile VI yaşındaki erkek bireye ait olmuştur.



Şekil 5. *A. grypus* omurlarının mikroskopta yaş tayini için okunması.

Figure 5. Reading of vertebrae of *A. grypus* for age determination under microscope.

İki bağımsız birbirinden habersiz yaş okuyanlar tarafından yaşların okunmasıyla Ortalama Yüzde Hata İndeksi elde edilmektedir. Bu indeks ile okumanın güvenilir olduğunu çıkan değerler %5 ile %15 değerleri

arasında olmasıyla karar verilmektedir (Duman & Başusta, 2013). Bu çalışmada ise Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un yaş okumaları ile Ortalama Yüzde Hata İndeksi (OYHİ) % 6,62 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un yaş ve cinsiyete göre birey sayısı, total boy ve ağırlık değerleri.

Table 4. The number of individuals, total length and weight values of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake by age and sex.

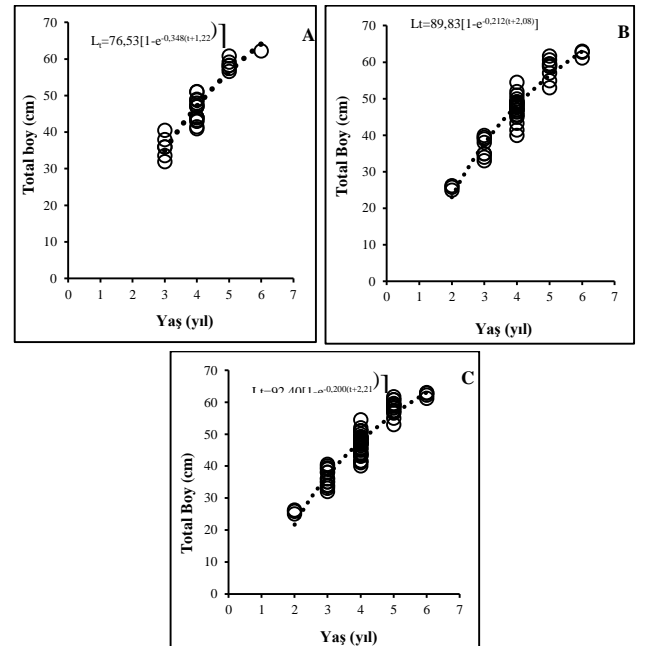
Yaş	Cinsiyet	n	Total boy (cm)	Ortalama (cm)±S.H	Ağırlık (g)	Ortalama (g)±S.H
II	Dışı	-	-	-	-	-
	Erkek	3	25,0-26,2	25,67±0,35	200-244	224,67±12,98
	Tüm B.	3	25,0-26,2	25,67±0,35	200-244	224,67±12,98
III	Dışı	6	32,0-40,5	36,02±1,15	354-568	451,00±27,70
	Erkek	8	33,0-40,0	36,75±0,86	368-530	453,25±22,52
	Tüm B.	14	32,0-40,5	36,44±0,75	354-568	452,29±18,13
IV	Dışı	14	41,0-51,1	46,01±0,72	612-1092	802,43±42,29
	Erkek	23	39,4-54,5	47,47±0,78	502-1750	922,74±55,01
	Tüm B.	37	39,4-54,5	46,78±0,61	502-1750	877,22±43,37
V	Dışı	6	51,0-60,8	57,05±0,59	1100-2687	2014,00±176,58
	Erkek	9	53,0-61,7	58,26±0,81	1560-2432	2121,89±113,09
	Tüm B.	15	51,0-61,7	57,77±0,87	1100-2687	2078,23±123,95
VI	Dışı	2	59,2-62,2	60,70±0,78	2046-2111	2078,50±227,36
	Erkek	3	61,2-63,0	62,33±0,43	2987-3350	3154,00±309,07
	Tüm B.	5	59,2-63,0	61,68±0,62	2046-3350	2723,80±205,68

Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus* örneklerinin ortalama total boy ve ağırlık değerlerinden yararlanarak yaşlara göre dişi, erkek ve tüm bireyler için bulunan von Bertalanffy büyüme eşitlikleri Tablo 5'te verilmiştir. Dişilerde von Bertalanffy büyüme parametreleri $L_t = 76,53 [1 - e^{-0,348(t + 1,22)}]$, erkeklerde $L_t = 89,83 [1 - e^{-0,212(t + 2,08)}]$ ve tüm bireylerde $L_t = 92,40 [1 - e^{-0,200(t + 2,21)}]$ olarak tahmin edilmiştir. Büyüme performans endeksi (Φ') değeri dişi, erkek ve tüm bireyler için sırasıyla 3,309; 3,233 ve 3,232 olarak hesaplandı (Tablo 5). Yaş-total boy ilişkisi cinsiyetlere göre Şekil 6'da gösterilmiştir.

Tablo 5. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un yaş-boy ilişkisine ait von Bertalanffy büyüme parametreleri.

Table 5. von Bertalanffy growth parameters of age-length relationship of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake.

Cinsiyet	n	L_∞ [cm]	K [yıl ⁻¹]	t_0 [yıl]	Φ'
Dışı	28	76,53	0,348	-1,22	3,309
Erkek	46	89,83	0,212	-2,08	3,233
Tüm B.	74	92,40	0,200	-2,21	3,232



Şekil 6. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un dişi (A), erkek (B) ve tüm bireylerde (C) yaş-total boy ilişkisi.

Figure 6. Age-total length relationship of *A. grypus* in female (A), male (B) and all individuals (C) in Karakaya Dam Lake.

Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un kondisyon faktörü dişi bireylerde 0,707-1,120 ve erkek bireylerde ise 0,702-1,356 arasında değişmektedir. En yüksek kondisyon değeri ortalaması dişilerde 1,061 değeriyle V. yaşta ve erkeklerde ise 1,325 değeriyle II. yaşta hesaplanırken, en düşük kondisyon değeri ortalaması dişilerde 0,840 değeriyle IV. yaşta ve erkeklerde 0,846 değeriyle IV. yaşta hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un yaş ve cinsiyete göre kondisyon faktörü değerleri.

Table 6. Condition factor values of *A. grypus* in Karakaya Dam Lake by age and sex.

Yaş	Cinsiyet	n	Min.	Max	Ortalama
II	Dişi	-	-	-	-
	Erkek	3	1,280	1,356	1,325±0,0232
	Tüm B.	3	1,280	1,356	1,325±0,0232
III	Dişi	6	0,740	1,080	0,969±0,0430
	Erkek	8	0,753	1,024	0,919±0,0321
	Tüm B.	14	0,740	1,080	0,940±0,0282
IV	Dişi	14	0,707	1,120	0,840±0,0255
	Erkek	23	0,702	1,081	0,846±0,0219
	Tüm B.	37	0,702	1,120	0,844±0,0172
V	Dişi	6	0,829	1,195	1,061±0,0421
	Erkek	9	0,995	1,181	1,068±0,0270
	Tüm B.	15	0,829	1,195	1,065±0,0293
VI	Dişi	2	0,850	1,017	0,933±0,0969
	Erkek	3	1,261	1,339	1,301±0,1206
	Tüm B.	5	0,850	1,339	1,154±0,0695

SONUÇ VE TARTIŞMA

Karakaya Baraj Gölü'nde *A. grypus* örneklerinin total boy ve ağırlıkları dişilerde 32,0-62,2 cm ve 354,0-3046 g; erkeklerde 25,0-63,0 cm ve 200,0-3350 g arasında değişmektedir. Daha önce farklı alanlarda yapılmış çalışmalardan boy ve ağırlık değerlerini ise, Doğan, (2007) Atatürk Baraj Gölü'nde avlanan *T. grypus* örneklerinin standart boylarını 145–960 mm ve ağırlıklarını 40 g ile 11 000 g arasında olduğunu belirtmiştir. Bibak vd., (2013) İran'ın güneyinde Dalaki Nehri'nde *B. grypus*'un total boy ve ağırlıklarını 6,6-37,8 cm ve 7,04-720 g olduğunu bildirmişlerdir. Gül, (2017), Göynük Çayı (Bingöl)'nda *B. grypus*'un total boy ve ağırlıklarını 222-251 mm ve 80,6-113,3 g olarak belirtmişlerdir. Yıldırım vd., (2015) Keban Baraj Gölü'nde *A. grypus*'un total boyunu TB: 225-417 mm olarak bulmuşlardır. Kara ve Alp, (2016) Adıyaman'da *A. grypus*'un total boylarını 422,0-462,11 mm arasında bulmuşlardır. Kaya vd., (2016) *A. grypus*'un standart boyunu Batman Çayı (Silvan, Diyarbakır)'nda 330–340 mm; Botan Çayı (Siirt)'nda 320–365 mm; Bağlıca Çayı (Siirt)'nda 69 mm olarak bulmuşlardır. Mohamed ve Al-Jubouri, (2019) Al-Diwaniya Nehri (Irak)'nde *A. grypus*'un total boylarını 18,4-51,4 cm olarak belirtmişlerdir. Aynı türle yapılan çalışmalarda boy ve ağırlık değerlerindeki farklılıklar örnekleme yeri ve zamanı, örnekleme metodu, çalışmada kullanılan çatal boy veya total boy değerleri ile birçok ekolojik faktörlerden kaynaklanabilir (Suiçmez vd., 2011; Gündüz, 2014).

Karakaya Baraj Gölü'nde *A. grypus*'un II ile IV yaş grupları arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

İncelenen bireylerin %37,84'ünün (28 adet) dişi, %62,16'sının (46 adet) erkek olduğu ve dişi/erkek oranının 1/1,64 olduğu tespit edilmiştir. Oymak vd., (2008) Atatürk Baraj Gölü'nde avlanan *B. grypus*'un 1-13 yaş grupları arasında dağılım gösterdiğini ve dişi/erkek oranının 1:1,34 olduğunu bildirmişlerdir. Düşükcan ve Çalta, (2014) Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *B. grypus*'da kemiksi yapıların II-VIII yaş grupları arasında; Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan *B. grypus* populasyonunda kemiksi yapıların III ve IX yaş grupları arasında dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir. Mohamed ve Al-Jubouri, (2019) Al-Diwaniya Nehri (Irak)'nde *A. grypus*'un 1-5 yaş grupları arasında dağılım gösterdiğini belirtmiştir. İncelenen çalışmalarda yaş grubu aralıkları ve dişi/erkek oranları genel olarak her çalışmada değişik olduğu görülmektedir. Bu konuda aynı türün farklı populasyonları arasında farklılıkların olması normal karşılanabilir. Yaş aralıklarının farklılığına neden olarak; populasyonun yapısı, avlamanın yapıldığı zaman ve şekli, avlamanın yapıldığı ortamın farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olması, örnekleme yeri, avlamada kullanılan ağların farklı olması ve çalışılan balık sayısı gibi parametreler sayılabilir.

Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un boy-ağırlık ilişkisi dişilerde $W = 0,0067L^{3,079}$, erkeklerde $W = 0,011L^{2,962}$ ve tüm bireylerde $W = 0,0096L^{2,993}$ olarak hesaplanmıştır. Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un izometrik bir büyüme gösterdiği saptanmış ve $p > 0,05$ olarak hesaplanmıştır. Oymak vd., (2008) Atatürk Baraj Gölü'nde avlanan *B. grypus*'un çatal boy-ağırlık ilişkisinden elde edilen b değerini dişilerde 2,8835 ve erkeklerde 2,9679 olarak bulmuş ve dişilerde büyüme tipinin negatif allometrik büyüme; erkeklerde ise izometrik büyüme olarak belirtmişlerdir. Mohamed ve Al-Jubouri, (2019) Al-Diwaniya Nehri (Irak)'nde *A. grypus*'un boy-ağırlık ilişkisinden elde edilen değerleri $a = 0,020$, $b = 2,754$ ve $R^2 = 0,944$ olarak tespit etmişlerdir. Bibak vd., (2013) İran'ın güneyinde Dalaki Nehri'nde *B. grypus*'un boy-ağırlık ilişkisinden elde edilen değerleri $a = 0,02$, $b = 2,93$ ve $R^2 = 0,970$ olarak bulmuş ve büyüme tipinin negatif allometrik büyüme olduğunu belirtmişlerdir. Balıklarda büyümeyi gösteren bu parametrelerin türden türe farklılık gösterebileceği gibi, aynı türün farklı habitatlarında yaşayan bireyleri arasında da farklı olabilmektedir. Bunların yanı sıra ortamdaki besin miktarı ve üremeye bağlı olarak mevsimsel değişimlerin de görülebileceği bilinmektedir (Yakut, 2019).

Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un yaşlara göre ortalama total boy ve ağırlık değerlerinden yararlanarak elde edilen von Bertalanffy büyüme parametreleri dişiler için $L_t = 76,53 [1 - e^{-0,348(t + 1,22)}]$, erkekler için $L_t = 89,83 [1 - e^{-0,212(t + 2,08)}]$ ve tüm bireyler için $L_t = 92,40 [1 - e^{-0,200(t + 2,21)}]$ olarak tahmin edilmiştir.

Büyüme performans endeksi (Φ') değeri dişi, erkek ve tüm bireyler için sırasıyla 3,309; 3,233 ve 3,232 olarak hesaplandı. Oymak vd., (2008) Atatürk Baraj Gölü'nde avlanan *B. grypus*'un L_{∞} =134,65 cm, k =0,10038 ve t_0 =1,85731; erkek bireylerinde L_{∞} =106,77 cm, k =0,13649 ve t_0 =1,095 olarak tespit etmişlerdir. Mohamed ve Al-Jubouri, (2019) Al-Diwaniya Nehri (Irak)'nde *A. grypus*'un L_{∞} =58 cm, k =0,391 ve Φ' =3,13 olarak bulmuşlardır.

Karakaya Baraj Gölü'ndeki *A. grypus*'un kondisyon faktörü dişi bireylerde 0,707-1,120 ve erkek bireylerde ise 0,702-1,356 arasında değişmektedir. Oymak vd., (2008) Atatürk Baraj Gölü'nde avlanan *B. grypus*'un ortalama kondisyon faktörünü dişilerde 1,176 ve erkeklerde 1,152 olarak bulmuşlardır.

KAYNAKLAR

- Ambrose, J. (1989).** Age Determination. Pages 301-324 in L.A. Nielsen and D.L. ohnson., editors. Fisheries Techniques. *American Fisheries Society*. Blacksburg, Virginia.
- Aslan, Ş., Yüksel, F. & Çoban, M.Z. (2021).** Murat Nehri'ndeki *Garra rufa* (Heckel, 1843)'nın Bazı Populasyon Parametreleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **31** (1), 80-88.
- Avşar, D. (1998).** Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Baki Kitap ve Yayınevi, Yayın No. 20, Adana, 303 s.
- Aydın, R., Yüksel, F., Ural, M., Küçükgül Güleç, A. & Ural, M.Ş. (2012).** Keban ve Karakaya Baraj Göllerinde Yaşayan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın Büyüme Parametrelerinin Karşılaştırılması. *Journal of FisheriesSciences.com*, **6** (4), 306-320.
- Beamish, R.J. & Fournier, D.A. (1981).** A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**(8), 982- 983.
- Bibak, M., Hosseini, S.A. & Izadpanahi, G.R. (2013).** Length-Weight Relationship of *Barbus grypus* (Heckel, 1843) in Dalaki River and *Garra rufa* (heckel, 1843) in Shahpur River in South of Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, **5**(2), 203-205.
- Çoban, M.Z., Türkgülü, İ., Yüksel, F., Celayir, Y., Yüce, S., Eroğlu, M., Yıldız, N. & Şen, D. (2012).** Some Biological Characteristics of *Luciobarbus esocinus* Heckel 1843 Living in Keban Reservoir. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **12** (1), 73-80.
- Çoban, M.Z. & Yüksel, F. (2013).** Age and Growth Properties of *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843 Population Inhabiting Uzuncayir Dam Lake (Tunceli/Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **12** (5), 644-649.
- Çoban, M.Z., Eroğlu, M. & Düşükcan, M. (2021).** Some biological properties of spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*, Banks & Solander, 1794) living in the Upper Euphrates River Basin, Turkey. *Scientific Reports*, **11**:11761. DOI: 10.1038/s41598-021-91223-1
- Doğan, N. (2007).** Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Tor grypus* (Heckel, 1843)'un büyüme ve üreme özellikleri. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Duman, Ö.V. & Başusta, N. (2013).** Age and growth characteristics of marbled electric ray *Torpedo marmorata* (Risso, 1810) inhabiting Iskenderun Bay, North-eastern Mediterranean Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **13**(3).
- Düşükcan, M. & Çalta, M. (2014).** Keban ve Karakaya Baraj Gölleri'nde Yaşayan *Barbus grypus* Heckel, 1843 Populasyonlarında Karşılaştırmalı Yaş Tayini. *Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, **26**(2), 95-103.
- Düşükcan, M., Çalta, M. & Eroğlu, M. (2015).** Keban Baraj Gölü'nde Yaşayan *Barbus grypus* Heckel, 1843'de Otolit Biyometrisi-Balık Boyu İlişkisi (Elazığ, Türkiye). *Aquaculture Studies*, **15**(3), 21-29. DOI: 10.17693/yunusae.v15i21957.235772
- Düşükcan, M. & Çalta, M. (2018).** Karakaya Baraj Gölü'nden Yakalanan *Barbus grypus* Heckel,1843 Balık Türünde Toplam Boy-Otolit Biyometrisi İlişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **22**, 58-64.
- Eroğlu, M., Düşükcan, M. & Çoban, M.Z. (2018).** Özlüce Baraj Gölü'nde Yaşayan *Capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın Bazı Populasyon Parametreleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, **21**(2):229-238, DOI:10.18016/ksudobil.309596.
- Gayanilo, F.C. & Pauly, D. (1997).** FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT)", Reference Manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. 1997. Rome, Italy.
- Geldiay, R. & Balık, S. (2007).** Türkiye tatlı su balıkları. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 46, V. Baskı, İzmir, 638s.
- Gül, B. (2017).** Göynük Çayı (Bingöl) Balık Faunası. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 91 s.
- Gündüz, F. (2014).** Determination of biological characteristics of *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843 population in the Uzuncayir dam lake (Tunceli). Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Su Ürünleri Anabilim Dalı, 61 s.
- Gündüz, F., Demiroğlu, F., Çoban, M.Z., Yüksel, F., Kurtoğlu, M., Yıldız, N. & Kılıç, A. (2015).** Uzuncayir Baraj Gölü'ndeki *Capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın Bazı Populasyon Parametreleri.

- International Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(2), 100-111.
- Karataş, M. (2005).** Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri, Nobel Yayın No:772, Fen ve Biyoloji Yayınları Dizi No: 1, Ankara, 507 s.
- Kara, C. & Alp, A. (2016).** Distribution of Fish Fauna in Adıyaman Region, Turkey. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2016 (3), 163-182.
- Kaya, C., Turan, D. & Ünlü, E. (2016).** The Latest Status and Distribution of Fishes in Upper Tigris River and Two New Records for Turkish Freshwaters. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16, 545-562.
- Lagler, K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R. & Passino, D.R.M. (1977).** *Ichthyology*. John Wiley and Sons, Newyork, 506 p.
- Le Cren, E.D. (1951).** The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*), *Journal of Animal Ecology*, 20, 201-219.
- Mohamed, A. R. M. & Al-Jubouri, M. O. A. (2019).** Growth and Exploitation Rates of Four Cyprinids Fish in Al-Diwaniya River, Iraq. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* e-ISSN: 2319-2380, p-ISSN: 2319-2372. Volume 12, Issue 8 Ser. I (August 2019), PP 58-67 www.iosrjournals.org
- Mommsen, T. P. (1998).** Growth and Metabolism In: The Physiology of Fishes 2 nd Ed. (Ed. D. H. Evans) p. 65-97, CRC Press LLC Florida.
- Nikolsky, G.V. (1963).** The Ecology of Fishes (Trans. From the Russian by L. Birkett). Academic Press, London and New York, 352 p.
- Oymak, S. A., Doğan, N. & Uysal, E. (2008).** Age, growth and reproduction of the Shabut *Barbus grypus* (Cyprinidae) in Atatürk Dam Lake (Euphrates River), Turkey. *Cybium*, 32(2), 145-152.
- Özcan E. İ. & Serdar, O. (2018).** Artificial Neural Networks as New Alternative Method to Estimating Some Population Parameters of Tigris Loach *Oxynoemacheilus tigris* Heckel 1843 in the Karasu River Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12B), 9840-9850.
- Özcan, E. İ. & Serdar, O. (2019a).** Age and some growth parameters of *Squalius cephalus* Linnaeus 1758 inhabiting Karasu River East Anatolia Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 25-30.
- Özcan, E. İ. & Serdar, O. (2019b).** Evaluation of a New Computer Method ANNs and Traditional Methods LWRs and VBGF in the Calculation of Some Growth Parameters of Two Cyprinid Species. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(10), 7644-7654.
- Özcan, E. İ. & Serdar, O. (2021).** Some Growth Parameters of *Capoeta umbla* (Heckel, 1843) Population Living in the Pülümür River. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7 (3), 410-418. DOI: 10.29132/ijpas.909206
- Serdar, O. & Özcan, E. İ. (2019).** Some growth parameters of *Chondrostoma regium* Heckel 1843 inhabiting Karasu River East Anatolia Turkey. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 205-216.
- Sparre, P. & Venema, S.C. (1998).** "Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual", FAO Fisheries Technical Paper. No. 306.1 Rev.2, Rome, FAO. 407p, 1998.
- Suicmez, M., Yılmaz, S. & Seherli, T. (2011).** Age and Growth Features of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) from Almus Dam Lake, Turkey. *Suleyman Demirel University Journal of Science*, 6, 82-90.
- URL-1. (2022).** [Karakaya Barajı-Google Haritalar. https://www.google.com/maps/place/Karakaya+Baraj%C4%B1/@38.4958341,38.4187461,67047m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x40765dac226aba2d:0xe42a7263672e73c3!8m2!3d38.4662591!4d38.5233226](https://www.google.com/maps/place/Karakaya+Baraj%C4%B1/@38.4958341,38.4187461,67047m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x40765dac226aba2d:0xe42a7263672e73c3!8m2!3d38.4662591!4d38.5233226).
- Yakut, Ü. S. (2019).** Keban Baraj Gölü *Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843) populasyonunda büyüme parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 32 s.
- Yıldırım, T., Şen, D., Eroğlu, M., Çoban, M. Z., Demirel, F., Gündüz, F., Arca, S., Demir, T., Gürçay, S., Uslu, A.A. & Canpolat, İ. (2015).** Keban Baraj Gölü Balık Faunası, Elazığ, Türkiye. *Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, 27(1), 57-69.
- Yüksel, F., Demirel, F., Gündüz, F., & Çoban, M.Z. (2020a).** Estimation of Gillnet Selectivity for Shabbout (*Arabibarbus grypus* Heckel, 1843). *Fresenius Environmental Bulletin*, 29 (9A), 8675-8681.
- Yüksel, F., Makal Dedecan, F. & Çoban, M.Z. (2020b).** Munzur Nehri'ndeki *Salmo macrostigma* (Dumeril, 1858)'nın Bazı Büyüme Parametrelerinin Tahmini. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 6 (2), 87-98.



Geçici Hayvan Bakımevleri İçin Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) Örneği

Evren ÇAĞLARER^{1*} Filiz ARICAK²

¹Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
²Trakya Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik, İş Sağlığı ve Güvenliği

Geliş Tarihi: 01.06.2023

Kabul Tarihi: 25.06.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atf yapmak için: Çağlarer, E. & Arıcağ, F. (2023). Geçici hayvan bakımevleri için hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 313-321. <https://doi.org/10.35229/jaes.1308490>

How to cite: Çağlarer, E. & Arıcağ, F. (2023). Example of failure modes and effects analysis (FMEA) for temporary animal shelters. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 313-321. <https://doi.org/10.35229/jaes.1308490>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1343-4751>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0356-2602>

*Sorumlu yazarın:
Evren ÇAĞLARER
Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,
Mekatronik Mühendisliği Bölümü
✉: evren@klu.edu.tr

Öz: Kısırlaştırma işlemi hayvanların üremesini kalıcı bir şekilde durdurmak için yapılan cerrahi bir müdahaledir. Ülkemizde sapsiz sokak hayvan sayısı milyonlarla, buna karşılık kısırlaştırılan sokak hayvan sayısı binli sayılarla ifade edilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı,2022). Sokakta yaşayan, başıboş kedi köpek gibi evcil hayvanların popülasyonundaki kontrolsüz büyümenin önüne geçmek için kısırlaştırma işlemleri yerel belediyelere ait geçici hayvan bakımevlerinde yapılır. Kısırlaştırma işlemi anestezi eşliğinde yapılan basit bir operasyon olarak görünse de alt süreçlerine bakıldığında olası hataların oluşturacağı tehlike ve risklerle göz ardı edilmemesi gereken bir süreçtir. Bu konuda potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve sonuçlarının analiz edilmesi risk değerlendirmeleri ile mümkün olur. FMEA (Hata Tür ve Etkileri Analizi Risk Analizi), basitliği ve görünürlüğü göz önüne alındığında başta sağlık hizmetleri olmak üzere çoğu alanda kalite iyileştirme çalışmaları için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Uygulaması kolay ve maliyeti düşüktür. Bu yöntemle yüksek riskli süreçlerde oluşabilecek hatalar önceden tespit edilerek, hastaya ulaşmadan önce önlem alınabilir ve böylece hataların oluşma sıklığı düşürülebilir.

İş sağlığı ve güvenliği kapsamında yapılan risk değerlendirme çalışmaları çalışanın ve çalışma ortamının risklerini değerlendirmek için yapılır. Çalışmamızda gerçekleştirilen risk analizi ile geçici hayvan barnakları ve burada kısırlaştırılan hayvanların sağlık ve güvenliği hedeflenmiştir.

FMEA yöntemi kullanılarak yapılan analizde; öncelikle bir risk analiz ekibi kurularak, iş akış şeması çıkarılmıştır. Ardından operasyon için adım diyagramları hazırlanmış ve tehlikeler tespit edilmiştir. Sonuçta oluşturulan risk analizi uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir. Buna göre geçici hayvan barnaklarında gerçekleştirilen kısırlaştırma işleminin FMEA ile 6 tane alt süreç irdelemesi yapılmış, toplamda 17 olası hata türü belirlenmiştir. Hata türlerinin tayin edilen olasılık ve şiddetine bağlı olarak risk skorları bulunmuştur. Yapılan risk değerlendirmesinin kazaları meydana getirebilecek her türlü unsurun bertaraf edilmesinde önemli etkisinin olduğu açıktır. Araştırmamızın geçici hayvan barnaklarında yapılacak olan iyileştirme çalışmaları için örnek olacağı inancını taşımaktayız.

Anahtar kelimeler: FMEA, geçici hayvan bakımevi, iş sağlığı ve güvenliği, kısırlaştırma, risk analizi.

Example of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for Temporary Animal Shelters

Abstract: Sterilization is a surgical intervention to permanently stop the reproduction of animals. In our country, the number of stray animals is expressed in millions, whereas the number of sterilized stray animals is expressed in thousands (Ministry of Agriculture and Forestry, 2022). In order to prevent the uncontrolled growth in the population of street-dwelling pets, such as stray cats and dogs, sterilization procedures are carried out in temporary animal shelters belonging to local municipalities. Although sterilization may seem like a simple operation performed under anesthesia, it is a process that should not be ignored with the dangers and risks of possible errors when looking at its sub-processes. In this regard, it is possible to identify potential hazards and analyze their results with risk assessments. FMEA (Failure Mode and Effects Analysis Risk Analysis) is a method that is frequently used for quality improvement studies in many fields, especially in health services, given its simplicity and visibility. It is easy to apply and low cost. With this method, errors that may occur in high-risk processes can be detected in advance, and precautions can be taken before they reach the patient, thus reducing the frequency of errors.

Risk assessment studies within the scope of occupational health and safety are carried out to evaluate the risks of the employee and the working environment. With the risk analysis carried out in our study, temporary animal shelters and the health and safety of sterilized animals were targeted.

In the analysis made using FMEA method; first, a risk analysis team was established and a work flow chart was drawn up. Then, step diagrams for the operation were prepared and the hazards were identified. The resulting risk analysis was evaluated by the expert team. Accordingly, 6 sub-processes of the sterilization process carried out in temporary animal shelters were analyzed with FMEA, and a total of 17 possible error types were determined. Risk scores were found depending on the probability and severity of the error types determined. It is clear that the risk assessment made has a significant impact on the elimination of all kinds of factors that may cause accidents. We believe that our research will be an example for the improvement studies to be carried out in temporary animal shelters.

Keywords: FMEA, neutering, occupational health and safety, risk analysis, temporary animal shelter.

*Corresponding author:
Evren ÇAĞLARER
Kırklareli University, Faculty of Technology,
Department of Mechatronics Engineering
✉: evren@klu.edu.tr

GİRİŞ

Başiboş, sahihsiz ve serbest dolaşan hayvanlar gün geçtikçe tüm dünyada artarken, gelişmiş toplumlarda bu hayvanlar için ne yapılması gerektiği konusundaki tartışmalar devam etmektedir. Evcil hayvan barınakları bu noktada bir ara çözüm olmakla birlikte sahiplendirme, kısırlaştırma işlemleri ülkelere ve uygulanan kanunların çeşitliliğine göre farklılık göstermektedir. Avrupa Birliği'nin (AB) Hayvanların Korunması ve Refahı için 2012-2015 stratejisi çerçevesinde (URL1), Avrupa ülkelerinde de köpek ve kedilerin yetiştirilmesi ve ticareti ile evcil hayvanların ve sokak hayvanlarının korunması hakkında farklı uygulamalar göze çarpmaktadır (Haverbeke ve ark., 2015).

Avrupa ülkeleri arasında, yalnızca İtalya, Avusturya ve İspanya'nın bazı bölgelerinde, tedavi edilemez hastalıklardan muzdarip olmadıkça veya tehlikeli oldukları kanıtlanmadıkça, serbest dolaşan köpeklerin ötenazisini yasalarca yasaklanmıştır. 281 tarihli 1991 sayılı Ulusal İtalyan Kanunu, sahip olunan köpeklerin kaydını zorunlu kılmakta ve önleme için gerekli olan ancak tam olarak uygulanmayan kısırlaştırma programlarını desteklemektedir. (Cafazzo ve ark., 2014).

Özellikle Kuzey Amerika'da, barınaklara giren köpek sayısı azalırken, istenmeyen kedi sayısının artması itibariyle durum biraz daha farklıdır (Lord ve ark.,2006). Amerika Birleşik Devletleri'nde, her yıl tahmini 6 ila 8 milyon köpek ve kedi barınaklara girmektedir. Buna, sahipleri tarafından sakatlık, kabul edilemez davranışlar veya yaşlılık gibi nedenlerle barınaklara bırakılan hayvanlar dahil değildir (Kass ve ark.,2001). Her iki ülkede de barınaklara veya poundlara giren hayvanların yaklaşık% 40 ila% 50'si, büyük çoğunluğu kedi olan hayvana ötenazi yapılmaktadır (Turner ve ark.,2012).

Lynette A. Hart ve ark. (2015)'na göre, Japonya'da sokakta bulunan kediler barınağa getirildikten sonra neredeyse hepsine ötenazi uygulanır. Barınaklara kabul edilen köpeklerin ise bir kısmı sahiplerine geri verilirken (%41), bir kısmının sahiplendirildiği (%7), bir kısmına ise ötenazi uygulandığı belirtilmiştir (%52). Çalışma ayrıca Japonya'da kedi ve köpeklerde kısırlaştırmanın yaygın bir uygulama olmadığına dikkat çekmiştir.

Geçici Hayvan Bakımevleri (GHB), Türkiye'de "5199 Sayılı Hayvanları Koruma Kanunu" (HKK) kapsamında ele alınır. Bu kanun, hayvanların korunması, refahı ve haklarının korunmasını amaçlanırken hayvanların barındırılması, bakımı, beslenmesi, taşınması, satılması ve sahiplenilmesi gibi konuları düzenler. HKK kapsamında barınaklarda bulunan hayvanların sağlık, refah ve güvenliği için çeşitli düzenlemeler de mevcuttur. HKK

gereği, hayvanların kötü muamele görmesi, ihmal edilmesi veya işkence edilmesi yasaktır ve bu tür davranışlar suç olarak kabul edilir. Ayrıca, hayvanların barındırılması ve bakımı konusunda belirli standartlar belirlenmiştir ve bu standartlara uyulması zorunludur. Bu nedenle, GHB, yasal düzenlemelerle kontrol altında tutulur ve hayvanların sağlıklı bir şekilde barınmasını sağlamak için çeşitli önlemler alınır (Yılmaz ve Nacar, 2020).

Belediyeler, hayvanların sokaklarda kimsesiz kalmasını önlemek ve onların sağlıklı bir şekilde barınmasını sağlamak amacıyla GHB açarlar. GHB'nin işletilmesi ve yönetimi, belediyeler tarafından yürütülür ve bu konuda yasal sorumluluk da belediyelere aittir. Belediyeler, hayvanların barınakta sağlıklı bir şekilde bakımının yapılması, veteriner hekimler tarafından tedavi edilmesi, uygun koşullarda beslenmesi ve barınaktan sahiplenilmesi gibi konularda sorumludurlar. Ayrıca, hayvanların sokaklarda kimsesiz kalmasını önlemek için belediyeler tarafından hayvan popülasyonunu kontrol altına alacak çalışmalar da yürütülmektedir. Belediyeler, hayvan hakları konusunda toplumun bilinçlendirilmesi ve farkındalığın artırılması için de çalışmalar yapmaktadır (Demir ve Koç, 2019).

Belediyeye ait GHB, genellikle veteriner hekimler ve uzman ekipler tarafından yönetilir. Bu ekipler, hayvanların sağlık durumunun takibinde, tedavisinde ve barınakta yaşayan hayvanların bakımında görev alırlar. Bu ekibin yanı sıra farklı pozisyonlarda çalışan birçok kişi de bulunabilir. Bunlar arasında veteriner tekniker ve teknisyenleri, laborant, hayvan bakım görevlileri, barınak yöneticileri, gönüllüler ve yardımcı personeller yer alabilir. Veteriner teknisyenleri, veteriner hekimlere yardımcı olarak hayvanların bakımı ve tedavisi konusunda çalışırlar. Hayvan bakım görevlileri, hayvanların günlük bakımını yaparlar ve onları beslerler. Barınak yöneticileri, barınakların yönetiminden sorumludurlar ve personel yönetimi, bütçe planlaması gibi konularda çalışırlar. Gönüllüler, barınakta bulunan hayvanlara ilgi duyan kişilerdir ve hayvanların bakımı, etkinliklerin düzenlenmesi gibi konularda yardımcı olurlar. Yardımcı personeller ise genellikle temizlik ve bakım işleriyle ilgilendirler. Belediyelerin hayvan sahiplenme etkinlikleri ve bilinçlendirme kampanyaları da düzenlemesi toplumun genel sağlığı ve hayvan refahı için önemlidir ve ciddiye alınması gereken bir konudur.

Türkiye'de kaç adet hayvan barınağı olduğu konusunda kesin bir veri bulunmamakla birlikte, 2022 yılında 250 civarında geçici hayvan bakımevi bulunduğu bilinmektedir (BBC News,2022). Ancak, ülkemizde birçok belediye ve sivil toplum kuruluşu tarafından GHB işletilmektedir. Bunların yanı sıra, özel sektöre ait GHB da bulunmaktadır. GHB'nin sayısı, her yıl artmaktadır. Bu da

hayvanların korunması ve refahının artması açısından önemli bir gelişmedir. Ancak, GHB'nin sayısı ne kadar artarsa artsın, hayvanların sokaklarda kimsesiz kalmasını önlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu nedenle, hayvan hakları konusunda farkındalığın artması ve toplumun desteğiyle, hayvanların daha iyi koşullarda yaşaması sağlanabilir.

Geçici Hayvan Barınaklarında Risk Faktörleri:

Hijyen: Bakım evlerinde hayvanların toplu olarak kaldığı göz önünde bulundurulduğunda hijyen ve sanitasyon oldukça önemlidir. Hayvanların sağlıklı kalmaları ve temiz bir ortamda barındırılmaları için GHB düzenli olarak temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir. Özellikle hayvanların kafesleri, yemlikleri ve sulukları da düzenli olarak temizlenmeli ve değiştirilmelidir. Böylece, hayvanların sağlıklı kalması ve olası hastalıkların yayılmasının önlenmesi sağlanabilir. GHB genellikle bu konuda uzmanlaşmış ekipler tarafından yönetildiği için, hijyen konusunda gerekli önlemler alınmaktadır.

Biyolojik riskler: GHB' inde biyolojik riskler önemli bir yere sahiptir. Bu riskler arasında, hayvanların taşıyabileceği virüsler, bakteriler ve mantarlar yer alabilir. Özellikle, barınakta birçok hayvanın bir arada bulunması, hastalıkların kolayca yayılmasına neden olabilir. Hayvanların düzenli olarak sağlık kontrolleri yapılmalı ve gerekli tedaviler uygulanmalıdır. Ayrıca, barınakta çalışan kişilerin de hijyen kurallarına uygun hareket etmeleri ve koruyucu ekipman kullanmaları gerekmektedir. Bu şekilde, biyolojik riskler minimize edilebilir ve hayvanların sağlığı korunabilir.

Kimyasal riskler: Barınakta kullanılan temizlik malzemeleri, ilaçlar ve böcek ilaçları gibi kimyasal maddeler, hayvanların sağlığına zarar verebilir. Bu nedenle kullanılan kimyasal maddelerin seçimi ve kullanımı çok önemlidir. Hayvanların bulunduğu alanlarda kullanılan temizlik malzemeleri ve ilaçlar, hayvanların sağlığına zarar vermeden önce mutlaka uzmanlar tarafından incelenmeli ve onaylanmalıdır. Ayrıca, bu maddelerin kullanımı sırasında, hayvanların bulunduğu alanlardan uzak tutulmaları veya koruyucu önlemler alınması gerekmektedir.

Ergonomik riskler: Hayvan bakım görevlileri, hayvanların bakımı ve temizliği sırasında ağır kaldırma işleri yapmak zorunda kalabilirler. Bu nedenle, iş güvenliği açısından, yüksek kalitede ekipmanlar kullanılmalı ve çalışanlara yeterli eğitim verilmelidir. Ayrıca, tekrarlayan hareketlerin neden olduğu kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının önlenmesi için çalışanların düzenli olarak molalar vermesi ve egzersiz yapması gerekmektedir. GHB, bu konuda da gerekli önlemleri alarak çalışanların sağlığını korumaya çalışmaktadır.

Ameliyathane: Ameliyathane koşulları, hayvanların sağlıklı bir şekilde tedavi edilmesi için son

derece önemlidir. Ameliyathane koşulları, hijyenik ve steril bir ortamda oluşturulmalıdır. Ameliyat masası, aletler ve ekipmanlar, düzenli olarak temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir. Ayrıca, ameliyat sırasında kullanılan malzemelerin tek kullanımlık olması veya sterilize edilmesi gerekmektedir. GHB'inde genellikle veteriner hekimler ve uzman ekipler tarafından ameliyathane gerçekleştirilir. Bu ekipler, ameliyathane koşullarına uygun hareket ederek, hayvanların sağlıklı bir şekilde tedavi edilmesini sağlarlar.

Geçici Hayvan Bakımevlerine Yönelik Risk Analizi: Barınakta bulunan hayvanların sağlığı, güvenliği ve refahını korumak amacıyla risk analizi yapılmalıdır. Bu analiz, barınakta meydana gelebilecek olası riskleri belirlemek, önlemek ve yönetmek için kullanılır. Risk analizi yapılırken aşağıdaki adımlar izlenebilir:

1. Risklerin tanımlanması: Hayvan barınağında meydana gelebilecek tüm riskler belirlenir.
2. Risklerin değerlendirilmesi: Belirlenen risklerin olasılığı ve etkisi değerlendirilir.
3. Risklerin önceliklendirilmesi: Değerlendirilen riskler önceliklendirilir ve en önemli riskler belirlenir.
4. Risklerin kontrol altına alınması: Öncelikli risklerin kontrol altına alınması için uygun önlemler alınır.
5. Risklerin izlenmesi ve değerlendirilmesi: Alınan önlemlerin etkisi izlenir ve değerlendirilir.

GHB'ne yönelik risk analizi iki grup için yapılır. Genel olarak insanlar için 6331 sayılı İş Sağlığı Güvenliği kanunu kapsamında çalışanlar için yapılırken, hayvanların sağlığı, güvenliği ve refahı içinde risk analizi yapmak gerekir. Çünkü risklerin bertarafı toplu koruma yöntemlerinin esas amacıdır ve hem çalışanlar hem de hayvanlar önemlidir. Analiz sonuçlarına göre, gerekli önlemler alınarak çalışanların ve hayvanların daha iyi koşullarda yaşaması sağlanabilir.

Hata Türleri Etkileri Analizi (FMEA) Metodu: FMEA, kolay anlaşılabilir olması ve uygulama alanının geniş olması nedeniyle birçok sektörde yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Metod temelde, sistemin bütünü veya bir kısmını ele alarak, karşılaşılabilecek hasarın sonuçta çalışılan kısmın nasıl etkileneceğini ve sonuçlarının nasıl olacağını değerlendiren bir yapıya dayanır. Hata Türleri Etkileri Analizi (FMEA), ürün veya süreçteki her bir bileşenin potansiyel hata modlarını ve bu hataların olası etkilerini belirler. Hata modları, bileşenin nasıl başarısız olabileceğini tanımlarken, etkileri ise başarısızlıkların ne tür sonuçlar doğurabileceğini gösterir. Analiz sonucunda, her bir hata modu için bir risk önceliği sayısı (RPN) hesaplanır. Bu sayı, hata modunun olasılığı, ciddiyeti ve tespit edilebilirliği gibi faktörlerin bir kombinasyonudur. Sürecin iyileştirilmesi için öncelikli olarak hangi sürecin seçileceği belirlenir. Bu süreç, hataların en sık meydana geldiği veya en ciddi etkilere

sahip olduğu süreç olabilir. Daha sonra, süreçteki hataların türleri ve etkileri belirlenerek, FMEA analizi yapılır ve hangi hataların öncelikli olarak çözülmesi gerektiği belirlenir. FMEA, sağlık hizmetlerinde riskin azaltılması amacıyla tercih edilmektedir. Chalidyanto & Kurniasari (2020), bir hastanenin kayıtlarına dayanarak yaptıkları çalışmada ilaç hatalarına yönelik FMEA yöntemiyle başarısızlık modlarını ve ilaç sürecinin etkilerini analiz etmeyi amaçlamışlardır. La Russa v.d. (2022), diyaliz sürecine dair klinik risk yönetiminde FMEA tekniği kullanmışlardır ve tekniğin hemodiyalizde kullanışlı bir araç olduğu belirtilmiştir. Rassiah v.d.(2020), fizikçi, dozimetrist ve terapistlerden oluşturulmuş bir ekiple radyasyon tedavisinde yer alan süreçlerin her birinde hata türlerini tespit etmek için FMEA tekniğini kullanmışlardır.

FMEA'nın temel uygulama aşamalarını oluşturan adımlar aşağıdaki şekildedir:

1. Ekip oluşturma: FMEA ekibi, ürün veya süreç hakkında bilgi sahibi olan farklı departmanlardan uzmanları içermelidir.
2. Sürecin veya ürünün tanımlanması: Analiz edilecek süreç veya ürün tanımlanır ve ayrıntılı bir şekilde incelenir.
3. Hata modları belirleme: Her bir bileşen için olası hata modları belirlenir.
4. Hata etkilerinin belirlenmesi: Her bir hata modunun potansiyel etkileri belirlenir.
5. Hata olasılıklarının belirlenmesi: Her bir hata modunun olasılığı belirlenir.
6. Önleme kontrollerinin belirlenmesi: Her bir hata modu için önleme kontrolleri belirlenir.
7. Tespit kontrollerinin belirlenmesi: Her bir hata modu için tespit kontrolleri belirlenir.
8. RPN hesaplama: Risk öncelik sayısı (RPN), her bir hata modunun olasılığı, ciddiyeti ve tespit edilebilirliğinin bir kombinasyonudur.
9. Önleme eylem planlarının geliştirilmesi: Yüksek RPN değerleri olan hata modları için önleme eylem planları geliştirilir.
10. Takip ve kontrol: Uygulanan önleme eylem planlarının etkinliği takip edilir ve kontrol edilir.

Uygulama sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar arasında, ekip çalışmasına önem vermek, sürecin detaylı bir şekilde tanımlanması, tehlikelerin doğru bir şekilde belirlenmesi ve tedbirlerin etkin bir şekilde uygulanması yer alır.

Hata; beklenen sonuçtan farklı bir sonuç elde edilmesine neden olan bir yanlışlık veya kusurdur. Bir ürün, hizmet veya süreçteki hatalar, kalite sorunlarına, müşteri şikayetlerine, mali kayıplara veya hatta güvenlik risklerine neden olabilir. Bu nedenle, hataların önceden belirlenmesi ve önlenmesi önemlidir (Chrysler Co. vd. 1995). Bunlar önceden bilinen olaylar olabileceği gibi,

henüz hiç karşılaşılmamış fakat gerçekleşmesi olası görülen olaylar da olabilir (Stamatis, 1995).

Hata türü; bir ürün, hizmet veya süreçte meydana gelebilecek hataların türünü ifade eder. FMEA gibi teknikler, farklı hata türlerinin tanımlanmasına yardımcı olur.

Hata olasılığı; bir ürün, hizmet veya süreçte meydana gelebilecek bir hatanın gerçekleşme olasılığını ifade eder. Hata olasılığı, genellikle 1 ile 10 arasında bir sayısal değerle ifade edilir. Daha yüksek bir değer, hatanın daha olası olduğunu gösterirken, daha düşük bir değer hatanın daha az olası olduğunu gösterir.

Tablo1. Hatanın Ortaya Çıkma Olasılığı Ölçeği

Table1. Error occurrence probability scale.

Hata Olasılığı	Hatanın İhtimali	Derece
Çok yüksek	1/2 den fazla	10
Kaçınılmaz hata	1/3	9
Yüksek	1/8	8
Tekrarlanan hata	1/20	7
Orta	1/80	6
Ara sıra olan hata	1/400	5
Düşük	1/2.000	4
Az rastlanan hata	1/15.000	3
Çok düşük	1/150.000	2
Çok düşük olasılıklı hata	1/1.500.000	1

Etki şiddeti; bir hatanın meydana gelmesi durumunda ne kadar ciddi sonuçlar doğurabileceğini ifade eder. Etki şiddeti, genellikle 1 ile 10 arasında bir sayısal değerle ifade edilir. Yüksek bir değer, hatanın daha ciddi sonuçlar doğurabileceğini gösterirken, daha düşük bir değer hatanın daha az ciddi sonuçlar doğurabileceğini gösterir.

Tespit edilebilirlik; bir hatanın ne kadar kolay veya zor tespit edilebileceğini ifade eder. Tespit edilebilirlik, genellikle 1 ile 10 arasında bir sayısal değerle ifade edilir. Daha yüksek bir değer, hatanın daha kolay tespit edilebileceğini gösterirken, daha düşük bir değer hatanın daha zor tespit edilebileceğini gösterir.

Tablo 2. Hatanın etki şiddeti ölçeği.

Table 2. Impact severity scale of the error.

Etki Düzeyi	Hatanın Tanımı ve Kapsamı	Puanı
Hayati Tehlike	hayvanın ve çalışanın hayatını kaybetmesine neden olabilir.	10
Ciddi sorun	hayvanın ve çalışanın sağlığını önemli ölçüde olumsuz etkiler.	9
Olumsuz etki	hayvanın ve çalışanın sağlığını olumsuz etkilemesi olasıdır.	8
İstenmeyen Durum	Risk oluşturmaz, sürecin işleyişini bozar	7
Göz ardı edilebilir	olumsuz etki yaratır.	6
Zararsız	Olumsuz etki yaratmaz.	5
		4
		3
		2
		1

Risk Öncelik Sayısı (RPN); FMEA analizinde her bir hata modunun risk düzeyini belirlemek için kullanılan bir değerdir. RPN, hata modunun olasılığı, ciddiyeti ve tespit edilebilirliği gibi faktörlerin bir kombinasyonudur ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$RPN = \text{Olasılık} \times \text{Etki Şiddeti} \times \text{Tespit Edilebilirlik}$$

Burada, olasılık, hata modunun gerçekleşme olasılığını; ciddiyet, hata modunun potansiyel etkisini ve tespit edilebilirlik, hata modunun tespit edilme olasılığını temsil eder. Bu faktörler genellikle 1 ile 10 arasında bir sayıya sahip skorlarla değerlendirilir. RPN değeri, 1 ile 1000 arasında bir sayıya sahip olabilir. Daha yüksek RPN değerleri, daha yüksek risk düzeylerini gösterir ve bu nedenle daha yüksek öncelikli önleme eylemleri gerektirir (Siemens, n.d).

Tablo 3. Hatanın tespit edilebilirliği ölçeği (Aydan&Kaya, 2017).

Table 3. Error detectability scale (Aydan&Kaya, 2017).

Hatanın Farkedilebilirliği	Puanı	
Neredeyse imkansız	Süreçten sonra bile belirlenemez.	10
Pek mümkün değil	Süreç sonuna kadar belirlenemez.	9
olasılığı zayıf	Süreç sonuna kadar belirlenemeyebilir.	8
Çok zor	Birkaç adım süresince belirlenemez.	7
Zor	Sonraki adımın sonlarında belirlenebilir	6
Zor değil	Sonraki adımın başlarında belirlenir	5
Beklenir	Sonraki adımına geçilmeden belirlenir	4
Kolay	Sonraki işlem sırasında belirlenir	3
Çok Kolay	Sonraki işlemden önce belirlenir	2
Neredeyse Kesin	Anında Belirlenir	1

Genellikle, RPN değeri 100'ün üzerinde olan riskler için önlem alınması önerilir. Ancak, RPN değerinin yüksekliği, organizasyonun risk yönetimi politikalarına ve tolerans seviyelerine bağlı olarak değişebilir. FMEA sürecinde, ekipler, yüksek RPN değerlerine sahip riskleri önceliklendirir ve bunları azaltmak için önlemler geliştirirler. Şöyle ki;

- RPN < 40 ise önlem almaya gerek yoktur.
- $40 \leq RPN \leq 100$ ise önlem alınmasında fayda vardır.
- RPN > 100 ise acil önlenmesi gerekir.

MATERYAL VE METOT

İş sağlığı Güvenliği kapsamında yapılan risk analizleri öncelikle toplu koruma önlemlerinden başlayarak “çalışanlar” için yapılır. Bu çalışma; barınaktaki hayvanların sağlık ve refahları esas alınarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada kısırlaştırma işlemleri sırasında oluşabilecek tehlikeleri belirleyerek sağlık sisteminde sıklıkla kullanılan FMEA yöntemiyle bir risk hesaplaması ve analizi yapılmıştır. Bu nedenle öncelikle bir analiz takımı oluşturulmuş, iş akış şemaları hazırlanmış daha sonra kısırlaştırma işlemi süreçleri için işlem basamakları belirlenmiştir. Bu aşamalar esnasında tehlike analizi ve değerlendirmesi hazırlanmıştır.

FMEA takımı oluşturmak için veteriner, iş güvenliği uzmanları ve dış gözlemciden oluşan bir ekip oluşturulmuştur. Takımın üyelerinin de belirli bir uzmanlık alanına sahip olması ve birbirleriyle uyumlu çalışabilecek kişilerden seçilmiştir. Çünkü takımın koordinasyonunu sağlayacak ve hedeflere ulaşmak için gerekli adımları

belirlemek gerekmektedir. Takım üyeleri arasında açık iletişim kanalları kurmak ve düzenli olarak toplantılar yapmak da takımın başarısı için ayrıca önemlidir.

FMEA analizinde iş akış şeması, sürecin veya ürünün ayrıntılı bir şekilde incelenmesine yardımcı olur ve hata modlarının belirlenmesinde faydalıdır. Yapılan literatür çalışmasında veteriner hekimlikle ilgili çalışmalarda dahil olmak üzere iş akış şemalarının kullanılmadığı ya da az kullanıldığı görülmüştür. Oysaki bir işin yapılması için özellikle de sağlık sektöründe Fransızca’da “önceliklerine göre sıralama” anlamına gelen “triyaj” çok önemli bir kavramdır (URL 2). Analizin önemli bir parçası olan iş akış şemaları, bu çalışma için özel olarak hazırlanmıştır.

İş akış şeması, sürecin veya ürünün başlangıcını gösteren bir kutu veya sembole başlar. Çalışmada; Microsoft Visio’nun tasarım modülleri kullanılmış ve iş akış şemasında kullanılan semboller Şekil 1’de gösterilmiştir. Süreçte gerçekleştirilen işlemler, oklar ve sembollerle gösterilir. Her bir işlem, süreçteki bir adımı veya üründeki bir bileşeni temsil eder.

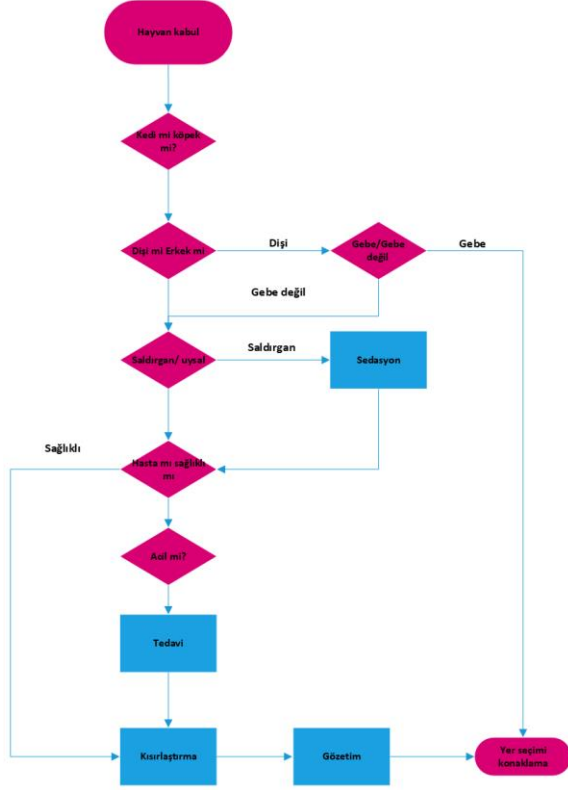


Şekil 1. Temel iş akış şeması elemanları.

Figure 1. Basic work flow chart elements.

Şekil 2’de barınağa gelen hayvanların, giriş işlemleri ve uygulamalar hakkında bir iş akış şeması oluşturulmuştur. Buna göre, gelen hayvanın dişi erkek oluşu, gebe olup olmayışı, hasta olup olmadığı önemlidir. Gelen hayvan dişi ve gebe ise, barınakta onun için hazırlanmış olan bölüme alınarak gözlem ve bakımı yapılır. Anne ve doğan yavrular için özel uygulamalar vardır. Konaklama sırasındaki bakımı da diğer hayvanlardan farklıdır. Gelen hayvan saldırgan ise öncelikle muayenesinin yapılması için sedasyona alınır. Böylelikle sağlık durumu hakkında bilgi sahibi olmak mümkün olacaktır. Eğer gelen hayvan hasta ya da yaralı ise önceliği göz önüne alınarak tedaviye alınır. Durumuna uygun yerleştirme yapılır ve gözetim sağlanır. Sağlıklı ya da sağlığına kavuşmuş hayvanlar, kısırlaştırma işlemine tabi tutulurlar. Ardından hayvan gözetim için özel

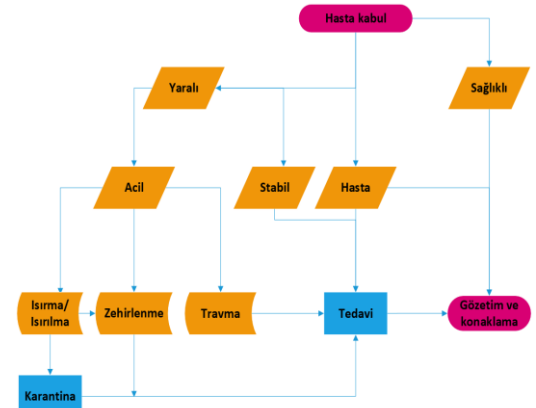
konaklama alanında misafir edilirler. Bu süre, dişiler için 7-10 gün iken, erkekler için 2-3 gün kadardır. Kısırlaştırma işlemi sonunda misafir edilen hayvanlar sahiplendirilememiş iseler, alındıkları bölgelere geri bırakılırlar.



Şekil 2. Hayvan kontrol şeması.
Figure 2. Animal control scheme

Geçici hayvan bakım evine çeşitli nedenlerle gelen hayvanlar için bir sıralama mevcuttur. Örneğin kaza geçiren, başıboş gezen ya da zehirlenen bir hayvan ekiplerce barınağa getirilebilir. Hangi işlemin ne koşullarla yapılması gerektiği belli bir düzende gerçekleşir. Gelen her hayvan müdahale ve barınma açısından bir önceliğe sahiptir. Geliş nedeni ve gelen hayvanın durumuna göre de ayrıca Şekil 3’ de bir akış şeması hazırlanmıştır.

Her ne sebeple olursa olsun, barınağa gelen hayvan genellikle sahipsizdir. Bu nedenle sıklıkla geçmiş hakkında bilgi sahibi olunmaz. Bu nedenle ilk olarak gelen hayvanın kaydı alınır, sağlıklı olup olmadığına göre ayrılır. Hayvan, sağlıklı, hasta ya da yaralı olarak gelebilir. Yaralı gelen hayvanın durumu acil ya da stabil olarak ayrılır. Acil gelenler, hangi nedenle (zehirlenme, travma, ısırma vb.) geldiğine göre tedaviye, ısırılma vakası gibi sekonder sonuçlar doğurabilecek vakalar ise karantinaya alınırlar. Daha sonra tedavileri yapılarak gözetim için konaklama yerlerine konulurlar. Buradaki en önemli sorun, hayvanların önceki hikayelerinin ve anamnezinin bilinmemesidir.



Şekil 3.Uygulama iş akış şeması.
Figure 3. Application workflow chart.

Kısırlaştırma işlemi, barınaklarda en sık yapılan invaziv işlemlerin başında gelmektedir. Bu nedenle, işlem basamaklarını çıkartmak, FMEA adımlarını belirlemek açısından önemli olduğu kadar kontrol adımları için de ihtiyaç arz etmektedir. Bunun için oluşturulan işlem basamakları Şekil 4’de görülmektedir.

FMEA analiz tablosunu hazırlamak için, Şekil 4’de hazırlanan işlem basamaklarını, işlemin alt süreçleri olarak kaydetmek gerekir. Tablo 4 ‘te yer alan FMEA analizi tablosunda ikinci kolonu olası hata türleri oluşturmaktadır. İşlem basamaklarında var olan süreçlerde olması muhtemel hatalar, FMEA ekibi tarafından Beyin Fırtınası gibi teknikler kullanılarak belirlenmiştir. Bir işlem sürecinde birden fazla hata türü olabileceği gibi bunların hata nedenlerinde çeşitli olabilir. Üçüncü kolon bu belirlenen olası hata türlerinin olasılığını değerlendirmek için, Tablo 1 yardımıyla belirlenir. Dördüncü kolon, hata nedenleri için oluşturulmuştur. Olası hataların, olası hata nedenleri de burada yine aynı yöntemlerle ekip tarafından belirlenmiştir. Beşinci kolon hata nedenlerinin tespit edilebilirliğini belirlemek için, Tablo 2’den faydalanarak değerlendirilir. Burada hata ne kadar çabuk fark ediliyorsa değeri sıfıra yakın, geç fark ediliyorsa değeri 10’a yakındır. Altıncı kolonda ise, olası hatanın sonuçlarında yaşanabilecek durumlar tespit edilir. Yedinci kolon da bu sonuçların şiddetini belirler. Bu etki şiddeti Tablo 3 yardımıyla oluşturulur. Etki ölümcül ise, en yüksek etki değerini alacaktır.

Sonuçları belirlemek için RPN değerlerini hesaplamak gerekir. Bunun için;

$$RPN = \text{Olasılık} \times \text{Etki Şiddeti} \times \text{Tespit Edilebilirlik}$$

Formülünden yararlanılır. RPN değeri;

- RPN < 40 ise önlem almaya gerek yoktur.
- 40 ≤ RPN ≤ 100 ise önlem alınmasında fayda vardır.
- RPN > 100 ise acil önlenmesi gerekir.

EVCİL HAYVAN KISIRLAŞTIRMA OPERASYONU



Şekil 4. Evcil Hayvan Kısırlaştırma Operasyonu İşlem Basamakları.
Figure 4. Pet Spaying Operation Steps.

ÖNERİLER VE SONUÇ

Geçici hayvan bakımevi risk analizi, barınakta bulunan hayvanların sağlığı, güvenliği ve refahını korumak amacıyla yapılmalıdır. Risk Analizleri genellikle, Ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında yapılmaya başlamıştır. Henüz kamuda zorunluluğun yeni yeni ortaya çıkışı, risk analizi ve korunma planlarının sadece çalışanlara yönelik yapılması gibi bir yanılgıya neden olmaktadır. Oysaki, yasanın da amacı, ortamına yönelik yapılan analizlerin o ortamı paylaşanların korunması amacıyla hazırlanması gerektiğidir. Bu analiz, barınakta meydana gelebilecek olası riskleri belirlemek, önlemek ve yönetmek için kullanılabilir.

Tablo 4. GHB Kısırlaştırma İşlemi İçin Hazırlanan FMEA Risk Analiz Tablosu.
Table 4. FMEA Risk Analysis Table Prepared for GHB Sterilization Process.

ALT SÜREÇLER	OLASI HATA TÜRÜ	OLASILIK (P)	HATANIN NEDENLERİ	HATANIN SAPTANABİLİRLİĞİ (D)	HATANIN SONUÇLARI	ETKİ ŞİDDETİ (S)	RPN
ANESTEZİ	Anestezi sırasında hasta kaybı	3	Yetersiz anamnez hastanın öyküsünün bilinmemesi Farklı hastalıklara sahip olması Diagnostik cihazların olmaması/yetersiz olması Biyokimyasal testlerin yapılamaması/yetersiz kalması	8	Ölüm	9	216
	Anestezi miktardan kaynaklı	2	Uygun miktarda verilmesine rağmen hastanın buna dayamayacak olması Uygun olmayan miktar Kilonun yanlış ölçülmesi Yanlış hesaplama yapılması	2	Kalıcı/geçici sakatlık	7	28
NAKİL	Taşıma sırasında düşme	4	Uygun olmayan taşıma Yetkisiz/eğitimsiz personel Uygun olmayan ekipman Hastanın ağırlığı/boyutları	1	Yaralanma	4	16
PREOP	Kesi yerinin traş edilmesisırasında kesik oluşması Hastada kesik oluşması Personelde kesik oluşumu	7	Uygun olmayan ekipman	2	Kesik	6	84
			Traş yüzeyinin düzensizliği		Kanama	7	98
			Tecrübe yetersizliği		Enfeksiyon	7	98
			Dikkat eksikliği		Bulaşıcı hastalık	7	98
DEZENFEKTASYON	dezenfekte olmaması	3	Eğitimsiz personel Cihaz kalibrasyon eksikliği Kapalı ortam Otomatik/kayar kapılar Biyolojik filtreli ameliyat hane havalandırması	8	Enfeksiyon	6	144
	dezenfekte olmayışı		Cihaz kalibrasyon eksikliği Tek kullanımlık malzeme eksigi				
	dezenfekte olmayışı						
	dezenfekte olmayışı						
	Atıklar	3	Tıbbi ve biyolojik atıkların toplanmaması Atıkların doğru bir şekilde kapatılarak ortamdaki uzaklaştırılmaması	3	Enfeksiyon	5	45
OPERASYON	İdrar kesesinin yırtılması	4	Operasyonun Diagnostik cihazlar eşliğinde yapılmaması Hastanın daha önce bu ameliyatı geçirmiş olması	4	Enfeksiyon	6	96
	Peritonit		Kanama		5	80	
	Disfonksiyon Çoklu organ hasarı		Ölüm		9	144	
DİKİŞ	Eksik dikiş	5	Uygun olmayan malzeme ekipman Dikiş yüzeyinin düzensizliği	2	Kanama	5	50
	Hatalı dikiş	6	Tecrübe yetersizliği Malzeme seçimi/eksikliği	6	Enfeksiyon	5	180

Geçici hayvan barınaklarında yapılan kısırlaştırma uygulaması, hayvan popülasyonunun kontrolsüz büyümesinin önüne geçmek için yapılan çalışmalardandır. Bu çalışmada, geçici hayvan barınaklarında gerçekleştirilen kısırlaştırma işleminin FMEA Risk Analiziyle süreç değerlendirmesi yapılmış, elde edilen sonuçlar hesaplanarak, risk değerleri belirlenmiştir. Yüksek değere sahip riskler için irdeleme yapılmıştır.

Tablo 4'te hazırlanan tabloya göre RPN değeri 100'ün üzerinde olan anestezi, dezenfektasyon ve operasyon süreçleri acil önlem almayı gerektirir

Anestezi sürecince hayvanın kaybedilmesiyle sonuçlanan süreç aslında hatadan çok yetersizliklerden kaynaklanmaktadır. Gelen hayvanın öyküsünün bilinmemesi, başka hastalıklara sahip olması gibi değeri yükselten nedenlerdir. Bir başkası, bugün Türkiye genelinde hayvan hastanelerinin bile çok az sayıda olması gibi bu kuruluşların büyük bir çoğunluğunda diagnostik cihazların bulunmayışıdır. Bu tesisler ne tahlil ne de görüntüleme imkanına sahip değildir. Bu alanda olası hata nedenleri, aslında kısıtlılık kaynaklıdır ve düzenleyici faaliyetlerde o denli kısıtlı olacaktır.

Dezenfektasyon aşaması da iki ayrı olası hata türü başlığı altında incelenmiştir. Bunlardan ilki operasyon ortamının, operasyon sırasında kullanılan aletlerin, ekipmanın ve personelin dezenfeksiyonunun oluşturduğu olası hata türleridir. Burada da anestezi sürecindeki sorunlar karşımıza çıkmaktadır. GHB'nin ameliyathaneleri mekânsal olarak bir ameliyathane standardında değildir. Kapalı bir ortam, biyolojik filtrelili havalandırmalar sensörlü kayar kapılar gibi bir ortam yerine, insan sirkülasyonunun en az olduğu doğal havalandırmaya sahip alanlardır. Bu nedenle ortamdaki kaynaklanan sorunlar yine kısıtlılıklar çerçevesinde değerlendirilmelidir. Cihazların kalibrasyonu, aletlerin sterilizasyonu gibi dikkat edilecek hususların yanı sıra tek kullanımlık malzemelerin sağlanması bu konudaki ortaya çıkabilecek risklerin azaltılmasında etkili olacaktır.

Tıbbi atıklar ise her zaman olduğu gibi, toplanması, depolanması ve bertarafı açısından yüksek riske sahiptirler. Bu alanda uygulamalardaki düzenlemeler, eğitimler ve özenle iyileştirmeler kolaylıkla gerçekleştirilebilir.

Operasyon aşamasında, her invaziv işlemde olduğu gibi karmaşık riskler mevcuttur. Peritonit, idrar kesesinin yırtılması, hayvanın daha önceden bu operasyonu geçirmiş olması (hasta geçmiş bilinmediğinden muayene ile tespiti mümkün olmayabilir), disfonksiyon ya da hastanın organ yetmezliğine sahip olması olası risk türlerindedir. Bu durumlarda kanama, postoperatif disfonksiyonlar ve hatta ölüm, olası

sonuçlardandır. Bir diğer risk odağı operasyon sonunda atılan dikişlerde enfeksiyon gelişmesi durumudur. Dişi hayvanların enfeksiyon riski erkeklerden daha yüksektir bu nedenle de nekahet dönemi daha uzun tutulmaktadır. Bu da standart antibiyotik tedavisi ile önüne geçilerek bertarafı mümkün bir risktir.

Çalışma sonuçlarını hata sonuçları ve etki şiddeti açısından değerlendirme, sorunların önemini altını çizmek açısından önem taşır. Aslında etki şiddeti büyüdükçe risk de büyür. Hata sonuçları, ölüm, enfeksiyon, kanama gibi değerler alır ki, hayvanı kaybetmek dışındaki tüm riskler bertaraf edilebilir. Tüm önlem alma yöntemlerinde olduğu gibi ilk olarak kurum politikası önemlidir. Politikayı da, planlama, kontrol ve düzenleme tedbirleri izler. Bu nedenle, GHB'nin teknik ve tıbbi eksikleri giderilmelidir. Mekânsal sorunlar çözülmeli, ameliyathane ortam koşulları gereğine uygun olarak düzenlenmelidir. Kullanılan ekipman çeşit ve kapasitesi artırılmalıdır. İkinci önemli husus ise personeldir. Burada çalışacak personelin seçiminde öncelik, hayvan sevgisi olmalıdır. Çalışanlara temel eğitimler, iş güvenliği eğitimleri, medikal eğitim, hijyen eğitimi gibi hem çalışanı hem de hayvanın sağlığını korumak için çalışmalar yapılmalıdır. Hem personel hem de hayvan için kişisel koruyucu ekipmanlar, tasmalar, ağızlıklar vb. ürünler özenle seçilmeli ve kullanılmalıdır.

Türkiye'de yeni başlayan evcil hayvanlar için çip uygulaması sayesinde sahipli/sahipsiz tüm hayvanlara deri altına çip takılmaktadır. Böylelikle, gelen hayvanın hastalık geçmişine bakılarak tedavisi kolaylıkla yapılabilmektedir.

Sonuç olarak; kısıtların giderilmesi sadece insanlar değil, bizimle birlikte yaşayan tüm canlılar için önem taşır. Hayvan hastanelerinin başta bölgesel, daha sonra en az iller bazında olması, geçici hayvan barınaklarının da teknolojik cihaz ve hizmetlerden zincirleme olarak yararlanabilmesi sağlanmalıdır. Barınak personelinin seçiminde hayvan sevgisinin öncelikli olması ve personel eğitiminde gerekli tüm alanların bulunması olası tehlikelerin önüne geçerek riskleri ortadan kaldıracaktır.

TEŞEKKÜR

FMEA takımını oluşturan, titizliği ve çalışkanlığı ile çalışmanın tüm süreçlerinde bize katkıda bulunan Kırklareli Belediyesi Geçici hayvan barınağı Veteriner Hekimi Aynur Gülhane MEKİK, A sınıfı İş güvenliği Uzmanı Ekmel Hakkı YALÇIN, C sınıfı İş Güvenliği Uzmanı Nihan Atalay CEBECİ'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akın, H.B. (2005).** Hata Türü Ve Etkileri Analizi (Fmea) Ve Bir Uygulama. *Öneri Dergisi*, *6*(24), 271-278. DOI: [10.14783/maruoneri.680987](https://doi.org/10.14783/maruoneri.680987)
- Avcı, K. & Aktan, T. (2015).** Bir Sistem Sorunu Olarak Tıbbi Hatalar ve Hasta Güvenliği. Düzce Üniversitesi *Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *5*(2), 48-54. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzcesbed/issue/4849/66639>. Erişim Tarihi: 24.04.2023.
- Aydan, M. & Kaya, S. (2017).** Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA): Üniversite Hastanesinde Bir Uygulama. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, *20*(4), 475-502. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hacettepesi/issue/39658/469548> Erişim Tarihi: 24.04.2023.
- BBC News. (4 Nisan 2022).** 4 Nisan Sokak Hayvanları Günü: Türkiye'de sokak hayvanları ne durumda ve neden tartışılıyor? <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-60947128#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%2013%00'den%20fazla,say%C4%B1%202002%20y%C4%B1%C4%B1nda%20120'ydi>
- Cafazzo, S., Maragliano, L., Bonanni, R., Scholl, F., Guarducci, M., Scarella, R., Di Paolo, M., Pontier, D., Lai O., Carlevaro, F., Bucci, E., Cerini, N., Carlevaro, L., Alfieri, L., Fantini, C. & Natoli, E. (2014).** Behavioural and physiological indicators of shelter dogs' welfare: reflections on the no-kill policy on free-ranging dogs in Italy revisited on the basis of 15 years of implementation. *Physiol Behav.* DOI: [10.1016/j.physbeh.2014.05.046](https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.05.046) PMID: 24907692.
- Chalidyanto, D. & Kurniasari, W.E. (2020).** Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) report of medication processing a private hospital. *EurAsian Journal of Biosciences*, *14*(2), 3257-3261.
- Chrysler, Co., Ford Motor, Co. & General Motors, Co. (1995).** Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): Reference Manual. https://www.lehigh.edu/~intribos/Resources/SAE_FM_EA.pdf, Erişim Tarihi: 24.04.2023.
- Demir, P. & Koç, A. (2019).** Geçici Hayvan Barınaklarının Genel Durumları ve Sorunlarına İlişkin Bir Değerlendirme: Ege Bölgesi Örneği. *Veterinary Journal of Mehmet Akif Ersoy University*, *4*(1), 29-33. DOI: [10.24880/maeuvsf.551445](https://doi.org/10.24880/maeuvsf.551445)
- Haverbeke, A., Pluijmakers, J. & Diederich, C. (2015).** Behavioral evaluations of shelter dogs: Literature review, perspectives, and follow-up within the European member states's legislation with emphasis on the Belgian situation. *Journal of Veterinary Behavior*, *10*(1), 5-11. DOI: [10.1016/j.jveb.2014.07.004](https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.07.004)
- Kass, P.H., New Jr, J.C., Scarlett, J.M. & Salman, M.D. (2001).** Understanding animal companion surplus in the United States: Relinquishment of nonadoptables to animal shelters for euthanasia. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, *4*(4), 237-248. DOI: [10.1207/S15327604JAWS0404_01](https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0404_01)
- La Russa, R., Fazio, V., Ferrara, M., Di Fazio, N., Viola, R.V., Piras, G., Ciano, G., Micheletta, F. & Frati, P. (2022).** Proactive Risk Assessment Through Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Haemodialysis Facilities: A Pilot Project. *Frontiers in Public Health*, *10*, 823680. DOI: [10.3389/fpubh.2022.823680](https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.823680)
- Hart, L.A., Takayanagi, T. & Yamaguchi, C. (1998).** Dogs and Cats in Animal Shelters in Japan. *Anthrozoös*, *11*(3), 157-163. DOI: [10.2752/089279398787000706](https://doi.org/10.2752/089279398787000706)
- Lord, L.K., Wittum, T.E., Ferketich, A.K., Funk, J.A., Rajala-Schultz, P. & Kauffman, R.M. (2006).** Demographic trends for animal care and control agencies in Ohio from 1996 to 2004. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *229*(1), 48-54. DOI: [10.2460/javma.229.1.48](https://doi.org/10.2460/javma.229.1.48)
- Rassiah, P., Su, F.-C.F., Huang, Y.J., Spitznagel, D., Sarkar, V., Szegedi, M.W., Zhao, H., Paxton, A.B., Nelson, G. & Salter, B.J. (2020).** Using failure mode and effects analysis (FMEA) to generate an initial plan check checklist for improved safety in radiation treatment. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, *21*(8), 83-91. DOI: [10.1002/acm2.12918](https://doi.org/10.1002/acm2.12918)
- Siemens, (n.d).** How to conduct a failure modes and effects analysis (FMEA) Erişim adresi: https://polarion.plm.automation.siemens.com/hubfs/Docs/Guides_and_Manuals/Siemens-PLM-Polarion-How-to-conduct-a-failure-modes-and-effects-analysis-FMEA-wp-60071-A3.pdf. Erişim Tarihi: 24.04.2023.
- Soykan, Y., Kurnaz, N. & Kayık, M. (2014).** Sağlık İşletmelerinde Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Bulaşıcı Hastalık Risklerinin Derecelendirilmesi. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, *6*(1), 172-183.
- Stamatis D.H. (1995).** *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution*. ASQ, Quality Press, Milwaukee.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022, Nisan).** *Sahipsiz Hayvanların Kısırlaştırılması Seferberliği*, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Haber/225/Sahipsiz-Hayvanlarin-Kisirlastirilmasi-Seferberligi>
- Turner P, Berry J, Macdonald S. (2012).** Animal shelters and animal welfare: raising the bar. *The Canadian Veterinary Journal*, 893-896. PMID: 23372200; PMCID: PMC3398531.
- URL-1. (2006).** [https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com2006/0013/COM_COM\(2006\)0013_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com2006/0013/COM_COM(2006)0013_EN.pdf), (Erişim tarihi :15/7/2023)
- URL-2. (2023).** <https://tr.wikipedia.org/wiki/Triyaj> (Erişim tarihi: 15/7/2023)
- Yılmaz, V. & Nacar, K. (2020).** Sahipsiz Hayvanlara Yönelik Van Büyükşehir Belediyesi'nin Kentteki Faaliyetlerinin Değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, *3*(2), 270-282. DOI: [10.33712/mana.720496](https://doi.org/10.33712/mana.720496)



Mosquito Oviposition Detering and Larvicidal Effect of Cinnamaldehyde and Eugenol

Harun ÇİMEN*

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Science, Department of Biology, Aydın, Türkiye

Geliş/Received: 12.06.2023

Kabul/Accepted: 05.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Çimen, H. (2023). Mosquito Oviposition Detering and Larvicidal Effect of Cinnamaldehyde and Eugenol. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 322-325. <https://doi.org/10.35229/jaes.1313226>
Atıf yapmak için: Çimen, H. (2023). Sıvrisinek ve Eugenolün Sıvrisinek Yumurtlamasını Engelleme ve Larvisidal Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 322-325. <https://doi.org/10.35229/jaes.1313226>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0106-4183>

***Corresponding author's:**

Harun ÇİMEN
Aydın Adnan Menderes University, Faculty of
Science, Department of Biology, Aydın,
Türkiye
✉: hcimen@adu.edu.tr

Abstract: *Aedes* spp. females feed from various hosts including humans and can vector arboviruses of public health importance like dengue, Zika and chikungunya viruses. These infections affect millions of people so insect populations need to be monitored and effectively controlled. Cinnamaldehyde and eugenol are naturally occurring compounds found in essential oils of various spices like cinnamon, cloves, cassia and have different biological activities. I investigated the larvicidal and oviposition deterrence effects of cinnamaldehyde and eugenol against *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus*. Both chemicals effectively killed mosquito larvae and deterred female oviposition for both mosquito species at 50-200 µg/mL concentration. Larvicidal and oviposition-deterrent compounds like cinnamaldehyde and eugenol are useful in biological control of mosquitoes. They offer the potential to reduce population numbers by killing immature stages and repelling mosquitoes away from human settlements.

Keywords: *Aedes*, cinnamaldehyde, eugenol, larvicidal, oviposition-deterrence.

Sinnamaldehyt ve Eugenolün Sıvrisinek Yumurtlamasını Engelleme ve Larvisidal Etkisi

***Sorumlu yazar:**

Harun ÇİMEN
Aydın Adnan Menderes University, Faculty of
Science, Department of Biology, Aydın,
Türkiye
✉: hcimen@adu.edu.tr

Öz: Dişi *Aedes* spp. sıvrisinek türleri insanlar da dahil olmak üzere çeşitli konakçılardan beslenirler ve Dang humması, Zika ve Chikungunya virüsleri gibi halk sağlığı açısından önem taşıyan arbovirüslerin vektörlüğünü yapabilmektedir. Bu enfeksiyonlar milyonlarca insanı etkilediğinden dolayı böcek popülasyonlarının izlenmesi ve etkili bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Sinnamaldehyt ve eugenol, tarçım, karanfil gibi çeşitli baharatların esansiyel yağlarında bulunan ve farklı biyolojik aktivitelere sahip doğal bileşiklerdir. Sinnamaldehyt ve eugenolün *Ae. aegypti* ve *Ae. albopictus*'a karşı larva öldürücü ve yumurtlamayı önleyici etkilerini araştırdım. Her iki kimyasal da sıvrisinek larvalarını etkili bir şekilde öldürdü ve her iki sıvrisinek türü için 50-200 µg/mL konsantrasyonda dişi yumurtlamasını engelledi. Sinnamaldehyt ve eugenol gibi larva öldürücü ve yumurtlamayı önleyici bileşikler, sıvrisineklerle biyolojik mücadelede oldukça faydalıdır. Larva evreleri öldürerek ve sıvrisinekleri insan yerleşimlerinden uzaklaştırarak nüfus sayılarını azaltma potansiyeli sunarlar.

Anahtar kelimeler: *Aedes*, sinnamaldehyt, eugenol, larvisidal, yumurtlama önleyici.

INTRODUCTION

Container-breeding mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) are adaptive species that live close to urban areas in tropical and tropical regions. Females feed from various mammals and birds during the day and can vector arboviruses of public health importance like yellow fever, dengue, Zika and

chikungunya viruses. These infections affect millions of people esp. children and pregnant women. Both species are emerging in various locations in temperate regions in the world through been transported into new areas during international shipping and climate influences (Kraemer et al., 2015; Lwande et al., 2020). This spread outside their native range around the world is a serious global health threat, so populations need to be monitored and effectively

controlled. Control strategies involve spraying insecticides, use of transgenic adults, reducing potential breeding sites, or use of larvicides. Environmental pollution and health risks associated with insecticides, and development of insecticide resistance have spur research on the search for safer and effective substitute strategies (Chadee, 2004; Patil et al., 2018; Rodriguez et al., 2007).

Another possible point of target for mosquito control is to treat breeding sites of mosquitoes with biolarvicides such as *Lysinibacillus sphaericus*, methoprene, temephos, *Bacillus thuringiensis israelensis*. These locally accessible biolarvicides are highly effective against larvae and are also safe to non-target organisms (Mittal, 2003). Besides scientist are researching for new larvicidal compounds or products from plants, bacteria and fungi to complement these products. Cinnamaldehyde and eugenol are naturally occurring compounds found in essential oils of various spices like cinnamon, cloves, cassia (Kowalska et al., 2021). Cinnamaldehyde is a yellowish aldehyde with a characteristic cinnamony aroma, whereas eugenol is a colorless liquid with a clove odor. They have different biological activities that include antibacterial, antifungal, antioxidant etc. (Kowalska et al., 2021; Suppakul, 2016).

I investigated the larvicidal and oviposition deterrence effects of cinnamaldehyde and eugenol against *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus*.

MATERIAL AND METHOD

Insects: *Aedes albopictus* and *Ae. aegypti* were reared in cages kept in an insect room at 28-30 °C and 70-80% relative humidity, 12 h photoperiod. Females were fed defibrinated sheep blood using an artificial blood feeder. Eggs were hatched in plastic containers and larvae were fed crushed fish scales (Shah et al., 2021).

Chemicals: Eugenol (>98% purity) and cinnamaldehyde (>95% purity) were purchased from Sigma Aldrich. They were dissolved in distilled water to concentrations of 200, 100, 50, and 25 ppm and used in the bioassays.

Larvicidal assay: This study was conducted using 3rd stage mosquito larvae dispensed in wells of 24-well plates. In each well, 10 larvae were treated with different concentrations of eugenol and cinnamaldehyde. The control was prepared only with distilled water. The total volume in each well was 1 ml. The setup was incubated at 24 °C and larval mortality was recorded after 24 h. Larvicidal activity was reported as LC₅₀, representing the concentration in micrograms per milliliter that caused 50 % larval mortality in 24 h. Immobile larvae after probing were considered dead. Each treatment had 6 replicates and the study was repeated thrice (n = 18).

Oviposition deterrence assay: First blood fed females were transferred from stock cultures to new cages (10♀/cage). Cages were placed in an insect room at 28-30 °C and 70-80% relative humidity, 12 h photoperiod for 4 days. Ten % sugary water was presented at all times. Two plastic containers were added to the cages. One had 50 ml water treated with different concentrations of eugenol or cinnamaldehyde (200,100, 50 and 25 ppm) and the other had distilled water. The edges of the containers had strips of filter paper as oviposition substrates. After 3 more days of incubation the eggs laid in each container were recorded and the oviposition deterrence effects were calculated. The containers were 40 cm apart and positions were changed between replicates. Each treatment had 6 replicates and the study was repeated thrice (n = 18). Effects were determined using the formula below (Rajkumar and Jebanesan, 2009).

$$\text{Effective Repellency \%} = \frac{\text{no.of eggs in control} - \text{no.of eggs in treated cups}}{\text{no.of eggs in control}} \times 100$$

Statistical analysis: Data was analyzed in SPSS 23 software. One-way ANOVA followed by Tukey's test (p<0. 05) was used to compare the larvicidal and oviposition deterrence effects of eugenol and cinnamaldehyde against mosquito larvae.

RESULTS

Larvicidal assay: The larvicidal activity of cinnamaldehyde and eugenol against *Ae. aegypti* is presented in Figure 1. Results showed that cinnamaldehyde and eugenol induced >90% larval mortality of *Ae. aegypti* after 24 h with a dosage of 200 µg/mL (Fig. 1). At 100 µg/mL concentration cinnamaldehyde caused 66% mortality whereas eugenol showed 78%. The concentration of the compounds had a significant effect on larvicidal activity against *Ae. aegypti* (F=135.129; df=8,162; P<0.0001) (Fig. 1). The LC₅₀ value of cinnamaldehyde and eugenol against *Ae. aegypti* were determined as 55 and 69 µg/mL, respectively.

In the experiment with *Ae. albopictus*, the larvicidal activity of cinnamaldehyde and eugenol is presented in Figure 2. Cinnamaldehyde and eugenol showed 100% larval mortality at 200 µg/mL concentration. There was a statistically significant difference in larvicidal activity of cinnamaldehyde and eugenol against *Ae. albopictus* depending on the dosage (F=390.390; df=8,162; P<0.0001) (Fig. 2). Eugenol showed >95% larvicidal activity at 100 µg/mL concentration and there was no significant difference between 200 µg/mL concentration. The LC₅₀ value of cinnamaldehyde and eugenol against *Ae. albopictus* were determined as 65 and 55 µg/mL, respectively.

No larval mortality was observed in control groups.

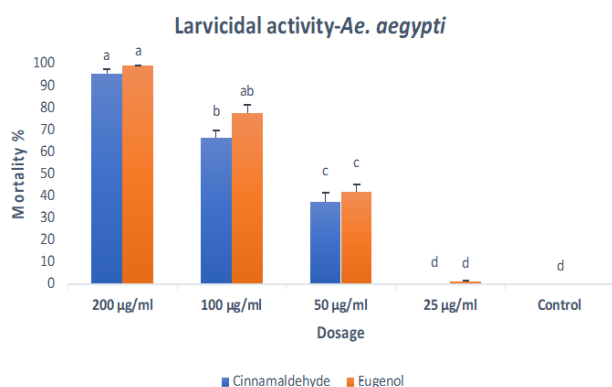


Figure 1. Larvicidal effects of different doses of cinnamaldehyde and eugenol against 3rd instar *Aedes aegypti* larvae.

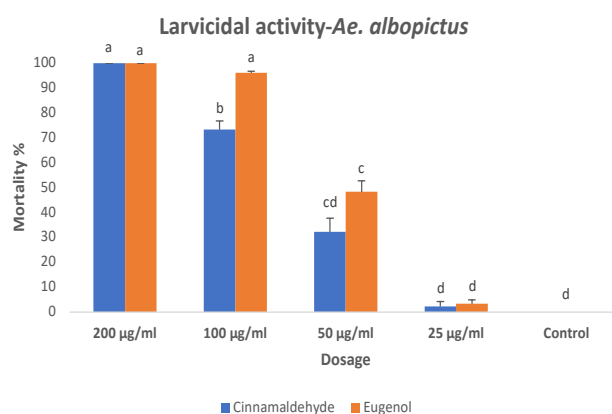


Figure 2. Larvicidal effects of different doses of cinnamaldehyde and eugenol against 3rd instar *Aedes albopictus* larvae.

Oviposition deterrence assay: The oviposition deterrence effect of cinnamaldehyde and eugenol against *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* presented in Figure 3 and Figure 4, respectively. Both chemicals effectively deterred oviposition for both mosquito species (Fig. 3 and Fig. 4). 200 and 100 µg/mL concentration were the most effective (Fig. 5), followed by 50 µg/mL. There was a statistically difference for cinnamaldehyde and eugenol (*Ae. aegypti*: $F=918.180$; $df=7,144$; $P<0.0001$) (*Ae. albopictus*: $F=790.311$; $df=7,144$; $P<0.0001$) (Fig. 3 and Fig. 4).

DISCUSSION

Cinnamaldehyde and eugenol have been investigated for use as bio-insecticide to control *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus*. This study has revealed that cinnamaldehyde and eugenol showed larvicidal activities with <70 µg/mL LC_{50} value after 24 h, towards the two mosquito species *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus*. The present LC_{50} values differ slightly from other studies, which probably reflects differences in methodologies and analyses (Cheng et al., 2004). Cheng et al., (2004) reported that cinnamon leaf essential oils showed larvicidal activity against fourth-instar *A. aegypti*. among the 11 compounds tested for 24 h, cinnamaldehyde, cinnamyl acetate,

eugenol, and anethole exhibited the strongest activities ($LC_{50} < 50$ µg/mL). Cinnamaldehyde and eugenol can be compared with other essential oils from plants. Araujo et al., (2003) demonstrated that 1,8-cineole caused a high mortality rate of *A. aegypti* larvae after 1 day of test at a dosage as low as 100 mg/L. Ramsewak et al., (2001) found that both linoleic acid and oleic acid isolated from the hexane of *Dirca palustris* seeds had an LC_{50} value of 100 µg/mL when tested against fourth-instar *A. aegypti* larvae at 24 h. In another investigation, Rahuman et al., (2000) also found that n-hexadecanoic acid in *Feronia limonia* dried leaves was effective against fourth-instar larvae of *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles stephensi*, and *A. aegypti* with LC_{50} values of 129.24, 79.58, and 57.23 ppm, respectively.

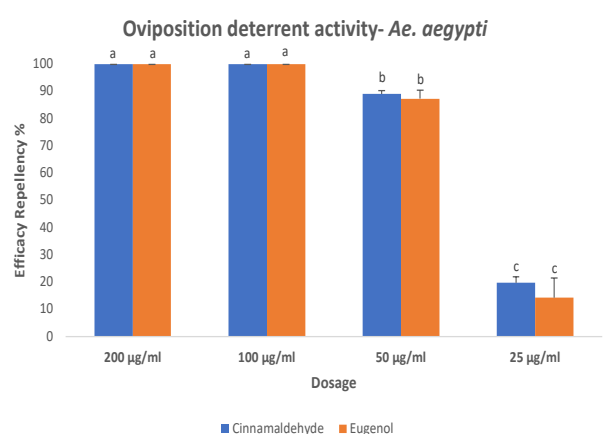


Figure 3. The ovipositional deterrence effects of cinnamaldehyde and eugenol on *Aedes aegypti*.

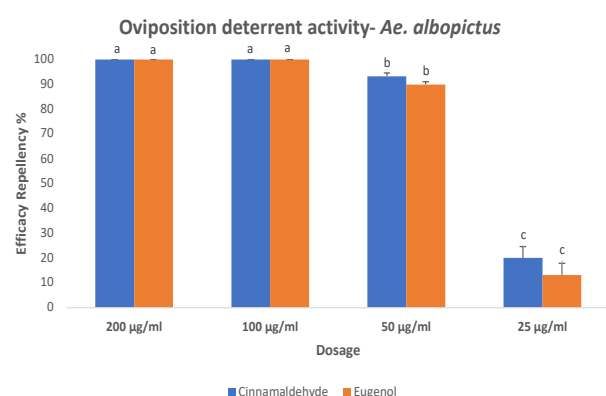


Figure 4. The ovipositional deterrence effects of cinnamaldehyde and eugenol on *Aedes albopictus*

Cinnamaldehyde and eugenol also effectively deterred *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* oviposition in a concentration-dependent manner. Oviposition is a vital part in the mosquito life cycle of mosquitoes. Females are known to prefer certain oviposition sites that they find safer for their offspring over others. They can sense the chemical signals using sensory receptors on the antenna (Davis and Bowen, 1994). Oviposition-deterrent compounds like cinnamaldehyde and eugenol are useful in biological

control of mosquitoes. They offer the potential to repel mosquitoes away from human settlements by preventing or reducing female oviposition as they seek out suitable aquatic habitats for their offspring (Bentley and Day, 1989; Clements, 1999; Xue et al., 2003).



Figure 5. The ovipositional deterrent effects of cinnamaldehyde with 100 µg/mL concentration on *Aedes albopictus*. The black dots on the left in the control group with only water in it are mosquito eggs.

In conclusion, cinnamaldehyde and eugenol have potential for the development of new and safe control product for mosquito vectors. Thus, effective oviposition-deterrent and larvicidal could be useful and developed further in the integrated approach to mosquito control programmes against container-inhabiting mosquitoes. These results could encourage the search for new active natural compounds offering an alternative to synthetic larvicidal and oviposition-deterrent from other plants especially indigenous ones.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author thanks Dr. Fatih M. Şimşek and Mustapha Touray for their contributions in the planning and implementation of the study and editing of the manuscript.

REFERENCES

- Araujo, E.C.C., Silverira, E.R., Lima, M.A.S., Neto, M.A., Andrade, I.L., Lima, M.A.A., Santiago, G.M.P. & Mesquita, A.L.M. (2003). Insecticidal activity and chemical composition of volatile oils from *Hyptis martiusii* Benth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 3760-3762.
- Bentley, M.D. & Day, J.F. (1989). Chemical ecology and behavioral aspects of mosquito oviposition. *Annual Review of Entomology*, **34**, 401-421.
- Chadee, D.D. (2004). Key premises, a guide to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) surveillance and control. *Bulletin of Entomological Research*, **94**, 201-207.
- Cheng, S.S., Liu, J.Y., Tsai, K.H., Chen, W.J. & Chang, S.T. (2004). Chemical composition and mosquito larvicidal activity of essential oils from leaves of different *Cinnamomum osmophloeum* provenances. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 4395-4400.
- Clements, A.N. (1999). *Egg laying*, in *The Biology of Mosquitoes*, Vol. 2. CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 559.
- Davis, E.E. & Bowen, M.F. (1994). Sensory physiological basis for attraction in mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, **10**, 316-325.
- Kraemer, M.U., Sinka, M.E., Duda, K.A., Mylne, A.Q., Shearer, F.M., Barker, C.M. & Hay, S.I. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *elife*, **4**, e08347.
- Kowalska, J., Tyburski, J., Matysiak, K., Jakubowska, M., Lukaszuk, J. & Krzyminska, J. (2021). Cinnamon as a useful preventive substance for the care of human and plant health. *Molecules*, **26**, 5299.
- Lwande, O.W., Obanda, V., Lindström, A., Ahlm, C., Evander, M., Näslund, J. & Bucht, G. (2020). Globetrotting *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: risk factors for arbovirus pandemics. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, **20**(2), 71-81.
- Mittal, P.K. (2003). Biolarvicides in vector control: challenges and prospects. *Journal of Vector Borne Diseases*, **40**(1-2), 20-32.
- Patil, P.B., Gorman, K.J., Dasgupta, S.K., Reddy, K.V., Barwale, S.R. & Zher, U.B. (2018). Self-limiting OX513A *Aedes aegypti* demonstrate full susceptibility to currently used insecticidal chemistries as compared to Indian wild-type *Aedes aegypti*. *Psyche*, **2018**.
- Rajkumar, S. & Jebanesan, A. (2009). Larvicidal and oviposition activity of *Cassia obtusifolia* Linn (Family: Leguminosae) leaf extract against malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, **104**(2), 337-340.
- Rahuman, A.A., Gopalarkrishnan, G., Saleem, G., Arumugam, S. & Himalayan, B. (2000). Effect of *Feronia limonia* on mosquito larvae. *Fitoterapia*, **71**, 553-555.
- Ramsewak, R., Nair, M.G., Murugesan, S., Mattson, W.J. & Zasada, J. (2001). Insecticidal fatty acids and triglycerides from *Dirca palustris*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 5852-5856.
- Rodriguez, M.M., Bisset, J.A. & Fernández, D. (2007). Levels of insecticide resistance and resistance mechanisms in *Aedes aegypti* from some Latin American countries. *Journal of the American Mosquito Control Association*, **23**(4), 420-429.
- Shah, F.A., Abdoarrahem, M.M., Berry, C., Touray, M., Hazir, S., & Butt, T. M. (2021). Indiscriminate ingestion of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria by *Aedes aegypti* larvae: a novel strategy to control the vector of Chikungunya, Dengue and Yellow Fever. *Turkish Journal of Zoology*, **45**(8), 372-383.
- Suppakul, P. (2016). Cinnamaldehyde and eugenol: Use in antimicrobial packaging. In *Antimicrobial food packaging* (479-490 pp). Academic Press.
- Xue, R.D., Barnard, D.R. & Ali, R. (2003). Laboratory evaluation of 18 repellent compounds as oviposition deterrents of *Aedes albopictus* and as larvicides of *Aedes aegypti*, *Anopheles quadrimaculatus*, and *Culex quinquefasciatus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, **11**, 72-76.



Giresun'da Üretilen Ballarda Neonikotinoid Kalıntı Varlığının LC-MS/MS ile Araştırılması

Seda Dicle KORKMAZ^{1*} Özlem KÜPLÜLÜ²

¹Giresun Üniversitesi, Espiye Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü 28600, Espiye, Giresun-Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, 06110, Dışkapı, Ankara-Türkiye

Geliş Tarihi: 05.07.2023

Kabul Tarihi: 11.08.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atf yapmak için: Korkmaz, S.D. & Küplülü, Ö. (2023). Giresun'da üretilen ballarda neonikotinoid kalıntı varlığının LC-MS/MS ile araştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 326-332. <https://doi.org/10.35229/jaes.1323223>

How to cite: Korkmaz, S.D. & Küplülü, Ö. (2023). Investigation of neonicotinoids insecticides with LC-MS/MS in honey produced in Giresun. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 326-332. <https://doi.org/10.35229/jaes.1323223>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-4272-300X>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-1559-2390>

Öz: Neonikotinoidler; geniş ticari yayılımları, etki biçimleri, sistemik özellikleri, kalıcılıkları ile insektisit ve metabolitlerinin toksisite profilleri, canlı organizmalar üzerindeki etkileri göz önüne alındığında çevreye ve besin zincirine önemli bir tehdittir. Organofosfatlı ve karbamatlı insektisitlere alternatif olarak geliştirilen bu maddeler, polen ve nektar dâhil bitkilerin tüm kısımlarına geçmekte, başta arı ürünleri olmak üzere bu bitkilerden üretilen ürünlere aktarılabilmektedir. Neonikotinoidler, sistemik etkileriyle bal arıları ve yabani arılar gibi canlıların yanı sıra, diğer omurgalılar üzerinde de olumsuz etkilere yol açmaktadır. Günümüzde neonikotinoid türevleri ve oluşturdukları etkilere ilişkin çalışmalar hızla artmakta, çalışma sonuçlarına göre farklı ülkelerde kullanımlarına yasak ve kısıtlamalar getirilmektedir. Çalışmanın amacı, Giresun ilinde üretilen ballarda neonikotinoid varlığı ve miktarının tespit edilerek çevredeki kirlilik seviyesinin ölçülmesi ile olası halk sağlığı risklerinin ortaya konulmasıdır. Bu amaçla Giresun'un özellikle fındık tarımı yapılan bölgelerine yakın alanlarda sabit arıcılık yapan yetiştiricilerden yeni hasat döneminde alınan 50 adet bal örneği materyal olarak kullanıldı. Örneklerde neonikotinoid (acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, imidacloprid, nitenpyram, thiomethoxam ve dinotefran) varlığı, sıvı kromatografi-kütle spektrometresi/kütle spektrometresi (LC-MS/MS) ile tespit edildi. Analiz sonuçlarına göre; 50 bal örneğinin 9'unda imidacloprid, 2'sinde thiomethoxam, 1'inde ise hem imidacloprid hem thiomethoxam 10 ppb'nin üzerinde saptanmış olup toplam 12 örnekte neonikotinoid belirlenmiştir. Sonuç olarak; besleyici değeri yüksek, sağlıklı diyetlerin vazgeçilmezi, tedavi amaçlı tüketimi önerilen ballardaki olası neonikotinoid varlığı halk sağlığı açısından potansiyel bir tehlikedir. Özellikle çocuklar ve yaşlılar tarafından sıklıkla tüketilen bal ve diğer arı ürünlerindeki neonikotinoid kontaminasyonu, oluşturabileceği sağlık riskleri açısından son derece önemlidir. İyi tarım uygulaması çerçevesinde arıcılık yapılan alanların seçimi ve AB' uygulamalarına paralel olarak bu yönde neonikotinoid kullanımına sınır getirilmesi oluşabilecek risklerin önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Ayrıca bölgedeki arı yetiştiricilerinin konu ile ilgili bilgilendirme ve bilinçlendirilmesi açısından da önemlidir.

*Sorumlu yazar:
Seda Dicle KORKMAZ
Gıda İşleme Bölümü, Espiye Meslek
Yüksekokulu, Giresun Üniversitesi, 28600,
Espiye, Giresun-Türkiye
✉: diclekahraman@gmail.com

Anahtar kelimeler: Bal, halk sağlığı, kontaminant, LC-MS/MS, neonikotinoid.

Investigation of Neonicotinoids Insecticides with LC-MS/MS in Honey Produced in Giresun

Abstract: Neonicotinoids are a significant threat to the environment and the food chain given their wide commercial distribution, mode of action, systemic properties, persistence, toxicity profiles of insecticides and metabolites, and their effects on living organisms. These substances, developed as an alternative to organophosphate and carbamate insecticides, pass to all parts of plants, including pollen and nectar, and can be transferred to products produced from these plants, especially bee products. With these systemic effects, neonicotinoids lead to negative effects on living things such as honey bees and wild bees, as well as other vertebrates. Currently, studies on neonicotinoid derivatives and their effects are increasing rapidly, and according to the results of the study, bans and restrictions are imposed on their use in different countries. The aim of the study was to determine the presence and amount of neonicotinoids in honey produced in Giresun province and to measure the level of pollution in the environment and possible public health risks it is revealed. For this purpose, 50 honey samples taken during the new harvest period from growers engaged in stationary beekeeping in areas close to Giresun's nut-growing regions were used as materials. The presence of neonicotinoid in the samples was detected by LC-MS/MS. According to the analysis results; imidacloprid was detected in 9 of 50 honey samples, thiomethoxam in 2, and both imidacloprid and thiomethoxam in 1 were above 10 ppb, which is the limit value, and neonicotinoids were determined in a total of 12 samples. As a result, the presence of possible neonicotinoids in honey, which is recommended for therapeutic consumption, a sine qua non of healthy diets with high nutritional value, is a potential danger to public health. Within the framework of good agricultural practice, the selection of beekeeping areas and the introduction of restrictions on the use of neonicotinoids in this direction in parallel with the EU are important for preventing possible risks.

*Corresponding author:
Seda Dicle KORKMAZ
Department of Food Processing, Espiye
Vocational School, Giresun University, 28600,
Espiye, Giresun-Turkey.
✉: diclekahraman@gmail.com

Keywords: Contaminant, honey, public health, LC-MS/MS, neonicotinoid

GİRİŞ

Neonikotinoidler, organofosfatlı ve karbamath insektisitlere alternatif olarak geliştirilen; tarım, bahçe ve ormancılıkta (tohum ıslahı, kereste koruma, su ürünleri yetiştiriciliği, çiftlik ve ev hayvanı vektör kontrol tedavileri vb.) yüzlerce ürünü de insekt ile mücadelede kullanılan, etkilerini nikotinik asetilkolin reseptörü üzerinde nörotoksisite oluşturarak gösteren kimyasal bir sınıftır (Cimino vd., 2017; Simon vd., 2015). Neonikotinoidler, 90'ların sonlarında yeni bir insektisit sınıfı olarak değerlendirilen, etkili ve geniş spektrumlu insektisidal aktiviteleri, benzersiz etki şekilleri ve memeliler için varsayılan daha düşük toksisite nedeniyle dünya çapında yaygın kullanım alanı bulmuştur. İmidakloprid, asetamiprid, klotianidin, thiacloprid, tiamethoksam, dinotefuran ve nitenpiram bu sınıfın üyeleri arasında olup arı ölümlerinden sorumlu oldukları düşünülmektedir. İlk kez 1980'lerde organofosfatlı ve karbamath insektisitlere alternatif olarak geliştirilmiş ve 1990'larda ilk ticari preparat olan imidakloprid ile kullanımları başlamıştır (Bonmatin vd., 2015; Çil vd., 2020).

Neonikotinoidler 3 alt sınıfa ayrılmaktadır. İlk nesil neonikotinoidler kloronikotiniller olup; imidakloprid (en yaygın), nitenpyram, acetamiprid ve thiacloprid, ikinci nesil neonikotinoidler tianikotinil olup thiamethoksam ve clothianidini, üçüncü nesil neonikotinoidler furanonikotiniller olup dinotefuranı kapsar (Tomizawa & Casida, 2005; Decourtye & James, 2010). 1990'ların sonlarından bu yana yeni bir insektisit sınıfı olarak ortaya çıkan neonikotinoidler, etkili ve geniş spektrumlu insektisidal aktiviteleri, benzersiz etki şekilleri, varsayılan düşük toksisite nedeniyle dünya çapında yaygın kullanım alanı bulmuştur. Hatta bazı araştırmacılar tarafından, kullanım miktarlarının yüksek olması ve zararlarının geç fark edilmesi açısından bu gruptaki pestisitleri DDT'ye benzetmektedir (Demares vd., 2018; Zhang vd., 2018). Toprakta, yer altı sularında, yabani otlarda kalıntı yüzdesinin yüksek olması, arı ve ürünlerindeki kalıntıları, uzun yarılanma ömrü, polinatörler üzerindeki etkileri nedeniyle neonikotinoid insektisitlerin potansiyel tehlikeleri tartışılmaktadır (Kartal, 2019).

Neonikotinoid insektisitler yağlı tohumlar, tahıllar, meyveler, sebzeler ve süs bitkileri gibi birçok tarımsal üründe kullanılmaktadır. Ayrıca çimlerde, ağaçlarda, yerleşim bölgelerindeki dış mekanlarda da insektisit olarak kullanım alanı bulmaktadır. Sistemik özellikleriyle suda kolay çözünüp bitkilerin kök ve yaprakları yoluyla emilerek tüm dokulara taşınan neonikotinoidler, polen ve nektar gibi kısımlarında da tespit edilmektedir. (Koc vd., 2008; Main vd., 2014). Bununla birlikte ana bileşiklerin ve bunların

metabolitlerinin çevreye ve besin zincirine aktarılabilmesi de, bu insektisitlerin kullanımı ile ilgili tedirginlik oluşturmaktadır (Sánchez vd., 2014). Gıdaların (sebze, meyve, arı ürünleri vb.) hemen her dokusuna penetre olup soyulma veya yıkanma yoluyla uzaklaştırılmamaktadır (Zhang vd., 2019). Örneğin; İnsan diyetinde sıklıkla bulunan çeşitli gıdalardaki neonikotinoid varlığını araştıran bir çalışmada, meyvelerin %72'sinde, sebzelerin %45'inde ve bal örneklerinin %50'sinde her bir örnek için en az iki farklı neonikotinoide rastlanmış, tüm polen örneklerinin de birden fazla neonikotinoid içerdiği ortaya konulmuştur. Tüm örnekler için, en yüksek saptama oranına sahip neonikotinoid imidaclopriddir (Chen vd., 2014).

Neonikotinoidler sistemik özellikleri nedeniyle hedef canlılar dışındaki canlıları da etkilemektedir. Neonikotinoidler, özellikle bal arıları ve yabani arılar gibi tozlaştırıcılar başta olmak üzere insanlar dahil omurgalılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. İnsan sağlığı üzerine direkt etkileri arasında fallot tetralojisi, anensefali, otizm spektrum bozuklukları, hafıza kaybı, tremor gibi gelişimsel ve nörolojik bozukluklar bulunmaktadır. Neonikotinoidlerin özellikle gelişim sırasında beyin işlevi için kritik öneme sahip nAChR reseptörlerini nikotine benzer şekilde etkilediği bilinmektedir. Bununla birlikte, memelilerde talamusta yoğun bulunan nöralproliferasyon, apoptoz, sinaps oluşumu, migrasyon gibi birçok görevde yer alan nAChR'lerin en belirgin alt tipi $\alpha 4\beta 2$ 'ye bağlanarak toksik etki oluşturup Alzheimer, Parkinson, şizofreni ve depresyon gibi birçok merkezi sinir sistemi bozukluğuna neden olduğu bildirilmektedir. Ayrıca neonikotinoidlerin endokrin bozukluğu, sperm üretim ve fonksiyonlarında azalma, dişilerde infertilite, erken ve ölü doğumlar, düşük yavru ağırlığı gibi olumsuz üreme ve gelişimsel etkileri bulunmaktadır (Chen vd., 2014; Gibbons vd., 2015).

Çevreye ve özellikle bal arılarına verdiği zarar nedeniyle Kanada'da 2015 yılında bütün neonikotinoidlerin, 2018 yılında Avrupa Birliği'nde clothianidin, imidakloprid ve thiamethoksam kullanımı yasaklanmıştır. Amerika'nın bazı eyaletlerinde sınırlandırmalar getirilmesine rağmen halen neonikotinoid kullanımı devam etmektedir. Türkiye'de ise acetamipridin kullanımına izin verilirken clothianidin yasaklanmış, imidakloprid, thiacloprid ve thiamethoksam kullanımlarına ise çeşitli sınırlandırmalar getirilmiştir (EC, 2014; PMRA, 2015; TOB, 2022).

Neonikotinoid kalıntılarının analizine odaklanan yöntemlerde, meyve ve sebzelerin yanı sıra hayvansal gıdalarda da kalıntı düzeyleri araştırılmaktadır. Neonikotinoidlerin doğada yaygın olarak kullanılması ve bal arılarına etkileri göz önüne alındığında baldaki kalıntılarının varlığı ve miktarının uygun analitik

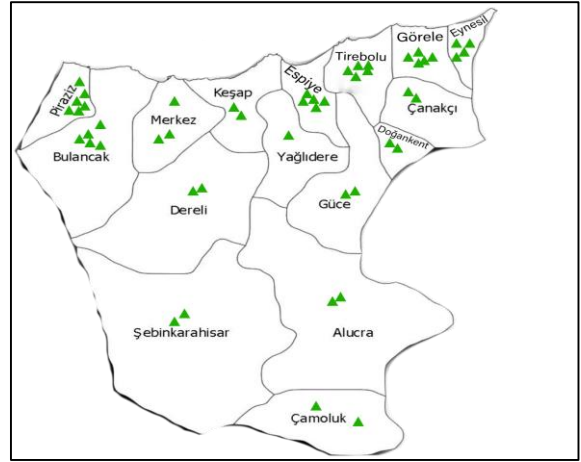
yöntemlerle tespiti gerekliliği dikkati çekmektedir. Ancak çok az sayıda yayın baldaki neonikotinoid kalıntılarının analizini özel olarak hedeflemektedir (Proietto vd., 2013; Gbylik vd., 2015). 2000'li yıllarda geliştirilen ve ilk olarak 2003 yılında bildirilen QuEChERS tekniği hızlı ve eksiksiz bir ekstraksiyon ve temizleme prosedürüdür (Eurochem Guide, 2014). Bu çalışmada bu yöntem tercih edilerek, bal gibi, yoğun şeker konsantrasyonuna sahip matrislerden, güvenilir sonuçlar elde etme şansı arttırılmıştır. Neonikotinoidlerin tespit ve miktar analizlerinde, başlıca gaz kromatografisi veya sıvı kromatografisi gibi kromatografik metodlar yanında, UV/diyot dizisi, floresans, elektrokimyasal veya kütle spektrometrisi gibi farklı birçok teknik de kullanılmaktadır (Cicero vd., 2017).

Baldaki pestisit kalıntı çalışmaları ile ilgili Türkiye'de birçok çalışma bulunmasına rağmen neonikotinoid grubunun bal ve diğer arı ürünlerinde kalıntısına ilişkin yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Türkiye'nin de aralarında olduğu bir çalışmada, dünyanın farklı bölgelerindeki yerel üreticilerden 198 bal örneği toplanmış ve neonikotinoid varlığı bakımından incelenmiştir. Bu balların %75'inde neonikotinoid kalıntılara rastlanmıştır (EC, 2002; Mitchell vd., 2017). Benzer şekilde Avusturya'nın farklı bölgelerinden toplanan 41 bal numunesindeki neonikotinoid kalıntılarının LC-MS/MS ile araştırıldığı çalışmada üç neonikotinoidin varlığı dikkat çekmiştir; tiakloprid (18 numune), asetamiprid (2 numune) ve tiyametoksam (1 numune). Ancak numunelerdeki kalıntı düzeyleri MRL'lerle karşılaştırıldığında, tümünün ilgili sınırların altında olduğu bildirilmiştir (Tanner & Czerwenka, 2011).

Türkiye'de fındık başta olmak üzere yoğun tarımsal faaliyetin yapıldığı Giresun ili ve çevresinde arıcılığında yaygın olması örneklerin bu bölgeden temin edilmesinde en önemli etkidir. Çalışmada amaç, Giresun ve çevresinde üretilen ballarda neonikotinoid varlığı ve miktarının tespit edilerek çevredeki kirlilik seviyesinin ölçülmesi ile olası halk sağlığı risklerinin ortaya konulmasıdır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Materyali: Çalışmada Giresun ilinde sabit arıcılık yapan yetiştiricilerden hasat döneminde temin edilen 50 adet süzme bal örneği materyal olarak kullanılmıştır. Toplanan bal örnekleri cam kavanozlara alınarak analiz aşamasına kadar laboratuvarında 20 ± 2 °C'de muhafaza edilmiştir. Giresun ilinde balların temin edildiği örnekleme alanları Şekil 1.'de verilmiştir. Örneklere ait neonikotinoid kalıntısı varlığı ve miktarı (asetamiprid, klotianidin, tiakloprid, imidakloprid, nitenpiram, tiamethoksam ve dinotefuran), sıvı kromatografi-kütle spektrofotometresi (LC-MS/MS) kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Giresun ilinde bal örneklerinin temin edildiği örnekleme alanları. **Figure 1.** Sampling areas where honey samples are collected in Giresun.

Yöntemler: Bu çalışmada, bal örnekleri modifiye Quechers AOAC 2007.01 yöntemi ile hazırlanarak LC-MS/MS ile analizi ve miktarlandırması yapılmıştır (Anastassiades vd., 2003; Lehotay vd., 2005).

Kimyasallar ve Reaktifler: Analizler için kullanılan asetonitril ve metanol HPLC saflıkta olup Merck firmasından temin edilmiştir (Darmstadt, Germany). Mobil faz tampon için formik asit (J.T.Baker, Holland) ve amonyum format (Fluka, USA) kullanılmıştır. Numune hazırlama işleminde Quechers tuz karışımları; 1. set magnezyum sülfat ve sodyum asetat karışımı ile 2. set için magnezyum sülfat, karbon 18 ve primersekonderamin (PSA) karışımları (Chromatific, Germany) kullanılmıştır. Ultra saf su Millipore Direct-Q 3UV su arıtma düzeneğinden elde edilmiştir (Merck, Germany). Sertifikalı analitik saflıkta standartlar Dr.Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany) markadır. Stok çözeltiler 10 ml hacimde %0,1 asetik asit içeren asetonitrilde hazırlanmıştır. 1mg/ml derişimde hazırlanarak -18°C'de saklanmıştır. Seyreltme işlemlerinde %0,1 asetik asit içeren asetonitril kullanılmıştır. Kalibrasyon çözeltileri, pestisit içermeyen numunelerin hazırlandığı çözeltiler kullanılarak oluşturulmuştur. Matris eşleşmiş olarak hazırlanan kalibrasyon çözeltilerinde matris çözelti miktarı %90 oranında tutulmuştur.

Ekstraksiyon Aşaması: Numune hazırlama aşamasında, 5 gr numune ile çalışılmıştır. Numunelerin ekstraksiyon aşamasında Quechers yöntemi kullanılmıştır (Anastassiades vd., 2003; Lehotay vd., 2005).

Bal numuneleri karıştırılarak homejen hale getirildikten sonra 5,0 gr örnek 50 ml santrifüj tüpüne tartılarak alındı. Üzerine 10 ml saf su ilave edilerek vorteks karıştırıcıda 30 sn karıştırıldı. 15 ml % 1 asetik asit içeren asetonitril eklendi ve elde 1 dk çalkalandı. Homojen hale getirilen çözelti üzerine 6,0 gr MgSO₄ ve 1,5 gr Sodyum asetat ilave edilip elde 1 dk daha çalkalandı. 4000 devirde 5 dakika santrifüj yapıldıktan sonra, üst fazdan 8 ml

alınarak 15 ml'lik santrifüj tüpüne aktarıldı. Bunun üzerine 1,2 gr MgSO₄ ve 400 mg PSA içeren tuz karışımı eklenerek elde 1 dk karıştırıldı ve 4000 devirde 5 dakika santrifüj yapıldı. Santrifüj sonrası üst fazdan 1 ml alınarak 0,45 µm enjektör filtreden süzülerek vialde alındı. LC-MS/MS sistemine enjekte edildi. Matriks eşleştirilmiş (Matrix Matched) kalibrasyon çözeltilerinin hazırlanması için analizi yapılmış bal numunelerinden, içeriğinde pestisit kalıntısı tespit edilememiş olan numune ekstraktı ile standart çözeltiler hazırlanmıştır.

LC-MS/MS: Hazırlanan bal numunelerinin neonikotinoid içeriği tespitinde, Elektrosprey pozitif iyonlaşma ile LC-MS/MS sistemi (Agilent 6460, USA) kullanılmıştır.

Miktarlandırma çalışmalarında matriks girişimleri göz önünde bulundurularak, temiz olduğu belirlenen numune ile ekstraktı matriks eşleşmiş kalibrasyon çözeltileri hazırlandı. Sistem koşulları aktif madde bazında optimize edilerek en hassas voltaj değerleri bulundu. Bu değerler sırasıyla Ana iyon, Parçalanma iyonları, Parçalama enerjisi ve Fragmentasyon voltajı'dır. Pestisit tayini için kullanılacak cihaz koşulları Tablo 1.'de, MRM geçiş bilgileri Tablo 2.'de verilmiştir.

Table 1. HPLC ve MS sistemine ait koşullar.

Table 1. HPLC and MS system conditions.

Mobil Faz	A: 5mM Amonyum Format+% 0,1 Formik asit içeren su B: 5mM Amonyum Format+% 0,1 Formik asit içeren metanol
Kolon	Agilent Poroshell SB-C18 3mm x 100mm x 2,7µm
Kolon Fırın Sıcaklığı	35 °C
Enjeksiyon Hacmi	5 µl
Analiz süresi	16 dakika
Pompa Gradient programı (süre-%B)	0 dk-%20B, 0.2 dk-%20B, 3 dk-%70B, 6dk-%95B, 12dk-%95B, 12.1dk-%20B
MSMS koşulları	MRM modu, pozitif ESI Kurutma gazı: 300 °C Kurutma gaz akışı: 11 L/dk Nebülizatör: 40 ps Kapiler voltaj: 4000 V

Table 2. Belirlenen neonikotinoidler için MRM geçişleri.

Table 2. MRM transitions for neonicotinoids.

	Ana iyon	Parçalanma iyonu	Fragmentör voltajı	Çarpışma enerjisi	İyonlaşma modu
Acetamiprid	223,1	56	80	11	Positive
Acetamiprid	223,1	126	80	15	Positive
Clothianidin	250	132	120	12	Positive
Clothianidin	250	169	120	8	Positive
Dinotefuran	203	129	130	8	Positive
Dinotefuran	203	114	130	12	Positive
Imidacloprid	256,1	175	80	12	Positive
Imidacloprid	256,1	209	80	10	Positive
Nitenpyram	271,1	126	120	25	Positive
Nitenpyram	271,1	225	120	2	Positive
Thiacloprid	253	126	90	17	Positive
Thiacloprid	253	186	90	40	Positive
Thiamethoxam	292	181	80	19	Positive
Thiamethoxam	292	211	80	5	Positive

Validasyon: Metot validasyon çalışmalarında Eurochem kılavuzu ve SANCO 12571/2013 referans olarak alınmıştır (Eurochem Guide, 2014; EC, 2014).

Çalışılan validasyon parametreleri spesifiklik, doğruluk, tekrarlanabilirlik, tespit ve teşhis limiti ve lineerlik'tir. Spesifiklik için kör numuneler, solventler, referans standartlar ve örneğe katım yapılmış (spike) çözeltiler çalışılmıştır. Her bir MRM geçişinin kontrolü, alıkonma süresi ve oluşan ürün iyonlarının oranı değerleri

sağlanmıştır. LOD ve LOQ değerleri, spike yapılmış örneklerin sinyal:gürültü oranına göre hesaplanmıştır. Miktarlandırma için kullanılan kalibrasyon eğrisi 7 noktalı olarak hazırlanmıştır (1-100 ppb).

BULGULAR

Aktif maddelerin optimizasyonu için, asetonitril içerisinde hazırlanmış 5ppm standart çözeltiler kullanılmıştır. Kütle dedektör parametreleri en uygun voltaj değerleri bulunarak optimize edilmiştir. Bu değerler Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Metot validasyon çalışmaları, Eurochem kılavuzu ve EC direktifi 2002/657 kılavuzlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Eurochem Guide, 2014; EC,2002). Geri kazanım (GK) değerleri %70-120 aralığında, tekrarlanabilirlik değeri ise %15'ten küçük olarak tüm analitler için elde edilmiştir. Kalibrasyon eğrileri 2.5-100ppb aralığında kullanılmıştır, tüm analitler için $r^2 > 0.99$ değeri sağlanmıştır. Detaylar Tablo 3.'de verilmiştir.

Table 3. Kalibrasyon, LOD, LOQ, % GK değerleri.

Table 3. Calibration, LOD, LOD, % Regain values.

Aktif madde	Kalibrasyon 2,5-100ppb	r2	LOD ng/ml	LOQ ng/ml	GK % 10µg/kg
Acetamiprid	y=4126,6x-1694,4	0,9996	0,5	2,0	86,4±6.2
Clothianidin	y=1493,3x-570	0,9936	0,6	2,0	87,6±9.4
Dinotefuran	y=2445,0x-444.4	0,9995	0,4	1,2	82,5±12.2
Imidacloprid	y=4874,9x-611	0,9964	0,2	0,7	89,7±7.6
Nitenpyram	y=4740,3x-3134	0,9986	0,6	2,1	83,8±11.2
Thiacloprid	y=6744,6x-1658	0,9994	0,1	0,5	84,9±8.1
Thiamethoxam	y=2801,9x-1384	0,9995	0,3	1,1	94,1±6.5

Analize alınan toplam 50 adet bal örneğinden 12'sinde LOQ seviyesinden (10 ppb) yüksek neonikotinoid grubu insektisitlere rastlanmıştır. Buna göre 10 örnekte imidacloprid miktarı 0.012-0.086 mg/kg aralığında bulunurken, 3 örnekte (G1,G2,G8) thiomethoxam (0.016; 0.018; 0.024 mg/kg) saptanmıştır. Ayrıca, örneklerden 1'inde (G2), hem imidacloprid hemde thiomethoxam saptanırken değerler sırasıyla; 0.013 mg/kg ve 0.018 mg/kg'dır. Analize alınan bal örneklerine ait sonuçlar Tablo 4.'de verilmiştir.

Table 4. Neonikotinoid kalıntısı saptanan bal örnekleri ve miktarları (mg/kg).

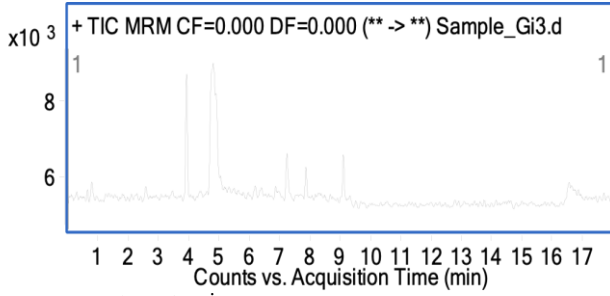
Table 4. Honey samples detected neonicotinoid residuals and amounts (mg/kg).

Örnek	Imidacloprid mg/kg	Thiomethoxam mg/kg
Sample-G1	<LOQ	0,016
Sample-G2	0,013	0,018
Sample-G3	0,041	<LOQ
Sample-G5	0,063	<LOQ
Sample-G7	0,012	<LOQ
Sample-G8	<LOQ	0,024
Sample-G10	0,074	<LOQ
Sample-G11	0,057	<LOQ
Sample-G18	0,023	<LOQ
Sample-G20	0,086	<LOQ
Sample-G22	0,012	<LOQ
Sample-G30	0,025	<LOQ

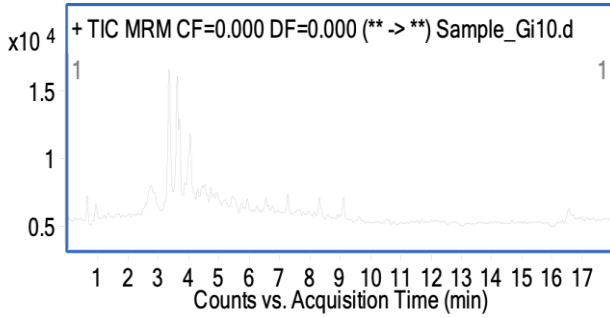
LOQ: 10ppb

İmidacloprid saptanan ballardan, örnek G3 ve G10'a ait Toplam İyon Kromatogramları (TIC) Şekil 2. ve 3.'de, imidacloprid standart madde için Çoklu Reaksiyon

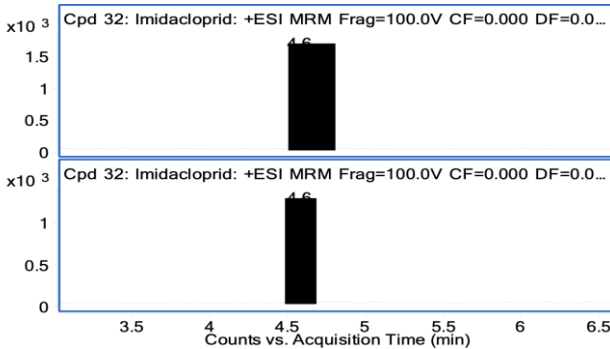
Takibi (MRM) gösteren kromatogram, Şekil 4.'te verilmiştir.



Şekil 2. G3'e ait Toplam İyon Kromatogramı.
Figure 2. Total ion chromatogram of G3 sample.



Şekil 3. G10'a ait Toplam İyon Kromatogramı.
Figure 3. Total ion chromatogram of G10 sample.



Şekil 4. Imidacloprid standart madde için MRM kromatogramı.
Figure 4. MRM chromatogram for standart imidacloprid substance.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Giresun ilinde yetiştiricilik yapan arıcılardan direkt temin edilen 50 adet süzme bal örneğinde asetamiprid, klotianidin, dinotefuran, imidakloprid, nitenpiram, tiakloripid ve tiametoksam varlığı LC-MS/MS kullanılarak araştırılmış; 12 örnekte neonikotinoid grubu insektisitlere rastlanmıştır. Örneklerin 9'unda imidakloprid, 2'sinde tiametoksam saptanırken, 1 örnekte hem imidakloprid hem tiametoksam belirlenmiştir.

Sánchez-Hernández vd. (2016); tiametoksam, klotianidin ve imidakloprid neonikotinoidlerini ve bunların metabolitlerini bal örneklerinde LC/QTOF-MS ile araştırırken, balların toplandığı lokasyonları özellikle ayçiçeği ve mısır tarlaları yakınlarından seçmiş ve sonuçları da buna göre değerlendirmiştir. Buna göre bal

örneklerinde 3 ana neonikotinoide rastlanmadığını bildiren araştırmacılar, ayçiçeği bitkilerinin yanındaki arı kovanlarından toplanan tüm örneklerde tiametoksam metabolitleri TM5 ve TM13 saptarken, mısır bitkilerinin yakınından toplanan bal örneklerinde ise imidakloprid metabolitleri IMI4 ve IMI-15 bulunduğunu bildirmiştir (Sánchez-Hernández vd., 2016). Bu çalışmada benzer olarak neonikotinoid saptanan örneklerin 10'unda imidakloprid saptanması, kontaminasyon kaynağının örneklerin toplandığı bölgede yaygın olarak yapılan mısır yetiştiriciliğine ilişkin olduğunu düşündürmektedir. Bu durum, tarım arazilerine yakın bölgeler ile uzak alanlarda üretilen ballarda neonikotinoid düzeyinin farklı olabileceğini de göstermektedir. Böylece çalışma, kovanların bulunduğu bölgeler dikkate alınarak yapılacak benzer çalışmalara da zemin hazırlayacaktır. Buna göre, hem örnek sayısı artırılıp hem de örneklerin temin edildikleri bölgeler dikkate alındığında neonikotinoid kontaminasyonuna ilişkin daha detaylı bilgi edinilebileceği düşünülmektedir.

Lu vd. (2016) yaptığı çalışmada ise Massachusetts'de 62 farklı kovandan alınan bal örneklerinde, çalışmamızda araştırılan 8 farklı neonikotinoid varlığı araştırmıştır. Örneklerin, %57'sinin en az bir, %15'inin de iki farklı neonikotinoid içerdiğini bildirmişlerdir. Sonuçlar, çalışmamızdaki örneklere ait kontaminasyon niteliği ile benzerlik gösterirken, kontamine olan örnek miktarı daha fazladır (Lu vd., 2016). Bir başka çalışmada, Sırbistan-Voyvodina'nın 7 bölgesinden, farklı orijinlere ait (ayçiçeği, çiçek, ıhlamur ve akasya) 104 bal örneği toplanmış ve HPLC-DAD metodu ile neonikotinoid kalıntıları araştırılmıştır. Beş çiçek balı örneğinde tiakloprid, 4 ayçiçeği balı örneğinde imidakloprid tespit edildiği bildirilmiştir. Ancak bu örneklerdeki seviyelerin hepsinin maksimum kalıntı limitlerinin (MRL) altındaki konsantrasyonlarda olduğu da vurgulanmıştır (Jovanov vd., 2015). Ayrıca Tanner ve Czerwenka tarafından yapılan çalışmada saptanan neonikotinoidler, çalışma sonuçlarımız ile benzerlik göstermektedir (Tanner&Czerwenka, 2011)

Sonuç olarak; neonikotinoid pestisitler, tarımsal üretim aşamalarında, tohum ıslah çalışmalarında zararlı böcek enfestasyonuna karşı kullanım amacıyla ruhsatlandırılmışlardır. Ancak yapılan çalışmalar, neonikotinoid pestisit grubu tarım ilaçlarının, hiç de masum olmadıklarını, tarımsal ürünlerde zararlı böceklerle karşı korunma amacıyla kullanılırken, diğer yandan bal arıları ve diğer ekolojik canlılar açısından toksik etkilere yol açabileceklerini göstermiştir. Besleyici değeri yüksek, sağlıklı diyetlerin olmazsa olmazı, tedavi amaçlı tüketimi önerilen ballardaki olası neonikotinoid varlığı, halk sağlığı açısından potansiyel bir tehlikedir. Bal ve arı ürünlerini özellikle çocuk ve yaşlıların sıklıkla tükettiği göz önüne

alındığında neonikotinoid kontaminasyonunun oluşturabileceği sağlık riskleri son derece önem arz etmektedir. Neonikotinoidlerin ürün yüzeyinde kalmayıp ürünün dip kısımlarına da penetre olması nedeniyle Avrupa Birliği ve diğer ülkelerde kullanımına kısıtlama ve yasaklamalar getirilmiştir. İyi tarım uygulaması çerçevesinde arıcılık yapılan alanların seçimi ve AB'ye paralel olarak bu yönde neonikotinoid kullanımına sınır getirilmesi oluşabilecek risklerin önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Neonikotinoidlerin kullanım şekillerini ve canlı organizmalar üzerindeki etkilerini anlamak için artan araştırma çabalarına rağmen, canlılarda görülen riskleri değerlendirmek için dünyadaki neonikotinoid kirliliğinin dağılımına dair küresel veriler yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle, başta arılar olmak üzere tarımsal üretimi ve tüm canlıların ömrünü etkileyebilecek farklı inorganik ve organik kirlenici maddeleri göz önünde bulundurarak neonikotinoidleri değerlendirmek için düzenli izleme programlarının yapılması önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Giresun Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından SAĞ-BAP-A-250221-57 nolu proje ile desteklenmiştir. Çalışmalarımızın gerçekleşmesine imkan sunan Giresun Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anastassiades, M., Lehotay, S.J., Stangbaher, D. & Schenck, F.J. (2003).** Quick, easy, cheap, effective (QueChERS) method for determining pesticide residue. *Journal of AOAC International*, *86*(2), 412-431. DOI: 10.1093/jaoac/86.2.412
- Bonmatin, J.M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Bonmatin L., Kreuzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., Marzaro M., Mitchell E.A.D., Noome, D.A., Simon-Delso, N. & Tapparo, A. (2015).** Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*(1), 35-67. DOI: 10.1007/s11356-014-3332-7
- Chen, M., Tao, L., Mclean, J. & Lu, C. (2014).** Quantitative Analysis of Neonicotinoid Insecticide Residues in Foods: Implication for Dietary Exposures. *Journal of Agricultural Food Chemical*, *62*, 6082-6090. DOI: 10.1021/jf501397m
- Cicero, N., Naccari, C., Cammilleri, G., Giangrosso, G., Cicero, A., Gervasi, T. & Ferrantelli, V. (2017).** Monitoring of neonicotinoid pesticides in beekeeping. *Natural product research*, *31*(11),

1258-1262.

DOI:

[10.1080/14786419.2016.1236101](https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1236101)

- Cimino, A.M., Boyles, A.L., Thayer, K.A. & Perry, M.J. (2017).** Effects of Neonicotinoid Pesticide Exposure on Human Health: Systematic Review. *Environmental Health Perspective*, *125*(2): 155-162. DOI: 10.1289/EHP515
- Çil, G.İ., Korkmaz, S.D., Ozansoy, G. & Küplülü, Ö. (2020).** Türkiye'deki bal örneklerinde neonikotinoid varlığının LC-MS/Q-TOF Yöntemi ile tespiti. *MAKU J. Health Sci. Ins.*, *8*(1):11-17. DOI: 10.24998/maeusabed.695570
- Decourtye, A. & James, D. (2010).** Insect nicotinic acetylcholine receptors. In: Thany, S. H. (eds) Ecotoxicity of neonicotinoid insecticides to bees. 85-95p, Springer, New York.
- Démares, F.J., Pirk, C.W., Nicolson, S.W. & Human, H. (2018).** Neonicotinoids decrease sucrose responsiveness of honeybees at first contact. *Journal of Insect Physiology*, *108*, 25-30. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2018.05.004
- Eurochem Guide. (2014).** The Fitness for Purpose of Analytical Methods—A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. B. Magnusson and U. Ornemark (eds.) (2nd ed.) ISBN978-91-87461-590
https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf (5.6.2021)
- European Commission. (2002/657/EC).** Commission Decision of 12 August 2002 implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results (Text with EEA relevance) (notified under document number C (2002) 3044) <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ed928116-a955-4a84-b10a-cf7a82bad858/language-en> (22.6.2021)
- European Commission. (2014).** Safety of the food chain Chemicals, contaminants, pesticides. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. SANCO/12571/2013. https://www.eurlpesticides.eu/library/docs/allcrl/AqcGuidance_Sanco_2013_12571.pdf (8.6.2022)
- European Commission. (2020).** Neonicotinoids. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/approval_active_substances/approval_renewal/neonicotinoids_en (27.02.2020).
- Gbylik-Sikorska, M., Sniegocki, T. & Posyniak, A. (2015).** Determination of neonicotinoid insecticides and their metabolites in honey bee and honey by liquid chromatography tandem massspectrometry. *Journal of Chromatography*

- B, **990**, 132-140. DOI: [10.1016/j.jchromb.2015.03016](https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2015.03016)
- Gibbons, D., Morrissey C. & Mineau, P. (2015)**. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environmental Science Pollution Research International*, **22**(1): 103-108. DOI: [10.1007/s11356-014-3180-5](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3180-5)
- Jovanov, P., Guzsvány, V., Lazić, S., Franko, M., Sakač, M., Šarić, L. & Kos, J. (2015)**. Development of HPLC-DAD method for determination of neonicotinoids in honey. *Journal of Food Composition and Analysis*, **40**, 106-113. DOI: [10.1016/j.jfca.2014.12.021](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.021)
- Kartal, M.N. (2019)**. Neonicotinoid pesticide applications outcomes; contaminate honey and honey bees. *Turkish Journal of Public Health*, **17**(1):88-91. DOI: [10.20518/tjph.405719](https://doi.org/10.20518/tjph.405719)
- Koc, F., Yigit, Y., Das, Y.K., Gurel, Y., & Yarali, C. (2008)**. Determination of Aldicarb Propoxur Carbofuran Carbaryl and Methiocarb Residues in Honey by HPLC with Post-column Derivatization and Fluorescence. *Journal of Food and Drug Analysis*, **16**(3), 39-45. DOI: [10.38212/2224-6614.2356](https://doi.org/10.38212/2224-6614.2356)
- Lehotay, S.J., Mastovska, K. & Lightfield A.R. (2005)**. Use of Buffering and other means to improve results of problematic pesticides in a fast and easy method for residue analysis of fruits and vegetables. *Journal of AOAC International*, **88** (2), 615-629.
- Lu, C.A., Chang, C.H., Tao, L. & Chen, M. (2016)**. Distributions of neonicotinoid insecticides in the Common wealth of Massachusetts: a temporal and spatial variation analysis for pollen and honey samples. *Environmental Chemistry*, **13**(1), 4-1. DOI: [10.1071/EN15064](https://doi.org/10.1071/EN15064)
- Main, A.R., Headley, J.V., Peru, K.M., Michel, N.L., Cessna, A.J. & Morrissey, C.A. (2014)**. Wide spread use and frequent detection of neonicotinoid insecticides in wetlands of Canada's Prairie Pothole Region. *PloSone*, **9**(3).
- Mitchell, E.A., Mulhauser, B., Mulot, M., Mutabazi, A., Glauser, G. & Aebi, A. (2017)**. A world wide survey of neonicotinoids in honey. *Science*, **358**(6359), 109-111.
- PMRA. (2015)**. Pesticide Incident Reporting Database. Health Canada Pest Management Regulatory Agency. <http://pr-rp.lc-sc.gc.ca/pi-ip/disclaimer-avis-avertissement-eng.php> (Erişim 27.02.2020)
- Proietto Galeano, M., Scordino, M., Sabatino, L., Pantò, V., Morabito, G., Chiappara, E. & Gagliano, G. (2013)**. UHPLC/MS-MS analysis of six neonicotinoids in honey by modified QuEChERS: method development, validation, and uncertainty measurement. *International Journal of Food Science*, **2013**. DOI: [10.1155/2013/863904](https://doi.org/10.1155/2013/863904)
- Sánchez-Hernández, L., Hernández-Domínguez, D., Bernal, J., Neusüb, C., Martín, M.T. & Bernal, J.L. (2014)**. Capillary electrophoresis-mass spectrometry as a new approach analyze neonicotinoid insecticides. *Journal of Chromatography A*, **1359**, 317-324. DOI: [10.1016/j.chroma.2014.07.028](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.07.028)
- Sánchez-Hernández, L., Hernández-Domínguez, D., Martín, M.T., Nozal, M.J., Higes, M. & Yagüe, J.L.B. (2016)**. Residues of neonicotinoids and their metabolites in honey and pollen from sunflower and maize seed dressing crops. *Journal of Chromatography A*, **1428**, 220-227. DOI: [10.1016/j.chroma.2015.10.066](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.10.066)
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Chagnon, M., Downs, C. & Goulson, D. (2015)**. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, **22**(1), 5-24. DOI: [10.1007/s11356-014-3470-y](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y)
- Tanner, G. & Czerwenka, C. (2011)**. LC-MS/MS analysis of neonicotinoid insecticides in honey: methodology and residue findings in Austrian honeys. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**(23), 12271-12277. DOI: [10.1021/jf202775m](https://doi.org/10.1021/jf202775m)
- Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü. (TOB). (2022)**. Imidacloprid, Thiomethoxam ve Thiram Aktif Maddeli Bitki Koruma Ürünleri Hk. (6950658 sayı). <https://bku.tarimorman.gov.tr/Duyuru/DuyuruDetay/85?csrt=3598786223508364038> (13.2.2023)
- Tomizawa, M. & Casida, J.E. (2005)**. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Reviews in Pharmacology and Toxicology*, **45**, 247-268.
- Zhang, Q., Li, Z., Chang, C.H., Lou, J.L., Zhao, M.R. & Lu, C. (2018)**. Potential human exposures to neonicotinoid insecticides: a review. *Environmental Pollution*, **236**, 71-81. DOI: [10.1016/j.envpol.2017.12.101](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.101)
- Zhang, Q., Lu, Z., Chang, C., Yu, C. & Wang, X. (2019)**. Dietary risk of neonicotinoid insecticides through fruit and vegetable consumption in school-age children. *Environment International*, **126**, 672-681. DOI: [10.1016/j.envint.2019.02.051](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.051)



Effect of Natural Diatomite Different Sizes on Ammonia Adsorption in Aquarium Water

Dilek ŞAHİN^{1*} Meryem ÖZ² Ünal ÖZ²

¹ Sinop University, Vocational School, 57000 Sinop, Turkey.

² Sinop University, Fisheries Faculty, 57000 Sinop, Turkey.

Geliş/Received: 12.06.2023

Kabul/Accepted: 07.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

w to cite: Şahin, D., Öz, M. & Öz, Ü. (2023). Effect of Natural Diatomite Different Sizes on Ammonia Adsorption in Aquarium Water. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 333-337. <https://doi.org/10.35229/jaes.1313222>

Atf yapmak için: Şahin, D., Öz, M. & Öz, Ü. (2023). Farklı Boyutlardaki Doğal Diatomitin Akvaryum Suyunda Amonyak Adsorpsiyonu Üzerine Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 333-337. <https://doi.org/10.35229/jaes.1313222>

* <https://orcid.org/0000-0003-4454-9030>
<https://orcid.org/0000-0002-7803-8207>
<https://orcid.org/0000-0003-1918-3284>

Abstract: In this study, it was aimed to examine the effects of four different sizes of diatomite on the retention of ammonium in water. The trial was planned into 5 groups of 3 replicated without fish and aeration. In the plastic aquariums where the trial was conducted, 500 ml of tap water, 0.5 g (47.5% crude protein, 6.5% crude oil, 2% cellulose, 6% moisture) and 3 g of diatomites of different sizes (excluding the control group) were placed in each replicate. When the mean water parameter values at the end of the trial were examined, there was no statistical difference in water temperature, dissolved oxygen and pH values ($P>0.05$). However, in NH_4 and TAN values, it was found that the statistically determined difference between the groups was significant ($P<0.05$). When the ammonium values were compared between the diatomite groups and the control group, it was found that 25.27%, 28.62%, 31.82% and 34.45% lower in D1, D2, D3 and D4 groups, respectively. As a result, diatomites of different sizes; It has been established that it does not have a negative effect on important water parameters such as pH and dissolved oxygen. According to the results of this study, in which the effects of four different sizes of diatomite on water parameters were investigated, show that it can contribute positively to keeping ammonia values, which is extremely important especially for fish farming, at lower values.

*Corresponding author:

Dilek ŞAHİN
Sinop University, Vocational School, 57000
Sinop, Türkiye.
✉: dsahin@sinop.edu.tr

Keywords: Diatomite sizes, ammonia, adsorption, aquaculture.

Farklı Boyutlardaki Doğal Diatomitin Akvaryum Suyunda Amonyak Adsorpsiyonu Üzerine Etkisi

Öz: Bu çalışmada, dört farklı boyuttaki diatomitin sudaki amonyumun tutulması üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Deneme, balık ve havalandırma olmayan 3 tekerrürlü 5 grup olarak düzenlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü plastik akvaryumlarda her bir tekrere 500 ml çeşme suyu, 0.5 g (%47,5 ham protein, %6,5 ham yağ, %2 selüloz, %6 nem) ve 3'er g farklı boyutlardaki diatomitlerden (kontrol grubu hariç) konulmuştur. Deneme sonunda, akvaryumlardan alınan su örneklerinde su kalite parametreleri olarak ortalama su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve pH değerlerinde istatistiki olarak bir fark tespit edilmemiştir ($P>0.05$). Ancak, NH_4 ve TAN değerlerinde ise gruplar arasında istatistiki olarak belirlenen farkın önemli olduğu bulunmuştur ($P<0.05$). Amonyum değerleri, diatomitli gruplar ile kontrol grubu arasında karşılaştırıldığında sırasıyla D1, D2, D3 ve D4 gruplarında %25.27, %28.62, %31.82 ve %34.45 oranında daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Sonuç olarak farklı boyutlardaki diatomitler pH ve çözülmüş oksijen gibi önemli su parametrelerine olumsuz bir etki yapmadığı tespit edilmiştir. Dört farklı boyuttaki diatomitin su parametreleri üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar özellikle balık yetiştiriciliği açısından son derece öneme sahip olan amonyak değerlerinin daha düşük değerlerde tutulmasına olumlu katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Diatomit boyutu, amonyak, adsorpsiyon, su ürünleri yetiştiriciliği.

INTRODUCTION

Providing optimum water conditions and healthy nourishment is essential for sustainable aquaculture practices. Natural additives are being employed to enhance both water parameters and nutritional quality. Zeolite, leonardite, and diatomite, which are among the natural raw

materials of our country, are minerals that can be used in many fields (agriculture, aquaculture, wastewater treatment, etc.) and are referred to as the mines of the century. High organic matter content in the effluents of aquaculture facilities can promote or increase eutrophication and algal bloom and therefore pose serious problems for the aquatic ecosystem. It is usually characterized by the increase in

dissolved nitrogen and phosphorus content resulting from unconsumed feed residues and metabolic wastes of fish. Ammonia is the main nitrogenous waste produced by fish through metabolism (Cao et al., 2007). More than 90% of wastes in aquaculture pass into the water through unconsumed nutrients and fish excrement (Hlordzi et al., 2020). Ornamental fish culture, which constitutes an important place in the aquaculture industry and is a million-dollar sector, can benefit from these raw materials as filtration, decoration, and feed additive materials for the regulation of aquariums.

Materials that have gained commercial product characteristics as a substrate material in aquariums can be listed as sand, gravel, coral fragments, shellfish fragments, lava stone, quartz, etc. In addition to their use in aquatic plant cultivation, ground materials are also used for balancing the water (nitrogen and phosphorus cycles). In this sense, features such as inexpensiveness, processability, having no hazardous release into the water, and physical and chemical compatibility are very important. Diatomite also possesses features that can be functional in this regard. However, there is not sufficient research on the use of diatomite in aquaculture.

Diatomite is a biochemical sedimentary rock composed mainly of skeletons of diatoms, a very common type of marine plankton. Diatoms are small plants that float near the ocean surface. Their skeletons are composed of silica (silicon dioxide), a very durable substance. Since diatom skeletons are highly porous, diatomite is extremely light and their pure samples constitute excellent water filters (Yıldız, 2008; Medarevic et al. 2016; Qi et al. 2017). Diatomite is also a promising adsorbent substrate due to its natural porous or channel structure and low price (Ivanov and Belyakov, 2008; Zong et al. 2018).

Öz et al. (2022) reported in their study that diatomite retains ammonia in the water. In the present study, the effects of four different sizes of diatomite on ammonium retention in water and certain other water parameters were determined.

MATERIAL AND METHOD

Experimental materials and design: The diatomites used in the study were obtained from Nanotech Construction Chemistry Mining and Logistic Ind. & Trd. Inc. Diatomites in 4 different sizes (powder, 1-3 mm, 3-5 mm, 5-7 mm) were used in the experiment.

The experiment was designed to consist of 5 groups with 3 replications without fish and aeration. In the plastic aquariums where the experiment was conducted, each replication consisted of 500 ml of tap water, 0.5 g of feed (47.5% crude protein, 6.5% crude oil, 2% cellulose, 6% moisture), and 3 g of different-sized diatomites (except the

control group). The 1st group (D1) received powder diatomite, 2nd group (D2) received 1-3 mm diatomite, 3rd group (D3) received 3-5 mm diatomite, 4th group (D4) received 5-7 mm diatomite, whereas diatomite was not used in the control group (C) (Figure 1). The feed used in the study was included as the waste material source in the environment (Kbria et al., 1997).



Figure 1. Diatomites used in the experiment

The chemical composition and characteristics of the diatomite tested in the study are presented in Table 1. Diatomite was also characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM) (Figure 2). These analyses were carried out by the Kastamonu University Central Research Laboratory. The pH values were calculated according to Tokat (2019).

Table 1. Chemical composition and characteristics of diatomite.

Diatomite			
	%		
SiO ₂	81.66	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	8.149
Al ₂ O ₃	10.02	BET Surface Area	174.698 m ² /g
MgO	3.839	pH	7.06
K ₂ O	0.99		
CaO	2.041		
Na ₂ O	1.261		
Fe ₂ O ₃	2.291		
P ₂ O ₅	0.243		

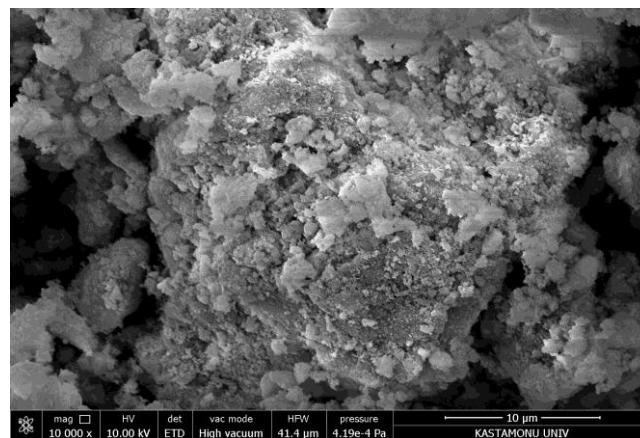


Figure 2. SEM analysis of the diatomite.

Data Analysis: Ammonium nitrogen (NH₄⁺-N), temperature, and pH values were measured using a multiparameter (YSI Professional Plus). Total ammonia nitrogen (TAN) and ammonia (NH₃) values were determined from the NH₄⁺-N, temperature, and pH values (Chow et al. 1997; EPA, 1999; Emerson et al., 1975; Jorgensen, 2002; YSI, 2007). A previous investigation suggested that the results obtained from the Nessler method were similar and reliable to the results obtained from the traditional electrode method (Prajapati, 2014). The ammonia and TAN were computed as given below (Purwono et al., 2017):

$$\begin{aligned}
 \text{pK}(\text{NH}_3) &= \frac{2726.3}{273 + ^\circ\text{C}} + 0.0963 & 1 \\
 \text{NH}_3\text{-N} &= 10^{(\text{pH} - \text{pK}(\text{NH}_3))} \times \text{NH}_4^+\text{-N} & 2 \\
 \text{TAN} &= \text{NH}_3\text{-N} + \text{NH}_4^+\text{-N} & 3
 \end{aligned}$$

Statistical Analysis: The initial water parameters were compared with the analysis of variance (ANOVA). ANOVA revealed that the differences between groups in

terms of water parameters were not statistically significant (P>0.05).

Results obtained from the experiment were statistically tested with the "Minitab Release 15 for Windows" package program. When the prerequisites of the analysis of variance were met, parametric tests (ANOVA) were used. Non-parametric tests (Kruskal-Wallis) were employed when the prerequisites of the analysis of variance were not met. The results were presented as mean ± standard error (SE) and the confidence interval was set to 95%.

RESULTS

Regarding the water parameter values in all aquariums; temperature, pH, dissolved oxygen, and NH₄ were determined as 19.8±0.01 °C, 8.35±0.01, 0.30±0.01 mg/l, and 0.1±0.01 mg/l, respectively. The mean water temperature, pH, dissolved oxygen, NH₄, and TAN values measured in all groups at the end of the experiment are presented in Table 2.

Table 2. Water parameters at the end of the experiment (adsorption) (mean± SE)

Experimental groups*	Temperature (°C)	Dissolved Oxygen (mg/l)	pH	NH ₄ (mg/l)	TAN (mg/l)
D1	20.04 ±0.61	0.14±0.08	7.63±0.07	10.65±2.46 ^{ab}	11.04±2.51 ^{ab}
D2	19.82±0.61	0.13±0.07	7.67±0.08	11.37±2.34 ^{ab}	11.74±2.43 ^{ab}
D3	19.72±0.59	0.14±0.07	7.62±0.07	10.30±2.21 ^{ab}	10.55 ±2.28 ^{ab}
D4	19.81±0.59	0.13±0.06	7.57±0.07	9.32±2.14 ^b	9.51±2.20 ^b
C	20.05±0.58	0.13±0.09	7.63±0.08	16.82±3.26 ^a	17.30±3.30 ^a

*Different superscript letters in the same column indicate significant differences (p<0.05) between groups. Means were tested by ANOVA and classified by Tukey's multiple range test.

When the average water parameter values at the end of the experiment were examined, no statistical difference was found for the water temperature, dissolved oxygen, and pH values (P>0.05). On the other hand, the statistical differences between the groups for NH₄ and TAN values were found to be significant (P<0.05). The ammonia amount resulting from the unconsumed feed in the aquariums was determined at the end of the 8-day study. When the NH₃ values were examined, it was observed to start increasing after the 5th day of the experiment (D1: 0.09 mg/l, D2: 0.14 mg/l; D3: 0.10 mg/l; D4: 0.06 mg/l; C: 0.22 mg/l) (Figure 3).

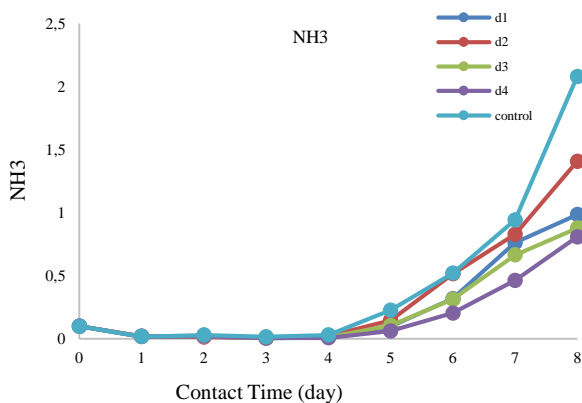


Figure 3. NH₃ exchange during the 8 days.

DISCUSSION

As a result of the study, where the effects of four different sizes of diatomite on water parameters were examined, it was determined that when the obtained findings were evaluated, it contributed positively to the optimum limits of ammonia values, which are extremely important, especially for aquaculture. Nitrogenous compounds are essential for the continuity of living beings because nitrogen is one of the basic building blocks of living beings (Şahin et al., 2019). Ammonia exists in water in two forms (non-ionized ammonia NH₃ and ionized ammonium NH₄⁺) and especially ammonia (NH₃) is highly toxic to fish (Ortiz et al., 2022). The typical NH₄⁺ concentration in aquaculture is 1 to 5 mg/l (Jorgensen, 2002). When the average NH₃ values obtained in this study were examined, it was observed that the ammonia values resulting from the feed were lower in the diatomite groups compared to the control group until the 4th day, and when the diatomite groups were evaluated within themselves, the ammonia values in the powder diatomite group were found to be lower than those of others. In the following days (5th, 6th, 7th, and 8th), when the diatomite groups were evaluated within themselves, it was determined that NH₃ values in the D4 group were lower than the other groups, especially

in the last measurements. The reason for this may be that the powder diatomite adsorbs ammonia faster and therefore reaches saturation rapidly. On the other hand, as the size of the diatomite increased, the time to reach saturation was prolonged, which allowed longer use. When this result is evaluated for a freshwater aquarium environment, size preference can be made based on these determined characteristics. Moreover, reusing opportunities can be applied by taking the different saturation times of different sizes into account. Noferesti et al. (2018) examined the effect of different-sized diatomites on the soil in their study. Similar to our study, Because the diatomite is a highly porous material, crushing the diatomite is likely to destroy part of its porosity that the diatomite was more effective as the size increased. Hu et al. (2022), on the other hand, ground the diatomite at various times (10, 30, 60, 90, and 120 min) in their study and examined the level of ammonium adsorbing under certain pressure. They found that the diatomite that was ground for a longer time (120 min) adsorbs the ammonium more than the ones ground for a shorter period of time. However, they also reported that the adsorption time takes longer for the ones that were ground for 10, 30, 60, and 90 min, in a way to be inversely proportional to the grinding time. The nitrogen adsorption capacity of the diatomite samples was small at low relative pressure ($p/p_0 < 0.1$), indicating that no microporous structure existed in the diatomite. The ammonium adsorption of natural adsorbents varies based on the conditioning, amount of minerals, pore size, surface area, mining area, initial concentration, pH, temperature, and presence of other cations in the solution (Huang et al., 2017). In this study, the effects of different sizes of diatomites on ammonia and other water parameters were investigated.

Only a few studies have investigated the use of diatomite in aquaculture. Similar to this study, Öz et al. (2022) reported that diatomite and clinoptilolite displayed a positive effect in their study where they examined the removal of ammonia in water.

Moreover, it was determined that there was no statistical difference ($p > 0.05$) between the water temperature, pH, and dissolved oxygen values examined in the present study. These findings were similar to the study of Öz et al. (2022).

At the end of the study; ammonium values resulting from the feed, which contains 47.5% protein, increased to an average of 40.63 mg/l in the control group maintained at an average temperature of 19.9 °C for 8 days. When the ammonium values of the diatomite groups were compared with the control group, it was found that D1, D2, D3, and D4 groups displayed 25.27%, 28.62%, 31.82%, and 34.45% lower values, respectively. In conclusion, diatomites of different sizes did not have an adverse effect

on important water quality parameters such as pH and dissolved oxygen but showed a positive effect on water parameters, of which excess amounts can be toxic, such as ammonia. This study serves as the first study to determine the use characteristics of diatomite in aquaculture. Investigation of different adsorbent amounts and yield-enhancing conditioning processes in further studies will contribute to aquaculture.

Ethics approval and consent to participate: This article does not contain any studies with animals performed by any of the authors.

REFERENCES

- Cao, T., Xie, P., Ni, L., Wu, A.P., Zhang, M., Wu, S.K. & Smolders, A.J.P. (2007). The role of NH_4^+ toxicity in the decline of the submersed macrophyte *Vallisneria spiralis* in lakes of the Yangtze River basin, China. *Mar. Freshw. Res.* **58**, 581–587. DOI: [10.1071/MF06090](https://doi.org/10.1071/MF06090)
- Chow C.W.K., Davey D.E. & Mulcahy D.E. (1997). An intelligent sensor system for the determination of ammonia using flow injection analysis. *Lab Auto and Inf Manag.*, **33**, 17-27.
- Emerson, K.R.C., Russo, R.E. & Thurston, R.V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada.* **32**, 2379-2383. (In: EPA, 1999. Ambient Water Quality Criteria for Ammonia. United States Environmental Protection Agency, EPA-822-R: 99-104).
- EPA. (1999). Ambient water quality criteria for ammonia. United States Environmental Protection Agency, EPA-822-R: 99-104.
- Hlordzi, V., Kuebutornye, F.K.A., Afriyie, G., Abarike, E.D., Lu, Y., Chi, S. & Anokyewaa, M.A. (2020). The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture: a review. – *Aquaculture Reports*, **18**, 100503. DOI: [10.1016/j.aqrep.2020.100503](https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100503)
- Hu, Z., Zheng, S., Li, J., Zhang, S., Liu, M., Wang, Z., Li, J. & Sun, H. (2022). Pore structure and surface properties of diatomite with mechanical grinding and its influence on humidity control. *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, **58**(6), DOI: [10.37190/ppmp/153509](https://doi.org/10.37190/ppmp/153509)
- Huang, J., Kankanamge, N.R., Chow, C., Welsh, D.T., Li, T. & Teasdale, P.R. (2017). Removing ammonium from water and wastewater using cost-effective adsorbents: A review. *Journal of Environmental Sciences*, **63**, 174-197.
- Ivanov, S.E. & Belyakov, A. V. (2008). Diatomite and its applications. *Glass and Ceramics*, **65**(1-2). DOI: [10.1007/s10717-008-9005-6](https://doi.org/10.1007/s10717-008-9005-6).
- Jorgensen, T.C. (2002). Removal Of Ammonia From Wastewater By Ion Exchange In The Presence Of Organic Compounds. A Thesis Presented For The

- Degree Of Master Of Engineering In Chemical & Process Engineering, Department of Chemical & Process Engineering University of Canterbury Christchurch, New Zealand, 174p.
- Kibria, G., Nuggeoda, D., Fairclough, R. & Lam, P. (1997).** The nutrient content and the release of nutrients from fish food and faeces. *Hydrobiologia*, **357**, 165-171.
- Ortiz, I.A.S., Bastos, R.K.X., Lanna, E.A.T., Santana, F.F.V., Teixeira, T.C. & Matta, S.L.P. (2022).** Evaluation of acute toxicity of ammonia in Genetically Improved Farmed Tilapia. *Aquaculture Reports*, **27**, 101325. DOI: [10.1016/j.aqrep.2022.101325](https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101325)
- Medarevic, D., Losic, D. & Ibric, S. (2016).** Diatoms – nature materials with great potential for bioapplications. *Hemijska Industrija*, **70**(6), 613-627. DOI: [10.2298/HEMIND150708069M](https://doi.org/10.2298/HEMIND150708069M)
- Noferesti, H., Sayyari-Zahan, M.H. & Moghadam, H.B. (2018).** Investigating the role of diatomite admixing on the water absorption and retention capacity of the soil. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, **8**(3), 183-193.
- Öz, M., Şahin, D., Yılmaz, E. & Öz, Ü. (2022).** The potential applicability of natural minerals as filter media for modulating water quality in aquatic ecosystems. *Applied Ecology And Environmental Research* **20**(5), 4145-4155. DOI: [10.15666/aeer/2005_41454155](https://doi.org/10.15666/aeer/2005_41454155).
- Prajapati, S. (2014).** Cation exchange for ammonia removal from wastewater. Master of Science Thesis, Tampere University of Technology, Department of Chemistry and Bioengineering.
- Purwono Rezagama, A., Hibbaan, M. & Budihardjo, M.A. (2017).** Ammonia-Nitrogen (NH₃-N) and Ammonium-Nitrogen (NH₄⁺-N) Equilibrium on The Process of Removing Nitrogen By Using Tubular Plastic Media. *J. Mater. Environ. Sci.*, **8** (S), 4915-4922.
- Qi, Y., Wang, X. & Cheng, J.J. (2017).** Preparation and characteristics of biosilica derived from marine diatom biomass of *Nitzschia closterium* and *Thalassiosira*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, **35**(3), 668-680. DOI: [10.1007/s00343-017-5329-9](https://doi.org/10.1007/s00343-017-5329-9)
- Şahin, D., Öz, M., Sertası, E., Öz, Ü., Karşı, Z. & Aral, O. (2019).** Adsorption process of ammonium by natural zeolite (clinoptilolite) from aqueous solution for aquaculture application. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, **5**(2), 136-141. DOI: [10.17216/limnofish.420380](https://doi.org/10.17216/limnofish.420380)
- Yıldız, N. (2008).** Diatomite: A New Substrate for Hydroponics. International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, 2008. p:527-536.
- YSI. (2007).** YSI Professional plus user manual, 79p.
- Tokat, S. (2019).** *Gördes (Mmanisa) zeolit ocaklarının kimyasal bileşenlerinin xrf spektrometrik yöntem ile belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 88 p. (in Turkish).
- Zong, P., Makino, D., Pan, W., Yin, S., Sun, C., Zhang, P., Wan, C. & Koumoto, K. (2018).** Converting natural diatomite into nanoporous silicon for eco-friendly thermoelectric energy conversion. *Materials & Design*, **154**(15), 246-253. Doi: [10.1016/j.matdes.2018.05.042](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.05.042).



The Effect of Depth of Rice Hulls Litter on Fattening Performance, Foot Pad Dermatitis, Meat Quality Characteristics of Broiler Chicken

Bülent TEKE^{1*} Gökhan İNAT²

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Breeding and Husbandry, 55270, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Food Hygiene and Technology, 55270, Samsun, Türkiye

Geliş/Received: 17.05.2023

Kabul/Accepted: 22.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Teke, B. & İnat, G. (2023). The effect of depth of rice hulls litter on fattening performance, foot pad dermatitis, meat quality characteristics of broiler chicken. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 338-344. <https://doi.org/10.35229/jaes.1298242>

Atıf yapmak için: Teke, B. & İnat, G.. (2023). Etçi piliçlerde pirinç kabuğu altlık derinliğinin besi performansı, ayak taban yangısı ve et kalite özellikleri üzerine etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 338-344. <https://doi.org/10.35229/jaes.1298242>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-1091-643X>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-5029-2089>

***Corresponding author:**

Bülent TEKE
Ondokuz Mayıs University, Faculty of
Veterinary Medicine, Department of Animal
Breeding and Husbandry, 55270, Samsun,
Türkiye
✉: bulentteke@gmail.com

Abstract: This study was carried out to determine the effect of rice hulls used as litter in two different thicknesses (5 and 10 cm) on fattening performance, mortality rate, foot pad lesions, meat quality and meat colour characteristics of Ross 308 chickens. Rice hulls of 5 cm (T₅) and 10 cm (T₁₀) thickness were laid on the coops that were similar in size and design. Fattening performance, FCR (feed conversion ratio), mortality rate, foot pad lesions, meat quality, and meat colour characteristics were determined in three consecutive fattening periods. It was determined that the feed conversion ratios were 1.748 and 1.577 in the T₅ and T₁₀ groups, respectively, and the difference was significant (P<0.05). There was no statistically significant difference between the two litter thickness groups in mortality rates, foot pad lesions of the chickens, meat quality characteristics and, meat colour characteristics (P>0.05). On the other hand, it was determined that the difference between foot pad lesion scores within the litter thickness groups was significant (P<0.001). As a result, although it is considered an advantage that rice hulls are cheaper than other litter varieties, it is a disadvantage that the lesion rates at Score 3 and 4 levels are high. Since there is no significant difference between the T₅ and T₁₀ groups without FCR. Therefore, it may be economically beneficial to use 5 cm thick as a substrate instead of 10 cm.

Keywords: Broiler, fattening performance, foot pad dermatitis, litter thickness, rice hulls.

Etçi Piliçlerde Pirinç Kabuğu Altlık Derinliğinin Besi Performansı, Ayak Taban Yangısı ve Et Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Öz: Bu araştırma altlık olarak iki farklı kalınlıkta (5 ve 10 cm) kullanılan pirinç kabuğunun Ross 308 piliçlerinde besi performansı, mortalite oranı, ayak taban yangısı, et kalite ve et renk özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Boyut ve dizayn olarak birbirinin benzeri iki kümeden birisine 5 cm (T₅), diğerine 10 cm (T₁₀) kalınlığında pirinç kabuğu serilmiştir. Ardışık üç besi döneminde besi performansı, FCR (yem dönüşüm oranı), mortalite oranı, ayak taban yangısı lezyonları, et kalite ve et rengi özellikleri belirlenmiştir. Yem dönüşüm oranlarının T₅ ve T₁₀ gruplarında sırasıyla 1,748 ve 1,577 olduğu, aradaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir (P<0,05). İki altlık kalınlığı grubu arasında ölüm oranları, piliçlerin ayak taban yangıları, et kalite özellikleri ve et rengi özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır (P>0,05). Buna karşın altlık kalınlığı grupları içinde ayak taban yangı skorları arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir (P<0,001). Sonuç olarak pirinç kabuğunun diğer altlık çeşitlerinden daha ucuz olması avantaj olarak değerlendirilse bile Skor 3 ve 4 düzeyde lezyon oranlarının fazla olması dezavantajdır. T₅ ve T₁₀ grupları arasında FCR dışında diğer özelliklerde önemli bir farklılık olmaması nedeniyle altlık olarak 10 cm yerine 5 cm kalınlığında kullanılması ekonomik bakımdan kazanç sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Altlık kalınlığı, ayak taban yangısı, besi performansı, etçi piliç, pirinç kabuğu.

***Sorumlu yazar:**

Bülent TEKE
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner
Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme
Bölümü, 55270, Samsun, Türkiye.
✉: bulentteke@gmail.com

INTRODUCTION

Litter is a material consisting of a mixture of feces, feed, feathers, and bedding material that is laid on the floor of the hens to prevent the broilers from coming into direct contact with the ground. The litter has many functions (Toledo et al., 2019). The duties of the litter include enabling natural behaviors such as dust bathing, helping animals to exhibit their scratching behavior, serving as an insulation material, and providing a soft and warm floor (Munir et al., 2019). For the litter to be of good quality, it should be clean, not odorless, and should not contain any toxic chemicals. For the litter to fulfill its insulation function, it must have a high moisture absorption ability, as well as a moisture release ability and a low heat permeability. Apart from all these features, being light, easy to find, and economical litter material are among the desired features (Atasoy, 2000; Shepherd et al., 2017).

If a litter material can be obtained easily and cheaply from an area, the litter is evaluated by an enterprise. For this reason, the selection of the material to be used as a litter varies from region to region (Gençoğlan, 2017; Shao et al., 2015; Shepherd et al., 2017). Wood shavings, rice hulls, straws, corn cobs, pieces of paper, and sand are widely used as litter material throughout the world (Şekeroğlu et al., 2013). Each litter type has advantages and disadvantages (Gençoğlan, 2017; Munir et al., 2019).

The advantage of sawdust is its high water absorption capacity. For this reason, it is preferred more than other substrate materials. However, with the increase in the use of sawdust in the animal industry and its preference in other areas of use, the availability of the material became more difficult and the sales price increased. The use of rice hulls has become increasingly common in Turkey because it is cheap, easy to manage, and rice hulls can be mixed with pine sawdust or used alone (Shao et al., 2015; Petek et al., 2014; Toledo et al., 2019).

Another important factor affecting the performance of broilers is the thickness of the litter (Shao et al., 2015). Litter thickness varies according to the structural characteristics of the houses, climatic conditions, quality, and variety of litter material. The litter thickness to be used in broiler production is required to be 5-7 cm (Atasoy, 2000; Moesta et al., 2008; Sarica & Erensoy, 2020). The type and thickness of the litter material can affect performance, health, and welfare conditions such as broiler nutrition, growth, meat quality, and foot diseases (Sarica & Erensoy, 2020; Sogunle et al., 2006). Litters containing unsuitable materials such as large and sharp particles, poor quality litter type and high litter moisture are among the most important factors in the formation of pododermatitis (Shepherd et al., 2017; Kaukonen et al., 2017). As a result of pain caused by

pododermatitis, walking activity, fattening performance, and meat quality of broilers are affected (Shepherd et al., 2017). There are limited studies on the effects of litter type, and thickness on fattening performance, mortality rate, foot diseases, and especially meat quality characteristics of broiler chickens. This research was carried out to determine the effects of two different litter thicknesses (5 and 10 cm) on fattening performance, mortality rate, foot pad lesions, meat quality, and meat colour characteristics.

MATERIAL AND METHOD

This research was carried out on Ross 308 broiler chickens, which were grown in two broiler chicken coops, which are similar in size and design, belonging to a private company in the Bafra district of Samsun. The research was started in February 2019, and it was applied 3 times with a 10-day break between the fattening periods in both houses. One day before the start of the work, 5 cm (T₅) and 10 cm (T₁₀) rice hulls were laid on the coops' concrete floor whose size was 145 m x 90 m (1260 m²) and then heated. Before each broiler rearing period, litter thicknesses were checked by walking in the 'Z' shape on coops' floor. In both houses, the feeders and drinkers are in the same design, the length of the feeder and drinker per chicken is fixed, and the round type feeder is adjusted to be at least 2.5 cm, and a nipple drinker for 8-10 chickens. Feed and water were provided ad libitum. A 24-hour light application was made in the coops. Throughout the study, broiler chickens were fed with three different diets: during the initial 11 days, the diet contained 23.5% crude protein (CP) and 2850 kcal/kg metabolizable energy (ME); between days 12 and 22, the diet contained 22% CP and 2950 kcal/kg ME; finally, leading up to slaughter, the diet contained 20% CP and 3010 kcal/kg ME.

Temperature, humidity, and ventilation were automatically controlled in identical coops. The temperature of the henhouses was set to 32 °C in the first week, reduced to 24 °C at the end of the 3rd week, and continued to work at this temperature until the chickens were sent to slaughter. Ventilation rate and relative humidity were adjusted as 2 m³/h/kg body weight and 65%, respectively, in both houses.

The feeders were filled, and the amount of feed consumed was recorded on a weekly basis, along with the daily count of chicken mortalities. According to the litter thickness group, the total weight of the chickens sent from the coops to the slaughterhouse was divided by the area of the coop and calculated as the average live weight per square meter. FCR (feed conversion ratio) was calculated for each fattening period by dividing the total amount of feed consumed by the total weight gain. Some fattening performance characteristics of the litter thickness groups are given in Table 1. On the slaughter day, an 8-hour fasting

period was applied to the chickens in both houses. Water supply was maintained until the animals were captured. The broilers were placed into crates at night, and both their transportation and slaughtering were conducted during night time

Chickens belonging to the same litter thickness group were placed in crates of 80 cm length x 45 cm width x 30 cm height at the density recommended by FAWC (1991) and then placed in transport vehicles according to the litter thickness group. Each transport vehicle travelled 125 km at a constant speed of 50 km/h on average and reached the slaughterhouse in 2 hours and 30 minutes. During the transport, the transport vehicles completed the transport without stopping, without sudden acceleration and deceleration. The broiler chickens in the transport vehicles were slaughtered after resting in the slaughterhouse for 1 hour. After the rest period, the broilers were unloaded from the crates and hung upside down on the slaughter line. Electric current was given to broilers before slaughter after they were cut by hand after blood flow was provided, they were passed through a hot water tank at 60 °C and their feathers were automatically plucked. After the internal organs were removed automatically, the carcasses were taken to the relevant sections for cooling.

120 chicken meat samples (2 litter thickness x 3 fattening periods x 20 samples) were taken from randomly selected chickens in the transport vehicles separated according to litter thickness. Meat samples were obtained from broilers in the top row and lowest row chicken collection boxes in the center of the transport vehicle, in the parts closest to the side curtain of each transport vehicle.

FPD (Foot Pad Dermatitis) Scoring: On the day of slaughter, 100 broiler chickens were selected for a fattening period of each litter thickness group, 10 broilers from 10 different parts of each coop, and the scoring of foot lesions of a total of 600 chickens was made according to the method of Welfare Quality (2009).

In this evaluation, Score 0 if there is no lesion on the sole or if it is a slight lesion, Score 1 and 2 if there is a minimal lesion on the sole, Score 3 and 4 if the lesions become necrotic and spread to the soles and even the fingers.

Meat quality analysis: *Musculus pectoralis major* was taken from the 20 carcasses for each practice. The pH of the *pectoralis major* muscle was measured 4 hours after slaughter utilizing a pH meter (Testo 205, Testo Instrument Co. Ltd., Germany) and the result was recorded as pH_{4h}. Samples of *Musculus pectoralis major* of nearly 20 g for drip loss measurement were removed. Later, the moisture on the exterior surfaces of the samples removed for this purpose was dried with a paper towel. It was weighed by a precision balance (HT-1000NH+ model, Dikomsan, Istanbul) and recorded as the initial weight ($W_{initial}$). The specimen taken was placed in a transparent bag that it would not touch the

bag. It was weighed again after it was kept in the refrigerator at 4°C for 24 hours. The drip loss ratio (DL) is calculated with the following formula (Çolak & Teke, 2022; Honikel, 1998): $DL (\%) = [(W_{initial} - W_{last}) / W_{initial}] \times 100$

Meat Colour Measurement: Minolta CR 400 device was used to measure (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) the meat colour parameters (L^* , a^* , b^*). The standards described by CIE (1976) were used in the measurements, and D65 was utilized as the light source. The machine was calibrated according to the standard white plate ($Y=93.8$; $x=0.316$; $y=0.3323$). Measurements were recorded from three different places of the sample. First, measurement was registered as soon as the sample was taken. Later, the specimens were kept in a refrigerator at 4°C for 24 hours. Afterward, a second colour measurement was taken. The device is adjusted to take three records per command and calculate their average. The average value was accepted as the colour value of that sample.

Cooking loss analysis: The remaining part of the sample was utilized for cooking loss and texture analysis. The samples were weighed, vacuumed, and cooked in a water bath at 80°C for 20 minutes. Later, the samples were removed from the bath. Their temperature was lowered under water until their internal temperature reached room temperature. Afterward, the samples were kept at 4°C for 24 hours, taken out of their bags, dried with paper towels, and weighed. Cooking loss (%) was calculated as the proportion of the difference between pre-and post-cooking weights to the initial weight (Honikel 1998).

Texture analysis: Instron 3343 machine (Instron, Norwood, USA) was used for texture analysis. The samples utilized in the cooking loss were used in this analysis. Three sub-samples from each cooked sample were cut parallel to the muscle fibres with a cross-section of 1×1 cm and 2.5-3 cm length. The average value was recorded as the texture value of that sample (Honikel 1998).

Statistical Analysis: In this study, two independent samples t-test was used to compare the fattening performance characteristics, mortality rates, meat quality and colour characteristics of two different litter thicknesses. The Mann Whitney U test was used to compare the scores of foot pad lesions between two different litter thickness groups, and the Mann Whitney U test within the litter thickness groups. The chi-square test was used to compare the scores of foot pad lesions. SPSS 21.0 statistical program was used for statistical analysis.

RESULTS

Some fattening performance characteristics, mortality rates, and significance levels of the litter thickness groups are given in Table 1. Accordingly, it was determined that there was not a statistical difference between the T₅ and T₁₀ groups in terms of average body weights at the end of

fattening ($P>0.05$). It was determined that the feed conversion ratios were 1.748 and 1.577 in the T_5 and T_{10} groups, respectively, and the difference was significant ($P<0.05$). On the other hand, there was no statistically significant difference between the two litter thickness groups in mortality rates ($P>0.05$).

The comparison of the scores of foot pad lesions between the litter thickness groups and their significance levels is given in Table 2. Accordingly, in the comparison between two different litter thickness groups, it was determined that there was no significant difference between

foot pad lesions of chickens ($P>0.05$). On the other hand, it was determined that the difference between the foot pad lesion scores within the litter thickness groups was significant ($P<0.001$).

Meat quality characteristics values and significance levels of litter thickness groups were given in Table 3, and meat colour characteristics values and significance levels were given in Table 4. Accordingly, it was determined that there was no significant difference between the litter thickness groups in terms of both meat quality characteristics and meat colour characteristics ($P>0.05$).

Table 1. Some fattening performance characteristics, mortality rates and significance levels of litter thickness groups.

Characteristics	Thin Litter Group (T_5)	Thick Litter Group (T_{10})	Significance
Pen area (m ²)	1260	1260	
Number of chicks (bird)	20287 (± 56.97)	20230 (± 43.59)	ns
Average live weight (g)	2639 (± 10.73)	2736 (± 57.17)	ns
Total feed consumption (kg)	88683 (± 187.82)	83490 (± 162.58)	**
FCR (Feed conversion rate)	1.748 (± 0.007)	1.577 (± 0.041)	*
Mortality rate (%)	5.22 (± 0.11)	4.35 (± 0.16)	ns
Chicken density (bird/m ²)	16.10 (± 0.05)	16.05 (± 0.03)	ns
Chicken density (kg/m ²)	40.27 (± 0.07)	41.02 (± 0.28)	ns

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$, ***: $P<0.001$

Table 2. Comparison of the scores of foot pad lesions between and within the litter thickness groups and their significance levels.

Litter Thickness Groups	Score 0 n (%)	Score 1 and 2 n (%)	Score 3 and 4 n (%)	Overall	Significance
Thin Litter Group (T_5)	3 8 (2.67) ^c (1) ^c	75 (25) ^b	222 (74) ^a	300	***
Thick Litter Group (T_{10})	8 (2.67) ^c	96 (32) ^b	196 (65.3) ^a	300	***
	ns	ns	ns		

a, b, c: Score values denoted by different letters in the same row are significantly different ($P<0.05$).

***: $P<0.001$

ns: $P>0.05$.

Table 3. Means and standard errors (SE) for pH, drip loss, cooking loss and WarnerBratzler Shear Force (WBSF) values of *pectoralis major* muscles in T_5 ve T_{10} groups.

Characteristics	Thin Litter (T_5)		Thick Litter (T_{10})		Sig
	Mean	SE	Mean	SE	
pH _{4h}	5.89	0.20	6.00	0.01	ns
pH _{24h}	5.99	0.16	6.03	0.19	ns
Drip loss, %	1.81	0.46	1.72	0.41	ns
Cooking loss, %	17.41	0.38	17.46	0.41	ns
WBSF, kg	1.74	0.39	1.77	0.42	ns

pH_{4h}: pH measured 4 hours after slaughter

pH_{24h}: pH measured 24 hours after slaughter

T_5 : 5 cm litter thickness

T_{10} : 10 cm litter thickness

ns: $P>0.05$.

Table 4. Means and standard errors (SE) for meat colour characteristics of *pectoralis major* muscle in T_5 ve T_{10} groups.

Characteristics	Thin Litter (T_5)		Thick Litter (T_{10})		Sig.
	Mean	SE	Mean	SE	
Colour parameters at 0 h					
(L*) ^{0h}	49.87	0.22	50.45	0.27	ns
(a*) ^{0h}	2.24	0.09	1.95	0.09	ns
(b*) ^{0h}	4.29	0.19	4.30	0.19	ns
Colour parameters at 24 h					
(L*) ^{24h}	49.77	0.26	50.38	0.26	ns
(a*) ^{24h}	2.48	0.10	2.27	0.10	ns
(b*) ^{24h}	4.01	0.18	4.07	0.25	ns

T_5 : 5 cm litter thickness

T_{10} : 10 cm litter thickness

ns: $P>0.05$.

DISCUSSION

In this study, the FCR rates in the T_5 and T_{10} groups were 1,748 and 1,577, respectively. In other words, it was determined that the conversion value of feed to live weight consumed by the chickens in the T_{10} group was better than the T_5 group, and this difference was

statistically significant ($P<0.05$). On the other hand, there was no significant difference between the T_5 and T_{10} groups in terms of mortality rate (5.22% and 4.35%) and mean body weights after fattening (2639 and 2736 g) of broilers ($P>0.05$).

In this study, in the comparison between T_5 and T_{10} groups, it was determined that there was no significant

difference between foot pad lesions of chickens ($P>0.05$), whereas the difference between foot pad lesion scores in T₅ and T₁₀ litter thickness groups was significant ($P<0.001$). In this study, it was determined that the ratio of Score 0 was the lowest in both litter thickness groups, while the ratio of Score 3 and Score 4 was the highest. It was determined that the use of rice hulls as a litter caused an increase in foot pad lesions of chickens at Score 3 and 4 levels in general. In addition, the use of rice hulls with a thickness of 5 or 10 cm did not cause a difference between foot pad lesions.

In the study of Benabdeljelil & Ayachi (1996) in Morocco, in which 5 cm thick rice hulls were used as the litter, the mortality rate was reported as 5.3%.

Garces et al., (2017) reported that the average live weight was 1772 g, feed consumption per chicken was 3206 g, FCR ratio was 1.86, and liveability ratio was 93.2% in Cobb chickens in Mozambique, where 5 cm thick rice hulls were used as litter. In addition, in terms of footpad dermatitis, it was reported that while the rate of chickens without lesions was 78.0%, the rate of chickens with moderate lesions was 22%, and the rate of chickens with severe lesions was not.

In a study in Bangladesh (Anisuzzaman & Chowdhury, 1996), de Starbro 15 chickens, 7.5 cm thick rice hulls were used as litter, weight gain per chicken was 1634 g, feed consumption per chicken was 3353 g, FCR ratio was 2.05, livability ratio was 94.44%. Veltmann et al., (1984) reported that rice hulls had no significant negative effect on body weight, FCR rate, mortality rate, and foot pad dermatitis lesions in turkeys.

Haque & Chowdhury, (1994) reported live weight gain (1628, 1712, 1683, and 1670 g, respectively), feed consumption (4867, 4904, 5056, and 4887 g, respectively), FCR when used as litter at a depth of 2, 3, 4 or 5 cm of rice hulls. It was reported that there were no significant differences between the rate of mortality (2.98; 2.86; 3.00 and 2.92, respectively) and the liveability rates (94.44%, 94.44, 91.66 and 97.2, respectively). Brown et al., (1977) reported that body weight gain and FCR ratio were not affected by litter thickness.

In a study conducted by Huang et al., (2009) on Ross chickens in South Korea, it was reported that 5 cm thick rice hulls were used as litter, the weight gain was 1432 g, feed consumption was 2524 g, and the FCR ratio was 1.76.

Onu et al., (2011) conducted a study in Nigeria where 5 cm of rice hulls was used as a substrate and it was reported that the liveability rate was 97.5%.

Petek et al., (2014) reported that the body weight per chicken was 2589 g, the FCR rate was 1.65, the mortality rate was 2.31%, and the length of the foot pad lesions on the feet of chickens was 2.99 mm, in the study

of which rice hulls was used as a litter material at a depth of 5 cm.

In the study of Ramadan & Khloya, (2017) using 5 cm rice hulls as litter in Cobb chickens in Egypt, the weight gain per chicken was 1903 g, the FCR ratio was 2.21; the mortality rate was 1.96. The mean foot pad lesion score (between 0 and 2) has been reported to be 1.50.

In the study of Sarica & Cam, (2000) in which 10 cm deep rice hulls were used in Ross broilers, the average broiler weight at the end of fattening was 2454 g, and the FCR ratio was 2.14. The mortality rate has been reported to be 5.65%.

In a study by Angelo et al., (1997) using 5 cm thick rice hulls litter in Ross chickens in Brazil, the end-feeding weight of the broilers was 2736 g, the FCR rate was 1.91, and the mortality rate was 4.85%. The foot pad lesion score was assessed in 42-day-old chickens, and the mean score is reported as 0.82, ranging from 0 to 2.

In the study of Teke et al., (2019) in which 7 cm thick rough sawdust litter was used in Ross 308 chickens and the housing density of the chickens was 39 kg / m², the average live weight was 2315 g, the average feed consumption per chicken was 4073 g, the FCR ratio was 1.75 and the mortality rate has been reported to be 5.85%. In addition, it has been reported that there is a significant difference between foot pad scores in the same housing density.

In the research conducted by Kabir & Uddin, (2010) in Bangladesh, rice hulls in 3 different thicknesses 2 inches (5.08 cm), 4 inches (10.16 cm), and 6 inches (15.24 cm) were used as the substrate. Average daily live weight gain per chicken was 67, 61, and 59 g according to rice hull thickness; average daily feed consumption was 103, 88, and 93 g; average FCR was 1.54; 1.56, and 1.68. The dressing percentage was 88.82%, 88.29 and 85.05, respectively. As a result of the research, it has been reported that the production performance of broiler chickens at 6 inches (15 cm) thickness is better than other thicknesses.

In this study, it was determined that there was no significant difference ($P>0.05$) between the T₅ and T₁₀ groups in terms of meat quality characteristics and meat colour characteristics between the litter thickness groups.

The mortality rate obtained in this study is similar to the values reported in some studies (Anisuzzaman & Chowdhury, 1996; Benabdeljelil & Ayachi, 1996; Haque & Chowdhury, 1994; Sarica & Cam, 2000; Teke et al., 2019), differs from the values reported by some researchers (Garces et al., 2017; Onu et al., 2011; Petek et al., 2014; Ramadan & Khloya, 2017). The value found for the FCR value in this study is similar to the values reported in some studies (Garces et al., 2017; Huang et al., 2009; Petek et al., 2014; Teke et al., 2019), but different from the value

reported by others investigators. In this study, the findings for foot pad lesions are similar to the value reported by some researchers (Ramadan & Khloya, 2017; Teke et al., 2019), but different from the value reported by Kabir & Uddin, (2010) and Garces et al., (2017). The difference in mortality rate, FCR value and foot pad lesion obtained in this study may be because the number of samples used in this study was higher than in other studies, and the differences in genetic materials, housing densities, indoor humidity, temperature and ventilation values between studies.

CONCLUSION

As a result of this study, the FCR value of the T₁₀ group was superior to that of the T₅ group. The utilization of rice hulls as litter led to an increase in the incidence of Score 3 and 4 lesions, namely, moderate and severe lesions, in both the T₅ and T₁₀ groups. Moreover, there was no significant difference in lesion rates between the T₅ and T₁₀ groups.

Although it is considered an advantage that rice hulls are cheaper than other litter varieties, it is a disadvantage that the lesion rates at Score 3 and 4 levels are high. Since there is no significant difference between the T₅ and T₁₀ groups without FCR. Therefore, it may be economically beneficial to use 5 cm thick as a substrate instead of 10 cm.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors also thank Prof. Dr. Bülent EKİZ for assistance in meat quality analysis.

REFERENCES

- Anisuzzaman, M. & Chowdhury, S.D. (1996).** Use of four types of litter for rearing broiler. *British Poultry Science*, **37**, 541-545.
- Angelo, J.S., Gonzales E., Kondo, N., Anzai, N.H. & Cabral, M.M. (1997).** Material de Cama: Quantidade e Efeito Sobre o Desempenho de Frangos de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **26**, 121-130.
- Atasoy, F. (2000).** Tavuk Yetiştiriciliğinde Altlığın Kullanılması ve Önemi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **40**(1), 90-97.
- Benabdeljelil, K. & Ayachi, A. (1996).** Evaluation of alternative litter materials for poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, **5**, 203-209.
- Brown, R.H., Howell, E.S. & McLendon, B.D. (1977).** A new concept of litter management for broiler production. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineer*, **20**, 345-348.
- Çolak, B. & Teke, B. (2022).** The effect of season and feed withdrawal duration on meat quality characteristics of broiler chicken in commercial slaughter condition. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **3**, 367-373.
- FAWC. (1991).** Report on the European Commission Proposals on the Transport of Animals. London: MAFF Publications
- Garces, A., Afonso, S.S., Chilundo, A. & Jairoce, T.S. (2017).** Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. *Tropical Animal Health Production*, **49**, 369-374.
- Gençoğlan, S. & Gençoğlan, C. (2017).** The effect of the litter materials on broiler chickens welfare and performance. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, **5**(12), 1660-1667.
- Haque, M.I. & Chowdhury, S.D. (1994).** Use of rice husk litter at different depths for broiler chicks during summer. *British Poultry Science*, **35**, 809-812.
- Honikel, K.O. (1998).** Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, **49**, 447-457.
- Huang, Y., Yoo, J.S., Kim, H.J., Wang, Y., Chen, Y.J., Cho, J.H. & Kim, I.H. (2009).** Effect of bedding types and different nutrient densities on growth performance, visceral organ weight, and blood characteristics in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, **18**, 1-7.
- Kabir, F. & Uddin, M. (2010).** Effect of different types of litter on production performance of broiler. *Journal of Science Technology (Dinajpur)*, **8**, 115-119.
- Kaukonen, E., Norring, M. & Valros, A. (2017).** Evaluating the effects of bedding materials and elevated platforms on contact dermatitis and plumage cleanliness of commercial broilers and on litter condition in broiler houses. *British Poultry Science*, **58**(5), 480-489
- Moesta, A., Knierim, U., Briese, A. & Hartung, J. (2008).** The effect of litter condition and depth on the suitability of wood shavings for dustbathing behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, **115**(3-4), 160-170.
- Munir, M.T., Belloncle, C., Irle, M. & Federighi, M. (2019).** Wood-based litter in poultry production: a review. *World's Poultry Science Journal*, **75**(1), 5-16.
- Onu, P.N., Madubuike, F.N., Nwakpu, P.E. & Anyaehie, A.I. (2011).** Performance and carcass characteristics of broilers raised on three different litter materials. *Agriculture and Biology Journal of North America*, **2**, 1347-1350.
- Petek, M., Üstüner, H. & Yeşilbağ, D. (2014).** Effects of stocking density and litter type on litter quality and growth performance of broiler chicken. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **20**(5), 743-748.

- Ramadan Sameh, G.A. & Khloya, S.E. (2017).** Do alternative litter materials affect performance, welfare and immun response of broiler chicks? *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, **52**, 133-141.
- Sarıca, M. & Erensoy, K. (2020).** Effects of Using Hazelnut Husk, Wood Shaving and of the Mixture at Different Thicknesses on Broiler Performances, Some Organ Weights, Foot-Pad Dermatitis and Litter Traits. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, **8**(6), 1399-1404.
- Shao, D., He, J., Lu, J., Wang, Q., Chang, L., Shi, S. R. & Bing, T.H. (2015).** Effects of sawdust thickness on the growth performance, environmental condition, and welfare quality of yellow broilers. *Poultry Science*, **94**(1), 1-6.
- Shepherd, E.M., Fairchild, B.D. & Ritz, C.W. (2017).** Alternative bedding materials and litter depth impact litter moisture and footpad dermatitis. *Journal of Applied Poultry Research*, **26**(4), 518-528.
- Şekeroğlu, A., Eleroğlu, H., Sarıca, M. & Camcı, Ö. (2013).** Yerde üretimde kullanılan altlık materyalleri ve altlık yönetimi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, **10**, 25-34.
- Sogunle, O.M., Ogunjimi, B.A. & Fanimo, A.O. (2006).** Effect of litter depth on the performance of three strains of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **5**(12), 1155-1157
- Teke B., Uğurlu, M. & Akdağ, F. (2019).** Etlik piliçlerde iki farklı barındırma sıklığının piliçlerin besi performansını, ölüm oranını ve ayak taban yangısı üzerine etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Dergisi*, **59**(Ek Sayı), 102-106.
- Toledo, T.D., Pich, S.D., Roll, C.S., Dai Prá, A.A.P., Leivas Leite, M.A., Gonçalves F., Xavier, E. & Roll, V.F.B. (2019).** The effect of litter materials on broiler performance: a systematic review and meta-analysis. *British Poultry Science*, **60**(6), 605-616.
- Welfare Quality. (2009).** Welfare Quality assessment for poultry. Welfare Quality Consortium, Lelystad, Netherlands.



Maun, Dut ve Kızılağaç Odunlarının Toprakta Gelişen Çeşitli Zararlı Organizmalara Karşı Maruz Kalması Sonrasında Meydana Gelen Renk Özelliklerinin Belirlenmesi^[*]

Göksel ULAY^{1*} Ümit AYATA²

^{1*}Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye

²Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye

Geliş Tarihi: 31.03.2023

Kabul Tarihi: 21.08.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Ulay, G. & Ayata Ü. (2023). Maun, Dut ve Kızılağaç Odunlarının Toprakta Gelişen Çeşitli Zararlı Organizmalara Karşı Maruz Kalması Sonrasında Meydana Gelen Renk Özelliklerinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 345-351. <https://doi.org/10.35229/jaes.1273990>

How to cite: Ulay, G. & Ayata Ü. (2023). Determination of Color Properties of Mahogany, Mulberry and Alder Woods after Exposure to Various Harmful Organisms Growing in the Soil. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 345-351. <https://doi.org/10.35229/jaes.1273990>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4080-8816>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

***Sorumlu yazarın:**

Göksel ULAY
Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek
Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme
Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon
Programı, Van, Türkiye
✉: gokselulay@gmail.com

Öz: Her ağaç türü farklı yapısal özelliklere sahip olduğundan dolayı, aynı aktif toprak ortamında bulunan ve bu ortamda gelişen çeşitli zararlı organizmalara karşı farklı bir direnç özelliği sergilemektedir. Bu çalışmada, dut, maun ve kızılağaç odunlarına ait olan deney örnekleri aktif olan toprak ortamındaki 12 hafta sürenin renk özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bekletme süresinin tamamlanmasının ardından, deney numuneleri toprak içinde kalan kısımları çıkarılmıştır. Akabinde su ile yıkanarak, iklimlendirme kabini içinde kurutulmuştur. Daha sonra deney örnekleri üzerinde renk parametrelerine ait olan ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, b^* , L^* , C^* , a^* ve h^o parametreleri için varyans analizi sonuçları anlamlı olarak elde edilmiştir. Toplam renk farkı değerlerinde ise en düşük kızılağaçta ΔE^* : 11.54 olarak elde edilirken, maun odununda ΔE^* : 18.11 ve dut ahşabında ΔE^* : 19.07 olarak bulunmuştur. Her üç ağaç türü için aktif toprağa maruz kalması sonrasında L^* , a^* , b^* ve C^* değerlerinin azaldığı görülmüştür. h^o değerinde ise maun ve kızılağaç odunlarında artışlar görülmüş, dut odununda ise azalmalar elde edilmiştir. Yapılan toprak testinin ahşap malzemelerin yapısal özellikleri ile sahip oldukları doğal renginde değişikliklere sebep olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ahşap malzeme, aktif toprak testi, renk parametreleri, zararlı organizmalar.

Determination of Color Properties of Mahogany, Mulberry and Alder Woods after Exposure to Various Harmful Organisms Growing in the Soil

Abstract: Since each tree species has different structural properties, it exhibits a different resistance property against various harmful organisms that exist in the same active soil environment and develops in this environment. In this study, test specimens of mulberry, mahogany, and alder woods were placed in an active soil medium and exposed for 12 weeks. After this period was completed, the test samples were removed from the soil. It was then washed with water and dried in an oven. Then, measurements of the colour parameters were made on the experimental samples. According to the results obtained, analysis of variance results for b^* , L^* , C^* , a^* , and h^o parameters were obtained as significant. In total colour difference values, the lowest ΔE^* : 11.54 was obtained in alder wood, ΔE^* : 18.11 in mahogany wood, and ΔE^* : 19.07 in mulberry wood. It was observed that L^* , a^* , b^* and C^* values decreased after exposure to active soil for all three tree species. In the h^o value, increases were observed in mahogany and alder woods, while decreases were obtained in mulberry wood. It has been observed that the soil test made caused changes in the structural properties of wood materials and their natural colour.

***Corresponding author:**

Göksel ULAY
Van Yüzcüncü Yıl University, Van Vocational
School, Department of Materials and Material
Processing Technology, Furniture Decoration
Program, Van, Türkiye
✉: gokselulay@gmail.com

Keywords: Active soil test, colour parameters, harmful organisms wood material.

GİRİŞ

Ahşap malzeme, yüksek mukavemet/yoğunluk oranı ile sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak yüzyıllardır insanoğlu tarafından kullanılmaktadır (Ulay, 2020). Buna ek olarak, ahşabı tahrip eden organizmalara

karşı duyarlılığı nedeniyle ahşabın kullanımı sınırlı olmaktadır. Uzun süre ıslanması durumunda, ahşap mantar ve bakterilerin saldırısı ile mukavemet özellikleri önemli oranda azalabilmektedir (Edlund & Nilsson, 1998). Lignoselülozik malzemelerin mikrobiyolojik bozunması

doğadaki en önemli süreçlerden biridir (Papadopoulos vd., 2010).

Bir ahşap türünün biyolojik bozulmaya dayanma özelliği, doğal dayanıklılık olarak bilinir. Dayanıklılık, belirli bir yapı için bir kereste türünün uygunluğunu değerlendirmek için kullanılan anahtar performans faktörlerinden biridir. Tüm kereste türlerinin diri odunu çok zayıf bir dirence sahiptir; doğal dayanıklılık derecelendirmeleri yalnızca bir kereste türünün öz odunu için geçerlidir (Wong vd., 2005).

Organik bir malzeme olarak ahşabın mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanmasını önlemek için koruyucu maddelerle işlenmesi gerekir. Toprakla temas halinde koruyucu uygulanmış ahşabın 30 ile 50 yıllık bir hizmet ömrüne sahip olması beklenmektedir (Stephan vd., 2000).

Ahşabın dış mekânlarda kullanılması durumunda, fiziksel ve biyolojik etkenlerin etkisi, ahşap yapıların hizmet ömrünü belirleyen biyolojik bozunmaya yol açar. Ahşap ve ahşap esaslı ürünlerin beklenmedik şekilde düşük dayanıklılığı, potansiyel bir tehlike kaynağı ve ek bir masraf faktörüdür (Brischke vd., 2012). Ahşabın yer üstünde çok sayıda kullanımı dışında, ahşap da sıklıkla yer (ve toprak) temasına maruz kalır. Yaygın yer altı ahşap uygulamalarına örnek olarak elektrik direkleri, çit direkleri, parmaklık bileşenleri, zemin kaplaması destekleri, demiryolu traversleri, toprak teraslama ve karasal ve su temel kazıkları dâhildir (Marais ve ark., 2022).

Ahşabın doğal dayanıklılığının nedenlerinin değerlendirilmesi, bir yapı malzemesi olarak daha fazla rekabet edebilirlik ve güven sağlar (Acker vd., 2003; Calonego vd., 2010).

Tahribatsız bir teknik, ahşabın çürüme aşamasını ve bunun hizmetteki ahşabın mukavemeti ve sertliği üzerindeki etkisini izlemek için faydalı olacaktır (Machek vd., 2004). Ahşabın zemine temasında dayanıklılığı, alt tabaka kalitesi, iklim koşulları ve toprağın mikro florası gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Çürüme gelişimi çürüme tipine bağlıdır, bu nedenle zeminde sıklıkla bulunabilen yumuşak çürüklüğün beyaz ve kahverengi çürüklükten daha yavaş geliştiği bilinmektedir (Brischke vd., 2014).

Su, odun çürüklük mantarının gelişmesi ve üremesi için gerekli ortamı sağlar. Metabolik süreç için de, metabolitlerin, enzimler ve organellerin taşınabilmesinde bir çözücü işlevini yerine getirir, hayati bir iskelet bileşeni ve gelişme ve olgunlaşma sürecinin itici gücüdür (Rayner & Boddy, 1988).

Literatürde ahşap malzemenin aktif toprağa maruz kalması üzerine çeşitli çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan bazılarını bakıldığında Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) odununda (Ayata & Bal, 2019), on farklı odun türünde toprak testi sonrası yüzey özelliklerine (Gürleyen vd., 2023), Avrupa meşesi (*Quercus robur* L ve

Quercus petraea Liebl.) odununda (Brischke vd., 2009), kavak (*Populus* spp.) odununda (Li vd., 2017), karaçam (*Pinus nigra* Schneid) odununda (Papadopoulos vd., 2010) ve adi dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) odununda (Candelier vd., 2017), *Eucalyptus* türlerinden (*camaldulensis*, *robusta*, *urophylla*, *saligna*, *grandis* *pellita*) ve *Corymbia citriodora* odun türünde (Medeiros Neto vd., 2020) ağırlık kayıplarının belirlenmesi gibi çeşitli araştırmaların yapıldığı bildirilmiştir.

Bu çalışmadaki, adi kızılgağaç (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.), maun (*Swietenia mahagoni*) ve dut (*Morus* Sp.) odunlarının seçilme sebebi daha önce bu türlere ait toprak testi araştırma sonuçlarının mevcut olmamasıdır. Seçilen türlerden oluşan deney örnekleri TS ENV 807 standardı esas alınarak 12 haftalık süre boyunca aktif toprağa maruz kalması sonrası renk parametrelerine ait değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmaya konu edilen ağaç türlerine ait bazı özet bilgilere yer verilmiştir;

Adi kızılgağaç (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) İskandinavya'nın ortasından kuzey Fas ve Cezayir de dâhil olmak üzere Akdeniz ülkelerine kadar tüm Avrupa'da doğal olarak yaygındır (Jalas & Suominen, 1976; Kajba & Gracan, 2003; Meusel vd., 1965). Adi kızılgağaç odununda shore D sertlik değeri 59.60 HD (Türk & Ayata, 2021) olarak belirlenmiştir.

Maun (*Swietenia mahagoni*) (Meliaceae), Batı Hint Adaları'na özgü büyük, yaprak dökken ve ekonomik açıdan önemli bir kereste ağacıdır. Maun esas olarak Güney Çin, Malezya ve Hindistan'a yakın tropikal bölgede yetişmektedir (Mulholland vd., 2000). Maun odununda; ısı iletkenliği katsayısı 0.152 W/m.K (Çavuş vd., 2019), teğet yüzeyde vida tutma kuvveti 38.36 N/mm² (Bal vd., 2018) olduğu tespit edilmiştir.

Dut (*Morus* Sp.) hızlı büyüme ve kısa çoğalma süresi gösteren bu bitkiler, yaprak dökken bir bitkidir, yani tropikal, subtropikal ve ılıman gibi çeşitli çevre koşullarında yetişir (Srivastava vd., 2003). İpekböceği diyeti ve alternatif bir ilaç olarak yaygın olarak kullanılan dut, birçok antioksidan flavonoid bileşiği ve serbest radikal süpürücü etki içerdiği bildirilmektedir (Arumugam vd., 2012).

Dut odununda; ısı iletkenlik katsayısı 0.155 W/m.K (Çavuş vd., 2019) teğet yüzeyde 77.69 N/mm², radyal yüzeyde 73.24 N/mm², enine yüzeyde 93.71 N/mm² (Ayata vd., 2018) olarak bulunmuştur.

Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin, maun, dut ve adi kızılgağaç odun türlerine ait toprak ile teması bulunan farklı kullanım imkanları hakkındaki verilerin üretilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca bahçe mobilyası veya kent mobilyaları, peyzaj tasarımı ve dış mekân mimarisi gibi çok farklı alanlarda kullanımı düşünülen bu türlerin toprak etkisi ile renk değiştirme etkileri araştırılacaktır.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Bu çalışmada ağaç türleri olarak adi kızılgağaç (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.), maun (*Swietenia mahagoni*) ve dut (*Morus* Sp.) türleri seçilmiştir. Ağaç malzemeler 100 cm x 10 cm x 10 cm ölçüsünde 10'ar adet olarak temin edilmiştir (TS ISO 3129, 2021). Akabinde ahşap malzemelere kurutma amacı ile iklimlendirme işlemi uygulanmıştır (TSE 642 ISO 554, 1997).

Metot; Biyolojik Dayanıklılık Testinin Belirlenmesi: Dut, maun ve kızılgağaç odunlarına ait olan deney örnekleri TS ENV 807, (2006) standardına uygun olarak 80 mm'lik uzunluğu toprak içine yerleştirilmiştir. Bu şekilde 12 haftalık süre ile Türkiye'nin Karadeniz bölgesindeki bir üniversite kampüsünde seçilen konumdaki test şartlarına maruz bırakılmıştır. 12 haftalık periyod bitiminde, deney örnekleri topraktan çıkarılarak, sonrasında su ile yıkanmış ve (20 ±2 °C ve %65 bağıl nem) fırın içinde bekletilerek hava kurusu %12 rutubet değerine kadar kuruması sağlanmıştır (TSE 642 ISO 554, 1997).

Renk Özelliklerinin Belirlenmesi: Aktif toprağa maruz kalmış ve kalmamış (kontrol grubu) dut, maun ve kızılgağaç odunlarına ait olan renk ölçümleri CIELAB renk sistemi ile bir CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınmak aydınlatma)] cihazı ile her bir deney örneği yüzeyinden 10 ölçüm (N:10) alınarak aritmetik ortalama değeri belirlenmiştir.

CIELAB, L^* parametresi 0-100 arasında parlaklık değeri göstermekte olup, üç boyutlu bir spektrum sağladığı bildirilmiştir. Buna ek olarak, 100 olarak en yüksek parlaklık, beyazlığı ve 0 olarak minimum parlaklık, numunelerin tam karanlık olduğunu göstermektedir. a^* ve b^* parametreleri, X ekseninde kırmızı renk + a^* 'dan yeşil renk - a^* 'ya ve Y ekseninde sarı renk + b^* 'den mavi renge - b^* renk değişimini belirtmek için sırasıyla X ve Y eksenlerini temsil etmektedir (Mohebbi & Saei, 2015).

Bu parametreler ile aşağıda verilen formül yardımı ile toplam renk farklılığına ait sonuçlar belirlenmiş ve bu sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir. Renk değiştirme kriterleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu Tablo ile elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 1. Renk değiştirme kriterleri (Barański vd., 2017).

Table 1. Color change criteria (Barański et al., 2017).

ΔE^* Değeri	Gözlem Sonucuna Göre Verilen Kriter İfadesi
$\Delta E^* < 0.2$	Görünmez renk değişimi
$2 > \Delta E^* > 0.2$	Hafif renk değişimi
$3 > \Delta E^* > 2$	Yüksek filtrede görünür renk değişimi
$6 > \Delta E^* > 3$	Filtrenin ortalama kalitesiyle görülebilen bir renk değişimi
$12 > \Delta E^* > 6$	Yüksek renk değişimi
$\Delta E^* > 12$	Farklı renk

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan(b^* / a^*) \quad (2)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{toprağa maruz kalmış deney örneği}} - a^*_{\text{toprağa maruz kalmamış deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{toprağa maruz kalmış deney örneği}} - L^*_{\text{toprağa maruz kalmamış deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{toprağa maruz kalmış deney örneği}} - b^*_{\text{toprağa maruz kalmamış deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{toprağa maruz kalmış deney örneği}} - C^*_{\text{toprağa maruz kalmamış deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

İstatistiksel Analiz: Sonuçlara ait (N=10) veriler bir SPSS istatistik programında değerlendirilerek, ortalama değerleri, minimum ve maksimum değerleri, % değişim oranları, varyasyon katsayıları, standart sapmaları ve varyans analizleri hesaplanmıştır.

BULGULAR

Toprakta yaşayan ve gelişen çeşitli zararlı organizmalara karşı maruz kalmadan öncesi ve sonrasında ait olan maun, dut ve kızılgağaç odunlarında renk parametrelerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2'de, kroma (C^*), ton açısı (h°), ışıklılık (L^*), kırmızı (a^*) renk tonu ve sarı (b^*) renk tonu değerleri için ağaç türünün (A), işlemin (B) ve iki faktöre ait olan etkileşimi (AB)'nin anlamlı olarak tespit edildiği görülmektedir.

Tablo 3'de renk parametrelerine ait SPSS sonuçları gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, ışıklılık (L^*) değerlerine bakıldığında maun odununda %31.97, dut odununda %23.15 ve kızılgağaç odununda %13.86 oranında azalmalar elde edilmiştir.

Söğütü & Sönmez (2006) L^* değerinde elde edilen "artışın daha açık renk", "azalışın ise koyulaşmanın" bir sonucu olduğu şeklinde bildirilmiş olup bu bilgiler doğrultusunda her üç ağaç türü için L^* değerlerinin aktif toprağa maruz kalması sonrasında azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla her ağacın rengi kontrol ölçümüne göre daha koyu hale geldiği söylenebilir.

Table 2. Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları.

Table 2. Variance analysis results of color parameters.

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Ağaç Türü (A)	L^*	1969.533	2	984.766	583.268	0.000*
	a^*	259.744	2	129.872	596.227	0.000*
	b^*	1507.134	2	753.567	2113.767	0.000*
	C^*	1586.622	2	793.311	1916.138	0.000*
	h°	1718.375	2	859.188	460.331	0.000*
İşlem (B)	L^*	1954.876	1	1954.876	1157.856	0.000*
	a^*	316.113	1	316.113	1451.242	0.000*
	b^*	1503.602	1	1503.602	4217.625	0.000*
	C^*	1822.708	1	1822.708	4402.511	0.000*
	h°	47.047	1	47.047	25.206	0.000*
Etkileşim (AB)	L^*	118.171	2	59.085	34.996	0.000*
	a^*	81.699	2	40.850	187.536	0.000*
	b^*	148.530	2	74.265	208.314	0.000*
	C^*	70.877	2	35.439	85.598	0.000*
	h°	989.678	2	494.839	265.122	0.000*
Hata	L^*	91.171	54	1.688		
	a^*	11.762	54	0.218		
	b^*	19.251	54	0.357		
	C^*	22.357	54	0.414		
	h°	100.789	54	1.866		
Toplam	L^*	127014.652	60			
	a^*	4576.167	60			
	b^*	22578.938	60			
	C^*	27108.198	60			
	h°	261024.689	60			
Düzeltilmiş Toplam	L^*	4133.751	59			
	a^*	669.318	59			
	b^*	3178.518	59			
	C^*	3502.564	59			
	h°	2855.888	59			

C^* : Kroma, h° : Ton açısı, L^* : Işıklılık değeri, a^* : Kırmızı renk tonu değeri, b^* : Sarı renk tonu değeri, $\alpha \leq 0.05$ sütunundaki verilere göre * : Anlamlı

Kırmızı (a^*) renk tonu değerlerinde maun odununda %61.66, kızılgağaç odununda %62.73 ve dut odununda %13.36 oranında azalmalar tespit edilmiştir (Tablo 3).

Sarı (b^*) renk tonu değerleri için maun odununda %50.12, kızılgağaç odununda %35.61 ve dut odununda

%44.96 oranında azalmaların bulunduğu görülmektedir (Tablo 3).

Ton açısı (h°) değerinde ise, maun odununda %11.91, kızılâğaç odununda %12.26 artışlar belirlenirken, dut odununda %13.74 oranında azalmaların bulunduğu görülmektedir (Tablo 3).

Kroma (C^*) değerlerine bakıldığında ise dut odununda %53.43, maun odununda %40.38 ve kızılâğaç odununda %38.81 oranında azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Ayata ve Can, (2023) tarafından aktif olarak toprağa bırakılmış karakavak, wenge ve manolya odunlarında yapılan renk testi ölçümleri sonunda L^* değerlerinin tüm ahşap türleri için azalma olduğu

bildirilmiştir. Buna ek olarak, C^* , a^* ve b^* parametrelerinin wenge ve karakavak odunlarında azaldığı, manolya ahşabında ise arttığı söylenmiştir.

Toprağın, odun numunesinde bükülme stresine neden olmadan, esas olarak lignin bileşenini bozan beyaz çürükler içerdiği sonucu çıkarılabilir (Talaie vd., 2013). Ahşap organik kökenli bir malzemedir ve bu nedenle maruz kaldığı çevre koşullarına bağlı olarak biyolojik etmenler tarafından bozulmaya uğramaktadır (Vivian vd., 2020).

Ahşabın biyolojik dayanıklılığını arttırmak için genellikle kimyasal ürünlerle emprenye edilir. Ahşapta koruyucu ürünlerin sabitlenmesi sırasında ve sonrasında aktif bileşenlerin emisyonu çok düşüktür, ancak genel olarak halk bu tekniği olumlu bulmaz (Calonego vd., 2010).

Tablo 3. Renk parametrelerine ait sonuçları.

Table 3. Results of color parameters.

Test	Ağaç Türü	İşlem	X	Değişim (%)	HG	SS	Min.	Maks	COV	
Işıklık (L^*)	Dut	Öncesi	53.70	↓23.15	A	0.77	52.70	55.06	1.43	
		Sonrası	41.27		D	0.78	40.35	42.59	1.90	
	Maun	Öncesi	44.51	↓31.97	C	0.39	43.83	45.23	0.88	
		Sonrası	30.28		E**	1.18	28.24	32.00	3.91	
	Kızılâğaç	Öncesi	54.68	↓13.86	A*	1.79	51.97	57.54	3.28	
		Sonrası	47.10		B	2.04	43.75	49.96	4.33	
	Kırmızı (a^*) Renk Tonu	Dut	Öncesi	11.38	↓13.36	A	0.29	10.83	11.86	2.56
			Sonrası	9.86		B	0.75	8.34	10.86	7.62
Maun		Öncesi	11.66	↓61.66	A*	0.24	11.35	12.04	2.07	
		Sonrası	4.47		D	0.30	4.06	4.94	6.71	
Kızılâğaç		Öncesi	8.05	↓62.73	C	0.32	7.30	8.53	3.99	
		Sonrası	3.00		E**	0.64	2.07	3.90	21.30	
Sarı (b^*) Renk Tonu		Dut	Öncesi	31.96	↓44.96	A*	0.45	31.17	32.64	1.42
			Sonrası	17.59		C	0.92	16.47	19.30	5.24
	Maun	Öncesi	17.12	↓50.12	C	0.17	16.98	17.53	1.01	
		Sonrası	8.54		E**	0.22	8.20	8.88	2.63	
	Kızılâğaç	Öncesi	19.88	↓35.61	B	0.33	19.30	20.35	1.64	
		Sonrası	12.80		D	0.95	11.56	14.24	7.39	
	Kroma (C^*)	Dut	Öncesi	33.83	↓40.38	A*	0.53	32.96	34.54	1.58
			Sonrası	20.17		C	0.91	18.75	21.75	4.49
Maun		Öncesi	20.72	↓53.43	C	0.24	20.43	21.27	1.15	
		Sonrası	9.65		E**	0.30	9.22	10.16	3.11	
Kızılâğaç		Öncesi	21.49	↓38.81	B	0.32	20.94	21.92	1.51	
		Sonrası	13.15		D	1.06	11.75	14.77	8.07	
Ton Açısı (h°)		Dut	Öncesi	70.39	↓13.74	B	0.54	69.52	71.21	0.76
			Sonrası	60.72		E	2.18	57.29	63.58	3.60
	Maun	Öncesi	55.74	↑11.91	F**	0.49	54.99	56.34	0.89	
		Sonrası	62.38		D	1.32	60.87	64.58	2.11	
	Kızılâğaç	Öncesi	68.00	↑12.26	C	0.68	67.05	69.58	1.00	
		Sonrası	76.34		A*	1.92	73.39	79.86	2.52	

Öncesi: Kontrol, Sonrası: 3 ay süre ile toprakta bekletildikten sonraki hali,
X: Ortalama, SS: Standart sapma, COV: Varyasyon katsayısı, HG: Homojenlik grubu,
*: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç

Ahşabın kullanımı, ahşabı çürüten ve rengini bozan organizmalar için hassas ve sınırlıdır. Ahşap malzeme uzun zaman ıslak kalır ise ahşabı bozan mantar türleri ahşaba saldırır. Bu nedenle, farklı yapı malzemeleri arasındaki rekabetin artmasıyla birlikte, ahşabın dayanıklılığının daha uzun süre garanti edilebilmesi önemlidir (Blom & Bergström, 2005).

Toplam renk farklılığına ilişkin veriler Tablo 4'de sunulmuştur. Elde edilen bu verilere göre, dut odununda $\Delta E^*=19.07$, maun odununda $\Delta E^*=18.11$ ve kızılâğaç odununda $\Delta E^*=11.54$ olarak bulunmuştur.

Ayata ve Can, (2023) tarafından aktif olarak toprağa bırakılmış karakavak, wenge ve manolya odunlarında ΔE^* değerleri sırasıyla 6.92, 14.24 ve 13.37 olarak bulunduğu rapor edilmiştir.

Ayrıca, Barański vd., (2017)'ye göre belirtilen (Tablo 1'deki kriterler için) ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, toprak testi sonrasında dut ve maun odunlarının “*farklı renk*” kategorisinde olduğu, kızılgağaç odununun ise “*yüksek renk değişimi*” kategorisinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları.
Table 4. Results of the total color differences.

Ağaç Türü	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk değiştirme kriteri (Barański ve ark., 2017)
Dut	-12.43	-01.53	-14.38	-13.66	04.75	19.07	$\Delta E^* > 1$ Farklı renk
Maun	-14.23	-07.19	-08.58	-11.07	01.69	18.11	$\Delta E^* > 1$ Farklı renk
Kızılgağaç	-07.59	-05.05	-07.08	-08.34	02.47	11.54	$12 > \Delta E^*$ Yüksek renkdeğişimi

SONUÇ

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Toplam renk farkı değerleri dut ahşabında ΔE^* : 19.07, maun odununda ΔE^* : 18.11 ve kızılgağaçta ΔE^* : 11.54 olarak elde edilmiştir.

- L^* , a^* , b^* , C^* ve h^o parametreleri için varyans analiz sonuçları anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

- Her üç odun türü için aktif toprağa maruz kalması sonrasında L^* , a^* , b^* ve C^* değerlerinin azaldığı görülmüştür.

- h^o değerinde ise maun ve kızılgağaç odunlarında artış, dut odununda ise azalma tespit edilmiştir.

- Yapılan toprak testinin ahşap malzemelerin yapısal özellikleri ile sahip oldukları doğal renginde değişikliklere sebep olduğu görülmüştür.

- Toprak içindeki ahşap uygulamalarına örnek olarak elektrik direkleri, çit direkleri, parmaklık bileşenleri, zemin kaplaması destekleri, demiryolu traversleri, toprak teraslama ve karasal ve su temel kazıkları, bahçeleri gibi alanlar örnek verilebilir.

Yukarıda verilen bilgilerden yola çıkarak, ahşap malzemenin toprağa maruz kalması sırasında ki yüzey özelliklerini korumak için çeşitli uygulamalara (ısıtma işlemi, empenye maddeleri ve empenye işlemi, zararsız kimyasalların fırça veya rulo kullanılarak uygulanması vb.) yer verilmesi önerilmektedir. Ayrıca toprak içinde kullanılan ahşap malzemenin yeniden kullanımı düşünüldüğünde renk özelliklerinde değişikliklerin meydana geldiği göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acker, J., Stevens, M., Carey, J., Siera-Alvarez, R., Militz, H., Bayon, I., Kleist, G. & Peek, R. (2003). Biological durability of wood in relation to end-use. *Holz als Roh-Und Werkstoff*, **61**, 35-45. DOI: 10.1007/s00107-002-0351-8
- Arumugam, S., Thandavarayan, R.A., Veeraveedu, P.T., Ma, M., Giridharan, V.V., Arozal, W.,

- Sari, F.R., Sukumaran, V., Lakshmanan, A., Soetikno, V., Suzuki, K., Kodama, M. & Watanabe, K. (2012). Modulation of endoplasmic reticulum stress and cardiomyocyte apoptosis by mulberry leaf diet in experimental autoimmune myocarditis rats. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, **50**(2), 139-144. DOI: 10.3164/jcbrn.11-44

- ASTM D 2244-3. (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

- Ayata, Ü., Çavuş, V., Bal, B.C. & Efe, F.T. (2018). Dut, doğu çınarı, kızılçam ve sedir ağaç türlerinde janka sertlik değerinin belirlenmesi, 2. *Uluslararası Bilimsel Çalışmalarda Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu*, 30 Kasım - 2 Aralık, Samsun, Türkiye, 1490-1494.

- Ayata, Ü. & Bal, B.C. (2019). Mikrobiyolojik olarak aktif olan toprağa maruz kalmış Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) odununda ısıtma işleminin etkisi, *Avrasya 4. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*, 27-29 Eylül, Kiev, Ukrayna, 13-18.

- Ayata, Ü. & Can, A. (2023). Karakavak, wenge ve manolya odunlarında renk özellikleri üzerine aktif toprakta oluşan zararlı organizmalara karşı maruz kalmanın etkileri, *Afrika 1. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 12-15 Ocak 2023, Kahire, 50-60.

- Bal, B.C., Ayata, Ü., Çavuş, V. & Efe, F.T. (2018). Ceviz, maun, kestane ve ıhlamur odunlarında vida tutma kapasitesinin belirlenmesi, 5. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi*, 02-03 Kasım, Antalya, Türkiye, **1**(1), 383-396.

- Barański, J., Klement, I., Vilkovská, T. & Konopka, A. (2017). High temperature drying process of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) with different zones of sapwood and red false heartwood. *BioResources*, **12**(1), 1861-1870. DOI: 10.15376/biores.12.1.1861-1870

- Blom, A. & Bergström, M. (2005). Mycology: a new accelerated test method for wood durability above ground. *Wood Science and Technology*, **39**, 663-673. DOI: 10.1007/s00226-005-0003-3

- Brischke, C., Behnen, C.J., Lenz, M.T., Brandt, K. & Melcher, E. (2012). Durability of oak timber bridges - Impact of inherent wood resistance and environmental conditions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **75**, 115-123. DOI: 10.1016/j.ibiod.2012.09.010

- Brischke, C., Meyer, L. & Olberding, S. (2014). Durability of wood exposed in ground – Comparative field trials with different soil

- substrates. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **86**, Part B, 108-114. DOI: [10.1016/j.ibiod.2013.06.022](https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.06.022)
- Brischke, C., Welzbacher, C.R., Rapp, A.O., Augusta, U. & Brandt, K. (2009).** Comparative studies on the in-ground and above-ground durability of European oak heartwood (*Quercus petraea* Liebl. and *Quercus robur* L.). *European Journal of Wood and Wood Products*, **67**, 329-338. DOI: [10.1007/s00107-009-0329-x](https://doi.org/10.1007/s00107-009-0329-x)
- Calonego, F., Severo, E. & Furtado, E. (2010).** Decay resistance of thermally modified eucalyptus grandis wood at 140°C, 160°C, 200°C and 220°C. *Bioresource Technology*, **101**(23), 9391-9394. DOI: [10.1016/j.biortech.2010.06.119](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.119)
- Candelier, K., Hannouz, S., Thévenon, M.F., Guibal, D., Gérardin, P., Pétrissans, M. & Collet, R. (2017).** Resistance of thermally modified ash (*Fraxinus excelsior* L.) wood under steam pressure against rot fungi, soil-inhabiting microorganisms and termites. *European Journal of Wood and Wood Products*, **75**, 249-262. DOI: [10.1007/s00107-016-1126-y](https://doi.org/10.1007/s00107-016-1126-y)
- Cavus, V., Sahin, S., Esteves, B. & Ayata, U. (2019).** Determination of thermal conductivity properties in some wood species obtained from Turkey. *Bioresources*, **14**(3), 6709-6715. DOI: [10.15376/biores.14.3.6709-6715](https://doi.org/10.15376/biores.14.3.6709-6715)
- Fu, Z., Zhou, Y., Gao, X., Liu, H., & Zhou, F. (2019).** Changes of water related properties in radiata pine wood due to heat treatment. *Construction and Building Materials*, **227**, 116692. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2019.116692](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116692)
- Gennari, E., Picchio, R. & Lo Monaco, A. (2021).** Industrial heat treatment of wood: study of induced effects on ayous wood (*Triplochiton scleroxylon* K. Schum). *Forests*, **12**(6), 730. DOI: [10.3390/f12060730](https://doi.org/10.3390/f12060730)
- Gürleyen, L., Ulay, G. & Ayata, Ü. (2023).** Toprak testine maruz kalmış bazı ahşap türlerinde renk parametrelerinin tespit edilmesi. *Ziraat & Orman, Su Ürünlerinde Güncel Araştırmalar* (53-64s), Ankara: Gece Kitaplığı.
- Jalas, J. & Suominen, J. (1976).** Atlas Florae Europaeae; 3: *Salicaceae to Balanosporaceae*, Helsinki, Finlandpg, 59.
- Kajba, D. & Gracan, J. (2003).** EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for black alder (*Alnus glutinosa*), Rome, Italy International Plant Genetic Resources Institutepg. 6.
- Li, T., Cheng, D., Avramidis, S., Wälinder, M.E.P. & Zhou, D. (2017).** Response of hygroscopicity to heat treatment and its relation to durability of thermally modified wood. *Construction and Building Materials*, **144**, 671-676. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2017.03.218](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.218).
- Machek, L., Edlund, M.L., Sierra-Alvarez, R. & Militz, H. (2004).** A non-destructive approach for assessing decay in preservative treated wood. *Wood Science and Technology*, **37**, 411-417. DOI: [10.1007/s00226-002-0161-5](https://doi.org/10.1007/s00226-002-0161-5)
- Marais, B.N., Brischke, C. & Militz, H. (2022).** Wood durability in terrestrial and aquatic environments - A review of biotic and abiotic influence factors. *Wood Material Science & Engineering*, **17**(2), 82-105. DOI: [10.1080/17480272.2020.1779810](https://doi.org/10.1080/17480272.2020.1779810)
- Medeiros Neto, P.N., Paes, J.B., Oliveira, J.T.S., Silva, J.G.M., Coelho, J.C.F. & Ribeiro, L.S. (2020).** Durability of Eucalypts wood in soil bed and field decay tests. *Maderas. Ciencia y tecnología*, **22**(4), 447-456. DOI: [10.4067/S0718-221X2020005000403](https://doi.org/10.4067/S0718-221X2020005000403)
- Meusel, H., Jager, E. & Weinert, E. (1965).** Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora, Jean, Gustav Fisher Verlag, 120 pp.
- Mohebbi, B. & Saei, A.M. (2015).** Effects of geographical directions and climatological parameters on natural weathering of fir wood. *Construction and Building Materials*, **94**, 684-690. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2015.07.049](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.049)
- Mulholland, D.A., Parel, B. & Coombes, P.H. (2000).** The chemistry of the Meliaceae and Ptaeroxylaceae of southern and eastern africa and madagascar. *Current Organic Chemistry*, **4**(10), 1011-1054. DOI: [10.2174/1385272003375941](https://doi.org/10.2174/1385272003375941)
- Papadopoulos, A.N., Militz, H. & Pfeffer, A. (2010).** The biological behaviours of pine wood modified with linear chain carboxylic acid anhydrides against soft rot fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **64**(5), 409-412. DOI: [10.1016/j.ibiod.2010.04.002](https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.04.002)
- Rayner, A.D.M. & Boddy, L. (1988)** Fungal Decomposition of Wood: Its Biology and Ecology. John Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- Schwarze, F.W.M.R. (2007).** Wood decay under the microscope. *Fungal Biology Reviews*, **21**(4), 133-170. DOI: [10.1016/j.fbr.2007.09.001](https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.09.001)
- Srivastava, S., Kapoor, R., Thathola, A. & Srivastava, R.P. (2003).** Mulberry (*Morus alba*) leaves as human food: a new dimension of sericulture. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **54**(6), 411-416. DOI: [10.1080/09637480310001622288](https://doi.org/10.1080/09637480310001622288)

-
- Stephan, I., Göller, S. & Rudolph, D. (2000).** Improvements of monitoring the effects of soil organisms on wood in ground contact. *Holz als Roh-und Werkstoff*, **58**, 115-119.
- Talaei, A., Karimi, A.N. & Thévenon, M.F. (2013).** Influence of heat treatment medium on fungal resistance of beech wood. Document No. IRG/WP 13-40643. The International Research Group on Wood Protection, Stockholm, Sweden
- TS ENV 807. (2006).** Ahşap koruyucular - yumuşak çürüklük yapan mikro mantarlara ve toprakta gelişen diğer zararlı mikro organizmalara karşı etkinliğinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS ISO 3129. (2021).** Odun - küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk, M. & Ayata, Ü. (2021).** Türkiye’de yetişen bazı ağaç türlerine ait odunlarda shore D sertlik değerleri üzerine ısı işlemin etkisi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, **4**(2), 166-173. DOI: [10.33725/mamad.1005127](https://doi.org/10.33725/mamad.1005127)
- Ulay, G. (2020).** The Problems of Furniture Sector and Suggestions for Solutions (A Case Study of Van). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **5**(5), 849-857.
- Vivian, M.A., Grosskopf, É.J., Nunes, G.C., Itako, A.T. & Modes, K.S. (2020).** Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, **19**(1), 35-47. DOI: [10.5965/223811711912020035](https://doi.org/10.5965/223811711912020035)
- Wang, Q.A., Zhou, B. & Shan, Y. (2004).** Progress on antioxidant activation and extracting technology of flavonoids. *Chemical Products and Technology*, **11**, 29-33.



Aras, Çoruh ve Doğu Karadeniz Havzalarındaki Yüksek Rakımlı Göllerde Fitoplankton Tür Kompozisyonu ve Biyokütlesi

Tolga ÇETİN^{1*} Nilsun DEMİR²

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye.

Geliş Tarihi: 31.03.2023

Kabul Tarihi: 18.08.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atf yapmak için: Çetin, T.& Demir, N. (2023). Aras, Çoruh ve Doğu Karadeniz Havzalarındaki Yüksek Rakımlı Göllerde Fitoplankton Tür Kompozisyonu ve Biyokütlesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 352-360. <https://doi.org/10.35229/jaes.1274356>

How to cite: Çetin, T.& Demir, N. (2023). Phytoplankton Species Composition and Biomass in High Altitude Lakes in Aras, Çoruh and Eastern Black Sea Basins. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 352-360. <https://doi.org/10.35229/jaes.1274356>

*id: <http://orcid.org/0000-0002-7817-3222>
id: <http://orcid.org/0000-0002-3895-7655>

*Sorumlu yazarın:
Tolga ÇETİN
T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi
Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
✉: tolga.cetin@tarimorman.gov.tr

Öz: Aras, Çoruh ve Doğu Karadeniz havzalarının ortalama yüksekliği fazladır ve bu havzalarda birçok yüksek rakımlı göl bulunmaktadır. Bu çalışmada, Aras (Aygır Gölü), Çoruh (Balık ve Boğa Gölü) ve Doğu Karadeniz (Camlı ve Çakır Gölü) havzalarında yer alan ve 2100 metrenin üzerinde bulunan doğal göllerin fitoplankton biyokütlesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Doğu Karadeniz havzası için 2018 yılında, Aras ve Çoruh havzaları için ise 2019 yılında üç dönemde fitoplankton ve su örnekleri toplanmıştır. Bacillariophyta (13), Charophyta (5), Chlorophyta (16), Cryptophyta (3), Cyanobacteria (6), Miozoa (2), Euglenozoa (1) ve Ochrophyta (2)'ya ait toplamda 48 fitoplankton türü teşhis edilmiştir. Bu göllerin ekolojik durumlarının değerlendirilmesi için fitoplankton biyokütlesi ile nutrientler (toplam azot ve toplam fosfor) arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Toplam azot Boğa (1434,33 µg/l), Balık (1195,00 µg/l) ve Aygır (988,83 µg/l) göllerinde yüksek çıkarken, Çakır (324,00 µg/l) ve Camlı (374,67 µg/l) göllerinde düşük bulunmuştur. Toplam fosfor Aygır (100,60 µg/l), Balık (35,80 µg/l) ve Boğa (15,40 µg/l) göllerinde yüksek çıkarken, Çakır (2,50 µg/l) ve Camlı (6,70 µg/l) göllerinde düşük bulunmuştur. Fitoplankton biyokütlesi toplam azot ve toplam fosfor ile benzerlik göstermiş ve Balık (1,92 mm³/l), Boğa (1,44 mm³/l) ve Aygır (1,34 mm³/l) göllerinde yüksek çıkarken Camlı (0,21 mm³/l) ve Çakır (0,25 mm³/l) göllerinde düşük bulunmuştur. Fitoplankton biyokütlesine göre; Camlı ve Çakır Göllerinin ekolojik durumunun çok iyi, Aygır, Balık ve Boğa Göllerinin ise ekolojik durumunun iyi olduğu tespit edilmiştir. Çok iyi durumda olan Camlı ve Çakır göllerinin yüksek rakımda yer alan göller için referans alan olarak değerlendirilmesi ve göllerin mevcut durumunun korunması için gerekli tedbirlerin alınması önerilir.

Anahtar kelimeler: Fitoplankton biyokütlesi, referans koşul, toplam azot, toplam fosfor, yüksek rakımlı göller.

Phytoplankton Species Composition and Biomass in High Altitude Lakes in Aras, Çoruh and Eastern Black Sea Basins

Abstract: The Aras, Çoruh, and Eastern Black Sea basins have a high average elevation and there are several high altitude lakes in these basins. In this study, it was aimed to evaluate the phytoplankton biomass of natural lakes above 2100 meters in the Aras (Aygır Lake), Çoruh (Balık and Boğa Lake) and Eastern Black Sea (Camlı and Çakır Lake) basins. Phytoplankton and water samples were collected three sampling period in 2018 for the Eastern Black Sea basin, and in 2019 for the Aras and Çoruh basins. A total of 48 phytoplankton species belonging to Bacillariophyta (13), Charophyta (5), Chlorophyta (16), Cryptophyta (3), Cyanobacteria (6), Miozoa (2), Euglenozoa (1) and Ochrophyta (2) have been identified. In order to evaluate the ecological status of these lakes, the relationships between phytoplankton biomass and nutrients (total nitrogen and total phosphorus) were investigated. Total nitrogen levels were high in Boğa (1434.33 µg/l), Balık (1195.00 µg/l) and Aygır (988.83 µg/l) lakes, but low in Çakır (324.00 µg/l) and Camlı (374.67 µg/l) lakes. Total phosphorus levels were high in Aygır (100.60 µg/l), Balık (35.80 µg/l) and Boğa (15.40 µg/l) lakes, but low in Çakır (2.50 µg/l) and Camlı (6.70 µg/l) lakes. Phytoplankton biomass correlated with total nitrogen and total phosphorus, and was high in Balık (1.92 mm³/l), Boğa (1.44 mm³/l) and Aygır (1.34 mm³/l) lakes but low in Camlı (0.21 mm³/l) and Çakır (0.25 mm³/l) lakes. According to phytoplankton biomass, the ecological status of Camlı and Çakır Lakes is high, and the ecological status of Aygır, Balık, and Boğa Lakes is good. It is recommended that the Camlı and Çakır lakes, which are in high status, should be used as a reference site for lakes at high altitudes, and the necessary measures should be taken to protect the current status of the lakes.

*Corresponding author:
Tolga ÇETİN
T.R. Ministry of Agriculture and Forestry,
General Directorate of Water Management,
Ankara,
✉: tolga.cetin@tarimorman.gov.tr

Keywords: High altitude lakes, phytoplankton biomass, reference condition, total nitrogen, total phosphorus.

GİRİŞ

Türkiye nüfusu hızla artış göstermekte ve buna bağlı olarak endüstrileşmektedir. Giderek artan çevre kirliliği ve su kirliliği önemli çevresel sorunlara neden olmaktadır. Kısıtlı olan kıta içi su kaynaklarımızın hızla artan kentsel içme suyu ve endüstriyel su talebini karşılayabilmeleri için korunmaları gereklidir (Uslu & Türkman, 1987). Göl sularının kalitesi üzerine fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkili olmaktadır. Bu etkenler göllere nehirler vasıtası ile veya doğrudan gelen atık sular, yağmur suları ile gelen kirleticiler ve göl içinde oluşan maddelerdir. Sonuçta, nutrient artışı ile ötrofikasyon gerçekleşmektedir (Pulatsü vd., 2014). Su kirlenmesi olaylarının çoğunda azot ve azot içeren maddeler önemli kirlilik unsurlarındandır. Azot, doğal dolanımı olan ve mikroorganizmalar tarafından tüketilmek suretiyle bileşikler oluşturabilen bir maddedir. Fosfor da mikroorganizmalar için gerekli temel elementlerdendir ve su ortamında birincil üretimde rol alır. Fitoplankton miktarının artış göstermesi büyük ölçüde sudaki azot ve fosfor miktarı ile ilişkilidir (Şengül & Müezzinoğlu, 1995). Nutrientlere bağlı fitoplankton miktarındaki değişiklikler göllerin ekolojik durumunu doğrudan etkiler.

Göllerin ekolojik durumu, su ekosistemlerinin yapısını ve işleyişini ifade eder. İyi ekolojik durum bir gölde izlenen biyolojik kalite bileşenlerinin referans alan koşullarına sahip olması veya referans alandan az oranda sapma sağlaması durumudur. Referans alanlar, su kütlelerinde baskıların olmadığı veya etkilerinin ekosistem işleyişini etkilemediği, bozulmanın olmadığı ve doğala yakın su kütlelerini ifade etmektedir (Anonim, 2021). Bu nedenle göllerin ekolojik durumunun değerlendirilmesinde referans göllerin araştırılması önem taşımaktadır.

Fitoplankton, göllerde kompozisyon, bolluk ve biyokütle açısından değerlendirilmesi gereken bir kalite bileşenidir (Anonim, 2014). Bugüne kadar Türkiye’de yüksek rakımlı göllerde fitoplankton kompozisyonuna yönelik çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Fakıoğlu vd., 2019; Sömek & Ustaoglu, 2016; Şahin, 2000; Taş, 2016). Fitoplankton bolluğu ve bolluğa bağlı fitoplankton biyokütle hesaplamaları ekolojik durumun değerlendirilmesi açısından önemlidir. Türkiye’deki derin ve sığ göllerin fitoplankton biyokütlesi açısından değerlendirilmesi için PT-BV metriği geliştirilmiştir (Anonim, 2020a). Nutrientlerin fitoplankton biyokütlesi ile ilişkili bulunduğu bu çalışmada Türkiye’nin 25 havzasından örneklenen toplam 275 gölden elde edilen fitoplankton biyokütlelerine ilişkin sınır değerler belirlenmiştir.

Yüksek rakımlı göller genellikle nüfus, endüstri ve tarım gibi antropojenik etkilerden uzakta kalan göller olması dolayısıyla referans koşulların belirlenmesi açısından uygun göllerdir. Türkiye, yükselti bakımından 1141 m ortalama yükseltiye sahiptir ve yaklaşık %10’u 2000 ve 3000 m arasındaki yükselti basamağındadır (Elibüyük & Yılmaz, 2010). Anadolu’nun dağlık alanlarının alpin kuşaklarında çok sayıda göl bulunduğu, bunların büyük bölümünün Doğu Karadeniz dağları (511 adet) ve Doğu Anadolu dağlarında (59 adet) yer aldığı belirtilmiştir (Öztürk vd., 2021). Ulaşım koşullarının güçlüğü nedeniyle yüksek rakımlı göllerde yeterli limnolojik araştırma bulunmamaktadır. Oysa bu göller antropojenik olarak nispeten daha az etkilendiği için küresel iklim değişiminin uzun dönemli etkilerinin izlenebileceği göllerdir. Bu çalışma, topografya açısından ortalama yüksekliğin fazla olduğu havzalarda deniz seviyesinden 2100 m’den daha yüksek olan göllerde sürdürülmüştür. Çoruh havzasında bulunan Balık ve Boğa Gölleri ile Doğu Karadeniz havzasında bulunan Camlı ve Çakır Göllerinin fitoplanktonuna ilişkin daha önceden yapılan bir çalışma bulunamamıştır. Bu çalışmada, Aras havzasında bulunan Aygır Gölü (2126 m), Çoruh havzasında bulunan Balık Gölü (2146 m) ve Boğa Gölü (2358 m) ile Doğu Karadeniz havzasında bulunan Camlı Gölü (2757 m) ve Çakır Gölü’nde (2556 m) fitoplankton kompozisyonu ve biyokütlesinin incelenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca göllerdeki nutrientler olan toplam azot ve toplam fosfor derişimi ile fitoplankton biyokütlesi arasındaki ilişkiler incelenerek göllerin referans alan özellikleri değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı: Türkiye’nin kuzeydoğusunda yer alan Aras havzası, batısında Çoruh ve Fırat-Dicle havzaları ile güneyinde Fırat-Dicle havzası ile çevrilidir. Aras Nehri’nin uzunluğu 1072 km’dir. Kafkasların en büyük nehirlerinden birisidir (Anonim, 2019). Çoruh havzasını kuzeyde Doğu Karadeniz, doğuda Aras, güneyde Fırat-Dicle, batıda Yeşilirmak havzaları çevrelemektedir. Havzadaki en düşük rakım 550 m olup en yüksek rakım Kaçkar Dağı’nda 3397 m’dir. Çoruh Nehri ana kol uzunluğu 296 km’dir (Anonim 2020b). Doğu Karadeniz havzasının kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Kaçkar Dağları yer almaktadır. Türkiye’nin en fazla yağış alanına sahip Doğu Karadeniz havzası su kaynakları bakımından oldukça zengindir (Anonim 2020c). Göllerin havzalarda yerleşimi Şekil 1’de, koordinat, rakım, yüzey alanı ve derinlik bilgileri ise Tablo 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı ve göller.
Figure 1. Study area and lakes.

Tablo 1. Havzalarda çalışılan göllerin bazı özellikleri.

Table 1. Some characteristics of the studied lakes in the basins.

Havza	Göller	İli	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Yüzeysel Alanı (ha)	Derinlik (m)
Aras	Aygır	Kars	40,76524	43,00564	2126	409,0	30,0
	Balık	Artvin	41,36609	42,50452	2146	1,0	4,0
Çoruh	Boğa	Artvin	41,40924	42,51099	2358	3,1	9,2
	Camlı	Giresun	40,51342	38,19279	2757	3,0	14,6
Karadeniz	Çakır	Gümüşhane	40,57603	39,69068	2556	4,7	15,0

Örnekleme ve analiz:

Çalışmada örnekleme Doğu Karadeniz havzasındaki göllerde Mayıs, Temmuz ve Eylül 2018'de, Aras ve Çoruh havzalarındaki göllerde ise Mayıs, Temmuz ve Eylül 2019'da yürütülmüştür. Balık, Boğa, Çakır ve Camlı göllerinden bir noktadan, Aygır Gölü'nden ise 50 ha'dan büyük olması nedeniyle iki noktadan örnekleme yapılmıştır. Kıydan başlayarak gölün merkezine doğru gidilmiş ve en derin noktada bir örnekleme noktası seçilmiştir. Öncelikle öfotik derinlik Secchi derinliği ölçülerek belirlenmiş ve öfotik derinlikten Ruttner örnekleme ile 2 m'den fazla olmayacak derinlik aralıklarında su örnekleri alınarak birleşik örnek hazırlanmış, ışık geçirmeyen şişelere alınarak Lugol çözelitisi ile muhafaza altına alınmıştır. Nutrient analizi için su örnekleri yüzey, orta ve dipten alınmıştır. Göllerde fitoplanktonun kalitatif analizi için üst çapı 25 cm ve göz açıklığı 55 mikron plankton kepçesi ile çekim yapılmıştır. Önce trinoküler mikroskop (Leica 750) altında türlerin fotoğrafları çekilerek ilgili literatüre göre teşhis edilmiş ve güncel taksonomik adları global AlgaeBase veri tabanından kontrol edilmiştir (Guiry & Guiry, 2023; Huber-Pestalozzi, 1942; Huber-Pestalozzi, 1950; John vd., 2002; Komarek & Fott, 1983; Lind & Brook, 1980; Popovski & Pfiester, 1990; Prescott, 1973). Sayımda fitoplankton yoğunluğuna göre 10-100 ml'lik Hydrobios sayım çemberleri kullanılmış, çöktürülerek su örnekleri ters mikroskop (Leica DMIL) altında sayılmıştır (EN 15204, 2006; Utermöhl, 1958). Fotoğrafları çekilen türlerin boyutları Leica Application Suite (LAS) programı yardımıyla ölçülmüş ve Hillebrand vd., (1999) ve Olenina vd., (2006)'ya göre geometrik şekillere benzetilerek her bir türün biyohacimi hesaplanmıştır,

örnekteki tür sayısı ile çarpılarak toplam fitoplankton biyohacimi belirlenmiş, fitoplankton biyokütlesi 1 mm³/m³ alg biyohaciminin 1 mg yaş ağırlığa/m³ eşdeğer olduğu varsayılarak tahmin edilmiştir (Rott, 1981). Bu nedenle çalışma kapsamında fitoplankton biyokütlesi fitoplankton biyohacimi üzerinden değerlendirilmiştir.

Toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) derişimleri APHA, (2012)'ye göre analiz edilmiştir.

Ekolojik durumun belirlenmesi: Fitoplankton biyokütlesi, Türkiye göllerinde fitoplankton biyokütlesine bağlı olarak geliştirilen PT-BV metriği ile ekolojik durum sınıf aralıklarına göre değerlendirilmiştir (Anonim, 2020a). Bu metriğe göre 5 m'den derin göllerde 0,6 mm³/l'nin altındaki göller çok iyi, 0,6-1,9 mm³/l arasındaki göller iyi olarak sınıflandırılmıştır. 5 m'den sığ göllerde ise 0,78 mm³/l'nin altındaki göller çok iyi, 0,78-2,2 mm³/l arasındaki göller iyi olarak sınıflandırılmıştır.

İstatistiksel analiz: Fitoplankton kompozisyonu ve biyokütlesine dayalı göllerin gruplandırılması için birleştirici hiyerarşik kümeleme analizi ve TN ve TP değerleri ile fitoplankton biyokütlesi arasındaki lineer regresyon analizi XLSTAT (Addinsoft, 2014) programı ile gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Çalışma yürütülen göllerde en yüksek TN değerleri sırasıyla Boğa Gölü (1434,33 µg/l), Balık Gölü (1195,00 µg/l) ve Aygır Gölü'nden (988,83 µg/l) elde edilirken, Çakır Gölü (324,00 µg/l) ve Camlı Gölü'ndeki (374,67 µg/l) TN daha düşük bulunmuştur (Tablo 2). TP değerleri TN ile benzerlik göstererek sırasıyla Aygır Gölü (100,60 µg/l), Balık Gölü (35,80 µg/l) ve Boğa Gölü'nde (15,40 µg/l) yüksek çıkarken Çakır Gölü (2,50 µg/l) ve Camlı Gölü'nde (6,70 µg/l) daha düşük çıkmıştır. Fitoplankton biyokütlesi değişimleri TN ve TP ile benzerlik göstermiş, sırasıyla Balık Gölü (1,92 mm³/l), Boğa Gölü (1,44 mm³/l) ve Aygır Gölü'nde (1,34 mm³/l) en yüksek değerlere ulaşırken Camlı Gölü (0,21 mm³/l) ve Çakır Gölü'nde (0,25 mm³/l) düşük olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Göllerdeki TN, TP derişimi ve fitoplankton biyokütlesinin değişimi (ortalama ± standart hata).

Table 2. Variation of the TN, TP and phytoplankton biomass in the lakes (mean ± standard error).

Havza	Göller	Fitoplankton Biyokütlesi (mm ³ /l)	TN (µg/l)	TP (µg/l)
Aras	Aygır	1,34±0,35	988,83±141,04	100,60±83,55
	Balık	1,92±0,56	1195,00±389,69	35,80±20,03
Çoruh	Boğa	1,44±0,28	1434,33±448,59	15,40±12,90
	Camlı	0,21±0,08	374,67±112,19	6,70±2,21
Doğu Karadeniz	Çakır	0,25±0,07	324,00±67,68	2,50±0,00

Araştırmada göllerde Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanobacteria, Miozoa, Euglenozoa ve Ochrophyta filumlarına ait toplam 48 fitoplankton türü teşhis edilmiş, türlerin aylara ve toplam

biyokütleyle oranla bulunuşları belirlenmiştir (Tablo 3). Teşhis edilen türlere ait fotoğraflar Şekil 2-4'te verilmiştir. *Paulschulzia tenera* (Korshikov) J.W.G.Lund (Maraşlıoğlu

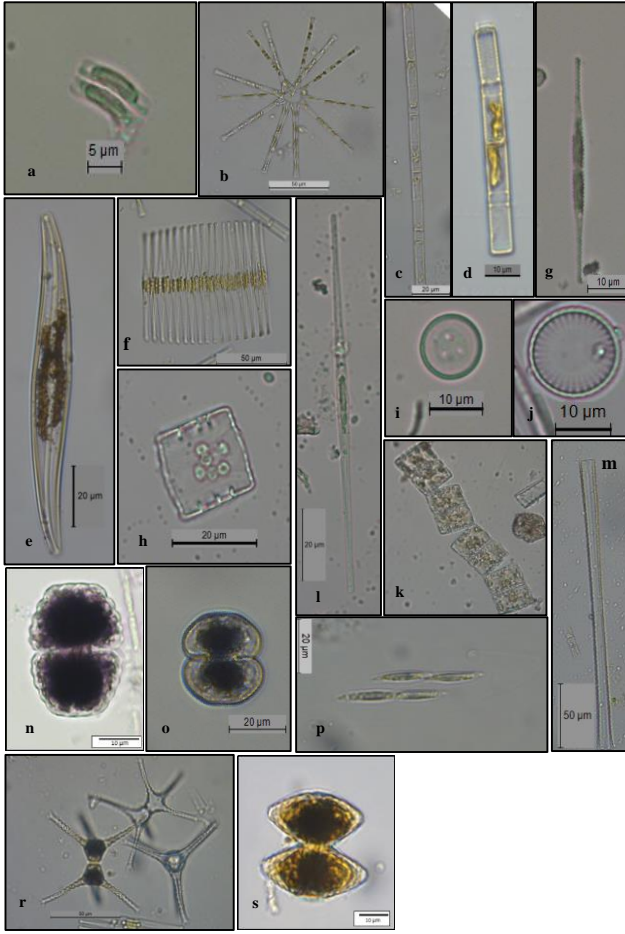
vd., 2022) ve *Chromulina ovalis* Klebs (Demir vd., 2021) türleri ilgili makalelerde yeni kayıt olarak bildirilmiştir.

Table 3. Göllerde teşhis edilen fitoplankton türleri ve aylara göre biyokütle bazında bulunuş oranları (Türün toplam biyokütledeki oranı *%20'den az, **%20-60 arasında, ***%60'dan fazla).

Table 3. Phytoplankton species identified in the lakes and their ratio by months in biomass (Ratio of species in total biomass *less than 20%, **between 20-60%, ***more than 60%).

	Tür	Aygır		Balık			Boğa			Camlı			Çakır		
		May.	Tem.	Ey.	May.	Tem.	Ey.	May.	Tem.	Ey.	May.	Tem.	Ey.	May.	Tem.
	<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki										*	*		*	*
	<i>Asterionella formosa</i> Hassall			*				*	*	*	*	*	*	**	*
	<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	*													
	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen		*	**											
	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing			*	***	***	***	*	*	*	*	*			
	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst													*	
BAC	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kütton		*		*	*			*						
	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith				*	*		*	*						
	<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing													*	
	<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T.Kiss & E.Ács	**	*	*											
	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing													*	
	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M. Aboal			*	*	*			*	*	*	*	*	*	*
	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère			*	*	*								*	
	<i>Cosmarium crenatum</i> Ralfs				*	*									
	<i>Cosmarium neodepressum</i> G.J.P.Ramos & C.W.N.Moura			*											
CHA	<i>Elakathrix gelatinosa</i> Wille		*	*											
	<i>Staurastrum cingulum</i> (West & G.S.West) G.M.Smith		*	*											
	<i>Staurastrum punctulatum</i> Brébisson														*
	<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	*	*	*							**	*	*	*	**
	<i>Carteria pseudoglobosa</i> Ettl	*	*	*											
	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck										**	**			
	<i>Comasiella arcuata</i> (Lemmermann) E.Hegewald, M.Wolf, Al.Keller, Friedl & Krienitz		*	*											
	<i>Lemmermannia triangularis</i> (Chodat) C.Bock & Krienitz	*	*	*											
	<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda														*
	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	*	*	*											
CHL	<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová						*	*	*						
	<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová						*	*	*		*				
	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz						*	*	*						
	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	*	*	*			*	*	*					*	*
	<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory	*	*	*											
	<i>Paulschulzia tenera</i> (Korshikov) J.W.G.Lund											*	*		
	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korshikov) E.Hegewald & Deason	*	*	*				*	*						
	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald	*	*	*						**	**	*		*	
	<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chodat	*	*	*			*	*	*			**	*	*	*
	<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja		*	*				*		*	*	*	*	*	**
CRY	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg		*	*											
	<i>Plagioselmis namnoplantica</i> (H.Skuja) G.Novarino, I.A.N.Lucas & S.Morrall	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West	**	*	*			*	*	**						
	<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek		**	**											
CYA	<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	*													
	<i>Limnococcus limneticus</i> (Lemmermann) Komárková, Jezberová, O.Komárek & Zapomelo		*	*											
	<i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg				*	*									
	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek				*	*		***	**						
MIO	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin		*	*											
	<i>Peridinium cinctum</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	*	**	*											
EUG	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			*	*	*							*		*
OCH	<i>Chromulina ovalis</i> Klebs			***	*	*									
	<i>Nephrodiella lunaris</i> Pascher	*	*	*											

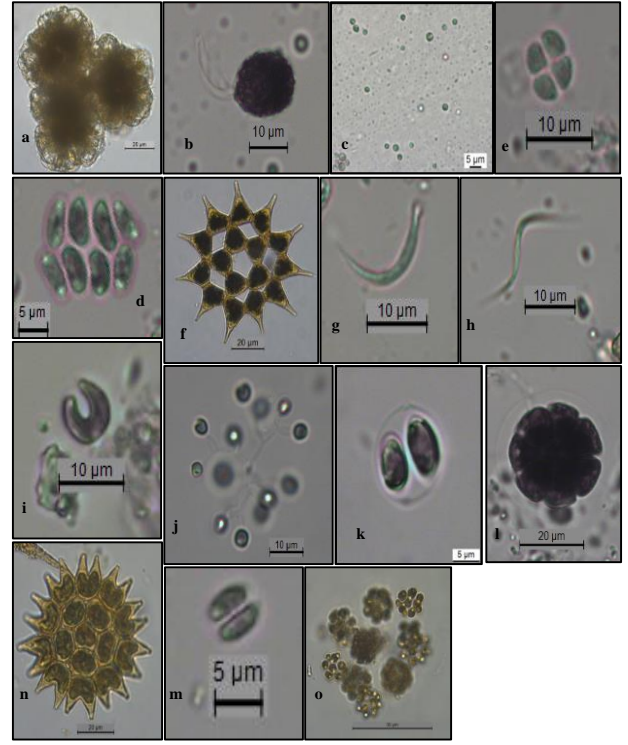
BAC; Bacillariophyta, CHA; Charophyta, CHL; Chlorophyta, CRY; Cryptophyta, CYA; Cyanobacteria, MIO; Miozoa, EUG; Euglenozoa, OCH; Ochrophyta.



Şekil 2. Bacillariophyta ve Charophyta filumlarına ait fotoğraflar (a. *Achnantheidium minutissimum*, b. *Asterionella formosa*, c. *Aulacoseira italica*, d. *A. granulata*, e. *Gyrosigma acuminatum*, f. *Fragilaria crotonensis*, g. *Nitzschia acicularis*, h. *Odontidium mesodon*, i. *Pantocsekiella ocellata*, j. *Cyclotella meneghiniana*, k. *Tabellaria flocculosa*, l. *Ulnaria acus*, m. *U. ulna*, n. *Cosmarium crenatum*, o. *C. neodepressum*, p. *Elakatothrix gelatinosa*, r. *Staurastrum cingulum*, s. *S. punctulatum*)

Figure 2. Pictures of the phyla Bacillariophyta and Charophyta (a. *Achnantheidium minutissimum*, b. *Asterionella formosa*, c. *Aulacoseira italica*, d. *A. granulata*, e. *Gyrosigma acuminatum*, f. *Fragilaria crotonensis*, g. *Nitzschia acicularis*, h. *Odontidium mesodon*, i. *Pantocsekiella ocellata*, j. *Cyclotella meneghiniana*, k. *Tabellaria flocculosa*, l. *Ulnaria acus*, m. *U. ulna*, n. *Cosmarium crenatum*, o. *C. neodepressum*, p. *Elakatothrix gelatinosa*, r. *Staurastrum cingulum*, s. *S. punctulatum*)

Fitoplanktonda Bacillariophyta filumundan *Cyclotella meneghiniana* türünün biyokütledeki oranı Temmuz ve Eylül aylarında Balık Gölü'nde, Mayıs ayında ise Boğa Gölü'nde %60'ın üzerinde olmuştur. Ayrıca *Chromulina ovalis* türü Mayıs ayında Balık Gölü'nde, siyanobakterilerden *Pseudanabaena limnetica* türü ise Temmuz ayında Boğa Gölü'nde %60'ın üzerinde biyokütle oranı sergilemiştir. Camlı Gölü'nde Temmuz ve Eylül aylarında *Chlorella vulgaris* türü toplam biyohacimin %20-40'ını oluştururken yine aynı gölde *Pseudopediastrum boryanum* türü Mayıs ve Temmuz aylarında toplam biyokütlenin %20-60'ını oluşturmuştur. Siyanobakterilerden *Aphanocapsa holsatica* türü Aygır Gölü'nde Temmuz ve Eylül aylarında toplam biyokütlenin %20-60'ını oluşturmuştur

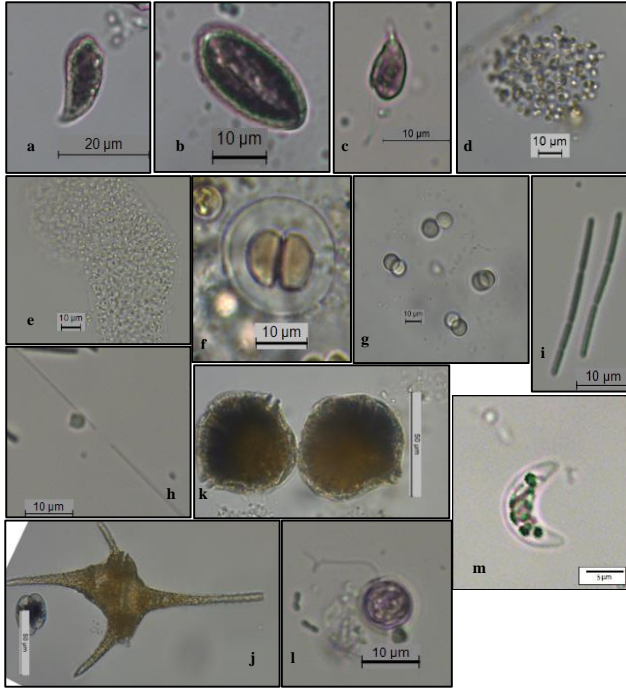


Şekil 3. Chlorophyta filumuna ait fotoğraflar (a. *Botryococcus braunii*, b. *Carteria pseudoglobosa*, c. *Chlorella vulgaris*, d. *Comasiella arcuata*, e. *Lemmermannia triangularis*, f. *Monactinus simplex*, g. *Monoraphidium contortum*, h. *M. irregulare*, i. *M. minutum*, j. *Mucidosphaerium pulchellum*, k. *Oocystis lacustris*, l. *Pandorina morum*, m. *Pseudodidymocystis planctonica*, n. *Pseudopediastrum boryanum*, o. *Sphaerocystis schroeteri*)

Figure 3. Pictures of the phylum Chlorophyta (a. *Botryococcus braunii*, b. *Carteria pseudoglobosa*, c. *Chlorella vulgaris*, d. *Comasiella arcuata*, e. *Lemmermannia triangularis*, f. *Monactinus simplex*, g. *Monoraphidium contortum*, h. *M. irregulare*, i. *M. minutum*, j. *Mucidosphaerium pulchellum*, k. *Oocystis lacustris*, l. *Pandorina morum*, m. *Pseudodidymocystis planctonica*, n. *Pseudopediastrum boryanum*, o. *Sphaerocystis schroeteri*)

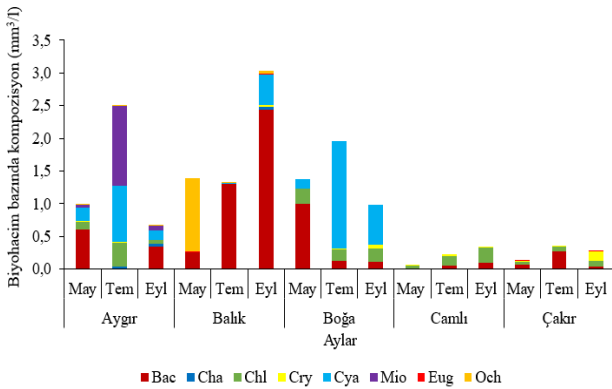
Göllerde fitoplankton biyokütlesinin Camlı ve Çakır Göllerinde düşüken, Aygır, Balık ve Boğa Göllerinde yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Filumların aylara göre değişimleri incelendiğinde Temmuz ve Eylül aylarında Boğa Gölü'nde siyanobakterilerin, Balık Gölü'nde ise Bacillariophyta filumunun fitoplankton kompozisyonundaki oransal artışları dikkat çekmektedir. Aygır Gölü'nde ise Temmuz ayında Miozoa filumundan *Peridinium cinctum* fitoplankton kompozisyonunda artış göstermiştir.

Aygır Gölü, 409,0 ha yüzey alanı ve 39,0 m derinlik ile diğer göllere göre büyük ve derin göl kategorisinde yer almıştır. Balık Gölü, 1,0 ha yüzey alanı ve 4,0 m derinlik ile küçük ve sığ göl özelliği göstermiştir. Boğa Gölü (3,0 ha yüzey alanı ve 9,2 m derinlik), Camlı Gölü (3,0 ha yüzey alanı ve 14,6 m derinlik) ve Çakır Gölü (4,7 ha yüzey alanı ve 15,0 m derinlik) ile küçük ve derin göl kategorisinde yer almıştır. Göllerin fitoplankton kompozisyonu ve biyokütlesine göre gruplandırılmış hali Şekil 6'da verilmiş olup aynı havzada bulunan ve aynı tipte göllerin fitoplankton açısından benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4. Cryptophyta, Cyanobacteria, Miozoa, Euglenozoa ve Ochrophyta filumlarına ait fotoğraflar (a. *Cryptomonas marssonii*, b. *C. ovata*, c. *Plagioselmis nannoplantica*, d. *Aphanocapsa delicatissima*, e. *A. holsatica*, f. *Chroococcus minutus*, g. *Limnococcus limneticus*, h. *Planktolyngbya limnetica*, i. *Pseudanabaena limnetica*, j. *Ceratium hirundinella*, k. *Peridinium cinctum*, l. *Trachelomonas volvocina*, m. *Nephrodiella lunaris*)

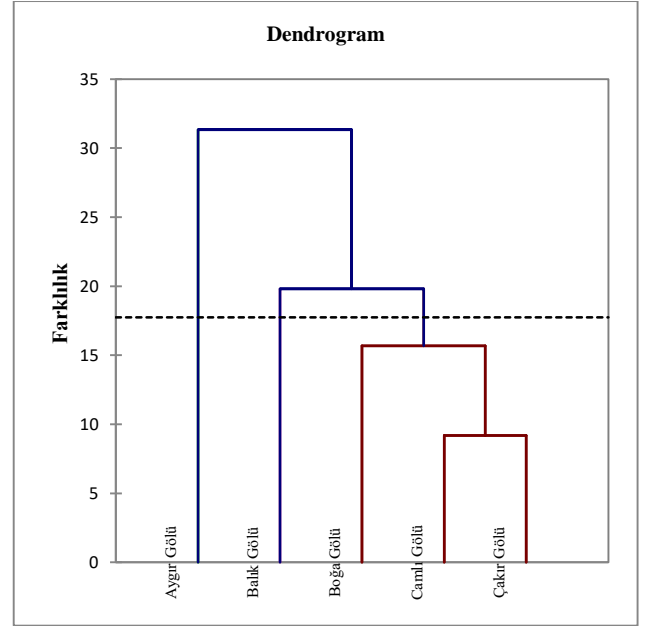
Figure 4. Pictures of the phyla Cryptophyta, Cyanobacteria, Miozoa, Euglenozoa and Ochrophyta (a. *Cryptomonas marssonii*, b. *C. ovata*, c. *Plagioselmis nannoplantica*, d. *Aphanocapsa delicatissima*, e. *A. holsatica*, f. *Chroococcus minutus*, g. *Limnococcus limneticus*, h. *Planktolyngbya limnetica*, i. *Pseudanabaena limnetica*, j. *Ceratium hirundinella*, k. *Peridinium cinctum*, l. *Trachelomonas volvocina*, m. *Nephrodiella lunaris*)



Şekil 5. Göllerin aylara göre fitoplankton biyokütlesinin filumlar bazında yüzde dağılım oranları (BAC: Bacillariophyta, CHA: Charophyta, CHL: Chlorophyta, CRY: Cryptophyta, CYA: Cyanobacteria, MIO: Miozoa, EUG: Euglenozoa, OCH: Ochrophyta)

Figure 5. Percentage distribution ratios of phytoplankton biomass in terms of phylum by months in lakes (BAC: Bacillariophyta, CHA: Charophyta, CHL: Chlorophyta, CRY: Cryptophyta, CYA: Cyanobacteria, MIO: Miozoa, EUG: Euglenozoa, OCH: Ochrophyta)

Göllerin fitoplankton biyokütlesine göre kalite durumları PT-BV metriği ile değerlendirilmiştir (Tablo 4). Fitoplanktona göre Ayğır, Balık ve Boğa Gölleri iyi durumu gösterirken, Camlı ve Çakır Gölleri çok iyi durumda çıkmıştır.



Şekil 6. Göllerin fitoplankton kompozisyonu ve biyokütlesine dayalı birleştirici hiyerarşik kümeleme analizi farklılık dendrogramı.

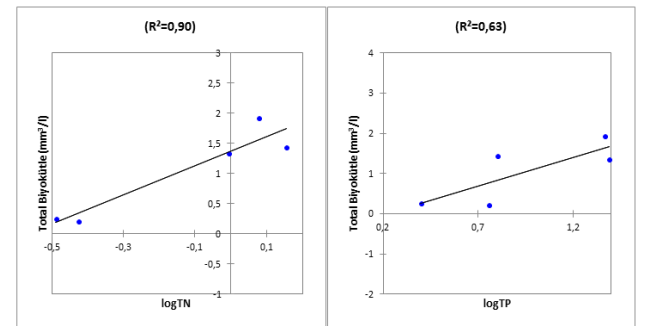
Figure 6. Agglomerative hierarchical clustering analysis dissimilarity dendrogram based on phytoplankton composition and biomass of lakes.

Tablo 4. Göllerdeki ortalama fitoplankton biyokütlesinin PT-BV metriğine göre değerlendirilmesi (mavi: çok iyi, yeşil: iyi durum).

Table 4. Evaluation of mean phytoplankton biomass by PT-BV metric (blue: high, green: good status).

Havza	Göller	PT-BV
Aras	Ayğır	İyi
	Balık	İyi
Çoruh	Boğa	İyi
	Camlı	Çok İyi
Doğu Karadeniz	Çakır	Çok İyi

Fitoplankton biyokütlesinin TN ve TP ile doğrusal ilişkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Toplam biyokütle ve TN arasındaki R^2 oranı 0,90 çıkarken TP arasındaki R^2 oranı 0,63 çıkmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Fitoplankton biyokütlesinin TN (solda) ve TP (sağda) ile ilişkisi.

Figure 7. Relationship of phytoplankton biomass to TN (left) and TP (right).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2126 m ile 2757 m yükseklikler arasında yer alan 5 gölün fitoplankton kompozisyonu belirlenmiş ve bir kalite unsuru olarak fitoplanktona göre ekolojik durumları değerlendirilmiştir. Çalışma yürütülen

göllerde ortalama TN değerleri 324 µg/l ile 1434 µg/l arasında değişmiştir. Yüksek dağ gölleri azot gibi besin elementlerinin atmosferik taşınımından büyük ölçüde etkilenmektedir (Morales-Baquero vd., 2013). Özellikle nitrat formundaki azot yüksek dağ göllerindeki azot birikiminin ana kaynağıdır (Morales-Baquero & Perez-Martinez, 2016). Yüksek bir dağ gölü olan Blidinje'de trofik durumun belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada (Ivankovic vd., 2011) 1810 µg/l ortalama toplam azot değeri ile çalışmamız ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. TN değerleri açısından göller yüksekten düşüğe doğru Boğa, Balık, Aygır, Camlı ve Çakır Gölü olarak sıralanmıştır. TP derişimi ise 2,5 ile 100,6 µg/l arasında değişmiş, göller yüksekten düşüğe doğru Aygır, Balık, Boğa, Camlı ve Çakır Gölü olarak sıralanmıştır. Göllerde fitoplankton biyokütlesi TN ve TP ile benzerlik göstermiş, Balık, Boğa ve Aygır Göllerinde yüksekken, Camlı ve Çakır Göllerinde oransal olarak daha düşük bulunmuştur. Bulgaristan'ın Rila Dağlarında bulunan 18 yüksek dağ gölünde yapılan çalışma kapsamında fitoplankton biyokütlesinin nitrat azotu ile pozitif yönlü korelasyon sergilediği bildirilmiştir (Beshkova vd., 2016). Fitoplankton biyokütlesi nutrient derişiminin etkisi ile değişiklikler göstermektedir. Taş ve Gönülol, (2007), fitoplankton komünitesinin sucul ekosistemdeki değişimlerden ilk ve en çok etkilenen grup olduklarını belirtmiştir. Toplam fitoplankton biyokütlesi ile TP ve TN arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur (p<0,05). Nutrientlerin yanı sıra diğer abiyotik (rakım, yüzey alanı ve derinlik) faktörler de fitoplankton üzerinde etkili olmaktadır. Kaçkar Dağlarında incelenen Avusor ve Koçdüzü göllerinin tür kompozisyonunun diğer yüksek dağ gölleri ve Türkiye'nin kuzeyindeki göller ile istatistiksel olarak karşılaştırılması sonucunda diyatome florasının oluşumunda rakımın ana faktör olduğu bildirilmiş (Şahin & Barinova, 2022) ve bulgularımız bu çalışma ile uyum göstermiştir.

Göllerde Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanobacteria, Miozoa, Euglenozoa, Ochrophyta filumlarından fitoplankton türleri teşhis edilmiştir. Aygır Gölü'nde sentrik diyatomelerden *Pantocsekiella ocellata* ve *Aulacoseira italica* ile siyanobakterilerden *Aphanocapsa* spp. ve Miozoa'dan *Peridinium cinctum* toplam biyoküttelede %20-60 arasında bulunmuş ve zamansal artışlar göstermişlerdir. Diğer türler ise genellikle %20 altında varlık göstermişlerdir. *P. ocellata* ve *A. italica* küçük ve orta büyüklükteki mezotrofik göllerin tipik temsilcileri olarak belirtilmiş ve bazı durumlarda *Peridinium* türleri ile birlikte bulunabildikleri bildirilmiştir. *Aphanocapsa* türleri ise oligotrofik derin göllerin epilimniyon tabakasında yaz sonunda bulunabilmektedir. *Cryptomonas* spp. ve *Plagioselmis nannoplanctica* türleri de bu topluluk içinde

yer alabilmektedir (Padisak vd., 2009; Reynolds vd., 2002). Bu bildirişler gölün fitoplankton topluluğu ve derin oligo-mezotrofik yapısıyla uyum göstermektedir. Fitoplankton türleri içerisinde diyatomelerden *Cyclotella meneghiniana* türünün Temmuz ve Eylül aylarında Balık Gölü'nde, Mayıs ayında ise Boğa Gölü'nde biyokütledeki oranı %60'ın üzerinde olmuştur. Bu tür küçük ve orta büyüklükteki ötrofik göllerin temsilcilerinden biri olarak belirtildiğinden Balık ve Boğa Göllerinde ötrofikasyonun bir indikatörü olarak değerlendirilebilir. Siyanobakterilerden *Pseudanabaena limnetica* ve *Aphanocapsa delicatissima* türü ise Temmuz ayında Boğa Gölü'nde artışlar sergilemiştir. Bu türler besince zengin su sütunlarının temsilcileridir (Padisak vd., 2009). Fitoplankton biyokütlesinin daha yüksek olduğu bu göllerde nutrientlerin de Camlı ve Çakır Göllerinden yüksek olması, besin düzeyinin oransal olarak yüksek olduğuna işaret etmektedir. Camlı ve Çakır Göllerinde diyatome, Chlorophyta ve Cryptophyta filumlarına ait türleri bazı artışlar göstermekle birlikte toplam fitoplankton biyokütlesinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Doğu Karadeniz havzasında 2900 m yükseklikte yer alan buzul gölünün (Aygır Gölü/Elmalı) temiz ve oligotrofik özellikler taşıdığı, fitoplanktonda diyatomelerin tür çeşitliliği ve kantitatif açısından baskın olduğu belirtilmiştir (Taş, 2016). Diyatome ve Chlorophyta üyelerinin Batı Anadolu dağ göllerinde de baskın olduğu saptanmıştır (Sömek & Ustaoglu, 2016). Benzer şekilde Erzurum'da yer alan üç buzul gölünün fitoplanktonunda diyatome baskın bulunmuştur (Fakioğlu vd., 2019). Bu bildirişler Camlı ve Çakır Göllerinde fitoplanktona yönelik bulgularla uyum göstermektedir.

Ortalama fitoplankton biyohacimi/biyokütlesine dayalı PT-BV metriğine göre (Anonim, 2020a) Aygır, Balık ve Boğa Gölleri iyi, Camlı ve Çakır Gölleri ise çok iyi durumda bulunmaktadır. Çelekli vd., (2020) tarafından Aygır Gölü'nde yapılan çalışmada da fitoplankton komünitesine yönelik PTI ve MedPTI indeksleri uygulanmış, gölün ekolojik durumunun iyi olduğu belirtilmiştir. Bulgularımız bu çalışma ile uyum göstermiştir. Camlı ve Çakır Göllerinde siyanobakteri bulunmaması da ekolojik durumunun çok iyi olmasını desteklemektedir. Aygır, Balık ve Boğa Göllerindeki siyanobakteri artışları ise ötrofikasyona işaret etmektedir. Camlı ve Çakır Göllerinin toplam fitoplankton biyokütlesi Søndergaard vd., (2005)'e göre de çok iyi durumu göstermektedir. Her iki metrik benzer sonuçlar vermiştir.

Göllerde fitoplankton kompozisyonu ve biyokütlesine göre gerçekleştirilen hiyerarşik kümelendirme analizinde Doğu Karadeniz havzasında yer alan Camlı ve Çakır Göllerinin ve Çoruh havzasında yer alan Boğa Gölü ve Balık Göllerinin benzerlik taşıdığı, Aras Havzasında yer alan Aygır Gölü'nün ise diğerlerinden daha fazla farklılık

gösterdiği belirlenmiştir. Haldizan Dağları (Trabzon) üzerinde 2600 m ve 2700 m yüksekliklerde yer alan iki buzul gölünün de algal floralarının benzer bulunduğu belirtilmiştir (Şahin, 2000). Yüksek rakım, benzer çevresel koşullar ve ulaşım zorluğu nedeniyle buzul gölleri nispeten temiz ve referans özellikler taşımaktadır.

Sonuç olarak, göllerin yüksekliklerinin benzer olmasına rağmen biyotik ve abiyotik etmenlerin fitoplankton toplulukları üzerine etkili olduğu söylenebilir. Bu çalışma ile incelenen göllerden Camlı ve Çakır Göllerinin benzer tipolojideki göller için ekolojik kalite oranlarının belirlenmesinde referans olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir. Türkiye'nin yüksek rakımlı bölgelerinde limnolojik olarak hiçbir bilgi bulunmayan çok sayıda göl bulunmaktadır. Bu göllerin çeşitli iklimsel ve antropojenik etkiler altında değişen su varlığına sahip çıkılması ve sürdürülebilir yönetimi adına mevcut durumlarının belirlenmesi ve izlenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü uhdesinde yürütülen "Türkiye'de Referans İzleme Ağının Kurulması Projesi" ile elde edilen veriler kullanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Addinsoft. (2014).** XLSTAT 5.03. Addinsoft, USA.
- Anonim. (2014).** *Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmelik*; 11 Şubat 2014 tarih ve 28910 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim. (2019).** *Aras havzası taşkın yönetim planı*; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2020a).** *Türkiye'de referans izleme ağının kurulması projesi nihai rapor*; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2020b).** *Çoruh havzası taşkın yönetim planı*; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2020c).** *Doğu Karadeniz havzası taşkın yönetim planı*; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2021).** *Yerüstü su kalitesi yönetmeliği*; 16 Haziran 2021 tarih ve 31513 sayılı Resmi Gazete.
- APHA. (2012).** *Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd Edition.* American Public Health Association. American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Beshkova, M., Kalchev, R. & Cheshmedjiev, S. (2016).** Phytoplankton assamblage pattern of eighteen high mountain lakes in Rila Mountains (Bulgaria) in

relation to the environmental factors. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, **69**(4), 459-466.

- Çelekli, A., Kayhan, S. & Çetin, T. (2020).** First assessment of lakes' water quality in Aras River catchment (Turkey); Application of phytoplankton metrics and multivariate approach. *Ecological Indicators*, **117**, 106706. DOI: [10.1016/j.ecolind.2020.106706](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106706)
- Demir, N., Öterler, B., Sömek, H., Sevindik, T.O., Soylu, E.N., Karaaslan, Y., Çetin, T., Çelekli, A., Coşkun, T., Solak, C.N., Maraşlıoğlu, F., Parlak, M., Koca, M. & Manavoğlu, D.C. (2021).** New records for the Turkish freshwater algal flora in twenty five river basins of Turkey, Part IV: Ochrophyta. *Turkish Journal of Water Science and Management*, **5**(2), 204-229. DOI: [10.31807/tjwsm.835111](https://doi.org/10.31807/tjwsm.835111)
- Elibüyük, M. & Yılmaz, E. (2010).** Türkiye'nin coğrafi bölge ve bölümlerine göre yükselti basamakları ve eğim grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **8**(1), 27-55. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000104
- EN 15204. (2006).** Su kalitesi - değiştirilmiş mikroskopi yöntemi (Utermöhl technique) kullanılarak fitoplanktonların sayılmasına dair standart kılavuz.
- Fakıoğlu, Ö., Arslan, H. & Köktürk, M. (2019).** Kalitatif olarak buzul göllerin fitoplanktonunun araştırılması (Tortum, Erzurum). *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **9**(3), 1704-1709. DOI: [10.21597/jist.461249](https://doi.org/10.21597/jist.461249)
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2023).** AlgaeBase. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland. 30.03.2023. <https://www.algaebase.org/>.
- Hillebrand, H., Dürselen, C.D., Kirschtel, D., Pollinger, U. & Zohary, T. (1999).** Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, **35**, 403-424. DOI: [10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x](https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x)
- Huber-Pestalozzi, G. (1950).** *Das phytoplankton des süßwassers, 3 teil. cryptophyceen, chloromonadien, peridineen.* In: A. Thienemann (Ed), Die Binnengewasser, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi, G. (1942).** *Das phytoplankton des süßwassers, 2 teil. diatomeen.* In: A. Thienemann (Ed), Die Binnengewasser, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Ivankovic, A., Habul, E.V. & Knezovic, Z. (2011).** Physico-chemical characteristics of shallow, high mountain Lake Blidinje (in a karst area of Bosnia and Herzegovina) with emphasis on its trophic status. *Ocean and Hydro* **40**, 19-27. DOI: [10.2478/s13545-011-0025-4](https://doi.org/10.2478/s13545-011-0025-4)
- John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J. (2002).** *The freshwater algal flora of the British Isles.* Cambridge Univ. Press, Cambridge.

- Komarek, J. & Fott, B. (1983).** *Chlorococcales*, 7. teil. *IHalfte*. In: J. Elster and W. Ohle (Eds). Das phytoplankton des süßwassers, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Lind, M.E. & Brook, A.J. (1980).** *A key to the commoner desmids of the English Lake District*. Freshwater Biological Association Scientific Publications, 123.
- Maraşhoğlu, F., Öterler, B., Sevindik, T.O., Soyulu, E.N., Demir, N., Çelekli, A., Sömek, H., Coşkun, T., Solak, C.N., Çetin, T., Karaaslan, Y., Temizel, B., Koca, M., Güzel, U., Tunca, H., Manavoğlu, D.C. & Yılmaz, E. (2022).** New records for the Turkish freshwater algal flora in twenty-five river basins of Turkey, Part II: Chlorophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa. *Turkish Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 22(8), DOI: 10.4194/TRJFAS19319
- Morales-Baquero, R. & Perez-Martinez, C. (2016).** Saharan versus local influence on atmospheric aerosol deposition in the southern Iberian Peninsula: significance for N and P inputs. *Glob. Biogeochem. Cycles* 30, 501–513. DOI: 10.1002/2015GB005254
- Morales-Baquero, R., Pulido-Villena, E. & Reche, I. (2013).** Chemical signature of saharan dust on dry and wet atmospheric deposition in the south-western mediterranean region. *Tellus B: Chem. Phys. Meteorol.* 65, 18720. DOI: 10.3402/tellusb.v65i0.18720
- Olenina, I., Hajdu, S., Edler, L., Andersson, A., Wasmund, N., Busch, S., Göbel, J., Gromisz, S., Huseby, S., Huttunen, M., Jaanus, A., Kokkonen, P., Ledaine, I. & Niemkiewicz, E. (2006).** *Biovolumes and size-Classes of phytoplankton in the Baltic Sea*. Helsinki: HELCOM Baltic Sea Environment Proceedings, 106.
- Öztürk, M.Z., Şimşek, M. & Utlı, M. (2021).** Anadolu'nun sirk gölleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 78, 49-60. DOI: 10.17211/tcd.998089
- Padisak, J., Crossetti, L.O. & Naselli-Flores, L. (2009).** Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, 612, 1-19. DOI: 10.1007/s10750-008-9645-0
- Prescott, G.W. (1973).** *Algae of the western great lakes area*, 5th edition. Wm C Brown Company Publishers, Dubuque.
- Popovski, J. & Pfiester, L.A. (1990).** *Dinophyceae (Dinoflagellida)*, Band 6. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustav Fisher Verlag, Jena.
- Pulatsü, S., Topçu, A. & Atay, D. (2014).** *Su kirlenmesi ve kontrolü*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1617, Ankara, 384p.
- Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, K., Naselli-Flores, L. & Melo, S. (2002).** Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24, 417-428. DOI: 10.1093/plankt/24.5.417
- Rott, E. (1981).** Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrologie*, 43, 34-62. DOI: 10.1007/BF02502471
- Søndergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J.P., & Amsinck, S.L. (2005).** Water Framework Directive: ecological classification of Danish lakes. *Journal of Applied Ecology*, 42, 616-629. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2005.01040.x
- Sömek, H. & Ustaoglu, M.R. (2016).** Yaz aylarında Batı Anadolu'nun bazı dağ göllerinin (Denizli-Muğla) fitoplankton kompozisyonu ve trofik durum indeksi değerleri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(2), 121-128. DOI: 10.12714/egejfas.2016.33.2.05
- Şahin, B. (2000).** Algal flora of lakes Aygır and Balıklı (Trabzon, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 24, 35-45. <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol24/iss1/5>
- Şahin, B. & Barinova, S. (2022).** Role of altitude in formation of diatom diversity of high mountain protected glacier lakes in the Kaçkar Mountains National Park, Rize, Turkey. *Environments*, 9, 127. DOI: 10.3390/environments9100127
- Şengül, F. & Müezzinoğlu, A. (1995).** *Çevre kimyası*, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 243p.
- Taş, B. (2016).** Phytoplankton community and ecological state of a high-mountain lake within an important natural area (Eastern Black Sea, Turkey). *Fundamental and Applied Limnology*, 189(1), 51-61. DOI: 10.1127/fal/2016/0966
- Taş, B. & Gönüloğlu, A. (2007).** Derbent baraj gölü (Samsun)'nün planktonik algleri. *Journal of Fisheries Sciences*, 1(3), 111-123. DOI: 10.3153/jfscm.2007014
- Uslu, O. & Türkman, O. (1987).** *Su kirliliği ve kontrolü*, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi, 364p.
- Utermöhl, H. (1958).** Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton- methodik. *Mitteilungen der Internationale Vereinigung der theoretische und Angewandte Limnologie*, 5, 567–596. DOI: 10.1080/05384680.1958.11904091



Assessment of the Bioactivity of Zinc Nanoparticles Synthesized Using *Erica arborea* Plant

Yılmaz KOÇAK^{1*} İsmet MEYDAN²

¹Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Health Sciences, Department of Physical Therapy and Rehabilitation, 65080, Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl University, Health Services Vocational School, 65080, Van, Türkiye

Geliş/Received: 24.05.2023

Kabul/Accepted: 08.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Kocak, Y. & Meydan, İ. (2023). Assessment of the Bioactivity of Zinc Nanoparticles Synthesized Using *Erica arborea* Plant. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 361-366. <https://doi.org/10.35229/jaes.1301513>

Atıf yapmak için: Kocak, Y. & Meydan, İ. (2023). *Erica arborea* Bitkisi Kullanılarak Sentezlenen Çinko Nanopartiküllerin Biyoaktivitesinin Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 361-366. <https://doi.org/10.35229/jaes.1301513>

* <https://orcid.org/0000-0002-8364-4826>
<https://orcid.org/0000-0001-5640-6665>

*Corresponding author's:
Yılmaz KOÇAK
Department of Physical Therapy and
Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Van
Yüzüncü Yıl University, 65080-Van, Türkiye
✉: yilmazkocak@yyu.edu.tr

Abstract: Nanoparticles (NPs) have been the subject of much research in the fields of synthesis, medicine and industry with environmentally friendly, cost-effective and simple methods. In particular, it offers a promising approach for the development of next-generation nano-based drugs. In this study, *Erica arborea* (*E. arborea*) leaf extract was used as a stabilizing and reducing agent and zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) were synthesized. The prepared ZnO NPs were characterized by ultraviolet-visible spectroscopy (UV-vis), fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) analysis. SEM and EDX analysis showed that the NPs were spherical in shape and showed strong signals of zinc metal. UV-vis analysis confirmed the formation of NPs with the color of the solution changing to light yellow, exhibiting an absorption peak at 350 nm. FT-IR confirmed that the formation of nanoparticles was accompanied by metabolites of the leaf extract. The biological activity of ZnO NPs synthesized by *E. arborea* was carried out by antimicrobial, antioxidant and lipid peroxidation assays. The biogenic ZnO NPs were found to be sensitive against *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus* pathogenic bacteria and *Candida albicans* fungus. Especially *Bacillus subtilis* and *Candida albicans* were more effective than rifampin antibiotic. ZnO NPs exhibited better antioxidant activity compared to plant extract. The IC₅₀ values of DPPH radical scavenging activity of ZnO NPs and leaf extract were 9.21±0.10 and 18.71±0.35, respectively. In addition, the IC₅₀ value for the lipid peroxidation inhibitory activity of ZnO NPs were found to be 5.33±0.09. The findings suggest that synthesizing naturally synthesized ZnO NPs could be an alternative agent to physical and chemical methods. In addition, the biological activity of NPs will contribute to next-generation drug development studies.

Keywords: Antibacterial, Antioxidant, Lipid peroxidation, *Erica arborea*, Zinc oxide nanoparticles.

Erica arborea Bitkisi Kullanılarak Sentezlenen Çinko Nanopartiküllerin Biyoaktivitesinin Değerlendirilmesi

Öz Nanopartiküller (NP'ler), çevre dostu, uygun maliyetli ve basit yöntemlerle sentezi, tıp ve endüstri alanlarında pek çok araştırmaya konu olmuştur. NP'ler özellikle yeni nesil nano tabanlı ilaçların geliştirilmesi için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışmada, *Erica arborea* (*E. arborea*) yaprak özütü stabilize edici ve indirgeyici ajan olarak kullanıldı ve çinko oksit NP'ler (ZnO NP'ler) sentezlendi. Hazırlanan ZnO NP'ler ultraviyole-görünür spektroskopisi (UV-vis), fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), taramalı elektron mikroskopisi (SEM) and enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) analizleri ile karakterize edildi. SEM ve EDX analizlerinde, NP'lerin küresel şekilde olduğu ve çinko metalinin güçlü sinyalleri görüldü. UV-vis analizi, çözeltinin renginin açık sarıya dönüşüyle NP'lerin oluşumunu doğruladı ve 350 nm'de bir absorpsiyon piki sergiledi. FT-IR, NP'lerin oluşumuna yaprak ekstrelerinin metabolitlerinin eşlik ettiğini doğruladı. *E. arborea* tarafından sentezlenen ZnO NP'lerin biyolojik aktivitesi antimikrobiyal, antioksidan ve lipid peroksidasyon analizleri ile gerçekleştirildi. Biyojenik ZnO NP'ler, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus aureus* patojen bakterileri ve *Candida albicans* mantarına karşı duyarlı olduğu bulundu. Özellikle *Bacillus subtilis* ve *Candida albicans* rifampin antibiyotikine göre daha etkiliydi. ZnO NP'ler, bitki ekstraktına kıyasla daha iyi antioksidan aktivite sergiledi. ZnO NP'ler ve yaprak ekstraktının DPPH radikal süpürme aktivitesinin IC₅₀ değerleri sırasıyla 9.21±0.10 ve 18.71±0.35 idi. Ayrıca ZnO NP'lerin lipid peroksidasyon inhibitör aktivitesi için IC₅₀ değeri 5.33±0.09 olarak bulunmuştur. Bulgular, doğal olarak sentezlenen çinko NP'lerin sentezlenmesi, fiziksel ve kimyasal yöntemlere alternatif bir ajan olabileceğini göstermektedir. Ayrıca NP'lerin biyolojik aktivitesi yeni nesil ilaç geliştirme çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

*Sorumlu yazar:
Yılmaz KOÇAK
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon
Bölümü, 65080, Van, Türkiye.
✉: yilmazkocak@yyu.edu.tr

Anahtar kelimeler: Antibakteriyel, Antioksidan, Lipid peroksidasyon, *Erica arborea*, Çinko oksit nanopartiküller.

INTRODUCTION

Nanotechnology is a branch of pharmaceutical science that studies active ingredient design, synthesis and drug development. This technology investigates the synthesis and characterization of nanostructures in the range of 1-100 nm (Gur et al., 2022). Nanoparticles (NPs) have become the focus of medicine, dentistry, pharmacy and other scientific fields. In recent years, the harmful effects of NPs produced by physical and chemical methods on the environment and human health have led researchers to find different methods. Today, the focus is on green synthesis for the production of nanostructures. Green synthesis is environmentally friendly, economical, and safer than other methods because it does not involve toxic chemicals for living organisms. In this method, NPs are synthesized using plants, fungi or their metabolites (Gour & Jain, 2019).

Green synthesis is usually carried out using metallic salts such as gold, silver, palladium and copper. In the last years, there has been an increased interest in the use of zinc metal salts (Agarwal et al., 2017). Zinc oxide (ZnO) NPs have a wide range of applications in optics, electronics and pharmacology (Agarwal et al., 2017; Pulit-Prociak et al., 2016). ZnO NPs have been the subject of various types of research such as anti-cancer, wound healing, anti-diabetic, anti-inflammatory and antibacterial due to their acceptance as safe metal oxide and simpler, cost-effective (Agarwal et al., 2017; Rahimi Kalateh Shah Mohammad et al., 2019; Singh et al., 2020; Velsankar et al., 2022). It is also widely used in cosmetics due to its ultraviolet filtering properties (Agarwal et al., 2017).

Antioxidants are one of the body's defense mechanisms that prevent damage caused by oxidative stress. Disruption of this balance mechanism leads to increased lipid peroxidation (LPO) in the cell. The consequence of this contributes to the occurrence of various diseases such as cardiovascular, diabetes and cancer (Kocak et al., 2023). Therefore, the demand for research to prevent oxidative stress and strengthen the antioxidant defense system has increased. In this context, NPs produced by reacting bioactive compounds found in plants with metal salts make a promising contribution to studies in this field (Gur et al., 2022; Kocak et al., 2022; Ravichandran et al., 2020; Seckin et al., 2022).

Antibiotic resistance has become an important problem threatening the health of living organisms (Eldaw & Çiftci, 2023). However, advances in nanotechnology and the synthesis of NPs from natural sources have opened a new horizon in preventing bacterial resistance to multiple drugs. Previous studies have presented potent antibacterial effects of plant-mediated NPs (Happy Agarwal et al., 2018; Pillai et al., 2020).

Erica arborea (*E. arborea*) plant was used in the present study. The genus *Erica* has a large family in the world and is widespread in the coastal regions of Turkey (Yüksel et al., 2021). This species is rich in phenolics and flavonoids. It is used by the public for urinary tract infections, anti-edema and constipation. It has also been reported to have antimicrobial (Ertürk, 2006), antiseptic, antiviral, wound healing (Yüksel et al., 2021) and analgesic effects (Akkol et al., 2008). The aim of this study was to synthesize, characterize and evaluate the Bioactivity of *E. arborea*-mediated ZnO NPs.

MATERIAL AND METHOD

Preparation of *E. arborea* leaf extract; *E. arborea* leaves were obtained from the local market and the plant specimen was identified. Plant residues were removed using distilled water and dried in shade. The dried plant sample was pulverized in an electric mill. Plant powder (25 g) was stirred in 250 mL of distilled water with a rotary shaker for 24 hours. It was then kept in a magnetic stirrer at 50 °C for one hour. After cooling, the mixture was filtered through filter paper (Whatman No. 1). The resulting aqueous leaf extract was centrifuged and the supernatants were removed. The extraction method was inspired by the previous study with minor modifications (Meydan et al., 2022).

Preparation of ZnO NPs: ZnO NPs were produced using *E. arborea* leaf extract. 25 mL of leaf extract was added dropwise to 100 mL of zinc acetate solution and stirred continuously. ZnO NPs were centrifuged at 10 000 rpm for 10 min to obtain pellets. Then, the pellets were allowed to dry in an oven (50 °C, 48 h) (Gur et al., 2022; Sampath et al., 2023).

Characterization of ZnO NPs: The optical properties of ZnO NPs were measured by ultraviolet-visible spectroscopy (UV-vis). The size, shape and elemental analysis of the NPs were performed by scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) analysis. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) was used to evaluate the binding capacity of bio components in leaf extract to NPs (Gur et al., 2022).

Antimicrobial assay: The effects of *E. arborea* aqueous extract and ZnO NPs on pathogenic bacteria were carried out by disk diffusion method (Gur et al., 2022). The bacteria *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ATCC 29213, *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) ATCC 6633, *Bacillus cereus* (*B. cereus*) ATCC 10876 and the fungus *Candida albicans* (*C. albicans*) ATCC 90028 were obtained from Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Science, Department of Biology. Rifampin was used as a reference antibiotic. Müller Hinton medium was used for this experiment.

Antioxidant assay: Antioxidant activity assay was performed by DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging method. ZnO NPs and leaf extract were added to the DPPH solution and incubated in the dark for 60 min. The absorbance of the color change at the end of the reaction was measured spectrophotometrically at 515 nm. The results were expressed as IC₅₀ values (Pyo et al., 2004). The IC₅₀ value is the concentration of a substance that halves the activity of a particular biological or biochemical function. In this study, a decrease of 50 % of the initial DPPH concentration was considered (Yildiz et al., 2019). The Inhibition values were measured by preparing the samples at different concentrations of 2-10 mg/ml and IC₅₀ value was found from the curve prepared with these values. The % inhibition values were calculated using the following formula 1 (Kocak et al., 2023).

$$\% \text{Inhibition (DPPH)} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100 \quad (1)$$

Where A_{control} is the absorbance of the control sample and A_{sample} is the absorbance of the samples at different concentrations and positive control.

LPO inhibition activity assay: LPO inhibition activity assay was performed with minor modifications in the study by Meydan et al., (2022). LPO results were found using thiobarbituric acid (TBA) method. α -Tocopherol was preferred as a positive control. All samples were prepared at different concentrations (2-10 mg/mL). These samples were mixed and incubated in the dark at 37°C for 1.5 h. Then 28% TCA was added and centrifuged at 3000 rpm for 15 min. 1.2 ml of TBA was added to the supernatant obtained. The samples were boiled at 100°C for 10 minutes and after rapid cooling, the absorbance values were read at 532 nm in the spectrometer. The results were expressed as IC₅₀ values. The % inhibition of LPO was calculated according to formula 2 below.

$$\% \text{inhibition (LPO)} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100 \quad (2)$$

Where % LPO is the percent inhibition of lipid peroxidation, A_{control} is the absorbance of the control and A_{sample} absorbance of samples.

Statistical analysis: The results of the analysis of this study were carried out using the SPSS package (Ver. 22). Values were expressed as mean \pm standard deviation. The data obtained were evaluated by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's multiple-test comparison test ($p < 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Characterization of ZNO NPs: Characterization of *E. arborea*-mediated zinc nanoparticles (EA-ZnO NPs) was carried out by SEM, EDX, FT-IR and UV-vis methods. SEM is a method in which surface images of NPs are obtained at the microscopic level using electron beams. SEM images of EA-ZnO NPs are shown in Figure 1. SEM

images showed that the NPs were spherical and homogeneously distributed with clusters in some regions. Similarly, SEM images of ZnO NPs synthesized with different plant extracts reported that the NPs were close to spherical (Pillai et al., 2020). This study exhibited similar characteristics to the research in which Tetraselmis indicia-mediated ZnO NPs exhibited spherical surface smooth structures (Thirumorthy et al., 2021). The SEM image showed that the average size of ZnO NPs ranged from 12 to 27 in size. These sizes were consistent with ZnO NPs formed using dried ginger (Janaki et al., 2015). The EDX analysis graph shows the energy in KEV. The presence of a strong signal in EDX at 1 KEV, the specific binding energy of the element Zn, confirms the formation of NPs. The carbon (C) and oxygen (O) elements seen in EDX indicate that other components in *E. arborea* contribute to NP formation (Gur et al., 2022; Janaki et al., 2015). The unidentified peak belongs to the gold element used in SEM image acquisition (Figure 1d). Indeed, the gold peak was shown in the EDX image in the previous study (Singh et al., 2013).

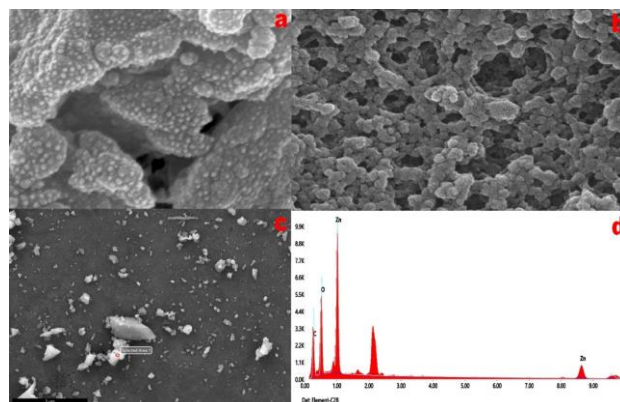


Figure 1. SEM (a-c) and EDX (d) image of zinc nanoparticles synthesized using *E. arborea* extract. EA-ZnO NPs; *E. arborea*-mediated biogenic zinc oxide nanoparticles. The unidentified peak in EDX belongs to the gold metal used in the SEM analysis shot.

UV-vis spectroscopy is one of the methods used to determine the structural characterization of biosynthesized ZnO NPs (Vijayakumar et al., 2018). The optical property of EA-ZnO NPs are shown in Figure 2. The peak corresponding to the surface plasmon resonance of ZnO NPs was measured at 350 nm. This peak has been reported in previous studies that ZnO NPs form peaks in the range of 310 nm to 360 nm (Gur et al., 2022; Jayachandran et al., 2021). The UV-vis result confirms that ZnO NPs were synthesized.

Figure 3 shows the FT-IR spectrum of EA-ZnO NPs. FT-IR is used to detect possible functional groups involved in the synthesis of ZnO NPs. The FT-IR spectrum was in the range of 547-3362 cm^{-1} . These spectra are due to the interaction of phenolics, flavonoids, terpenes and alkynes. These functional groups were responsible for the reduction of the NPs (Nava et al., 2017).

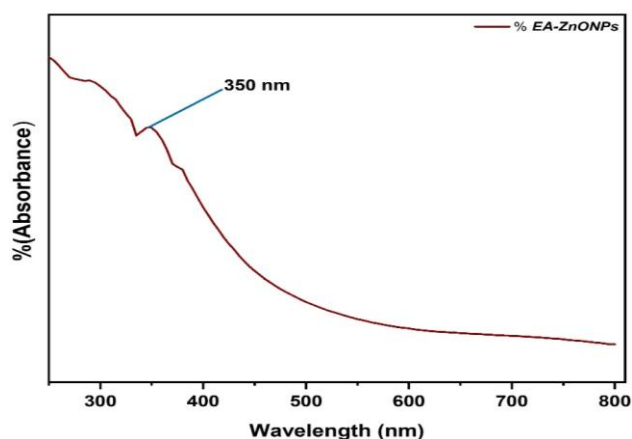


Figure 2. UV-vis analysis of zinc nanoparticles synthesized using *E. arborea* extract. EA-ZnO NPs; *E. arborea*-mediated biogenic zinc oxide nanoparticles

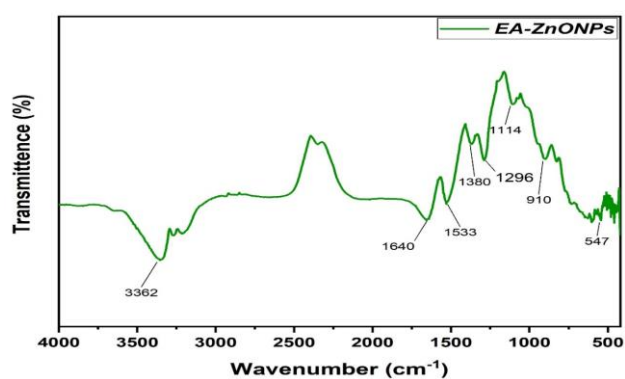


Figure 3. FT-IR analysis of zinc nanoparticles synthesized using *E. arborea*. EA-ZnO NPs; *E. arborea*-mediated biogenic zinc oxide nanoparticles.

Antimicrobial activity: Antimicrobial analysis of *E. arborea* aqueous extract-mediated synthesized EA-ZnONPs was performed by disc diffusion method. Leaf extract and ZnO NPs were compared with the antibiotic rifampin. The analysis showed that the leaf extract was less susceptible to pathogenic bacteria. However, ZnO NPs formed a zone diameter in all pathogenic strains of bacteria and fungi. Moreover, ZnO NPs were found to be more effective against *B. cereus*, *B. subtilis* and *C. albicans* compared to rifampin antibiotic (Table 1). The findings showed that ZnO NPs exhibited antibacterial and antifungal activity. Indeed, ZnO NPs obtained from *Thymbra spicata* plant extract were found to have an inhibitory effect against pathogenic microorganisms (Gur et al., 2022). Similarly, ZnO NPs were found to be effective against *S. aureus* bacteria, *C. albicans* fungus (Janaki et al., 2015). Furthermore, it is generally accepted that noble metals carry a positive charge while microorganisms carry a negative charge. Therefore, it was hypothesized to cause the formation of reactive oxygen species and increase the antimicrobial activity of NPs (Ahmad & Kalra, 2020). This study is consistent with the literature and suggests that it may exhibit possible antibacterial and antifungal activity with the above-mentioned mechanism of action.

Table 1. Inhibition zone diameters (mm) of *E. arborea* aqueous extract and EA-ZnO NPs against pathogenic microorganisms.

Test Microorganisms	Zone of Inhibition (mm)		
	<i>E. arborea</i> extract	EA-ZnO NP	Rifampin
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATTC 27853	8.5 ± 1.8	9.5 ± 1.5	-
<i>Bacillus cereus</i> ATTC 10876	-	11.0 ± 2.3	8.0 ± 2.5
<i>Bacillus subtilis</i> ATTC 6633	-	12.0 ± 2.7	11.0 ± 1.9
<i>Staphylococcus aureus</i> ATTC 29213	9.0 ± 1.6	13.0 ± 2.2	16.0 ± 1.7
<i>Candida albicans</i> ATTC 90028	-	10.0 ± 1.2	8.5 ± 1.6

Analyses were performed with three replicate measurements. mean ± SD (n = 3). EA-ZnO NPs; *E. arborea*-mediated biogenic zinc oxide nanoparticles.

Antioxidant and LPO activity: DPPH assay was performed to determine the antioxidant properties of ZnO NPs and the antioxidant activity of the test samples was determined by calculating the IC₅₀ value. The IC₅₀ value, when high, means that it exhibits a low antioxidant property. If the IC₅₀ value is low, it indicates that the test samples

have strong radical scavenging activity. The findings of this study showed that the IC₅₀ value decreased at different concentrations (2-10 mg/mL) of ZnO NPs. The IC₅₀ value of ZnO NPs (9.21±0.10) showed high antioxidant capacity compared to EA aqua extract (18.71±0.35). Moreover, α-tocopherol, the reference control, had the lowest value (4.45±0.40). These results proved that ZnO NPs exhibited DPPH radical scavenging activity. Indeed, it was emphasized that *Artocarpus gomezianus* synthesized ZnO NPs showed antioxidant properties with an IC₅₀ value of 10.8 mg/ml (Suresh et al., 2015). Mango plant extract-mediated ZnO NPs have been reported to exhibit radical scavenging activity at increasing concentrations (Rajeshkumar et al., 2018). These studies have shown that plant-doped ZnO NPs increase antioxidant activity. The element zinc has been suggested to exhibit antioxidant activity by preventing cellular damage caused by reactive oxygen species and activates some enzymes involved in oxidative processes (Zeghoud et al., 2022). In this context, it suggests that plant-mediated ZnO NPs may exhibit stronger antioxidant activity. These ZnO NPs may prevent possible mitochondrial damage that may occur in the cell due to oxidative stress.

Table 2. DPPH radical scavenging and lipid peroxidation (LPO) activity of EA-ZnO NPs.

Sample	DPPH (IC ₅₀) mg/ml	LPO (IC ₅₀) mg/ml
EA aqua extract	18,71±0.35 ^a	16,61±2.08 ^a
EA-ZnO NPs	9.21±0.10 ^b	5,33±0.09 ^b
α-Tocopherol	4.45±0.40 ^c	2.08±0.14 ^c

^{a,b,c} p: values with different letters are significant when compared with each other. Data are presented as mean ± SD (P < 0.05). EA-ZnO NPs; *E. arborea*-mediated biogenic zinc oxide nanoparticles.

LPO occurs as a result of excessive oxidation of lipids that provide the structural integrity of cells. Disruption of redox hemostasis in the organism triggers LPO (Gaschler & Stockwell, 2017). Increased LPO can lead to cell dysfunction and death and contribute to the development of various chronic diseases (Kocak et al., 2023; Meydan et al., 2022). This study used the TBA method for LPO analysis. Biosynthesized ZnO NPs, plant

extract and α -tocopherol were analyzed at different concentrations (2-10 mg/mL). The findings showed that ZnO NPs were more effective than the plant extract. The IC_{50} inhibition value of ZnO NPs was 5.33 ± 0.09 . For *E. arborea* leaf extract, this value was 16.61 ± 2.08 (Table 2). Furthermore, α -tocopherol, the reference control, was found to strongly inhibit LPO. Plant-mediated ZnO NPs have been reported to have the potential to inhibit LPO in previous studies (Del Carmen Sánchez-Navarro et al., 2018; Meydan et al., 2022). ZnO NPs synthesized by *Rheum ribes* have been reported to inhibit LPO at increasing concentrations (Meydan et al., 2022). Similarly, the present study shows that it prevents LPO, in line with the literature. It is suggested that there is a synergistic interaction as a consequence of the bio conjugation of metabolites in the plant content with zinc metal and prevents LPO.

CONCLUSION

This study demonstrated that ZnO NPs can be produced using the *E. arborea* plant in an environmentally friendly, economical, non-toxic and simple method. Zinc metal was successfully characterized by reducing it through phytochemical components in the plant. SEM analysis revealed that the nanopatterns were spherically dispersed and the absorbance of the surface plasmon resonance by UV-vis was 350 nm. NPs were effective on pathogenic bacteria *P. aeruginosa*, *B. cereus*, *B. subtilis* and *S. aureus*. It also exhibited antifungal activity against *C. albicans*. EA-ZnO NPs were more effective in DPPH radical scavenging activity compared to the plant extract. Moreover, ZnO NPs may contribute to prevent oxidative stress-induced cellular damage by exhibiting LPO inhibitory activity. These results emphasize that NPs derived from natural sources can be potential therapeutic agents. It can also contribute to research on nano-based drug delivery systems. In this context, more detailed studies are needed to understand the mechanism of action of EA-ZnO NPs.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Science Application and Research Center, Van Yuzuncu Yil University.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

REFERENCES

- Agarwal, H., Venkat Kumar, S. & Rajeshkumar, S. (2017). A review on green synthesis of zinc oxide nanoparticles – An eco-friendly approach. *Resource-Efficient Technologies*, 3(4), 406-413. DOI: [10.1016/J.REFFIT.2017.03.002](https://doi.org/10.1016/J.REFFIT.2017.03.002)
- Ahmad, W. & Kalra, D. (2020). Green synthesis, characterization and anti microbial activities of ZnO nanoparticles using *Euphorbia hirta* leaf extract. *Journal of King Saud University - Science*, 32(4), 2358-2364. DOI: [10.1016/J.JKSUS.2020.03.014](https://doi.org/10.1016/J.JKSUS.2020.03.014)
- Akkol, E.K., Yeşilada, E. & Güvenç, A. (2008). Valuation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of Erica species native to Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(2), 251-257. DOI: [10.1016/J.JEP.2007.11.023](https://doi.org/10.1016/J.JEP.2007.11.023)
- Del Carmen Sánchez-Navarro, M., Ruiz-Torres, C.A., Niño-Martínez, N., Sánchez-Sánchez, R., Martínez-Castañón, G.A., DeAlba-Montero, I. & Ruiz, F. (2018). Cytotoxic and bactericidal effect of silver nanoparticles obtained by green synthesis method using *Annona muricata* aqueous extract and functionalized with 5-fluorouracil. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2018, 1-8. DOI: [10.1155/2018/6506381](https://doi.org/10.1155/2018/6506381)
- Eldaw, B. & Çiftci, G. (2023). Antioxidant Capacity and Antibacterial Potential of Rosehip (*Rosa canina*) Fruits Grown. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(1), 103-109. DOI: [10.35229/jaes.1240877](https://doi.org/10.35229/jaes.1240877)
- Ertürk, Ö. (2006). Antibacterial and antifungal activity of ethanolic extracts from eleven spice plants. *Biologia*, 61(3), 275-278. DOI: [10.2478/s11756-006-0050-8](https://doi.org/10.2478/s11756-006-0050-8)
- Gaschler, M.M. & Stockwell, B.R. (2017). Lipid peroxidation in cell death. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 482(3), 419-425. DOI: [10.1016/J.BBRC.2016.10.086](https://doi.org/10.1016/J.BBRC.2016.10.086)
- Gour, A. & Jain, N.K. (2019). Advances in green synthesis of nanoparticles. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 47(1), 844-851. DOI: [10.1080/21691401.2019.1577878](https://doi.org/10.1080/21691401.2019.1577878)
- Gur, T., Meydan, I., Seckin, H., Bekmezci, M. & Sen, F. (2022). Green synthesis, characterization and bioactivity of biogenic zinc oxide nanoparticles. *Environmental Research*, 204, 111897. DOI: [10.1016/J.ENVRES.2021.111897](https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2021.111897)
- Happy Agarwal, Menon, S., Venkat Kumar, S. & Rajeshkumar, S. (2018). Mechanistic study on antibacterial action of zinc oxide nanoparticles synthesized using green route. *Chemico-Biological Interactions*, 286, 60-70. DOI: [10.1016/J.CBI.2018.03.008](https://doi.org/10.1016/J.CBI.2018.03.008)
- Janaki, A.C., Sailatha, E. & Gunasekaran, S. (2015). Synthesis, characteristics and antimicrobial activity of ZnO nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 144, 17-22. DOI: [10.1016/J.SAA.2015.02.041](https://doi.org/10.1016/J.SAA.2015.02.041)
- Jayachandran, A., Aswathy, T.R. & Nair, A.S. (2021). Green synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using *Cayratia pedata* leaf extract. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 26, 100995. DOI: [10.1016/J.BBREP.2021.100995](https://doi.org/10.1016/J.BBREP.2021.100995)
- Kocak, Y, Meydan, I., Gur Karahan, T., & Sen, F. (2023). Investigation of mycosynthesized silver nanoparticles by the mushroom *Pleurotus eryngii* in biomedical applications. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-12. DOI: [10.1007/S13762-023-04786-Z/FIGURES/8](https://doi.org/10.1007/S13762-023-04786-Z/FIGURES/8)

- Kocak, Y., Oto, G., Meydan, I., Seckin, H., Gur, T., Aygun, A. & Sen, F. (2022). Assessment of therapeutic potential of silver nanoparticles synthesized by *Ferula Pseudalliacea* rech. F. plant. *Inorganic Chemistry Communications*, *140*, 109423. DOI: [10.1016/J.INOCHE.2022.109417](https://doi.org/10.1016/J.INOCHE.2022.109417)
- Meydan, I., Burhan, H., Gür, T., Seçkin, H., Tanhaei, B. & Sen, F. (2022). Characterization of Rheum ribes with ZnO nanoparticle and its antidiabetic, antibacterial, DNA damage prevention and lipid peroxidation prevention activity of in vitro. *Environmental Research*, *204* (September 2021), 112363. DOI: [10.1016/j.envres.2021.112363](https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112363)
- Nava, O.J., Soto-Robles, C.A., Gómez-Gutiérrez, C. M., Vilchis-Nestor, A.R., Castro-Beltrán, A., Olivas, A. & Luque, P.A. (2017). Fruit peel extract mediated green synthesis of zinc oxide nanoparticles. *Journal of Molecular Structure*, *1147*, 1-6. DOI: [10.1016/J.MOLSTRUC.2017.06.078](https://doi.org/10.1016/J.MOLSTRUC.2017.06.078)
- Pillai, A.M., Sivasankarapillai, V.S., Rahdar, A., Joseph, J., Sadeghfar, F., Anuf A.R., Rajesh, K. & Kyzas, G.Z. (2020). Green synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles with antibacterial and antifungal activity. *Journal of Molecular Structure*, *1211*, 128107. DOI: [10.1016/j.molstruc.2020.128107](https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128107)
- Pulit-Prociak, J., Chwastowski, J., Kucharski, A. & Banach, M. (2016). Functionalization of textiles with silver and zinc oxide nanoparticles. *Applied Surface Science*, *385*, 543-553. DOI: [10.1016/J.APSUSC.2016.05.167](https://doi.org/10.1016/J.APSUSC.2016.05.167)
- Pyo, Y.H., Lee, T.C., Logendra, L. & Rosen, R.T. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*) extracts. *Food Chemistry*, *85*(1), 19-26. DOI: [10.1016/S0308-8146\(03\)00294-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00294-2)
- Rahimi Kalateh Shah Mohammad, G., Homayouni Tabrizi, M., Ardalan, T., Yadamani, S. & Safavi, E. (2019). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles and evaluation of anti-angiogenesis, anti-inflammatory and cytotoxicity properties. *Journal of Biosciences*, *44*(2), 1-9. DOI: [10.1007/S12038-019-9845-Y/FIGURES/12](https://doi.org/10.1007/S12038-019-9845-Y/FIGURES/12)
- Rajeshkumar, S., Kumar, S.V., Ramaiah, A., Agarwal, H., Lakshmi, T. & Roopan, S.M. (2018). Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using *Mangifera indica* leaves and evaluation of their antioxidant and cytotoxic properties in lung cancer (A549) cells. *Enzyme and Microbial Technology*, *117*, 91-95. DOI: [10.1016/J.ENZMICTEC.2018.06.009](https://doi.org/10.1016/J.ENZMICTEC.2018.06.009)
- Ravichandran, V., Sumitha, S., Ning, C.Y., Xian, O. Y., Kiew Yu, U., Paliwal, N., Shah, S.A.A. & Tripathy, M. (2020). Durian waste mediated green synthesis of zinc oxide nanoparticles and evaluation of their antibacterial, antioxidant, cytotoxicity and photocatalytic activity. *Green Chemistry Letters and Reviews*, *13*(2), 102-116. DOI: [10.1080/17518253.2020.1738562/SUPPL_FILE/TGC_L_A_1738562_SM1238.DOCX](https://doi.org/10.1080/17518253.2020.1738562/SUPPL_FILE/TGC_L_A_1738562_SM1238.DOCX)
- Sampath, S., Sunderam, V., Madhavan, Y., Hariharan, N.M., Mohammed, S.S.S., Muthupandian, S., & Lawrence, A.V. (2023). Facile green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Artocarpus hirsutus* seed extract: spectral characterization and in vitro evaluation of their potential antibacterial-anticancer activity. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *0123456789*. DOI: [10.1007/s13399-023-04127-7](https://doi.org/10.1007/s13399-023-04127-7)
- Seckin, H., Tiri, R. N.E., Meydan, I., Aygun, A., Gunduz, M.K. & Sen, F. (2022). An environmental approach for the photodegradation of toxic pollutants from wastewater using Pt-Pd nanoparticles: Antioxidant, antibacterial and lipid peroxidation inhibition applications. *Environmental Research*, *208*, 112708. DOI: [10.1016/J.ENVRES.2022.112708](https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.112708)
- Singh, T.A., Das, J. & Sil, P.C. (2020). Zinc oxide nanoparticles: A comprehensive review on its synthesis, anticancer and drug delivery applications as well as health risks. *Advances in Colloid and Interface Science*, *286*, 102317. DOI: [10.1016/J.CIS.2020.102317](https://doi.org/10.1016/J.CIS.2020.102317)
- Singh, D. K., Pandey, D. K., Yadav, R. R. & Singh, D. (2013). A study of ZnO nanoparticles and ZnO-EG nanofluid. *Journal of Experimental Nanoscience*, *8*(5), 731-741. DOI: [10.1080/17458080.2011.602369](https://doi.org/10.1080/17458080.2011.602369)
- Suresh, D., Shobharani, R. M., Nethravathi, P.C., Pavan Kumar, M.A., Nagabhushana, H., & Sharma, S.C. (2015). *Artocarpus gomezianus* aided green synthesis of ZnO nanoparticles: Luminescence, photocatalytic and antioxidant properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *141*, 128-134. DOI: [10.1016/J.SAA.2015.01.048](https://doi.org/10.1016/J.SAA.2015.01.048)
- Thirumoorthy, G.S., Balasubramaniam, O., Kumaresan, P., Muthusamy, P. & Subramani, K. (2021). Tetraselmis indica Mediated Green Synthesis of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles and Evaluating Its Antibacterial, Antioxidant, and Hemolytic Activity. *BioNanoScience*, *11*(1), 172-181. DOI: [10.1007/S12668-020-00817-Y/FIGURES/10](https://doi.org/10.1007/S12668-020-00817-Y/FIGURES/10)
- Velsankar, K., Venkatesan, A., Muthumari, P., Suganya, S., Mohandoss, S. & Sudhakar, S. (2022). Green inspired synthesis of ZnO nanoparticles and its characterizations with biofilm, antioxidant, anti-inflammatory, and anti-diabetic activities. *Journal of Molecular Structure*, *1255*, 132420. DOI: [10.1016/J.MOLSTRUC.2022.132420](https://doi.org/10.1016/J.MOLSTRUC.2022.132420)
- Vijayakumar, S., Mahadevan, S., Arulmozhi, P., Sriram, S. & Praseetha, P.K. (2018). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Atalantia monophylla* leaf extracts: Characterization and antimicrobial analysis. *Materials Science in Semiconductor Processing*, *82*, 39-45. DOI: [10.1016/J.MSSP.2018.03.017](https://doi.org/10.1016/J.MSSP.2018.03.017)
- Yıldız, G., Aktürk, C., Özerkan, M. & Yılmaz, Ö. (2019). Free Radical Scavenging Activity and Antioxidant Contents of *Linum arboreum* L. (Linaceae). *J. Agric Nat* *22* (Suppl 1), 16-23. DOI: [10.18016/ksutarimdogu.vi.530120](https://doi.org/10.18016/ksutarimdogu.vi.530120)
- Yüksel, A.K., Dikici, E., Yüksel, M., Işık, M., Tozoğlu, F. & Köksal, E. (2021). Phytochemicals Analysis and Some Bioactive Properties of *Erica manipuliiflora* Salisb. (EMS); Antibacterial, Antiradical and Anti-lipid Peroxidation. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *20*(4), 434. DOI: [10.22037/IJPR.2021.115270.15288](https://doi.org/10.22037/IJPR.2021.115270.15288)
- Zeghoud, S., Hemmami, H., Seghir, B. B., Amor, I. B., Kouadri, I., Rebiai, A., ... & Simal-Gandara, J. (2022). A review on biogenic green synthesis of ZnO nanoparticles by plant biomass and their applications. *Materials Today Communications*, 104747. DOI: [10.1016/j.mtcomm.2022.104747](https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104747)



İntraselüler *Anoxybacillus amylolyticus* Ksilanaz'ının Klonlanması, Saflaştırılması ve Karakterizasyonu

Hakan KARAOĞLU* Züleyha AKPINAR

Department of Basic Sciences, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, Recep Tayyip Erdoğan University, 53100 Rize, Turkey

Geliş Tarihi: 16.06.2023

Kabul Tarihi: 26.08.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Karaoğlu, H. & Akpınar, Z. (2023). İntraselüler *Anoxybacillus amylolyticus* ksilanaz'ının klonlanması, saflaştırılması ve karakterizasyonu. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 367-373. <https://doi.org/10.35229/jaes.1315724>

How to cite: Karaoğlu, H. & Akpınar, Z. (2023). Cloning, Purification, and Characterization of Intracellular *Anoxybacillus amylolyticus* Xylanase. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 367-373. <https://doi.org/10.35229/jaes.1315724>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-4615-1157>

ID: <https://orcid.org/0000-0003-0102-6651>

*Sorumlu yazarın:

Hakan KARAOĞLU
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri ve Su Bilimleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 53100 Rize, Türkiye
✉: hakan.karaoglu@erdogan.edu.tr

Öz: Ksilanazlar [endo-1,4-β-D-ksilanaz (E.C. 3.2.1.8)] ksilanın çevre dostu bir yöntemle işlenmesine ihtiyaç duyulan endüstriyel birçok uygulamada kullanılan son derece önemli enzimlerdir. Bu çalışmada *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisine ait intraselüler ksilanaz geni pET-28a(+) vektörüne klonlanarak üretildi. Daha sonra enzim (*AnaXYN329*) saflaştırılarak enzimin sahip olduğu biyokimyasal ve kinetik özellikler açığa çıkarıldı. Elde edilen sonuçlara göre, *AnaXYN329* en yüksek aktiviteyi pH 6.5'da, 60 ve 65 °C'de, gösterdi. *AnaXYN329* enziminin ısı kararlılık deneyleri yaklaşık 120 dk sürdü ve enzim yarılanma ömrünü 40. dk'da tamamladı. Ayrıca enzimin *K_m* değeri $3.631 \pm 0.162 \mu\text{g}/\mu\text{L}$, *V_{max}* değeri $100.05 \pm 0.00292 \mu\text{mol}/\text{dk}/\text{mg}$ protein, *k_{cat}* değeri 128.978 1/sn, *k_{cat}/K_m* değeri ise $35.514 \text{ l}/\text{mMs}^{-1}$ olarak hesaplandı. Sonuç olarak *AnaXYN329*, endüstriyel uygulamalarda kullanıma potansiyeline sahiptir.

Anahtar kelimeler: *Anoxybacillus amylolyticus*, ekspresyon, ksilanaz, termofilik.

Cloning, Purification, and Characterization of Intracellular *Anoxybacillus amylolyticus* Xylanase

Abstract: Xylanases [endo-1,4-β-D-ksilanaz (E.C. 3.2.1.8)] are extremely important enzymes used in many industrial applications where xylan needs to be processed with an environmentally friendly method. In this study, the gene of the *Anoxybacillus amylolyticus*' intracellular xylanase was expressed by cloning into the pET-28a(+) vector. Then, the enzyme (*AnaXYN329*) was purified, and its biochemical and kinetic properties were revealed. According to the obtained results, *AnaXYN329* exhibited the optimum activity at pH 6.5, and 60 and 65 °C. Thermal stability experiments of *AnaXYN329* maintained approximately 120 min and the enzyme activity was halved at the end of the 40th min. In addition, values of *K_m*, *V_{max}*, *k_{cat}*, *k_{cat}/K_m* were determined as $3.631 \pm 0.162 \mu\text{g}/\mu\text{L}$, $100.05 \pm 0.00292 \mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ protein, 128.978 1/sec, and $35.514 \text{ l}/\text{mMs}^{-1}$, respectively. Consequently, *AnaXYN329* has potential to be used in industrial applications.

Keywords: *Anoxybacillus amylolyticus*, expression, thermophilic, xylanase.

*Corresponding author:

Hakan KARAOĞLU
Department of Basic Sciences, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, Recep Tayyip Erdoğan University, 53100 Rize, Türkiye
✉: hakan.karaoglu@erdogan.edu.tr

GİRİŞ

Hemiselüloz büyük oranda bitkilerin hücre duvarında bulunan bir polimerik karbohidrat kompleksidir. Yeryüzünde bulunan biyokütlenin büyük kısmını oluşturan hemiselülozun temel bileşeni ksilandır (Girio vd., 2010; Motta vd., 2013). Ksilan temel olarak β-1,4-bağlı ksilopiranoz birimlerinden oluşsa da yapısında bulunan çeşitli bileşikler ve yapısının yapısal karmaşıklığı nedeniyle

hidrolizi için birçok ksilanolitik enzimin birlikte aktivite göstermesi ile mümkündür (Swain vd., 2017). Ksilanolitik enzimler içerisinde ksilanın hidrolizi için en gerekli olan enzimler ksilan omurgasının β-1,4-glikosidik bağlarını rastgele hidrolize ederek, ürün olarak açığa ksiloz ve ksilooligosakkaritleri çıkaran endo-1,4-β-D-ksilanazlardır (E.C. 3.2.1.8) (Kumar vd., 2009). Ksilanazlar kağıt, meyve suyu, fırıncılık, hayvan yemi, biyoetanol üretimi gibi ksilanın işlenmesine ihtiyaç duyulan birçok endüstriyel

alandaki yaygın olarak kullanılmaktadır (Yadav vd., 2018). Ksilanazların kullanıldığı endüstriyel süreçlere sağladığı birçok avantaj bulunmaktadır. Örneğin, kağıt endüstrisinde ksilanaz kullanımı hemiselülozdaki ksilanları parçalayarak ağartma maddelerinin (hidrojen peroksit, ozon, klor) etkinliğini artırır, böylece ihtiyaç duyulan ağartma maddesi miktarı azalarak maliyet ve çevreye verilecek hasar düşer (Walia vd., 2017). Ksilanazların uygulamaları çok iyi çalışılmıştır ve sonuç olarak yaygın ticari kullanımında bir takım sınırlamalar olduğu tespit edilmiştir. İlk olarak, ksilan dallarının karmaşık yapısı ve kimyasal çeşitliliği, polisakkarit substrata erişimi engeller ve hidrolizi sınırlar. Ayrıca enzimin maliyeti, enzimin termal olarak kararlı olmaması, son ürün inhibisyonuna uğraması, dar pH ve sıcaklık aralığında aktivite gösterebilmesi ksilanazların ticari kullanımını sınırlayan diğer faktörlerdir (El Enshasy vd., 2016). Ksilanazlar birçok organizma tarafından üretilmekle beraber, endüstriyel uygulamalarda çoğunlukla bakteriler, mantarlar ve mayalardan olmak üzere mikrobiyal kaynaklar tercih edilir. Günümüze kadar birçok mikrobiyal ksilanaz keşfedilmiştir ve endüstriyel kullanıma kazandırılmıştır (El Enshasy vd., 2016). Ancak ticari uygulamalar için daha üstün özelliklere sahip yeni ksilanazlar keşfetmek için hala yeni çalışmalar yapılmaktadır (Chakdar vd., 2016). Bu bağlamda termofilik bakteriler termal ve pH kararlılığı daha yüksek, endüstriyel uygulamaların uygun olmayan ortamına daha dayanıklı, yüksek sıcaklıklarda optimum aktivite gösteren enzimler bakteriler keşfedilmesi için oldukça değerli kaynaklardır (Turner vd., 2007). Endüstriyel olarak değerli birçok değerli enzime sahip olan *Anoxybacillus* cinsine sahip olan bakterilerin daha önce yapılmış aktivite testleriyle ksilanaz aktivitesine de sahip olduğu gösterilmiş ve bu cinse ait bazı türlerin ksilanaz enzimi biyokimyasal ve kinetik parametreler açısından test edilmiştir. Ancak, literatür incelendiğinde *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisine ait herhangi bir ksilanaz enziminin daha önce çalışılmadığı görülmektedir (Colak vd., 2018; İnan vd., 2011; Jaf vd., 2022).

Bu çalışma kapsamında *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisine ait intraselüler ksilanaz enzimine (329 aa) ait gen bölgesi açığa çıkarıldı ve PCR ile çoğaltılarak pET-28a(+) ekspresyon vektörüne klonlandı. Daha sonra ekspres edilen enzim ısı şoku ve kolon kromatografisi uygulamaları ile saflaştırılarak biyokimyasal ve kinetik olarak karakterize edildi.

MATERYAL VE METOT

Katı Besiyerinde Ksilanaz aktivitesinin Gösterilmesi: *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisi % 1 ksilan (Xylan-Serva) içeren Luria Bertani-Agar (pH 7.00) üzerine çizgi ekim yapılarak 55 °C'de 2-3 gün inkübe edildi. Daha sonra besiyerinin üzerine Congo kırmızısı (% 0.1 w/v)

boyası dökülerek oda sıcaklığında 15 dk eklendi. Süre sonunda plaktan boya uzaklaştırılarak üzerine NaCl (1 M) dökülerek 15 dk daha beklendi. Bakterinin gelişim gösterdiği hattın etrafında gözlenen şeffaf zon bakterinin ksilanaz aktivitesini gösterdi.

Ksilanaz Geninin (329 aa) PCR ile Çoğaltılması: *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisine ait genomik DNA, genomik DNA izolasyon kiti PureLink™ Genomic DNA Mini Kit (K182002, ThermoFisher Scientific) kullanılarak, firmanın önerdiği protokole göre gerçekleştirildi. Genomik DNA izolasyonu sonrasında elde edilen DNA'nın saflığı ve miktarı SPECTROstar Nano (BMG Labtech) cihazı kullanılarak ölçüldü. Çalışma kapsamında klonlanarak rekombinant protein olarak üretilecek ksilanaz geninin çeşitli *Anoxybacillus* türlerinin genomunda belirlenmesi, belirlenen aday genin diğer organizmalardaki genler ile benzerliklerinin ortaya konması, *E. coli*'de protein ekspresyonunun gerçekleştirilmesi amacıyla yapılan klonlama çalışmalarında kullanılacak primer ve DNA dizilerinin belirlenebilmesi için NCBI GenBank, BRENDA, CAZY, PDB, ve Uniprot gibi çeşitli temel veri tabanlarından yararlanıldı. CAZY veri tabanı karbonhidratlar ile ilişki enzim verilerin toplandığı evrensel kapsamlı bir veri tabanıdır. Bu veri tabanı ve diğer veri tabanları incelendiğinde *Anoxybacillus* türüne ait sadece bir adet 329 amino asit uzunluğunda gen tanımlanmış ve ksilanaz aktivitesi gösterdiği bildirildi. 329aa model ksilanaz genini çoğaltmak için kurulan reaksiyonun bileşenleri 25 µL son hacimde şu şekilde oluşturuldu; F(5'-ATGATTCGTCGTTACGTGAAGTG-3') ve R-(5'-TTAACATGTACAGACTTTCCAAAAGC-3') primerleri (1µL), Q5® High-Fidelity DNA Polymerase, M0491S, NEB) (0.25 µL), 10 mM dNTPs (0.75 µL), 5X Q5 Reaction Buffer (5 µL), kalıp DNA (20 ng/µL) (2 µL), nükleazsız su (15 µL). PCR programı: 98 °C'de (30 sn) 1 döngü; 98 °C'de 10 sn, 50 °C'de 30 sn, 72 °C'de 5 dk 1 (34 döngü) olacak şekilde kuruldu. PCR işlemi tamamlandıktan sonra PCR ürünlerine 3µL 6x TriTrack DNA loading dye (Thermo, R1161) eklenerek % 0.8'lik agaroz jelde Biorad jel elektroforez cihazında 45 dk yürütüldü (Karaoğlu vd., 2013).

Ksilanaz geninin Ekspresyonu: PCR ile çoğaltılan ksilanaz geninin pET-28a(+) ekspresyon vektörüne klonlanma işlemi In-Fusion® Snap Assembly Master Mix (638948 Takara) kiti kullanılarak yapıldı ve ligasyon koşulları firmanın önermiş olduğu protokol takip edildi. Oluşturulan ligasyon ürünleri önce 30 µg/mL kanamisin LB-Agar kullanılarak sonra *E.coli* BL21(DE3) suşuna ısı şoku yöntemi ile transforme edildi. Transformasyon işlemlerinin başarısı koloni PCR yöntemi ile test edildi. Daha sonra pET-28a(+) vektörüne klonlanmış olan ksilanaz enzimi IPTG ile indüklenerek yüksek miktarda üretilmesi sağlandı. IPTG ile yapılan indükleme işlemi *Anoxybacillus amylolyticus* kültürü OD₆₀₀ 0.4-0.6 değerine geldiğinde son

konsantrasyonda 1mM IPTG olacak şekilde gerçekleştirildi ve 5 saat boyunca inkübasyon devam ettirildi. 5 saat sonunda bakteri kültürü 4 °C'de, 11.000 g'de 15 dk çöktürüldü ve elde edilen pellet 5 mL LEW tamponunda (pH 8.0) [Üre (8 mM), NaH₂PO₄ (50 mM), NaCl (300 mM)] çözüldü. Daha sonra çözeltiye 10 µL β-mercaptoetanol ilave edilerek 5 sn aralıklarla 8 kez sonike edildi (%70 amplitude) (Sonics Vibra Cell). Sonike edilen örnekler, 15000 g'de, 4 °C'de, 15 dk santrifüj edildi. Elde edilen süpernatant protein saflaştırma işlemleri için kullanıldı (Yanmis vd., 2014).

Protein Ölçümü ve Ksilanaz Enziminin Aktivite Tayini: Protein konsantrasyonu Bradford (1976) yöntemine göre 595 nm'de gerçekleştirilen spektrofotometrik ölçümler ile belirlendi. Standart grafik Bovin Serum Albümin (BSA) kullanılarak yapıldı. Ksilanaz aktivitesi; substrat olarak % 1'lik ksilan (beech wood xylan, Serva), 10 µL enzim kullanılarak 40 mM fosfat tamponu (pH 7.00) içinde, 65 °C'de 30 dk inkübasyon ile ölçüldü. 30 dk sonunda reaksiyon buz üzerine alınarak reaksiyon sonlandırıldı. Enzimsiz reaksiyon karışımı kontrol olarak kullanıldı (Miao vd., 2015). Açığa çıkan ksiloz miktarı hazırlanmış olan standart ksiloz grafiğine göre hesaplandı. Ksilanaz aktivitesi 3,5-dinitro salisilik asit (DNS) metodu kullanılarak, açığa çıkan ksilozun 550 nm'de spektrofotometrik ölçümü ile belirlendi (Miller, 1959). Bir ünite ksilanaz aktivitesi yukarıda tanımlanmış şartlar altında 1 dk'da açığa çıkan ksiloza eşdeğer indirgenmiş şeker (µmoL) olarak tanımlandı.

Ekspresyon Ürününün Saflaştırılması:

Ekspresyon sonucu elde edilen süpernatant 70 °C'de 15 dk süre bekletilerek ısı şokuna maruz bırakıldı. Süre sonunda elde edilen kaba ekstrakt 15000 g'de, 4 °C'de, 20 dk santrifüj edildi. Elde edilen süpernatant, DEAE-Sepharose kullanılarak BioLogic LP cihazında iyon değişimi kromatografisine tabi tutuldu (Karaoglu vd., 2013). Elde edilen kısmi saflaştırılmış enzim Phenyl Sepharose 6 Fast Flow (Sigma) kullanılarak BioLogic LP cihazında hidrofobik etkileşim kolon kromatografisine tabi tutuldu (Karaoglu vd., 2013).

Ksilanaz Enziminin Biyokimyasal ve Kinetik Karakterizasyonu:

İlk olarak *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisine ait intraselüler ksilanaz enziminin aktivitesi üzerine sıcaklık ve pH etkisi araştırıldı. Bunun için 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 ve 100 °C' de gerçekleştirilen enzim aktivite deneyleri ile enzimin optimum aktivite sıcaklığı tespit edildi. Termal stabilite deneyi enzimin, optimum sıcaklığı olarak belirlenen 65 °C'de inkübe edilerek test edildi. İnkübasyon sonunda, inkübe edilmiş enzimin inkübe edilmemiş enzime kıyasla residüel ksilanaz aktivitesinin yüzdesi (%) belirlendi. Enzimin optimum çalışma pH'sı sitrat tamponu (pH 3.00-5.50), potasyum fosfat tamponu (pH 6.00-7.50), Tris-HCl (pH 7.50-8.50), ve glisin-NaOH tamponu (pH 8.50-10.00) kullanılarak belirlendi.

Kinetik parametreler [V_{max} (µmoL/dk/mg), K_m (Michaelis-Menten sabiti, mM), kcat (1/s) OriginLab Data Analysis and Graphing Software programı kullanılarak hesaplandı. Bu amaçla, % 2'lik ksilandan, 0.5-16 mg/mL konsantrasyon aralığında ksilan, substrat olarak alınarak optimum şartlarda enzim aktivitesi ölçüldü. Ksilanaz aktivitesi serbest kalan ksiloz miktarı (µmoL/dk) hesaplanarak belirlendi.

Enzim üzerine inhibitör veya aktivatör etki gösteren metal iyonlarının etkisini ölçmek için bir dizi deney gerçekleştirildi. Bu amaçla, farklı metal iyonlarının (AlCl₃, MgSO₄, AgSO₄, SnCl₂, SrCl₂, MnCl₂, FeCl₃) farklı konsantrasyonları (1 mM, 5 mM, 10 mM) kullanılarak ksilanaz aktivite deneyi (65 °C, 30 dk) gerçekleştirildi. Daha sonra kalan aktivite ölçüldü. Kontrol numunesinin aktivitesi (herhangi bir metal iyonu içermeyen reaksiyon karışımı) % 100 kabul edildi. Her bir deney üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Anoxybacillus amylolyticus, Antarktika'daki Rittmann Dağı'nda bulunan jeotermal topraktan izole edilmiş, bakterisi Gram-pozitif, çubuk şeklinde, genellikle filamentli bir bakteridir. Büyüme sıcaklığı 45-65 °C olmakla birlikte optimum büyüme sıcaklığı 60 °C'dir (Kalemci, 2020). Bu çalışmada *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisine sahip intraselüler ksilanaz geni (*AnaXYN329*) PCR ile çoğaltıldı, ekspresyon vektörüne klonlanarak üretilti. Üretilen enzim saflaştırılarak biyokimyasal ve kinetik olarak karakterize edildi. Bu çalışma *Anoxybacillus amylolyticus* ksilanazına ait ilk çalışmadır. *AnaXYN329* geni 987 bp uzunluktadır ve PFAM ile yapılan DNA sekans analizi sonuçlarına göre Glikozid Hidrolaz 10 sınıfına aittir (Verma & Satyanarayana 2012). Ayrıca, SignalP 5.0 programı ile yapılan analiz sonuçlarına göre N-Terminus ucunda sinyal peptide olmadığı tespit edildi, bu sonuca göre enzim intraselüler bir enzimdir. *AnaXYN329* enzimi pET-28a(+) ekspresyon vektörüne klonlandı ve *E.coli* BL21(DE3) bakterisinde başarıyla ekspres edildi.

Bu çalışmada rekombinant olarak üretilmiş olan *Anoxybacillus amylolyticus* bakterisine ait ksilanaz enzimi önce ısı şoku uygulamasına daha sonra sırasıyla iyon değişimi ve hidrofobik etkileşim kolon kromatografilerine tabi tutularak saflaştırıldı ve saflaştırma tablosu oluşturuldu (Tablo 1). Saflaştırma tablosunda görüleceği üzere tüm saflaştırma uygulamaları başarılı oldu. Saflaştırma sonrası enzimin spesifik aktivitesi 71.17 (µmoL/dk/mg protein'den 243.58 µmoL/dk/mg protein'e yükseldi ve enzim % 58.63 verim ile 3.42 kat saflaştırıldı. Hidrofobik etkileşim kolon kromatografisi uygulamasından sonra birleştirilen fraksiyonlar saf enzim özütü olarak kabul edilerek karakterizasyon çalışmalarında kullanıldı. Enzimin sonraki çalışmalar için yeterli saflıkta olup olmadığı SDS-Page

uygulaması ile test edildi (Şekil 1). Yapılan SDS-Page analizine göre enzimin moleküler ağırlığı yaklaşık 38 kDa'dur.

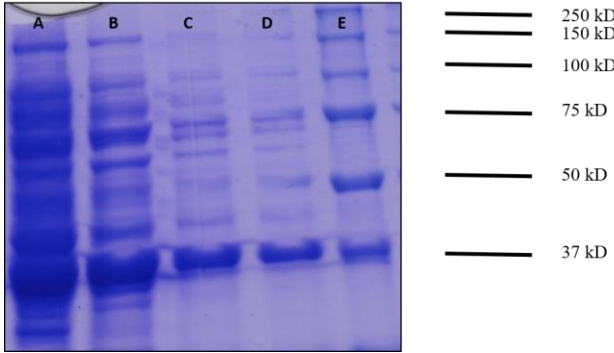
Saflaştırılan enzimin optimum çalışma sıcaklığını belirlemek için yapılan deney sonuçlarına göre enzim en yüksek aktiviteyi 60-65 °C'de göstermektedir (Şekil 2). Yapılan literatür taramalarına göre, GH10 sınıfına ait birçok ksilanaz enzimin farklı optimum çalışma sıcaklıklarına ve ısıl kararlılığa sahip olduğu gözlenmiştir. *Bacillus* sp.,

Bacillus licheniformis, *Thermothelomyces thermophilus* bakterilerine ait ksilanazların optimum çalışma sıcaklığı 60 °C olarak belirlenmiştir (Marques vd., 1998; Liu & Liu, 2008; Basit vd., 2018). Daha önce çalışılmış *Anoxybacillus* cinsine ait ksilanazların optimum çalışma sıcaklığı 65 °C olarak belirlenmiştir. *AnaXYN329* enzimi hem 60 hem de 65 °C'de yüksek aktivite göstermesi nedeniyle diğer enzimlere göre endüstriyel kullanım açısından avantajlıdır.

Tablo 1. *AnaXYN329* enziminin saflaştırılması
Table 1. Purification of the *AnaXYN329* enzyme

Saflaştırma Basamakları	Toplam Hacim (mL)	Protein (µg/mL)	Toplam Protein (mg)	Aktivite (µmol/dk/µL)	Toplam Aktivite (µmol/dk)	Spesifik Aktivite (µmol/dk/mg protein)	Verim	Saflaştırma Katı
KE	12.00	4.60	55.22	0.3275	3930.00	71.17	100	1.00
IŞU	10.00	3.29	32.86	0.2540	2540.00	77.29	64.63	1.09
İDKK	25.00	0.54	13.45	0.0980	2450.00	182.16	62.34	2.56
HEKK	30.00	0.32	9.46	0.0768	2304.00	243.58	58.63	3.42

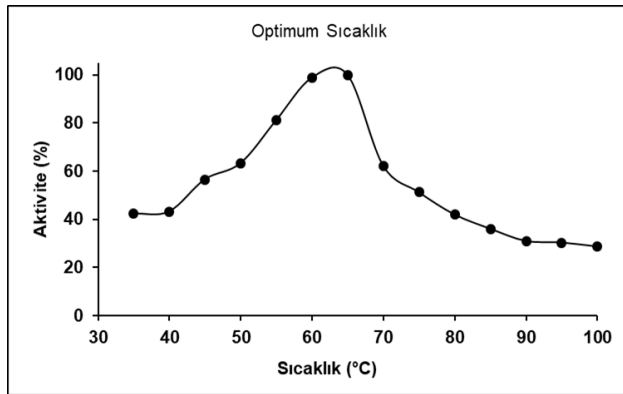
*KE; Kaba Ekstrakt, IŞU; Isı Şoku Uygulaması, İDKK; İyon Değişimi Kolon Kromatografisi, HEKK; Hidrofobik Etkileşim Kolon Kromatografisi



Şekil 1. SDS-Page analizi.

Figure 1. SDS-Page analysis.

(A: Kaba ekstrakt, B: Isı Şoku uygulaması sonrası enzim özütü, C: İyon değişim kolon kromatografisi sonrası enzim özütü, D: Hidrofobik kolon kromatografisi sonrası enzim özütü, E: Marker.)

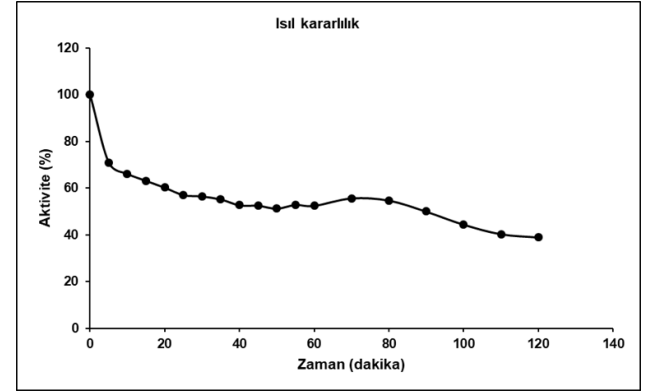


Şekil 2. *AnaXYN329* enzimine Sıcaklığın Etkisi.

Figure 2. The Temperature Effect on *AnaXYN329*.

Ayrıca, *AnaXYN329* enziminin ısıl kararlılık deneyleri yaklaşık 120 dk sürdü. Enzim yarılanma ömrünü 40'ncı dk'da tamamladı (Şekil 3). Literatürde çalışılmış diğer termofilik ksilanaz enzimleri incelendiğinde *Geobacillus stearothermophilus* ksilanazının 65 °C'de 20 dk'da yarılanma ömrünü tamamlarken (Garg vd., 2010); *Anoxybacillus* sp.'ye ait ksilanazın aktivitesini 70 °C'de 15 dk'da kaybettiği rapor edilmiştir (Wang vd., 2010).

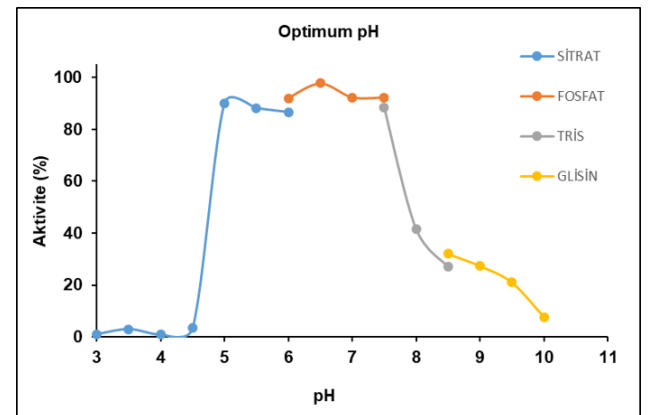
AnaXYN329 gösterdiği ısıl kararlılık özelliği ile literatürdeki diğer enzimlere benzerlik göstermektedir.



Şekil 3. *AnaXYN329* enziminin ısıl kararlılığı.

Figure 3. Thermal stability of *AnaXYN329* enzyme.

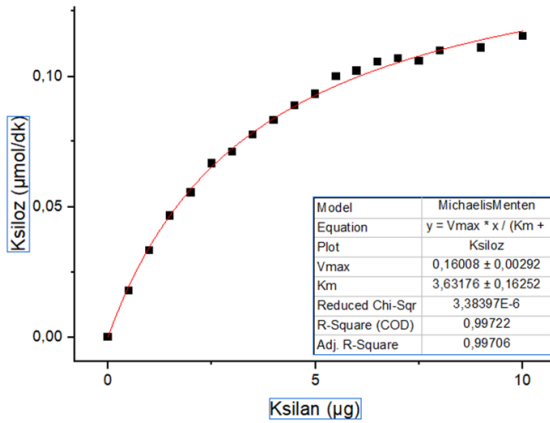
AnaXYN329 enziminin en yüksek aktivite gösterdiği pH değerini belirlemek için farklı pH değerlerinde gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre, enzimin en yüksek aktiviteyi pH 6.5'te gösterdiği tespit edildi. Ancak pH 5.0-7.5 gibi geniş bir pH aralığında optimum aktiviteye son derece yakın aktivite gösterdiği gözlemlendi (Şekil 4).



Şekil 4. *AnaXYN329* üzerine pH etkisi.

Figure 4. The pH effect on *AnaXYN329*.

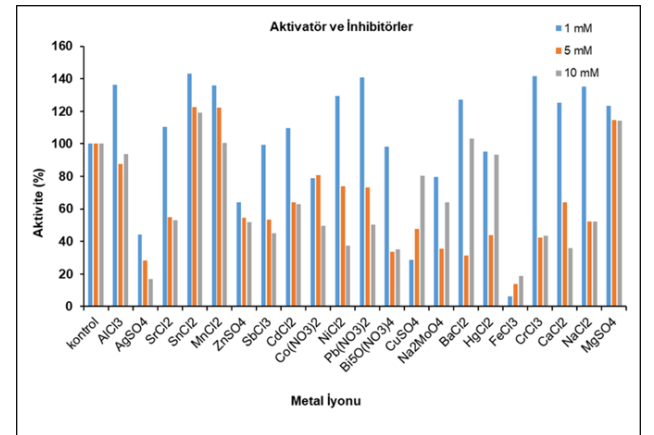
Ksilanaz enziminin geniş pH aralığında yüksek aktivite göstermesi, aynı enzimin enzim fırıncılık, kağıt endüstrisi gibi birbirinden çok farklı endüstri alanlarında kullanımına olanak tanır. Bu bağlamda *AnaXYN329* enziminin pH 5.0-7.5 gibi geniş bir pH aralığında yüksek aktivite göstermesi enzimi endüstriyel üretimi açısından diğer birçok ksilanaz enzimine göre avantajlı kılmaktadır (Georis vd., 2000). Farklı mikroorganizmalardan elde edilmiş ksilanazların farklı pH (pH 4.0-10.0) değerlerinde optimum aktivite gösterdiğine dair bir çok rapor bulunmaktadır. *Anoxybacillus* cinsine ait bakteriler geniş bir pH aralığında aktivite göstermektedir (pH 5.3-9.0). *A. pushchinoensis* A8 ksilanazı pH 6.5'da (Kacagan vd., 2008), *Anoxybacillus* sp. E2 ksilanazı pH 7.8'de (Wang vd., 2010), *A. flavithermus* TWXYL3 ksilanazı pH 6.0'da (Ellis & Magnuson, 2012), *Anoxybacillus* sp. ve *A. kamchatkensis* ksilanazları pH 9.0'da (Hauli vd., 2013; Yadav vd., 2018) optimum aktivite göstermektedir. *AnaXYN329* enzimi literatürde bulunan diğer *Anoxybacillus* ksilanazlarından daha asidik bir ortamda yüksek aktivite gösterme kabiliyetiyle ayrılmaktadır. Enzimin düşük pH'larda yüksek aktivite göstermesi; diğer bir deyişle enzimin asidik karakterde olması enzimin kağıt endüstrisi ve hayvan yemi endüstrilerinde kullanımını avantajlı kılmaktadır (Aygan, 2008; Alokika vd., 2018). Aktivite gösterdiği asidik pH'ya rağmen daha yüksek pH'larda da aktivite göstermesi enzimin farklı endüstriyel alanlarda kullanımına olanak sunmaktadır.



Şekil 5. *AnaXYN329* enzimine ait Michaelis-Menten grafiği.
Figure 5. Michaelis-Menten graphic of *AnaXYN329*.

AnaXYN329 enzimine ait kinetik parametreleri hesaplayabilmek için 16 mg/mL'ye kadar arttırılan ksilan konsantrasyonları ile bir seri reaksiyon gerçekleştirildi. Ksilanaz aktivitesi açığa çıkan ksiloz miktarının belirlenmesi ile hesaplandı. Ölçümler sırasında ksilandan kaynaklanan interferans sorunu; aynı derişimde ksilan içeren körler kullanılarak ortadan kaldırıldı. Reaksiyonlar 5 µL saf enzim özütü (1.6 µg protein) ile gerçekleştirildi. Michaelis-Menten sabiti (K_m) ve maksimum hız (V_{max})

değerleri; OriginPro 8.1 analiz programı kullanılarak çizilen Michaelis-Menten eğrisi ile belirlendi (r^2 : 0.99821), (Şekil 5). Programda yapılan analiz sonucunda enzimin K_m değeri $3.631 \pm 0.162 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ V_{max} değeri ise $100.05 \pm 0.00292 \mu\text{mol}/\text{dk}/\text{mg}$ protein olarak hesaplandı. Bu veriler ile yapılan hesaplamalar sonucunda k_{cat} değeri ise 128.978 1/sn olarak hesaplandı. Katalitik etkinlik değeri olan k_{cat}/K_m değeri ise $35.514 \text{ 1/mMs}^{-1}$ olarak hesaplandı. *Anoxybacillus* sp E2 ksilanazı ile yapılan bir çalışmada, enzimin ksilan için K_m , V_{max} ve k_{cat} değerleri sırasıyla 0.61 mg/mL , $2.478 \mu\text{mol}/\text{dk}/\text{mg}$ ve 1.602 1/sn bulunmuştur. (Wang vd., 2010). *A. pushchinoensis* A8 ksilanazı ile yapılan başka bir çalışmada ise K_m ve V_{max} 0.909 mg/mL ve $59.88 \text{ U/mg/protein}$ iken *Anoxybacillus kamchatkensis* ksilanazı için 0.7 mg/mL ve $66.64 \mu\text{mol}/\text{dk}/\text{mg}$ olarak rapor edilmiştir (Kacagan vd., 2008; Yadav vd., 2018). Diğer *Anoxybacillus* türlerine ait ksilanazlarla karşılaştırıldığında *AnaXYN329* enziminin K_m değeri yüksektir. K_m değerinin yüksek olması endüstriyel uygulamalar için dezavantaj olduğundan gelecekte yapılacak yönlendirilmiş mutasyonlarla enzimin K_m değerinin düşürülmesi, *AnaXYN329* enzimi daha talep edilen bir enzim haline getirecektir. Birçok metal iyonunun birçok enzim üzerine kofaktör etkisi göstererek katalitik aktiviteyi arttırdığı bilinmektedir. Bu çalışmada birçok metal iyonunun farklı konsantrasyonları ile gerçekleştirilen aktivite deneyleri sonuçlarına göre, *AnaXYN329* enzimi üzerine Hg^{+2} , Ag^{+2} , Cd^{+2} , Cu^{+2} iyonları dikkate değer inhibitör etki gösterirken, Sn^{+2} ve Mg^{+2} iyonları aktivatör etki göstermiştir (Kulkarni vd., 1999), (Şekil 6).



Şekil 6. *AnaXYN329* üzerine metal iyonları (aktivatör ve inhibitör) etkisi.
Figure 6. The effect of metal ions (activator and inhibitor) on *AnaXYN329*.

SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışmada ekspresyon vektöründe ifade edilerek çok miktarda üretilen, saflaştırılarak biyokimyasal ve kinetik olarak karakterize edilen *AnaXYN329* enzimi geniş sıcaklık ve pH aralığında

aktivite yüksek aktivite gösteren farklı endüstriyel uygulamalarda kullanılabilme potansiyeline sahip değerli bir enzimdir. Ayrıca, enzimin ksilanaz aktivitesi varken selülaz aktivitesi göstermemesi endüstriyel kullanım açısından enzimi avantajlı hale getirmektedir.

TEŞEKKÜR

Erkan AYDIN ve Zafer SECGİN başta olmak üzere ETKA Biyoteknoloji ve Danışmanlık Limited Şirketi çalışanlarına destekleri için teşekkür ederiz.

Bu çalışma ETKA Biyoteknoloji ve Danışmanlık Limited Şirketi ve TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge Projelerini Destekleme Programı (TEYDEB- Proje No:3210520) tarafından finanse edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aygan, A. (2008).** *Haloalkalofil Bacillus sp. İzolasyonu, Amilaz, Selülaz ve Ksilanaz Enzimlerinin Üretimi, Karakterizasyonu ve Biyoteknolojik Uygulamalarda Kullanabilirliği.* Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Adana, Türkiye.
- Basit, A., Liu, J., Miao, T., Zheng, F., Rahim, K., Lou, H. & Jiang, W. (2018).** Characterization of two endo-beta-1, 4-xylanases from *Myceliophthora thermophila* and their saccharification efficiencies, synergistic with commercial cellulose. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 233. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00233.
- Bradford, M.M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, **7**(72), 248-54. DOI: 10.1006/abio.1976.9999
- Chakdar, H., Kumar, M., Pandiyan, K., Singh, A., Nanjappan, K., Kashyap, P.L. & Srivastava, A.K. (2016).** Bacterial xylanases: biology to biotechnology. *3 Biotech*, **6**, 150. DOI: 10.1007/s13205-016-0457-z
- Colak, D.N., Bektas, K.I., Tokgoz, M., Canakci, S. & Belduz, A. (2018).** Screening of Xylanase and Glucose Isomerase Producing Bacteria Isolated from Hot Springs in Turkey. *Sakarya University Journal of Science*, **22**(6), 1804-1811.
- El Enshasy, H.A., Kandiyil, S.K., Malek, R. & Othman, N.Z. (2016).** Microbial xylanases: sources, types, and their applications. *Microbial Enzymes in Bioconversions of Biomass.* Springer, Picassoplatz 4, CH-4052 Basel, Switzerland, 151-213.
- Ellis, J.T. & Magnuson, T.S. (2012).** Thermostable and alkalistable xylanases produced by the thermophilic bacterium *Anoxybacillus flavithermus* TWXYL3. *ISRN microbiology*, 517-524. DOI: 10.5402/2012/517524
- Garg, N., Kumar, A. & Mahatman, K.K. (2010).** Xylanase: applications and biotechnological aspects: biotechnological aspects of xylanase. *LAP LAMBERT Academic Publ*, Lambert.
- Georis, J., Giannotta, F., De-Buyt, E., Granier, B. & Frere, J.M. (2000).** Purification and properties of three endo-beta-1, 4-xylanases produced by *Streptomyces* sp. strain S38 which differ in their ability to enhance the bleaching of kraft pulps. *Enzyme and Microbial Technology*, **26**, 178-186. DOI: 10.1016/s0141-0229(99)00141-6
- Girio, F.M., Fonseca, C., Carvalheiro, F., Duarte, L.C., Marques, S. & Bogel-Lukasik, R. (2010).** Hemicelluloses for fuel ethanol: a review. *Bioresource Technology*, **101**, 4775-4800.
- Hauli, I., Sarkar, B., Mukherjee, T, Chattopadhyay, A. & Mukhopadhyay, S. (2013).** Alkaline extraction of xylan from agricultural waste, for the cost effective production of xylooligosaccharides, using thermoalkaline xylanase of thermophilic *Anoxybacillus* sp. Ip-C. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, **1**, 126-131. DOI: 10.18782/2320-7051.
- Inan, K., Canakci, S. & Belduz, A.O. (2011).** Isolation and characterization of xylanolytic new strains of *Anoxybacillus* from some hot springs in Turkey. *Turkish Journal of Biology*, **35**(5),1. DOI: 10.3906/biy-1003-75
- Jaf, Y., Hassan, W., Erez, M.E. & Ertas, M. (2022).** Determination of extracellular hydrolytic enzyme capabilities of some *Anoxybacillus* isolated from hot spring environments. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, **3** (2) , 56-61. DOI: 10.51753/flsrt.1094629
- Kacagan, M., Canakci, S. & Sandalli, C. (2008).** Characterization of a xylanase from a thermophilic strain of *Anoxybacillus pushchinoensis* A8. *Biologia*, **63**,599-606 DOI: 10.2478/s11756-008-0134-8
- Kalemci, M. (2020).** *Termofilik Anoxybacillus amylolyticus* bakterisinin gch1 geninin klonlanması ve enzimin biyokimyasal karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı. Rize, Türkiye.
- Karaoglu, H., Yanmis, D., Sal, F.A., Celik, A., Canakci, S. & Belduz, A.O. (2013).** Biochemical characterization of a novel glucose isomerase

- from *Anoxybacillus gonensis* G2^T that displays a high level of activity and thermal stability. *Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic*, **97**, 215-224. DOI: [10.1016/j.molcatb.2013.08.019](https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2013.08.019).
- Kulkarni, N., Shendye, A. & Mala, R. (1999)**. Molecular and biotechnological aspects of xylanases. *FEMS Microbiology Reviews*, **23**, 411-456.
- Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J. & Stroeve, P. (2009)**. Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **48**(8), 3713-3729.
- Liu, M.Q. & Liu, G.F. (2008)**. Expression of recombinant *Bacillus licheniformis* xylanase A in *Pichia pastoris* and xylooligosaccharides released from xylans by it. *Protein expression and purification*, **57**, 101-107. DOI: [10.1016/j.pep.2007.10.020](https://doi.org/10.1016/j.pep.2007.10.020)
- Marques, S., Alves, L., Ribeiro, S., Girio, F.M. & Amaral-Collaco, M.T. (1998)**. Characterization of a thermotolerant and alkalotolerant xylanase from a *Bacillus* sp. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, **73**, 159-172.
- Miao, Y., Li, J., Xiao, Z., Shen, Q. & Miao, R. (2015)**. Characterization and identification of the xylanolytic enzymes from *Aspergillus fumigatus* Z5. *BMC Microbiology* **15**, 126. DOI: [10.1186/s12866-015-0463-z](https://doi.org/10.1186/s12866-015-0463-z)
- Miller, G.L. (1951)**. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 426-428.
- Motta, F., Andrade, C. & Santana, M. (2013)**. *A review of xylanase production by the fermentation of xylan: classification, characterization and applications, Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass-Techniques, Applications and Commercialization, InTechOpen, Headquarters, IntechOpen Limited, 7th floor, 10 Lower Thames Street, London, EC3R 6AF, UK.*
- Singh, A.D. & Singh, B. (2018)**. Utility of acidic xylanase of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* JJBS250 in improving the nutritional value of poultry feed. *3 Biotech*, **8**(503), 1-7. DOI: [10.1007/s13205-018-1526-2](https://doi.org/10.1007/s13205-018-1526-2)
- Swain, M., Natarajan, V. & Krishnan C. (2017)**. Marine enzymes and microorganisms for bioethanol production. *Advances in Food and Nutrition Research. Elsevier, United States*, 181-197.
- Turner, P., Mamo, G. & Karlsson, E.N. (2007)**. Potential and utilization of thermophiles and thermostable enzymes in biorefining. *Microbial cell factories*, **15**, 6-9. DOI: [10.1186/1475-2859-6-9](https://doi.org/10.1186/1475-2859-6-9)
- Verma, D. & Satyanarayana, T. (2012)**. Molecular approaches for ameliorating microbial xylanases. *Bioresource Technology*, **117**, 360-367. DOI: [10.1016/j.biortech.2012.04.034](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.04.034)
- Walia, A., Guleria, S., Mehta, P., Chauhan, A. & Parkash, J. (2017)**. Microbial xylanases and their industrial application in pulp and paper biobleaching: a review, *3 Biotech*, **7**, 11.
- Wang, G.O., Lapidot, A., Alchanati, I., Regueros, C. & Shoham, Y. (1994)**. Cloning and DNA sequence of the gene coding for *Bacillus stearothermophilus* T-6 xylanase. *Applied and Environmental Microbiology*, **60**(6), 1889-96. DOI: [10.1128/aem.60.6.1889-1896.1994](https://doi.org/10.1128/aem.60.6.1889-1896.1994)
- Wang, J., Bai, Y., Yang, P., Shi, P., Luo, H. & Meng, K. (2010)**. A new xylanase from thermoalkaline *Anoxybacillus* sp. E2 with high activity and stability over a broad pH range. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* **26**, 917-924. DOI: [10.1007/s11274-009-0254-5](https://doi.org/10.1007/s11274-009-0254-5)
- Yadav, P., Maharjan, J., Korpole, S., Prasad, G.S., Sahni, G., Bhattarai, T. & Sreerama, L. (2018)** Production, Purification, and Characterization of Thermostable Alkaline Xylanase From *Anoxybacillus kamchatkensis* NASTPD13. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **6**, 65. DOI: [10.3389/fbioe.2018.00065](https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00065)
- Yanmis, D., Karaoglu, H., Colak, D.N., Sal, F.A., Canakci, S. & Belduz, A.O. (2014)**. Characterization of a novel xylose isomerase from *Anoxybacillus gonensis* G2^T. *Turkish Journal of Biology*, **38**(5), 5. DOI: [10.3906/biy-1403-76](https://doi.org/10.3906/biy-1403-76)



Salmonidlerde Besin Kesesi Tüketimine Etki Eden Faktörler: Tür, Sıcaklık, Tuzluluk ve Fotoperiyot

Nadir BAŞÇINAR¹ Fatma DELİHASAN SONAY^{2*}

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, 61530 Çamburnu, Sürmene, Trabzon

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 53100 Fener, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: 26.06.2023

Kabul Tarihi: 17.08.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Başçınar, N. & Delihasan Sonay, F. (2023). Salmonidlerde besin kesesi tüketimine etki eden faktörler: Tür, sıcaklık, tuzluluk ve fotoperiyot. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 374-382. <https://doi.org/10.35229/jaes.1320294>

How to cite: Başçınar, N. & Delihasan Sonay, F. (2023). Factors Affecting of Yolk Sac Absorption in Salmonids: Species, Temperature, Salinity and Photoperiod. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 374-382. <https://doi.org/10.35229/jaes.1320294>

 <https://orcid.org/0000-0002-0511-4782>

 <https://orcid.org/0000-0002-5295-0871>

***Sorumlu yazarın:**

Fatma DELİHASAN SONAY
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, 53100 Rize, Türkiye
✉: fatma.delihasan@erdogan.edu.tr

Öz: Akuakültür uzmanları balık larvalarının besin kesesi tüketimleri ile yakından ilgilenmektedir, çünkü erken büyüme ve gelişme, nihai kuluçka verimini ve ticari balıkçılığa katılan birey sayısını etkilemektedir. Bu derlemede, bazı Salmonidlerin besin kesesi tüketimine etki eden tür, sıcaklık, tuzluluk, fotoperiyot gibi faktörleri irdeleyen çalışmalarını bir araya getirmek ve ilerleyen dönemlerde yapılacak çalışmalara ışık tutmak amaçlanmıştır. Salmonid balıklar yetiştiriciliği yapılan diğer türlere göre yüksek yumurta ve larva kalitesine sahip türlerdir. Yumurtadan larva çıkışı döneminden sonra ise larvanın besin kesesi tüketimi, ilk yemleme zamanı, yeme alıştırma ve çevresel faktörler önem arz etmektedir. Bazı çalışmalarda farklı salmonid türlerinin besin kesesinin tüketilmesi ve farklı çevresel faktörlerin besin kesesi tüketimi arasındaki ilişkiler üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu derleme çalışmasında, Gökkuşuğu alabalığı, Atlantik salmonu, kaynak alabalığı, Karadeniz alabalığı başta olmak üzere, bazı Salmonidlerle besin kesesi tüketimi üzerine yapılan çalışmalardan örnekler verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Besin kesesi tüketimi, kuluçka, model, Salmonidae, sıcaklık.

Factors Affecting of Yolk Sac Absorption in Salmonids: Species, Temperature, Salinity and Photoperiod

Abstract: Aquaculturists are primarily interested in yolk sac consumption of fish larvae, because of the early growth and developmental affect the final hatching yield and the number of individuals participating in commercial fisheries. In this review, it is aimed to bring together studies examining factors such as species, temperature, salinity, photoperiod, which affect the yolk sac consumption of some Salmonids and to shed light on future studies. Salmonids are species with higher egg and larva quality compared to other fishes. After the larval hatching period from the egg, the yolk sac consumption of the larva, the first feeding time, feeding habits and environmental factors are important. In some studies, the yolk sac consumption of different salmonid species and relationships between different environmental factors and the yolk sac consumption have been investigated. In the present review, examples of studies on the yolk sac consumption with some Salmonids, particular focus on Rainbow trout, Atlantic salmon, brook trout, and Black Sea trout, are given.

Keywords: Yolk sac consumption, hatching, model, Salmonidae, temperature.

GİRİŞ

Dünya genelinde ticari Salmonid üretimi yaklaşık bir buçuk asır önce Batı dünyasında başlamıştır ve giderek tüm dünyaya yayılmıştır. Ülkemiz kültür balıkçılığı üretimi hızla artmakta (Yıldırım & Çantaş, 2022) ve geleceğin protein kaynağı olarak kabul edilmektedir. Su ürünleri istatistiklerine göre 2022 yılında kültür üretimi 514.805 ton olarak gerçekleşmiş ve bunun 191.103 tonunu Salmonidler (alabalıklar) oluşturmuştur (TUİK, 2023).

Balıkçılık endüstrisinde, diğer endüstriler de olduğu gibi ürün miktarını artırmak ve üretim maliyetini düşürmek için biyolojik teknikler ve uygulamalardan yararlanılmaktadır (Sonay & Kavuk, 2023). Salmonidler uzun kuluçka periyodu ve besin kesesi tüketimi dönemine sahip türlerdir. Bu sürenin larvaların (alevin) enerji kullanımı, hayatta kalma başarısı ön plana alınarak verimli şekilde aşılması gereklidir.

Akuakültür uzmanları larvaların besin kesesi tüketimleri ile yakından ilgilenmektedir, çünkü erken büyüme ve gelişme, nihai kuluçka verimini ve hasat edilen birey sayısını etkilemektedir. Bu durum; yumurtlama, üreme ve yetiştirmede finansal ve biyolojik ilgi ile sonuçlanmıştır (Blaxter, 1988).

Embriyo veya larvalar için bir besin deposu görevi gören besin kesesinin; içinde hiçbir metabolik aktivitenin meydana geldiği varsayılmaz. Ayrıca besin kesesi, enerji sağlamanın yanı sıra hormon ve enzimlerin de kaynağıdır (Kamler, 1992; Kamler, 2008). Besin kesesinin bileşenleri arasında kese trombositleri ve esas olarak trigliseritleri içeren yağ kürecikleri mevcuttur (Heming & Buddington, 1988).

Beer ve Anderson (1997) larva büyümesi altında yatan mekanizmayı, biyolojik ilkeleri, besin akışını ve matematiksel modellemeyi aşağıdaki gibi özetlemiştir.

(1) Besin kesesi tüketim oranı, emici tabakanın yüzey alanının bir fonksiyonudur,

(2) Kese tükendikçe yüzey alanı değişir,

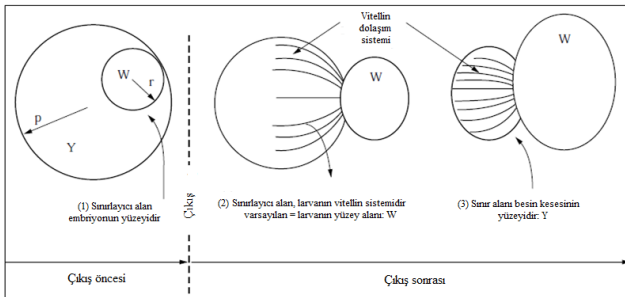
(3) Sıcaklık, kese tüketimini etkileyen en önemli abiyotik değişkendir.

Bertalanfy (1957), Ricker (1979) ve Beer ve Anderson (1997)'a göre kütle dengesi modelinde; kütle emiliminin (anabolizma) ve kaybının (katabolizma) larvanın kütlesi ile bir güç arasında orantılı olduğunu varsaymaktadır. Buna göre, anabolizma ve katabolizma arasındaki farka eşit olan büyüme bir eşitlikle kontrol edilebilmektedir:

$$\frac{dw}{dt} = aw^{2/3} - bw \dots\dots\dots (1)$$

Burada w canlı ağırlığıdır.

Yukarıdaki denkleme göre, anabolizma terimi bir alanla orantılı olan ağırlığın 2/3'lük bir kuvveti, katabolizma terimi ise ağırlığın bir fonksiyonu olarak bildirilmiştir. Bu eşitlik besin arzını göz ardı ettiği için eleştirilmiştir (Ricker, 1979). Serbest yüzen balıklar için bu eleştiri kabul edilebilir, ancak besin kesesi ve larvanın sistemsel bütünlüğü söz konusu olduğunda, kesenin yüzey alanı ve besin miktarı açıkça formüle edilebildiğinden bu sorunun üstesinden gelinmektedir (Şekil 1) (Beer & Anderson, 1997).

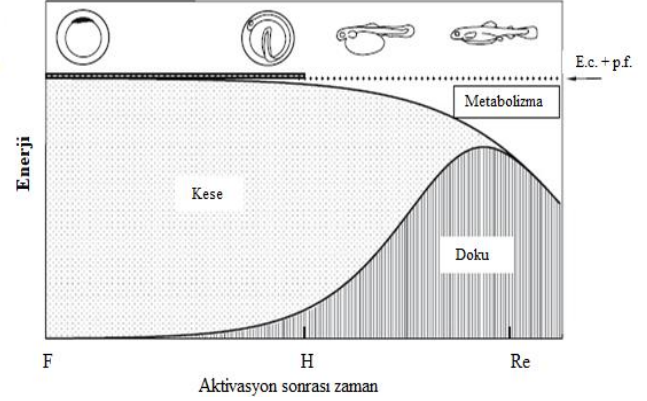


Şekil 1. Denklem için geçerli olan ilk üç durumun şekilsel gösterimi: (1) yumurtadan çıkış öncesi, (2) yumurtadan çıktıktan sonra, (3) yüzey alanını sınırladıktan sonra besin kesesi tarafından tanımlanır (Beer & Anderson, 1997).

Figure 1. Schematic diagram of the first three cases for equation: (1) before hatching, (2) after hatching, (3) following the delimitation of the surface area by the yolk sac (Beer & Anderson, 1997).

Kamler (2008)' göre besin kesesinden emilen enerji (C_Y), yeni oluşan dokuya transfer edilen enerji (P), solunumda harcanan enerji (R) ve azotlu atılım (U) (larvalarda dış beslenmenin başlamasından önce dışkı atılmaz, ancak azotlu atılım olarak az miktarda enerji atılır) olarak paylaşılır (Şekil 2) (Kamler, 2008).

$$C_Y = P + R + U \dots\dots\dots (2)$$

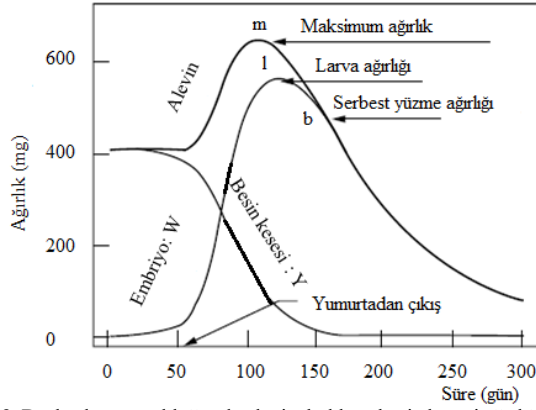


Şekil 2. Erken ontogeneze döneminde balık yumurtası enerji paylaşımının şematik gösterimi (F: Yumurtanın döllenmesi, H: Çıkış, Re: Besin kesesi tüketiminin sonu, E.c. + p.f.: Yumurta kapsüllerinin ve yumurtadan çıkış sırasında atılan perivitellin sıvının enerjisi) (Kamler, 2008).

Figure 2. A schematic illustration of fish egg energy sharing in early ontogenesis period (F: Fertilization of the egg, H: Hatching, Re: End of yolk sac consumption, E.c. + p.f.: the energy of the egg capsules and perivitelline fluid expelled during hatching (Kamler, 2008).

Besin kesesi tüketimi mekanizması üzerine, kese temas yüzey alanı, kese tüketimi sonucu yüzey alanı değişimleri ve abiyotik faktörler (su sıcaklığı vb.) etkili olmaktadır (Heming & Buddington, 1988). Balıkların doğal yumurtlama alanları ve bu alanlardaki su sıcaklığı farklılıkları, yumurta ve alevinlerin yaşama oranını etkilenmektedir (Murray & Beacham, 1987). Alevin ağırlığı ilk besleme dönemi için önem arz etmektedir. Maksimum alevin ağırlığı dönemi ilk besleme yapılması gereken zaman olarak kabul edilmektedir. Yani, maksimum alevin ağırlığına ulaşıldığında büyüme oranı sıfırdır, yani anabolik ve katabolik oranlar birbirine eşittir (Beer & Anderson, 1997). Daha sonraki dönemde besin kesesi emilimi ile elde edilen enerji, gereksinimi karşılayamadığından alevin ağırlık kaybetmekte (Beer & Anderson, 1997), gelişim indeksi değeri düşmekte ve larvanın su içeriği artmaktadır (Peterson & Martin-Robichaud, 1995). İlk beslenmenin uygun zamanda yapılmaması durumunda ölüm oranı daha da artmaktadır (Başçınar vd., 2005). Larvanın, yumurtadan çıkışını izleyen dönemde büyümesini ve ağırlık kaybını (örneğin chinok salmonu) karakteristik bir parametre seti kullanılarak stimüle eden yaklaşımlar mevcuttur (Şekil 3).

Bu derlemede, bazı Salmonid türlerin besin kesesi tüketimine etki eden tür, sıcaklık, tuzluluk, fotoperiyot gibi faktörleri irdeleyen çalışmaları bir araya getirmek ve ilerleyen dönemlerde yapılacak çalışmalara ışık tutmak amaçlanmıştır.



Şekil 3. Dış beslenme yokluğunda alevin, balık ve besin kesesi ağırlığındaki değişimlerin gösterimi (m: maksimum ağırlık, l: maksimum larva ağırlığı, b: serbest yüzme ağırlığı) (Beer & Anderson, 1997).

Figure 3. Significant shift in the weight of the alevin, fish and yolk sac without external nutrition (m: The maximum weight, l: The maximum larva weight, b: The free swimming weight) (Beer & Anderson, 1997).

BESİN KESESİ TÜKETİMİ ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN EŞİTLİKLER VE MATEMATİKSEL MODELLER

Salmonidlerde besin kesesi tüketimini araştıran çalışmalarda; günlük boyca ve ağırlıkça büyüme oranları, günlük kuru besin kesesi tüketimi, gelişim indeksi, besin kesesi değerlendirme randımanı, bir (1) mg besin kesesi tüketimi ile kazanılan yaş larva ağırlığı, su ve kurumadde oranları sıklıkla hesaplanmaktadır (Hodson & Blunt, 1986; Peterson & Martin-Robichaud, 1995; Başçınar, 2005). Aşağıda geçen hesaplamalara ait eşitlikler aşağıda verilmiştir:

- Günlük boyca büyüme oranı (BBO; mm/gün ve %):
 $BBO (mm/gün) = (B_t - B_0) / t$ 3
 $BBO (%) = 100 \times (\ln B_t - \ln B_0) / t$ 4
- Günlük ağırlıkça büyüme oranı (ABO; mg/gün ve %):
 $ABO (mg/gün) = (A_t - A_0) / t$ 5
 $ABO (%) = 100 \times (\ln A_t - \ln A_0) / t$ 6
- Kuru besin kesesi tüketimi (BKT; mg/gün):
 $BKT = (K_0 - K_t) / t$ 7
- Gelişim indeksi (K_D):
 $K_D = 10 \times A^{1/3} / B$ 8
- Besin kesesi değerlendirme randımanı (KDR):
 $KDR = (L_t - L_0) / (K_0 - K_t)$ 9
- Bir mg besin kesesi tüketimi ile kazanılan yaş larva ağırlığı (KY_{A_k}): $KY_{A_k} = (L_{y_t} - L_{y_0}) / (K_{y_0} - K_{y_t})$ 10
- Su oranı (%) = (Yaş alevin ağırlığı - Kuru alevin ağırlığı) x 100 / Yaş alevin ağırlığı 11
- Kuru madde oranı (%) = 100 - Su Oranı 12

Burada; t: süre (gün), L_0 ve L_t : başlangıç ve t anındaki larvanın kuru ağırlıkları (mg), K_0 ve K_t : başlangıç ve t anındaki kesenin kuru ağırlıkları (mg), B: Boy (mm), A: Ağırlık (mg), L_{y_0} ve L_{y_t} başlangıç ve t anındaki larvanın yaş ağırlıkları (mg), ($K_{y_0} - K_{y_t}$) başlangıç ve t anındaki kesenin yaş ağırlıkları (mg)'dir. Kuru ağırlıkların tercih nedeni, besin kesesinin ayrılması esnasında bir miktar sıvının dışarı akması ve miktarının bu nedenle belirlenememesidir (Hansen & Møller, 1985).

Yukarıdaki eşitlikler yardımıyla elde edilen veriler, besin kesesi tüketimi zamanına bağlı olarak (gün veya gün-

derece) grafiklere yansımakta ve matematiksel modellerde kullanılmaktadır. Bu modeller çoğunlukla;

$$\text{Regresyon: } Y = a + bX + \varepsilon \text{ (13)}$$

$$\text{Polinom: } Y = a + b_1X + b_2X^2 + \varepsilon \text{ (14)}$$

$$\text{Logaritmik: } Y = a + b \log X + \varepsilon \text{ (15)}$$

olarak çalışmalarda yer almaktadır.

Burada modellerde; a: sabit değer, b: eğim ve ε : hata'dır. Modellerin istatistiksel olarak geçerlilikleri varyans analizi (ANOVA) yapılarak kontrol edilmektedir. Balıklarda zamana bağlı olarak büyüme üssel bir denklem olmasına karşın, alevinlerin büyüme grafiklerinde doğrusal eşitliklerle rastlanmasının nedeni, canlının tüm hayatı içerisinde sadece larval evresini kapsayan kısa dönemin irdelenmesidir.

BESİN KESESİ TÜKETİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Balıklarda büyüme etkileyen birçok abiyotik ve biyotik faktörler vardır. Yetiştiriciliği yapılan türlerin büyümesinde kültür koşullarında su sıcaklığı, tuzluluk, çözülmüş oksijen, balık büyüklüğü, cinsi gelişme, ışık, stoklama yoğunluğu, besin gereksinimlerinin karşılanması, balığın sağlık durumu ve sosyal hiyerarşi, dinamiklik, biyoteknolojik uygulamalar vb. olarak sınıflandırılabilir. Yetiştiriciliğin en önemli adımlarından biri olan besin kesesi tüketiminde ise tür, yumurta büyüklüğü, sıcaklık, tuzluluk, ışık, kimyasallar vb. olarak bildirilmiştir (Başçınar, 2001; Kocabaş, 2009; Tuzcu, 2017).

Yetiştiriciliği yapılan türlerin kuluçka uygulamalarında uygun çevresel faktörler, kaliteli yumurta ve larva istenir. Kaliteli larvanın oluşması için kaliteli yumurtaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kaliteli yumurta; döllenme, gözlenme, çıkış ve dış beslenmeye başlama evrelerinde yüksek yaşama oranına sahip olan ve hızlı büyüyen, sağlıklı yavru üreten yumurta olarak ifade edilmektedir. Bu özelliklere sahip yumurtaların elde edilmesi için kaliteli damızlıklara yetiştirilmelidir. Salmonid balıklar yetiştiriciliği yapılan diğer türlere göre yüksek yumurta ve larva kalitesine sahip türlerdir (Bromage vd., 1992).

Yumurta kalitesi üzerine yumurta büyüklüğü, mikrobiyal kolonizasyon, damızlık stoğun kalitesi (genetik yapısı, beslenmesi, bakımı, hastalık, stres vb.) ve yumurtanın olgunlaşma süreci etkili olabilir. Çiftliklerde uygulanan kuluçkahane uygulamalarında salmonidlerin döllenme, gözlenme ve çıkış oranları yumurta ve larva kalitesinin göstergeleri olarak kullanılmaktadır (Civelek, 2012). Yumurtadan larva çıkışı döneminden sonra ise larvanın besin kesesi tüketimi, ilk yemleme zamanı, yeme alıştırma ve çevresel faktörler önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda farklı salmonid türlerinin besin kesesi tüketimi ortaya konulurken, farklı çevresel faktörlerde de besin kesesi tüketimi araştırmaları yapılmıştır (Tablo 1; Tablo 2). Alabalık türlerinde besin kesesi süresinin

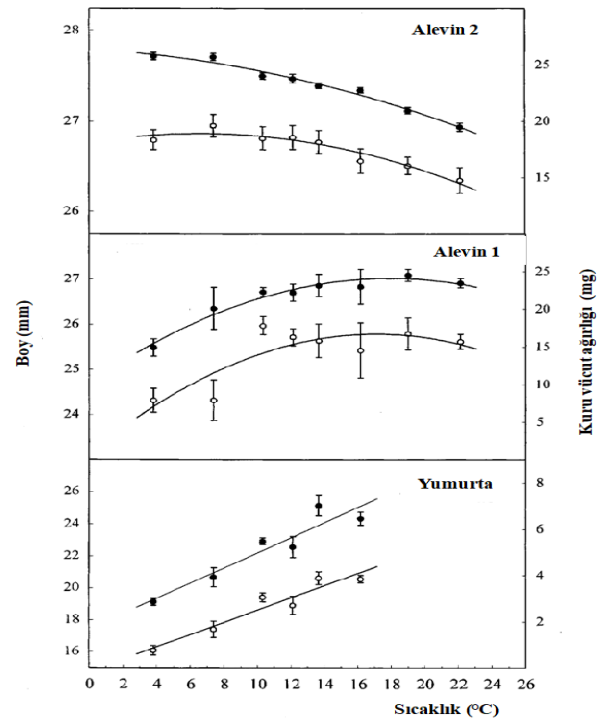
kısaltılması sonucu gelişim evreleri hızlanır, yem alımı erken başlar ve büyüme daha hızlı gerçekleşir.

Farklı salmonid türleri üzerinde besin kesesi tüketimi çalışmaları yapılmıştır. Bunlar; Abant alabalığı (*Salmo abanticus*) (Kocabaş vd., 2011; Sonay & Kavuk, 2023), Atlantik salmon (*Salmo salar*) (Hansen & Møller, 1985; Peterson & Martin-Robichaud, 1995), chinook salmon (Beer & Anderson, 1997), Çoruh alabalığı (*Salmo coruhensis*) (Tuzcu, 2017), gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Başçınar, 2010; Golchinfar vd., 2011; Başçınar & Sonay, 2016), gökkuşacağı alabalığı (*Salmo gairdneri*) (Hodson & Blunt, 1986), kahverengi alabalık (*Salmo trutta caspius*) (Kocabaş vd., 2012), deniz alabalığı (*Salmo trutta*) (Hansen, 1985), Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*) (Başçınar vd., 2005; Başçınar vd., 2008; Başçınar vd., 2010; Civelek, 2012; Kocabaş vd., 2016; Sonay & Kavuk, 2023), kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) (Başçınar vd., 2003; Başçınar & Okumuş, 2004; Başçınar vd., 2010; Önder, 2013; Önder vd., 2014; Önder vd., 2016).

Sıcaklık: Su sıcaklığı balıkların metabolik ve enzim aktivitesi üzerinde etkili olduğu için tüm yaşam dönemlerinde özellikle erken gelişim döneminde (yumurtlama, yumurtadan çıkış ve ilk beslenme) önemli çevresel faktörlerden bir tanesidir (Marr, 1966). Zamana bağlı olarak gün-derece olarak ifade edilmektedir. Kısa gün ve soğuk suları tercih eden Salmonid türlerin yaşama oranı, besin kesesi tüketimi ve gelişimi üzerine sıcaklığın etkisi oldukça fazladır. Kuluçka süresi ve ilk beslenme zamanı sıcaklığa göre değişim göstermektedir. Artan su sıcaklığının besin kesesi tüketimini hızlandırdığı ortaya konulmuştur (Şekil 4; Şekil 5). Örneğin; Atlantik salmonu (*Salmo salar*) yumurtası için üst limit 16°C, larvalar için ise 22°C, kahverengi alabalık (*Salmo trutta*) için optimum embriyonik gelişim sıcaklığı ise 8-10°C olarak rapor edilmiştir (Ojanguren vd., 1999; Başçınar vd., 2005). Su sıcaklığı besin kesesinden maksimum yararlanmayı etkilemektedir. Karadeniz alabalığında oransal boy ve ağırlık artışı, boy ve ağırlıkça spesifik büyüme oranı ve besin kesesi değerlendirme randımanı değerleri 5°C grubunda 9°C ve 16°C gruplarına nazaran yüksek bulunmuştur. 16°C de serbest yüzme evresine ulaşım kısa sürerken, besin kesesinden maksimum yararlanma 5°C grubunda belirlenmiştir (Şekil 6) (Başçınar vd., 2005; Başçınar vd., 2008).

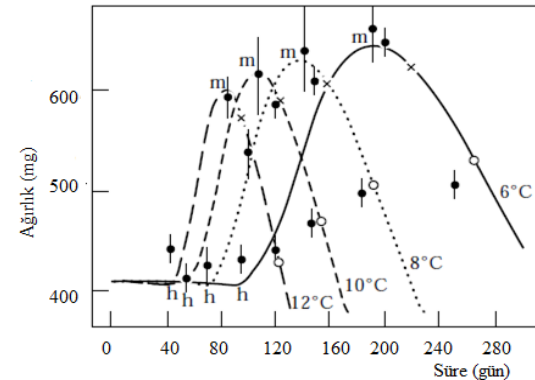
Farklı Salmonid türleri üzerinde farklı su sıcaklıklarında besin kesesi tüketimi araştırılmıştır. Bunlar; Abant alabalığı 7,7-13,7°C (Kocabaş vd., 2011), 12,32±0,65 (11,1-13,6)°C (Sonay & Kavuk, 2023), Atlantik salmonu 6,3°C (Hansen & Møller, 1985), 4, 6, 8, 10 ve 12°C (Peterson & Martin-Robichaud, 1995), Çoruh alabalığı 11,76±0,65°C (Tuzcu, 2017), gökkuşacağı alabalığı 6,5-13,0 °C (Başçınar, 2010), 9-11°C (Golchinfar vd., 2011), 9,7±0,74°C (Başçınar

& Sonay, 2016), gökkuşacağı alabalığı 10,5°C (Hodson & Blunt, 1986), kahverengi alabalık 9,87±1,30°C (Kocabaş vd., 2012), deniz alabalığı 7,9°C (Hansen, 1985), Karadeniz alabalığı 5, 9 ve 16°C (Başçınar vd., 2005), 5, 9 ve 16°C (Başçınar vd., 2008), 9,9±1,3°C (Başçınar vd., 2010), 11,65± 1,44°C (Civelek, 2012), 7,7-10,5°C (Kocabaş vd., 2016), kaynak alabalığı 13,0 (9,20 ± 1,92)°C (Başçınar vd., 2003), 4-12°C (Başçınar & Okumuş, 2004), 9,9±1,3°C (Başçınar vd., 2010), 11,58± 0,77 (10,5-12,8)°C (Önder, 2013), 11,70-12,14°C (Önder vd., 2016), 12,32±0,65 (11,1-13,6)°C (Sonay & Kavuk, 2023)'dir.



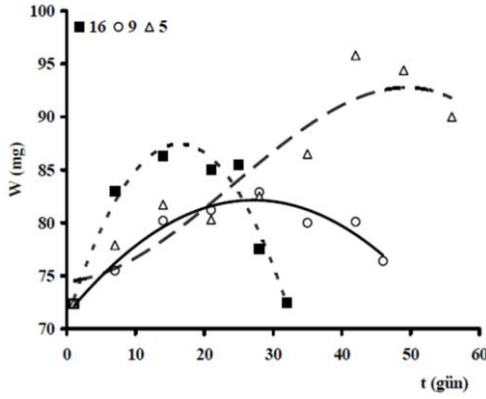
Şekil 4. Atlantik somonunun alevin 2 (kuru kese ağırlığı %20,6), alevin 1 (kuru kese ağırlığı %72,9) ve yumurtalarının, ortalama kuru vücut ağırlığı (siyah daireler) ve boyu (açık daireler) ile kuluçka sıcaklığı arasındaki ilişki (Ojanguren vd., 1999).

Figure 4. Relationships between average dry body weight (black circles), length (open circles) and hatching temperature of alevin 2 (20.6% dry sac weight), alevin 1 (dry sac weight 72.9%) and eggs of Atlantic salmon (Ojanguren vd., 1999).



Şekil 5. Dört sıcaklık grubu için ağırlık değerleri. (h: yumurtadan çıkış, m: maksimum ağırlık, x: maksimum larva ağırlığı, o: serbest yüzme ağırlığı) (Beer & Anderson, 1997).

Figure 5. Weight values for four temperature groups. (h: hatching, m: maximum weight, x: maximum larva weight, o: free swimming weight) (Beer & Anderson, 1997).



Şekil 6. Karadeniz alabalığı alevinlerinin 5, 9 ve 16 °C de yumurta çıkışı sonrasında yemleme yapılmadığı dönemde toplam yaş ağırlığındaki değişim (Başçınar vd., 2008).

Figure 6. The change in total wet weight of Black Sea trout alevins after hatching at 5, 9 and 16 °C, when no feeding is done (Başçınar et al., 2008).

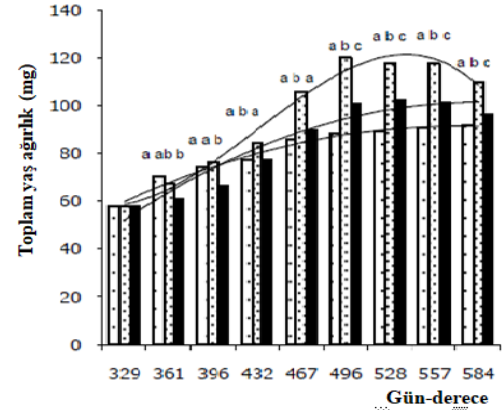
Tuzluluk: Salmonid türler hayat evrelerine bağlı olarak farklı tuzluluk değerleri tercih edebilirler (Sonay & Başçınar, 2017). Gökkuşaağı alabalığı tuzlu suda daha iyi büyüme performansı göstermektedir (Tuzcu, 2017). Balıklar tatlı sularda çok az su içerler ve bol miktarda seyreltik ürün meydana getirirler. Deniz suyunda ise günde vücut ağırlığının %15'i kadar su içer. Kandaki fazla tuzun alınmasında ve dış ortama su aktarılmasında solungaçlardaki klorid hücreleri görev almaktadır. Klorid hücrelerinin sayısı salmonidlerde (anadrom türlerde) smoltifikasyon döneminde artar, tatlı suya göç döneminde azalır (Başçınar, 2001).

Tatlısu balıklarının kan osmolalitesi yüksek olduğu için difüzyonla iyon kaybını önlemek için enerji harcarlar (Brix, 2008). Ayrıca, larval dönemde teleost balıkların solungaç filamentleri yoktur, bu nedenle yetişkin balıkların sahip olduğu osmoregülatör sisteme sahip değillerdir. Larval dönemde iyon değişimi deride gerçekleşir (Opstad, 2003).

Salmonid türlerde besin kesesi tüketimine tuzluluğun etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda; gökkuşaağı alabalığında en iyi büyüme, besin kesesi tüketimi ve larva yaş ağırlığının %4 tuzluluk grubunda belirlerken (Şekil 7) (Başçınar, 2010), Karadeniz alabalığında tuzluluğun besin kesesi tüketimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla larvaları tatlı su grubu (<%01), %4, %8 ve %12 tuzlulukta tutmuş ve besin kesesinden maksimum yararlanmanın %4 tuzlulukta olduğunu belirlemiştir (Civelek, 2012).

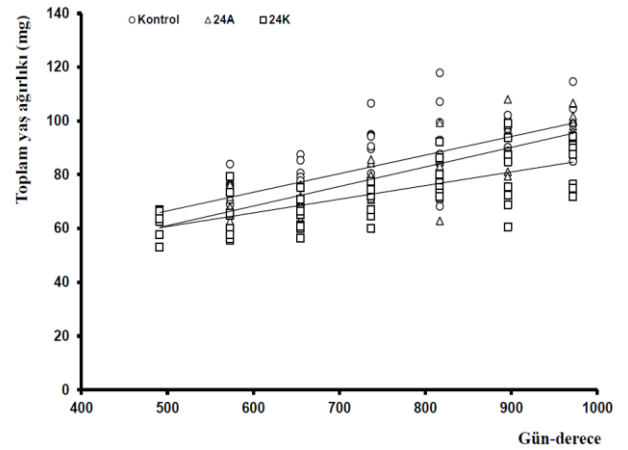
Fotoperiyot (Gün Uzunluğu): Doğal gün uzunluğu enlem, gün, ay ve mevsimlere bağlı olarak düzenli bir değişim gösterir. Su ürünleri üretiminin artırılması ve farklı dönemlerde yumurta alma konularında yapay fotoperiyot uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır (Bromage vd., 2001; Şen, 2004; Önder, 2013). Fotoperiyot Salmonidae, Cichlidae ve Sparidae familyalarının çeşitli türlerinde uygulanmıştır. Kaynak alabalığı (Şekil 8) (Önder, 2013; Önder vd., 2016), Karadeniz alabalığı (Tuzcu, 2017), gökkuşaağı alabalığı (Başçınar & Sonay, 2016) larvalarında boy ve ağırlıkça büyüme oranları, kese tüketim randımanları ve gelişim indeks değerleri üzerinde gün uzunluğunun etkisi olduğunu ortaya konulmuştur. Önder vd., (2016) kaynak alabalığı larvalarının besin kesesi tüketiminde en iyi ağırlık

artışının 24 saat aydınlık grupta, en düşük ağırlık artışının 24 saat karanlık grup da olduğunu bildirmiştir.



Şekil 7. Gökkuşaağı alabalığı alevinlerinin tatlı su (○), %4 (□) ve %8 (■) tuzlu suda gün-dereceye bağlı toplam yaş ağırlık (mg) artışları. Harfler gruplar arasında anlamlı istatistiksel farklılıkları (p<0.001) göstermektedir (Başçınar, 2010).

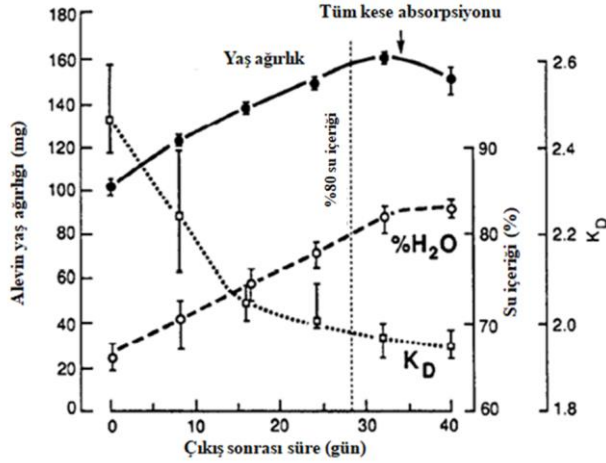
Figure 7. Increases in total wet weight (mg) of rainbow trout alevins in fresh water (○), %4 (□) and %8 (■) salt water depending on day-degree. The letters show significant statistical differences (p<0.001) between the groups (Başçınar, 2010).



Şekil 8. Kaynak alabalığının K (Gün uzunluğu), 24A (Aydınlık), 24K (Karanlık) ortamlarında toplam yaş ağırlık artışı (Önder, 2013).

Figure 8. Total wet weight gain of brook trout in K (Day length), 24A (Light), 24K (Dark) conditions (Önder, 2013).

Substrat (Taban Malzemesi): Salmonid alevinlerinde, taban malzemesinin olup olmaması ve malzemenin yapısı davranış ve hareket üzerine, maksimum yaş alevin ağırlığı, K_D ve su içeriği yüzdesi gelişiminde etkisi olduğu bildirilmiştir (Şekil 9) (Hansen, 1985; Peterson & Martin-Robichaud, 1995). Çakıl (Peterson & Martin-Robichaud, 1995) veya yapay alt tabaka malzemesi (yapay çim, delikli plastik elek, plastik şeritler) (Hansen & Møller, 1985) kullanılmaktadır. Deniz alabalığında yapılan çalışmada yapay çim üzerinde tutulan alevinlerin besin kesesini düz zeminde tutulanlardan daha hızlı ve verimli tükettiği ortaya konulmuştur (Hansen, 1985). Ayrıca, taban malzemesi içeren inkübatörlerden çıkan yavruların, besin kesesi dönüşüm etkinliği, çıkıştaki büyüklük, büyüme hızı ve yetişkinlik dönemine kadar hayatta kalma özelliği bakımından doğal ortamda yetişen yavrulara çok benzediği rapor edilmiştir (Hansen & Møller, 1985).



Şekil 9. Taban malzemesi (çakıl) üzerinde 10°C'de inkübe edilen Atlantik salmону alevinlerinin gelişimini değerlendirmek için üç kriter (alevin yaş ağırlığı, su içeriği ve gelişim indeksi (K_D)) gösterilmektedir (Peterson & Robichaud, 1995).

Figure 9. Three criteria (wet weight of the alevins, water content and development index (K_D)) are shown to assess the growth of Atlantic salmon alevin incubated at 10°C on the substrate (gravel) (Peterson & Robichaud, 1995).

Yumurta Büyüklüğü: Besin kesesi tüketimine yönelik yapılan çalışmaların en önemli özelliği türlere göre ilk besleme zamanının belirlenmesidir. Salmonid alevinlerinde en uygun zaman maksimum yaş alevin ağırlığına ulaşılan dönemdir. Bu dönem yumurta boyutuna göre değişim gösterebilir (Rombough, 1985). Yumurta büyüklüğü anaç balığın büyüklüğü (boy, ağırlık, yaş, vb.), beslenme, genetik, stres, suyun fiziksel ve kimyasal yapısı vb. birçok faktörle değişebilir. Salmonlarda balık büyüklüğü fekondite ve yumurta çapını artırır (Yavuz, 2013). Büyük yumurtadan çıkan larvalar daha büyük besin kesesine sahiptir ve larvanın daha uzun süre besin ihtiyacını karşılayabilir (Şekil 10).

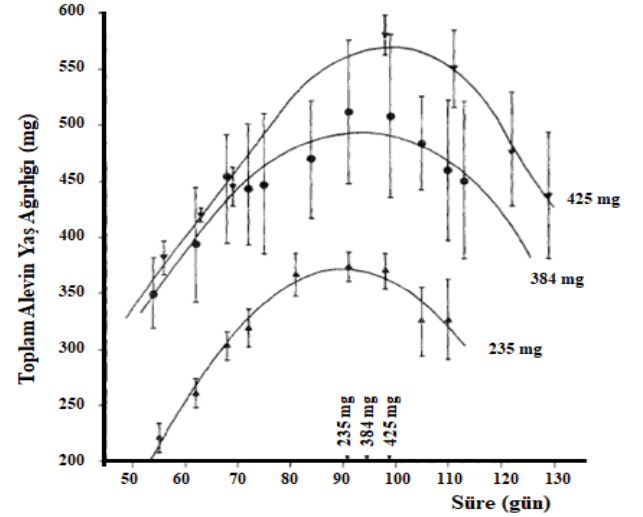
Diğer Çalışmalar: Su ürünleri yetiştiriciliğinde verimli ve sağlıklı ürünler elde etmek amacıyla birçok biyoteknolojik uygulama (cinsiyet kontrolü, kromozom manipülasyonu ve gen manipülasyonu) yapılmaktadır. Kültür koşullarında salmonidlerde en fazla uygulanan triploidizasyon ve hibridizasyon uygulamalarıdır.

Tablo 1. Farklı Salmonid türlerine ait yumurta çapı (mm), toplam larva ağırlığı (çıkış ve yüzme dönemi) (mg), kuru larva ağırlığı (çıkış ve yüzme dönemi) (mg) ve kuru kese ağırlığı (çıkış ve yüzme dönemi) (mg) değerleri.

Table 1. Egg diameter (mm), total larva weight (hatching and swim-up) (mg), dry larva body weight (hatching and swim-up) (mg) and dry yolk sac weight (hatching and swim-up) (mg) values of different Salmonid species.

Tür	Yumurta çapı (mm)	Toplam larva ağırlığı (Çıkış) (mg)	Toplam larva ağırlığı (Yüzme dönemi) (mg)	Kuru larva ağırlığı (Çıkış- Yüzme dönemi) (mg)	Kuru besin kesesi ağırlığı (Çıkış- Yüzme dönemi) (mg)	Kaynak
Gökkuşluğu alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	-	58,16±9,98	96,94±8,71	-	-	Başçınar, 2010
	-	74,2 ± 1,9	132,6 ± 2,3	-	-	Golchinfar vd., 2011
	5,3±0,2	70,46 ± 2,88	115,83 ± 5,96	-	-	Başçınar & Sonay, 2016
Karadeniz alabalığı (<i>Salmo trutta labrax</i>)	-	72,43±3,01	82,87 ± 7,35	-	-	Başçınar vd., 2005
	-	72,43±3,01	80,26 ± 5,77	-	-	Başçınar vd., 2008
	5,46±0,09	88,21 ± 4,46	104,10±8,08	2,73±0,41- 15,42±1,58	32,91±1,80- 9,51±1,40	Civelek, 2012
Kaynak alabalığı (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	-	17,17 ± 1,67	104,16 ± 8,18	2,85 ± 0,87- 14,95 ± 1,45	23,92 ± 1,04- 1,04 ± 0,90	Kocabaş vd., 2016
	-	72,45 ± 5,58	98,85 ± 6,22	2,70 ± 0,41- 9,49 ± 1,27	23,33 ± 0,59- 12,46 ± 1,14	Başçınar vd., 2003
	4,11±0,13	62,97±1,38	94,92±3,22	2,5±0,18- 11,59±0,44	22,01±0,63- 1,42±0,17	Önder vd., 2013
Abant alabalığı (<i>Salmo abanticus</i>)	-	53,18±1,79	115,28±21,74	-	-	Sonay & Kavuk, 2023
	4,91±0,37	18,2±5,58	88,24±6,22	-	-	Kocabaş vd., 2011
	4,76±0,79	70,58±2,16	115,37±8,80	-	-	Sonay & Kavuk, 2023
Kahverengi alabalık (<i>Salmo trutta caspius</i>)	4,23±0,26	16,78 ± 2,17	52,62 ± 3,55	-	10,67 ± 0,67- 2,57 ± 0,62	Kocabaş vd., 2012
	5,4±0,8	83,47 ± 10,28	119,32 ± 8,87	4,34 ± 0,41- 21,44±1,55	28,07 ± 3,72- 0,56 ± 0,14	Tuzcu, 2017

Diploid ve triploid çoruh alabalığı larvalarının üç farklı aydınlatma ortamında serbest yüzme anına kadar olan besin kesesi tüketimleri ve büyüme oranlarının belirlenmesi, gün-derece ile larva boyu, toplam yaş ağırlık, yaş larva ağırlığı, yaş kese ağırlığı, toplam kuru ağırlık, kuru larva ağırlığı, kuru kese ağırlığı, su oranı ve kuru madde oranı arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Çalışma sonunda yaş larva ağırlığı, kuru toplam ağırlık, kuru larva ağırlığı ve kuru kese ağırlığı diploid ve triploid gruplar arasında farklılık göstermiştir (Tuzcu, 2017).



Şekil 10. Chinok salmону yumurtaları 10°C de kuluçkalandığında, yumurta büyüklüğünün (235, 384 ve 425 mg) toplam alevin ağırlığı etkisinin polinom olarak gösterimi (Rombough, 1985).

Figure 10. Polynomial representation of the effect of egg size (235, 384 and 425 mg) on total alevin weight when Chinok salmon eggs are hatched at 10°C (Rombough, 1985).

Başçınar vd., (2010) yapmış olduğu Karadeniz alabalığı, kaynak alabalığı ve hibridlerinin kuluçka performansı, besin kesesi absorpsiyonu ve değerlendirme randımanlarının ortaya konması ve zaman (gün-derece) ile boy, toplam yaş ağırlık, kuru vücut ve kese ağırlıkları arasındaki ilişkileri karşılaştırma çalışmasında, boy ilişkisinin eğimi hariç, diğer ilişkilerin regresyon parametrelerinde önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 1; 2).

Tablo 2. Farklı Salmonid türlerine ait besin kesesi değerlendirme randımanı (KDR), kuru besin kesesi tüketimi (BKT, mg/gün), günlük boyca büyüme oranı (BBO, mm/gün ve %), günlük ağırlıkça büyüme oranı (ABO, mg/gün ve %), gelişim indeksi (K_D) ve su içeriği (Çıkış-Yüzme dönemi) değerleri.**Table 2.** Yolk sac efficiency (YCE), dry yolk sac consumption rate (YCR; mg/day), daily length growth rates (LGR;mm/day and %), daily weight growth rates (WGR, mg/day and %), development index (K_D) and water content (Hatching and swim-up) values of different Salmonid species).

Tür	KDR	BKT (mg/gün)	BBO (mm/gün ve %)	ABO (mg/gün ve %)	K _D	Su İçeriği (Çıkış-Yüzme dönemi) (%)	Kaynak
Gökkuşluğu alabalığı (<i>O. mykiss</i>)	0,60±0,04	0,55±0,07	0,25±0,03	1,39±0,36	2,15±0,05	83,10±1,49	Başçınar, 2010
Gökkuşluğu alabalığı (<i>Salmo gairdneri</i>)	0,67 ± 0,13	1,01±0,11	0,32 ± 0,05	1,82 ± 0,63	1,92 ± 0,05	83,21 ± 0,97	Başçınar & Sonay, 2016 Hodson & Blunt, 1986
Karadeniz alabalığı (<i>Salmo trutta labrax</i>)	-	-	-	-	1,85 ± 0,027	-	Başçınar vd., 2008 Başçınar vd., 2010
	0,76	0,60	0,19	0,87	-	-	Civelek, 2012
	0,60	0,70	0,37	0,60	2,34	59,57±1,72- 76,34±1,46	Kocabaş vd., 2016
	0,53	0,99	0,40	2,21	2,11	53,02	Başçınar vd., 2003
	0,50	0,48	-	0,24	-	63,96-80,78	Başçınar vd., 2010
	0,61	0,30	0,21	0,63	-	-	Önder, 2013
Kaynak alabalığı (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	0,41±0,06	0,33±0,06	0,17±0,04	0,66±0,17	2,27±0,04	61,07±0,49- 86,28±0,28	Önder vd., 2014
	0,31-0,44	0,25-0,36	0,13-0,19	0,40-0,78	1,96-2,02	85,01	Önder vd., 2016
	0,44 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,77 ± 0,17	1,89 ± 0,01	-	Sonay & Kavuk, 2023
	-	0,36±0,05	0,24±0,07	2,22±1,07	2,24±0,05	80,11±1,12	Kocabaş vd., 2011
Abant alabalığı (<i>Salmo abanticus</i>)	0,64	0,39	0,29	1,42	2,09	38,18-77,51	Sonay & Kavuk, 2023
Kahverengi alabalık (<i>Salmo trutta caspius</i>)	-	0,69±0,07	0,23±0,04	1,60±0,41	2,15±0,06	81,60±0,63	Kocabaş vd., 2012
Çoruh alabalığı (<i>Salmo coruhensis</i>)	0,60	0,23	0,18	0,68	2,05	66,90-84,54	Tuzcu, 2017
Atlantik salmón (<i>Salmo salar</i>)	0,62 ± 0,10	0,80±0,11	0,34±0,19	1,02±0,38	1,94±0,08	56,69±15,95- 86,07±8,76	Peterson & Martin-Robichaud, 1995
Chinook salmón	-	-	-	-	1,98	82-82,5	Rombough, 1985
	-	-	-	-	2,06-2,45	-	

SONUÇ

Salmonidlerin besin kesesi tüketimlerinin zamana bağlı değişimlerinin farklı faktörlere bağlı olarak çalışılmış olması, kuşkusuz önemli bilgileri ortaya koymuştur. Özellikle su sıcaklığının artırılması sonucu (letal olmamak koşulu ile) dış beslenmeye geçiş süresini öne çekilebilirken, sıcaklığın düşürülmesi (sürenin uzatılması) kuluçkahanelerdeki larva büyüme ünitelerinin planlamasını kolaylaştırabilmektedir. Ancak doğal yumurtlama alanlarındaki su sıcaklığının kuluçkahanelerde farklılaştırılmasının alevinlerde hangi fizyolojik değişimlere yol açacağı konusunda bilgiler eksik kalmıştır. Kültür balıkçılığı açısından değerlendirme yapıldığında, ilk akla gelenler yaşama oranı üzerine olumlu ya da olumsuz etkiler ile anormallik çeşitleri ve oranıdır.

Larvaların doğal ortamda (içsulara) maruz kalmayacakları tuzluluk seviyeleri, gün uzunluğu ve ortam (kuluçka sistemleri) akuakültür uzmanlarının arayışlarının sonuçlarıdır. Önümüzdeki yıllarda ülkemiz kültür balıkçılığına yeni türlerin kazandırılması çalışmaları son yirmi yıldır yapılmaktadır ve kuşkusuz içsular için potansiyel türler alabalıklar olarak ön plana çıkmaktadır. Keza Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğüne doğal kırmızı benekli alabalıkların balıklandırma amacıyla üretimi 2005 yılından beri yürütülmektedir (Akkan vd., 2016). Dolayısıyla su ürünleri istatistiklerinde oldukça düşük oranda yer bulan kırmızı benekli alabalıkların gelecekte daha da ön plana çıkması beklenmektedir. Gökkuşluğu alabalığı ile karşılaştırıldığında yaklaşık yüzde elli oranında daha uzun kuluçka ve kese tüketim süresine sahip olan doğal alabalıklarımız ile ilgili detaylı çalışmalara gereksinim mevcuttur.

Literatürde yumurta ve larvalarda görülen hastalık etkenlerinin bertaraf edilmesinde koruyucu ve tedavi edici sirke, kaya tuzu, ilaçlar, dezenfektanlar, kimyasallar vb. birçok ürün kullanıldığı bildirilmiştir (Balta & Taşkın,

2022). Kuluçkahane kullanılan bu ürünlerin döllenmiş yumurta ve kese tüketimi üzerine etkilerinin belirlenmesi sürdürülebilir yetiştiricilikte kuluçkahane yönetimi için önem arz etmektedir.

Balık yetiştiriciliğinde başarılı bir yavru üretimi için kaliteli damızlık, kaliteli yumurta ve uygun çevresel faktörler gereklidir. Yumurtadan yeni çıkmış alevinlerin besin kesesini tüketip ilk beslenmeye başlama dönemini belirlemek için çevresel faktörlerin kese tüketimi üzerine etkileri bilinmelidir. Besin kesesi tüketimi ile ilgili çalışmaların büyük bir bölümü halen bilimsel ortamda yer bulmakta iken, elde edilen sonuçların özel kültür balıkçılığı sektörüne aktarılamamış olması şimdilik bir sorundur. Bu derlemede bulunan bilgiler Salmonid türlerin kese tüketimi sürecinde farklı çevresel faktörlerde verimli kuluçkahane yönetim programlarının geliştirilmesinde ve uygulanmasında etkili olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akkan, Ö., Başçınar, N., Bulut, M. & Ümüzer, A. (2016). Doğal Alabalık Üretimi ve Orman içi Suların Balıklandırılması Projesi Kapsamında İzleme - Kontrol: Artvin-Yusufeli. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 1, 3, 83-86.
- Balta, F. & Taşkın, H. (2022). Gökkuşluğu alabalık yumurtalarında mantar enfeksiyonlarının önlenmesinde bazı kimyasal maddelerin kullanım dozlarının belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 7(4), 509-515. DOI: 10.35229/jaes.1207012
- Başçınar, N. (2001). *Kaynak Alabalığının (Salvelinus fontinalis Mitchell, 1814) Doğu Karadeniz Koşullarında Tathisu ve Deniz Suyunda Kültür Potansiyelinin İrdelenmesi: Optimum Çevre İstekleri, Döl Verimi, Beslenme ve Büyüme Özellikleri*. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 114s.

- Başçınar, N., Okumuş, I. & Serezli, R. (2003).** The development of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) embryos during the yolk sac period. *Turkish Journal of Zoology*, **27**, 227-230. <https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol27/iss3/8>
- Başçınar, N. & Okumuş, I. (2004).** The early development of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill): survival and growth rates of alevins. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* **28**, 297-301. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol28/iss2/8>
- Başçınar, N., Aksungur, N. & Çakmak, E. (2005).** Yolk sac consumption and growth rates of Black Sea trout alevins (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) at three different water temperature regimes. *Ege University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **22**(3-4), 403-406. (In Turkish). DOI: [10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942](https://doi.org/10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942)
- Başçınar, N., Çakmak, E. & Aksungur, N. (2008).** Length increasing, maximum alevin weight, and development indices of Black Sea trout alevins (*Salmo trutta labrax* PALLAS 1811) in three different water temperature regimes. *Journal of Eğirdir Fisheries Faculty of Süleyman Demirel University*, **4**, 1-2. DOI: [10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942](https://doi.org/10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942)
- Başçınar, N. (2010).** Effect of low salinity on yolk sac absorption and alevin wet weight of rainbow trout larvae (*Oncorhynchus mykiss*). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, **62**(2), 116-121. DOI: [10.46989/001c.20581](https://doi.org/10.46989/001c.20581)
- Başçınar, N., Atasaral, Ş.Ş., Kocabaş, M. & Okumuş, I. (2010).** Comparison of hatching performances and yolk sac absorptions of Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811), brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) and their hybrid. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **16** (Suppl-B), S205-S209.
- Başçınar, N. & Sonay, F.D. (2016).** Effects of photoperiod regime on growth and efficiency of yolk utilization in yolk-sac fry of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pakistan Journal of Zoology*, **48**(6), 1757-1761.
- Beer, W.N. & Anderson, J.J. (1997).** Modelling the growth of Salmonid embryos. *Journal of Theoretical Biology*, **189**, 297-306. DOI: [10.1006/jtbi.1997.0515](https://doi.org/10.1006/jtbi.1997.0515)
- Bertalanffy, L.V. (1957).** Quantitative laws in metabolism and growth. *The Quarterly Review of Biology*, **32**(3), 217-231. DOI: [10.1086/401873](https://doi.org/10.1086/401873)
- Blaxter, J.H.S. (1988).** Pattern and Variety in Development. In: Hoar, W.S. and Randall, D.J., Eds., *Fish Physiology*, XI, Academic Press, New York, 1-58. DOI: [10.1016/s1546-5098\(08\)60198-3](https://doi.org/10.1016/s1546-5098(08)60198-3)
- Brix, O. (2008).** *The Physiology of Living in Water. In Handbook of Fish Biology and Fisheries* (eds P. J. Hart and J. D. Reynolds): John Wiley & Sons, 78p.
- Bromage, N., Jones, J., Randall, C., Thrush, M., Davies, B., Springate, J., Duston, J. & Barker, G. (1992).** Broodstock management, fecundity, egg quality and timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **100**, 141-166. DOI: [10.1016/0044-8486\(92\)90355-O](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90355-O)
- Bromage, N., Porter, M. & Randall, C. (2001).** The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, **197**, 63-98. DOI: [10.1016/S0044-8486\(01\)00583-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00583-X)
- Civelek, R.O. (2012).** *Karadeniz Alabalığı (Salmo trutta labrax Pallas, 1811) Larvalarının Düşük Tuzluluklarda Besin Kesesi Tüketimi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 54 s.
- Golchinfar, F., Zamani, A., Hajimoradloo, A. & Madani, R. (2011).** Assessment of digestive enzymes activity during the fry development of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: from hatching to primary stages after yolk sac absorption. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **10**(3), 403-414. DOI: [20.1007.1.15622916.2011.10.3.4.7](https://doi.org/10.1007.1.15622916.2011.10.3.4.7)
- Hansen, T. (1985).** Artificial hatching substrate: Effect on yolk absorption, mortality and growth during first feeding of sea trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, **46** (1985) 275-285. DOI: [10.1016/0044-8486\(85\)90105-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(85)90105-X)
- Hansen, T.J. & Møller, D. (1985).** Yolk absorption, yolk sac constrictions, mortality, and growth during first feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar*) incubated on astro-turf. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**, 1073-1078. DOI: [10.1139/f85-133](https://doi.org/10.1139/f85-133)
- Heming, T. A. (1982).** Effects of temperature on utilization of yolk by chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) eggs and alevins. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **39**, 184-190. DOI: [10.1139/f82-021](https://doi.org/10.1139/f82-021)
- Heming, T.A. & Buddington, R.K. (1988).** Yolk absorption in embryonic and larval fishes. In 'Fish Physiology' (Hoar, W.S. and Randall, D.J. eds.) Vol.XI. New York: Academic Press.
- Hodson, P.V. & Blunt, B.R. (1986).** The effect of time from hatch on the yolk conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Fish Biology*, **29**, 37-46. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1986.tb04924.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1986.tb04924.x)
- Kamler, E. (1992).** Early Life History of Fish: an Energetics Approach. London: Chapman & Hall.
- Kamler, E. (2008).** Resource allocation in yolk-feeding. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **18**, 143-200. DOI: [10.1007/s11160-007-9070-x](https://doi.org/10.1007/s11160-007-9070-x)

- Kocabaş, M. (2009).** *Türkiye Doğal Alabalık (Salmo trutta) Ekotiplerinin Kültür Şartlarında Büyüme Performansı ve Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması.* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Şahin, S.A., Kutluyer, F. & Aksu, O. (2011).** Hatching performance and yolk sac absorption of Abant trout (*Salmo abanticus*, T., 1954). *Scientific Research and Essays*, **6**(23), 4946-4949. DOI: 10.5897/SRE11.677
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Şahin, Ş.A. & Kutluyer, F. (2012).** Hatching performances and yolk sac absorptions of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* T., 1954). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, **22**(1), 88-92.
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Şahin, S.A. & Kutluyer, F. (2016).** Determination of hatching performances and yolk sac absorptions in Black Sea Trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811). *Austin Biology*, **1**(1), 1003.
- Marr, D.H.A. (1966).** Influence of temperature on the efficiency of growth of salmonid embryos. *Nature*, **212**, 957-959. DOI: 10.1038/212957a0
- Murray, C.B. & Beacham, T.D. (1987).** The development of chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*) embryos and alevins under varying temperature regimes. *Canadian Journal of Zoology*, **65**, 2672-2682. DOI: 10.1139/z87-406
- Ojanguren, A.F., Reyes-Gavilán, F.G. & Muñoz, R.R. (1999).** Effects of temperature on growth and efficiency of yolk utilisation in eggs and pre-feeding larval stages of Atlantic salmon. *Aquaculture International*, **7**, 81-87. DOI: 10.1023/a:1009214804949
- Opstad, I. (2003).** Growth and survival of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae at different salinities. In The Big Fish Bang. *Proceedings of the 26th Annual Larval Fish Conference.* Bergen: Institute of Marine Research (pp. 63-69).
- Önder, M.Y. (2013).** *Kaynak Alabalığı (Salvelinus fontinalis Mitchill, 1814) Larvalarının Aydınlık ve Karanlıkta Besin Kesesi Tüketimi.* Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 63 s.
- Önder, M.Y., Başçınar, N., & Sonay, F.D. (2014).** Effect of feeding to yolk sac consumption in brook trout (*Salvelinus fontinalis*, Mitchill, 1814) Alevin. *Menba Journal of Fisheries Faculty*, **3**, 1-7. SSN: 2147-2254
- Önder, M.Y., Başçınar, N., Khan, U. & Sonay, F.D. (2016).** Effect of photoperiod on growth and efficiency of yolk-sac utilization in alevins of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Pakistan Journal of Zoology*, **48**(2), 533-537.
- Peterson, R.H. & Martin-Robichaud, D.J. (1995).** Yolk utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) alevins in response to temperature and substrate. *Aquacultural Engineering*, **14**, 85-99. DOI: 10.1016/0144-8609(94)P4428-E
- Rombough, P.J. (1985).** Initial egg weight, time to maximum alevin wet weight, and optimal ponding times for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**, 287-291. DOI: 10.1139/f85-036
- Ricker, W.E. (1979).** Growth rates and models. In 'Fish Physiology' (Hoar, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R. eds.) Vol.VIII. Ne York: Academic Press.
- Sonay, F.D. & Başçınar, N. (2017).** An investigation on the effects of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) monoculture and duo-culture farming in freshwater and seawater on growth performance. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **16**(1), 38-49.
- Sonay, F. & Kavuk, Z. (2023).** Determination of hatching performance, yolk-sac absorption, and larval growth rates in Abant trout (*Salmo trutta abanticus*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*), and their hybrids. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, **74**(1), 5177-5184. DOI: 10.12681/jhvms.28082
- Şen, H. (2004).** Fotoperiyodun kalamar (*Loligo vulgaris* Lamarck, 1798) yumurtalarının gelişimine ve inkübasyon başarısına etkisi. *Ege University, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **21**, 3-4, 211-214.
- TUİK. (2023).** Türkiye İstatistik Kurumu. *Su Ürünleri Üretimi* (Haziran 2023). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2022-49678>
- Tuzcu, M. (2017).** *Diploid Ve Triploid Çoruh Alabalığı (Salmo coruhensis) Larvalarının Farklı Işık Şiddetinde Besin Kesesi Tüketiminin Belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, 77 s.
- Yavuz, H. (2013).** Balıklarda sperm ve yumurta kalitesini değerlendirme kriterleri. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **9**(2), 22-36.
- Yıldırım, Ö. & Çantaş, İ.B. (2022).** Türkiye'de Gökkuşluğu Alabalığı yetiştiriciliğinin üretim ve ekonomik göstergelerinin incelenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, **18**(4), 461-474. DOI: 10.22392/actaqua.1101098



Mutual Living with *Pomacea maculata* and Catfish and Their Benefits for Feeding

Nilay SEYIDOĞLU^{1*} Cetin YAGCILAR² Deniz KARAKCI³

¹Department of Physiology, Faculty of Veterinary Medicine, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag, Türkiye

²Department of Biology (Hydrobiology), Faculty of Arts and Sciences, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag, Türkiye

³Department of Biochemistry, Faculty of Veterinary Medicine, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag, Türkiye

Geliş/Received: 08.07.2023

Kabul/Accepted: 23.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Seyidoğlu, N., Yagcilar, C. & Karakci D. (2023). Mutual Living with *Pomacea maculata* and Catfish and Their Benefits for Feeding. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 383-387. <https://doi.org/10.35229/jaes.1324076>

Atıf yapmak için: Seyidoğlu, N., Yagcilar, C. & Karakci D. (2023). *Pomacea maculata* ile Cüce Vatoz Balığının Ortak Yaşamı ve Beslenme Açısından Faydaları. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 383-387. <https://doi.org/10.35229/jaes.1324076>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2817-5131>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4683-820X>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1884-1874>

***Corresponding author:**

Nilay SEYIDOĞLU
Department of Physiology, Faculty of
Veterinary Medicine, Tekirdag Namik Kemal
University, Tekirdag/Türkiye
✉: nseyidoglu@nku.edu.tr

Abstract: *Pomacea* snails have been interested around the world due to their rich biological contents. In this study, we assessed the living condition and feeding strategies of catfish (Loricariidae) with *Pomacea maculata*. We used thirty catfish and ten *P. maculata* in three replicates for four months. There were two groups as: Control and *P. maculata* (catfish and *P. maculata* together). The body weights and lengths of catfish were measured monthly. Also feeding behavior of catfish was recorded during the trial. There were significant increases determined in last weight, total weight gain, last body length, and total body length gain in the *Pomacea* group compared to Control. It was observed that catfish in the *Pomacea* group ate the food which was lumped on the mucous of *P. maculata*. These results suggested that due to this feeding behavior of catfish, they had good progress. It can be concluded that *P. maculata* can be beneficial for ornamental fisheries.

Keywords: Catfish, feeding behavior, ornamental fish, *Pomacea maculata*.

Pomacea maculata ile Cüce Vatoz Balığının Ortak Yaşamı ve Beslenme Açısından Faydaları

Öz: *Pomacea* salyangozları, zengin biyolojik içerikleri nedeniyle dünya çapında ilgi görmektedir. Bu çalışmada *Pomacea maculata* ile cüce vatozun (Loricariidae) yaşam koşullarını ve beslenme stratejilerini değerlendirdik. Dört ay boyunca otuz cüce vatoz balığı ve on *P. maculata* kullanıldı. Kontrol ve *P. maculata* (cüce vatoz balığı ve *P. maculata* birlikte) olmak üzere iki grup oluşturuldu. Cüce vatoz balıklarının vücut ağırlıkları ve uzunlukları aylık olarak ölçüldü. Ayrıca deneme süresince cüce vatoz balıklarının beslenme davranışları da kayıt altına alındı. Bitiş ağırlık, toplam ağırlık artışı, bitiş canlı uzunluk ve toplam canlı uzunluk artışında *Pomacea* grubunda kontrol grubuna göre anlamlı artışlar tespit edildi. *Pomacea* grubunda yer alan cüce vatoz balıklarının *P. maculata*'nın mukusları üzerinde topaklaşan yemleri yedikleri görüldü. Bu sonuçlar, cüce vatoz balıklarının bu beslenme davranışlarından dolayı iyi bir ilerleme kaydettiklerini göstermiştir. *P. maculata*'nın süs balıkçılığı için faydalı olabileceği sonucuna varılabilir.

Anahtar kelimeler: Beslenme davranışı, cüce vatoz, *Pomacea maculata*, süs balıkları.

INTRODUCTION

Pomacea, the apple snails, are freshwater mollusks which a member of the Ampullariidae family (Cowie, 2002; Ramakrishnan, 2007; Hayes et al., 2008; Cowie et al., 2017). These snails have a slimy gland that lubricates the pathway and makes to move easier (Demirsoy, 1998). Also, it is mainly used to protect the snail foot during locomotion and

maintain moisture as well as reduce friction. The mucous secreted by glands contains hyaluronic acid, coppers, metal ions, antimicrobials, glycoproteins, mucopolysaccharides, and proteoglycans (Gabriel et al., 2011). It also contains calcium and sulfate which have a great role in homeostasis. Researchers observed that the mucous gets lymphocyte proliferation and healing of the tissue wound (Harti et al., 2018). According to the kinds of literature, apple snails have

been used in the food industry due to their high biological contents (Halwart, 2008; Hayes et al., 2009). Also, there are several studies about apple snails known as aquatic indicators of environmental pollutants due to their stress tolerance (Giraud-Billoud et al., 2013; Campoy-Diaz et al., 2018).

Pomacea maculata Perry 1810 (*P. maculata*), was one of the native species that was initially named by Cowie on the Official List of Generic Names in Zoology (Cowie, 1997; Rawlings et al., 2007). *P. maculata* can live in freshwater as an amphibious snail that is distributed from Asia and the Pacific (Cowie, 2002). They are also aquatic vegetation and can reproduce rapidly (Cowie, 2002; Estebenet & Martin, 2002). Researchers reported that *P. maculata* can live for one or two years in laboratory conditions at 25 °C. It was determined that *P. maculata* snails can eat detritus and plankton suspended in water (Caglar, 1973). Jong-Brink et al., (1983) observed that reserves of the snails' eggs can accumulate surrounding the oocyte as a perivitelline fluid which has a role in development and reproduction. Also, Heras et al., (2007) showed that eggs of *P. maculata*'s are provided by perivitellin fluid complex with polysaccharides and glyco-lipo-carotenoprotein. The perivitelline fluid was noted as a protein source and has a role in the defense system against stressors and predators. Several studies reported the administration of perivitelline fluids or *Pomacea* for humans as well as animals such as rats and chickens (Diomandé et al., 2008; Giglio et al., 2016; Radzki et al., 2017). However, to our knowledge, there is no data exist of regarding the use of native *P. maculata* for ornamental species. Also, there has been no data about the slimy gland of *Pomacea* for feeding strategy.

Ancistrus (catfish) is the largest family in Loricariidae which has been accepted as a peaceful fish species. They are known as tank cleaners in the aquarium trade (Regan, 1904). In addition, they can live in different water characteristics and a wide range of pH. Although their tiny structure, they are good vegetative eaters than other species. The mouth structure of catfish is fitted for grazing on flat surfaces in water (Burgess, 1989). They can be fed by herbal feeds such as cucumber, spirulina, boiled spinach and etc. However, feeds in small sizes (flours, meals, or crumbles) and required nutrients are very important for feeding (Robinson et al., 2001). It was observed that pellets and pellet binders do not require for catfish feeding whereas gelatinization could be used for this purpose. It was also reported that depending on the species, pellets can be formed in smaller sizes. Interestingly, catfish have some special sensory organs that assist them to perceive food and nonfood substrats. However, there is limited study about this ornamental fish, and its behavioral differences and nutrition.

In this study, we focused on the edibility of small particle feeds (as microns) to catfish. Also, it aimed to

observe the living condition of catfish and *P. maculata* together. We hope this study will simplify our knowledge of the utility of *P. maculata* in ornamental fisheries.

MATERIAL AND METHOD

Animals and Experiment: The animals were housed under standard laboratory conditions. The daily pH, salinity, Total dissolved solids (TDS), conductivity, and aquarium temperature were measured by the Extech Instrument (Extech Instrument, PH100 model number; Table 1). Humidity and environmental temperature were measured by Thermo Hygro (Instrukart Holdings, India). The oxygen concentration was determined by commercial JBL kits (GmbH & Co. KG, Dieselstraße 3,67141 Neuhofen, German).

Table 1. Water quality parameters.

Water Quality Parameters	Mean ± SD
Salinity (g/kg)	336.60±9.23
Total Dissolved Solids (mg/l)	561.40±4.45
Aquarium temperature (°C)	26.96±0.27
Environmental temperature (°C)	27.88±0.13
Humidity (%)	60.40±1.82
pH	8.04±0.03
Oxygen concentration (mg/l)	8.00±0.001
Conductivity (µs)	687.40±7.22

For the filter system, a pipe filter was used. It siphoned the accumulated waste in the aquariums every two days and exchange water with the same temperature as the aquarium during the trial. In the trial, 12 hours light and 12 hours dark photoperiod were applied in aquariums with a body length of 33*30*40 cm.

Thirty *Ancistrus punctatus* L182 (catfish, Loricariidae) were studied in the trial. All groups of catfish (Loricariidae) were fed a commercial diet, including trout food with a dimension of 300-500 microns. The ten apple snails *P. maculata*, which were produced in laboratory conditions, were put in aquariums in group *P. maculata* (Picture 1A).

The groups as follows:

1th Group: Control (only fed by commercial standard diet)

2nd Group: *Pomacea* (fed by commercial standard diet, and added ten *P. maculata* to each aquarium)

The experimental catfish (Loricariidae) were divided into two groups with three replicates. The total experiment protocol was maintained for four months.

Morphological Measurements: The morphological parameters (weight and body length) of catfish (Loricariidae) were measured in all groups monthly during a four-month day trial. The weight and body length gains were also evaluated. Nevertheless, the feeding behaviors were recorded by photos and videos.

Statistical analyses: Statistical analyses were performed with SPSS (Version 20.0). The values were grouped and calculated as mean ± standard error.

Independent sample two test was applied to all parameters to examine the difference between groups that were considered at $P < 0.05$.

RESULTS

Our results showed that body weights and lengths of catfish (Loricariidae) increased in group *Pomacea* compared to Control during four months as shown in Figure 1. The last body weights of catfish in the Control and *Pomacea* groups were found 0.84 ± 0.06 g and 1.11 ± 0.05 g respectively ($P: 0.001$; Table 2). The total weight gain was 0.57 ± 0.05 g and 0.90 ± 0.05 g in the group respectively Control and *Pomacea* ($P < 0.0001$). The last body length ($P: 0.005$; 4.15 ± 0.11 and 4.57 ± 0.09 , Control and *Pomacea* groups respectively) and body length gain ($P: 0.008$; 1.34 ± 0.13 and 1.80 ± 0.10 , respectively Control and *Pomacea* groups) were found significantly.

Nevertheless, the feeding behaviors of catfish (Loricariidae) were photographed that shown in Picture 1B. The fish ate the food particles that adhered to the snail's saliva.

DISCUSSION

In the present study, we assessed the living and feeding condition of catfish (Loricariidae) with *P. maculata*, and identified the utility of *P. maculata* for ornamental fisheries. We provided that four months of life of *P. maculata* and catfish (Loricariidae) together friendly.

Catfish (Loricariidae) belonging to the Loricariidae family has a functional mouth that functions to scrape the algae found in fresh water in nature, especially in rock-like

areas. Also, their mouths allow them to hold themselves on the ground or in desired areas (Buck & Sazima, 1995). It was reported that the formulation of feeds is important for catfish's digestion. In aquariums, when they are fed as an ornamental fish, they can eat vegetables predominantly such as spinach, carrot or spirulina which also are in smaller formed pellets. In addition, prepared feeds and mixtures have been used successfully for the growth and health of this species. However, the catfish producers try to optimize the profits of feed to avoid waste due to the insensitivity of catfish culture. Feeding catfish (Loricariidae) may be almost difficult and expensive. So, either alternative protein sources or feeding strategies are crucial (Robinson et al., 2001). In the present study, where also multiple culture trials were studied, catfish (Loricariidae) and *P. maculata* lived together in an aquarium friendly (Picture 1A). Besides no mortality, the weight and body length gains were increased in group *Pomacea* compared to Control ones during four months ($p < 0.005$; Table 2, Figure 1). This result indicated that this friendship may be an alternative multicultural instance for feeding strategy and protein sources.

Nevertheless, except for feeding from hanging on the water surface normally, catfish (Loricariidae) showed an interesting feeding behavior. In all groups, catfish (Loricariidae) were fed by 300-500 micron-sized trout feed pellets. Besides that, they ate the foods lumped with mucous of *P. maculata* in the *Pomacea* group (Picture 1B). It was observed that the lumpy included mucous and foods in dimensions 300-500 microns may make it easy to collect and eat. Because of this feeding, higher growth parameters of catfish (Loricariidae) were found in group *Pomacea* compared to Control ones significantly.

Table 2. Utility of *P. maculata* on body weight and body length parameters of catfish (Loricariidae) for four months. All data are presented as the mean \pm SE (n=30).

Parameters	Groups		P values
	Control	Pomacea	
Initial body weight (g)	0.25 \pm 0.01	0.25 \pm 0.01	0.753
Final body weight (g)	0.84 \pm 0.06	1.11 \pm 0.05*	0.001
Total weight gain (g)	0.57 \pm 0.05	0.90 \pm 0.05*	< 0.0001
Initial body weight (g)	2.80 \pm 0.04	2.79 \pm 0.03	0.849
Final body weight (g)	4.15 \pm 0.11	4.57 \pm 0.09*	0.005
Total weight gain (g)	1.34 \pm 0.13	1.80 \pm 0.10*	0.008

* $P < 0.05$; Pomacea versus Control group

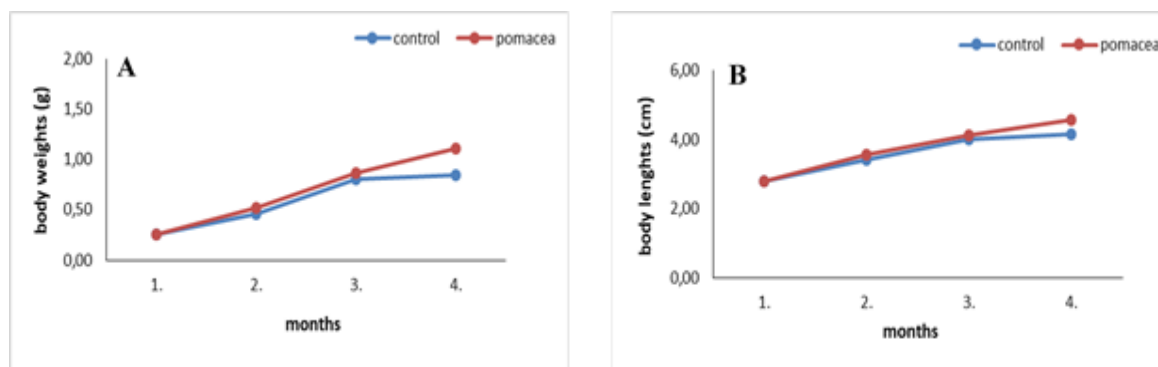


Figure 1. Utility of *P. maculata* for four months on body weight (A) and body length (B) parameters of catfish (Loricariidae). All data are presented monthly, and as the mean \pm SE (n=30).



Picture 1. 1A; The *P. maculata* and catfish (Loricariidae) living together shown in an aquarium. 1B; The mucous of *P. maculata* which were eaten by catfish (Loricariidae).

P. maculata was accepted as a protein source in the aquarium industry due to their size, rapid growth, quick adaptability, and high reproductive rate by researchers (Naylor, 1996; Cowie, 2002). It was reported that the mucous of *P. maculata* includes protein, glycoproteins, calcium, phosphorus and achatin. According to the literatures, there are several effects of *P. maculata* such as analgesic, antibacterial, antimicrobial, and antifungal effects (Gabriel et al., 2011; Santana et al., 2012; Harti et al., 2018; Nantarat et al., 2019). Belong to these effects, apple snails and their vitelline fluids were introduced as the most popular alternative protein sources for humans and also industrialized consumption (Reporter, 2012; Dreon et al., 2014; Pitt et al., 2015; Giglio et al., 2016; Giglio et al., 2018). Chimsung and Tantikitti (2014) showed that fermented golden apple snails could be a protein source for tilapia. Also, some researchers observed that oral administration of apple snail egg's perivitellin fluid to rats promoted the intestinal mucosa, and thereby increased growth rate due to protein and rich contents (Dreon et al., 2014). On the other hand, there are some contradictory results about snails reducing growth in rats and chickens (Diomandé et al., 2008; Radzki et al., 2017).

CONCLUSION

In the ornamental aquarium trait, there are several important ecological considerations. The production systems, natural environment, nutrition and harvest of fish are sounded important in principles of aquarium. In other words, the needs can be understood and taken for a well aquarium as well as fish health. In the study, we attempted to explain the association of catfish (Loricariidae) and *P. maculata* with evaluating feeding and growth. It can be said that lumpy of *P. maculata* can be used for ornamental fisheries for better feeding. However, further investigations are needed to fully evaluate the utilization of *P. maculata* and its lumpy with different ornamental species.

REFERENCES

- Buck, S. & Sazima, I. (1995).** An assemblage of mailed catfishes (Loricariidae) in southeastern Brazil: distribution, activity, and feeding. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **6**(4), 325-332.
- Burgess, W.E. (1989).** *An atlas of freshwater and marine catfishes. A preliminary survey of the Siluriformes*. Neptune City: THF Publications. 784 p.
- Caglar, M. (1973).** *Omurgasız Hayvanlar (Anatomi-Sistemik)*. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları. İstanbul, Türkiye, 400p.
- Campoy-Diaz, A.D., Arribére, M.A., Guevara, S.R. & Vega, I.A. (2018).** Bioindication of mercury, arsenic and uranium in the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae): bioconcentration and depuration in tissues and symbiotic corpuscles. *Chemosphere*, **196**, 196-205. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2017.12.145](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.145)
- Chimsung, N. & Tantikitti, C. (2014).** Fermented golden apple snails as an alternative protein source in sex-reversed Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) diets. *Agricultural Technology and Biological Sciences. Walailak Journal*, **11**(1), 41-49. DOI: [10.2004/wjst.v11i1.775](https://doi.org/10.2004/wjst.v11i1.775).
- Cowie, R.H. (1997).** Case 2996: *Pila Röding*, 1798 and *Pomacea Perry*, 1810 (Mollusca, Gastropoda): proposed placement on the Official List, and Ampullariidae Gray, 1824: proposed confirmation as the nomenclaturally valid synonym of Pilidae Preston, 1915. *Bulletin of Zoological Nomenclature*, **54**(2), 83-88.
- Cowie, R.H. (2002).** *Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts and management*. In: G.M. Barker (Ed). *Molluscs as Crop Pests*. 145-192p. Wallingford, UK.
- Cowie, R.H., Hayes, K.A., Strong, E.E. & Thiengo S.C. (2017).** Thiengo (Ed). *Thiengo Non-native apple snails: systematics, distribution, invasion history and reasons for introduction*. Biology and management of invasive apple snails. 3-32p, Philippine Rice Research Institute Muñoz, Philippines, USA.
- Demirsoy, A. (1998).** Omurgasızlar-Invertebrata (Böcekler Dışında). Demirsoy (Ed). *Yaşamın Temel Kuralları*, 4th ed., 518-572p, Meteksan press, Ankara, Turkey.

- Diomandé, M., Koussemon, M., Allou, K.V. & Kamenan, A. (2008).** Effect of snail (*Achatina fulica*) meal on broiler production and meat sensorial quality. *Livestock Research for Rural Development*, **20**, 1-4.
- Dreon, M.S., Fernandez, P.E., Gimeno, E.J. & Heras, H. (2014).** Insights into Embryo Defenses of the Invasive Apple Snail *Pomacea canaliculata*: Egg Mass Ingestion Affects Rat Intestine Morphology and Growth. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, **8**,6, e2961. DOI: [10.1371/journal.pntd.0002961](https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002961)
- Estebenet, A.L. & Martín, P.R., (2002).** *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): life-history traits and their plasticity. *Biocell*, **26**, 83-89.
- Gabriel, U.I., Mirela, S. & Ionel, J. (2011).** Quantification of mucoproteins (glycoproteins) from snails' mucus, *Helix aspersa* and *Helix Pomatia*. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, **17**, 410-13.
- Giglio, M.L., Ituarte, S., Pasquevich, M.Y. & Heras, H. (2016).** The eggs of the apple snail *Pomacea maculata* are defended by indigestible polysaccharides and toxic proteins. *Canadian Journal of Zoology*, **94**, 777-785. DOI: [10.1139/cjz-2016-0049](https://doi.org/10.1139/cjz-2016-0049)
- Giglio, M., Garro, C., Caviedes-Vidal, E. & Heras, H. (2018).** Egg perivitelline fluid of the invasive snail *Pomacea canaliculata* affects mice gastrointestinal function and morphology. *Peer J*, **6**:e5314. DOI: [10.7717/peerj.5314](https://doi.org/10.7717/peerj.5314)
- Giraud-Billoud, M., Vega, I.A., Tosi, M.E.R., Abud, M.A., Calderon, M.L. & Castro-Vazquez, A. (2013).** Antioxidant and molecular chaperone defenses during estivation and arousal in the South American apple snail *Pomacea canaliculata*. *Journal of Experiment Biology*, **216**, 614-622. DOI: [10.1242/jeb.075655](https://doi.org/10.1242/jeb.075655)
- Halwart, M. (2008).** The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: present impact and future threat. *International Journal of Pest Management*, **40**(2), 199-206. DOI: [10.1080/09670879409371882](https://doi.org/10.1080/09670879409371882)
- Harti, A.S., Murharyati, A., Sulisetyawati, S. & Oktariani, M. (2018).** The effectiveness of snail mucus (*Achatina fulica*) and chitosan toward limfosit proliferation in vitro. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, **11**(3), 86-88. DOI: [10.22159/ajpcr.2018.v11s3.30041](https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11s3.30041)
- Hayes, K.A., Joshi, R.C., Thiengo, S.C. & Cowie, R.H. (2008).** Out of South America: multiple origins of non-native apple snails in Asia. *Diversity and Distributions*, **14**, 701-712. DOI: [10.1111/j.1472-4642.2008.00483.x](https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00483.x)
- Hayes, K.A., Cowie, R.H., Jørgensen, A., Schultheiß, R., Albrecht, C. & Thiengo, S.C. (2009).** Molluscan models in evolutionary biology: apple snails (Gastropoda: Ampullariidae) as a system for addressing fundamental questions. *American Malacological Bulletin*, **27**(1-2), 47-58. DOI: [10.4003/006.027.0204](https://doi.org/10.4003/006.027.0204)
- Heras, H., Dreon, M.S., Ituarte, S. & Pollero, F.R. (2007).** Egg carotenoproteins in neotropical Ampullariidae (Gastropoda: Arquitaenioglossa). *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology & Pharmacology*, **146**(1-2), 158-167. DOI: [10.1016/j.cbpc.2006.10.013](https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.10.013)
- Jong-Brink, M., Boer, H.H. & Joosse, J. (1983).** Mollusca. In: M Jong-Brink, H.H. Boer, & J. Joosse (Ed). 297-355p. Vol1, *Reproductive biology of invertebrates*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Nantarat, N., Tragoolpua, Y. & Gunama, P. (2019).** Antibacterial activity of the mucus extract from the Giant African Snail (*Lissachatina fulica*) and golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). *Against Pathogenic Bacteria Causing Skin Diseases. Tropical Natural History*, **19**(2), 103-112.
- Naylor, R. (1996).** Invasions in agriculture: assessing the cost of the golden apple snail in Asia. *Ambio*, **25**, 443-448.
- Pitt, S.J., Graham, M.A., Dedi, C.G., Taylor-Harris, P.M. & Gunn, A. (2015).** Antimicrobial properties of mucus from the brown garden snail *Helix aspersa*. *British Journal of Biomedical Science*, **72**(4), 174-81.
- Radzki, R.P., Bieńko, M., Polak, P., Szkucik, K., Ziomek, M., Ostapiuk, M. & Bienias, J. (2017).** Is the consumption of snail meat actually healthy? An analysis of the osteotropic influence of snail meat as a sole source of protein in growing rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **102**(2), 1-7. DOI: [10.1111/jpn.12851](https://doi.org/10.1111/jpn.12851)
- Ramakrishnan, V. (2007).** *Salinity, pH, temperature, desiccation and hypoxia tolerance in the invasive freshwater apple snail Pomacea insularum*. University of Texas at Arlington, Texas, USA. (Thesis)
- Rawlings, T.A., Hayes, K.A., Cowie, R.H. & Collins, T.M. (2007).** The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the Continental United States. *BMC Evolutionary Biology*, **7**(97), 1-14. DOI: [10.1186/1471-2148-7-97](https://doi.org/10.1186/1471-2148-7-97)
- Regan, C.T. (1904).** A monograph of the fishes of the family Loricariidae. *Transactions of the Linnean Society of London*, **17**, 191-324.
- Reporter, D.M. (2012).** Snail slime hailed latest beauty wonder product, promising to 'clear acne, reduce scarring and beat wrinkles'. Daily Mail Press. [2020, Oct 19]. <https://www.dailymail.co.uk/femail/article-2216457/Snail-slime-hailed-latest-beauty-wonder-product-promising-clear-acne-reduce-scarring-beat-wrinkles.html>
- Robinson, E.H., Li, M.H. & Manning, B.B. (2001).** *A Practical Guide to Nutrition, Feeds, and Feeding of Catfish*. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Mississippi State University, 2nd ed, Bulltein, 1113, Mississippi, USA.
- Santana, W.A., Melo, C., Cardoso, J., Nely Pereira-Filho, R., Rabelo, A., Reis, F. & de Albuquerque, R.L.C. (2012).** Assessment of Antimicrobial Activity and Healing Potential of Mucous Secretion of *Achatina fulica*. *International Journal of Morphology*, **30**, 365-373. DOI: [10.4067/S0717-95022012000200001](https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000200001)



Natural Heritages of The Southeast Black Sea Mountains: Ağaçaş, Barma and Yılantaş High Altitude Peatlands, Trabzon, Türkiye

Coskun ERUZ*

KTU, Marine Science Faculty, 61530, Trabzon, Türkiye

Geliş/Received: 12.07.2023

Kabul/Accepted: 24.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: **Erüz, C. (2023)**. Natural Heritages of The Southeast Black Sea Mountains: Ağaçaş, Barma and Yılantaş High Altitude Peatlands, Trabzon, Türkiye. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 388-393. <https://doi.org/10.35229/jaes.1326191>

Atıf yapmak için: **Erüz, C. (2023)**. Doğu Karadeniz Dağlarının Doğal Mirasları: Ağaçaş, Barma ve Yılantaş Yüksek Rakım Turbalıkları, Trabzon, Türkiye. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 388-393. <https://doi.org/10.35229/jaes.1326191>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2384-9010>

*Corresponding author:

Coskun ERUZ
KTU, Marine Science Faculty, 61530, Trabzon,
Türkiye
✉: ceruz@ktu.edu.tr

Abstract: The study aims to reveal the formation, geographical, climatic, and rare ecological features and the necessity of protection of the peatlands, which are the high plateau wetlands of Trabzon, which require the protection of the cooperation of the state and the public. The study, with the traditional compilation method; the earlier studies, data and information were compiled and the present situation and what needs to be done were examined. Turkey's largest high plateau peatlands are located in the southwestern Caucasus-Soğanlı Mountains. The peatland region receives high precipitation (app.1500 mm/year) with its subtropical-subpolar cool and humid climate character. Ağaçaş, Barma and Yılantaş are the largest highland peatlands of the region and Turkey and the southborder peatland of the northern hemisphere. These peatlands are important natural heritage sites on a global scale due to their geographical and ecological characteristics. The region has approximately 200ha high plateau peatland areas with depths of 50-450cm. Peatlands have ombrotrophic features, where the water and plant nutrients that make up the peatland are provided only by precipitation and the atmosphere, and there is no water inflow. Peatlands, which have rare flora and fauna species, are a natural archive that preserves the ecological and climatological data of the region's 8-10000-year history. 2561ha of peatland, plateau and forest area in Ağaçaş, Barma and Yılantaş plateau were registered and protected as natural protected areas in the 2019-2023 period. Trabzon peatlands are at high risk due to illegal construction, land/ecosystem division by roads, illegal peatcutting and other human interventions. For sustainable protection of peatlands; It is necessary to prepare Conservation Development Plans, determine the construction, and prepare and implement Site Management Plans with state-public cooperation

Keywords: Natural heritage, peatland-wetland, protection, Trabzon, Türkiye.

Doğu Karadeniz Dağlarının Doğal Mirasları: Ağaçaş, Barma ve Yılantaş Yüksek Rakım Turbalıkları, Trabzon, Türkiye

Öz: Çalışmanın amacı, Trabzon'un yüksek rakım sulak alanları olan turbalıkların, kamu ve halk tarafından korunmasını gerekli kılan, oluşum, coğrafik, iklimsel, nadir ekolojik özelliklerini ve koruma gerekliliğini ortaya koymaktır. Çalışma, geleneksel derleme yöntemi ile; yapılmış çalışmaların derlenmesi, veri eldesi, mevcut durumun tespiti ve irdelemeyi kapsar. Trabzon turbalıkları Anadolu'nun kuzeydoğusunda, Güneybatı Kafkas-Soğanlı Dağları üzerinde yer almaktadır. Turbalıkların bulunduğu dağlık coğrafya, subtropikal-kutup altı serin ve nemli iklim karakteri ile, yüksek düzeyde yağış almaktadır (yak. 1500 mm/yıl). Ağaçaş, Barma ve Yılantaş Türkiye'nin en büyük yayla turbalıkları olup, kuzey yarımkürenin güney sınırını oluşturlar. Bu turbalıklar konumları ve ekolojik özellikleri nedeniyle, küresel ölçekte önemli, doğal miras alanlarıdır. Bölgede, 50-450cm arasında derinliğe sahip, 200ha'a yakın yüksek rakım turbalık alanları bulunmaktadır. Bu turbalıklar, bataklık alanları oluşturan su ve bitki besinlerinin sadece yağış ve atmosferden sağlandığı, dışarıdan su girişi olmayan, ombrotrofik özelliklere sahiptir. Nadir bulunan flora ve fauna türlerine sahip bölge turbalıkları, bölgenin güncel ve 8-10 bin yıllık geçmişine ait, ekolojik ve klimatolojik verileri bünyesinde saklayan, doğal bir arşivdir. İçinde turbalık alan barındıran Ağaçaş, Barma, Yılantaş yaylalarının, 2561ha turbalık mera, yayla ve orman alanı, 2019-2023 döneminde doğal SİT alanı olarak tescil edilerek koruma altına alınmıştır. Trabzon turbalıkları, içinde buldukları yayla alanlarındaki kaçak yapılaşma, yol açma nedeni ile arazi/ekosistem bölünmesi ve kaçak kesim ve insan müdahalelerine nedeni ile, yüksek risk altındadır. Önemli sulak alanlar olan turbalıklarda sürdürülebilir koruma için; mutlaka, Koruma İmar Planlarının yapılması ve yapılaşma koşullarının belirlenmesi, ve devlet- halk işbirliği ile Alan Yönetim Planlarının hazırlanması ve uygulanması gereklidir. Koruma imar ve yönetim planları olmayan ve uygulanmayan koruma alanlarında, sürdürülebilir koruma mümkün değildir.

*Sorumlu yazar:

Coskun ERUZ
KTU, Deniz Bilimleri Fakültesi, 61530,
Trabzon, Türkiye
✉: ceruz@ktu.edu.tr

Anahtar kelimeler: Doğal miras, koruma, turbalık-sulak alan, Trabzon, Türkiye.

INTRODUCTION

Wetlands are ecosystems crucial for conserving biodiversity, the services they provide, and their role in sustaining livelihoods. Their function in climate regulation, especially for peatlands, has also been clearly articulated; peatlands are the most efficient terrestrial ecosystems in storing carbon. However, the current status and use of wetlands and peatlands in most parts of the world are unsustainable (DKM, 2012). Their importance has been recognized more and more in the last decade. The most important service of the wetlands is the mitigation of climate change. Peatlands provide a widespread terrestrial archive of Holocene environmental change. Wetlands, especially peatlands, are the top long-term carbon stores in the terrestrial biosphere (Parish et al, 2008). Peatlands serve us ecosystem benefits (productivity, decomposition, biogeochemical cycling, and microbial activity), biotic characteristics (flora and fauna, including rare and threatened species), and paleoecological background (Gorham, 1994).

Peatlands are important ecosystems for carbon (C) storage, provision of water resources and biodiversity (Ramchunder et al., 2009). Studies indicate that peatland ecosystems are highly threatened by their intensive use. Overview assessments of national carbon storage have been carried out in many countries, as well as for large eco-regions. Comprehensive studies on the extent of carbon storage in organic soils exist for example in Germany (Roßkopf et al., 2015), Switzerland (Leifeld et al., 2005), Russia (Alexeyev & Birdsey, 1998), Europe (Christensen et al., 2004), the northern hemisphere (Yu, 2012), (Heinicke & Zeitz, 2016). Peatlands cover approximately 2.84% of the global terrestrial area while storing one-third to one-half of the world's soil carbon (Lia et al., 2018).

Sphagnum mosses are among the most common plant species in northern bogs and poor fens where they are commonly the main contributors to peat formation (Crum, 1992, Halsey et al., 2000). The largest terrestrial soil carbon deposits Peatlands can accumulate carbon for thousands of years (Gorham, 1991). The decomposition of plant material in the peatland is very slow due to the waterlogged soils and high recalcitrance of present Sphagnum mosses (Pullensac et al, 2016). The basement of the Ağaçaş and surrounding peat fields comprises Upper Cretaceous volcanic–volcaniclastic rocks and clastic units and Late Cretaceous–Paleocene granitic rocks (Çebi & Korkmaz, 2015)

The peatlands formation takes thousands of years and it is strongly influenced by climatic conditions and topography (Çolak & Günay, 2011). Today, the existing peatlands mainly started to form in the late Ice Age and the first part of the Holocene (which began 12,000 years ago) and continued accumulation since then (Halsey et al., 1998;

Campbell et al., 2000; MacDonald et al., 2006). Aytuğ et al. (1975) explained that, Aytuğ's, there was a humid-temperate/warm period between 7000–2000 years ago. Humid-cold climate characteristics began to be seen in 2000 years The degradation and destruction of peatlands have major implications for biodiversity, climate change and human populations (DKM, 2012). Although tree species vary, there was a dense forest covering the peatlands until about 500 years ago. After this date, human influence has also increased on forests and peatlands (Yigitbaşoğlu, 2009).

Many mires in Turkey have been destroyed by peat cutting and drainage; the total remaining peatland area is probably no more than 30 km² (Çaycı et al., 1988; Öz, 1996). About 85% of peatlands in Turkey has been deteriorated and the total peatland area has dropped from 24000 to 3000 ha. The majority of peatlands in Turkey are located west of Kayseri City, the south of Saraycık and Örenşehir towns, in Erciş town of the City of Van, in Göle town of Ardahan City, in Hınıs town of Erzurum City, Denizdamı area of Erzincan City, Bolu-Yeniçağa, Trabzon- Agacbası Yayla, Abant lake and Yukarı Gerede creek and Afyon-Dinar Karakuyu areas (Çebi & Korkmaz, 2015). Agacbası peatland was first investigated by Aytuğ et al. (1975) to analyze pollens and calculate the age of the peatland by ¹⁴C. Investigations of Aytug et al (1975) showed that Agacbası peatland is approximately 9000 years old. The first systematic survey on peatland plants identified five species new to Turkey and one species new to science (Byfield & Özhatay, 1997; Scholz & Byfield, 2000, Bozkır, 2012).

The study aims to reveal the formation, geographical, climatic, and rare ecological features and the necessity of protection of the peatlands, which are the high plateau wetlands of Trabzon, which require the protection of the cooperation of the state and the public. The study, with the traditional compilation method; The earlier studies, data and information were compiled and the present situation and what needs to be done were examined.

GEOGRAPHIC STRUCTURE OF THE PEATLAND REGIONS

Ağaçaş, Barma and Yılantaş large ombrotrophic peatlands are located 20-25 km south of the South Eastern Black Sea coast (Fig.1). Peatlands and Northeastern Black Sea Mountains are in the Southern part of the Caucasus Mountains and part of the Caucasus Critical Ecosystems (Fig 1 b). In addition, peatland and plateaus are on the route of the migratory birds from Europa to the Middle East and Africa (Fig 1 c)

Peatlands are on the ridges and slopes of the hills of the Soğanlı Mountains, which are used as a pasture of

summer plateaus of Araklı, Sürmene, Koprubası and Dernekpazarı district villagers. Plateau peatlands are located between 1800-2100 m altitudes. Plateaus and peatlands are 3-7 km far from each other but separated by deep valleys (Fig 1A). Barma is located in the middle of the Barma Plateau between 1800-1890m altitude (Fig. 2. A), Ağaçbaşı peatlands is on the north and southeast side of the Ağaçbaşı and Seslikaya Plateau between 1930-2020m (Fig 2B). While Yılantaş peatland is located between 1920 to 2090m altitude of the southeast side of the Yılantaş plateau (Fig. 2C).

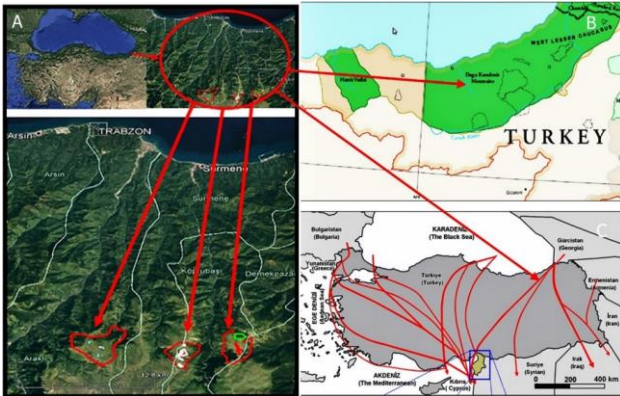


Figure 1. A- Location of the Trabzon high latitude peatlands (Ağacbaşı, Yılantaş and Barma), B- West Caucasus critical ecosystems, C- bird migration routes on the Tukey (Birben,2019; CCEPF, 2023).



Figure 2. A-Barma, B-Ağaçbaşı, C-Yılantaş Natural Protected Sites.

The peatland areas within the natural protected areas are not a single bloc area. There are 4 peatlands in Barma and Ağacbaşı plateaus and three in the Yılantaş plateaus (Fig 2 A, B and C). In the region, apart from these areas, there are some smaller peat formation areas.

The region receives high amount of precipitation (1500mm/y). The climate is characterized by snowy winter and rainy and foggy seasons throughout the year. Peatlands are wet all summer months. Ağaçbaşı and other peatland plateaus' average air temperatures are -6.2 °C in January and 16.2 °C in July and August (AC, 2023). Therefore, the precipitation in mountain ranges and plateaus reach almost 2200mm (Fig 2). Compared to the study of Verep et al (2002), the climate of the plateaus where the peatlands are located is wetter and colder than the climate of Uzungöl in the nearby basin.

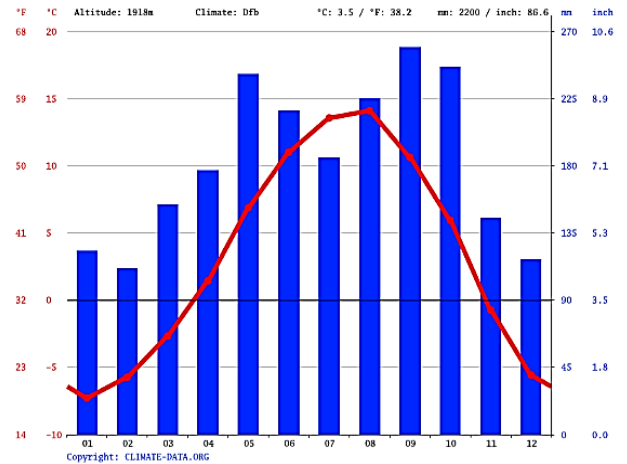


Figure 2. Precipitation and temperature changes in Ağaçbaşı and Barma plateaus and their surroundings (Arpalı Village) (AC, 2023).

Ağaçbaşı, Barma and Yılantaş peatlands are ombrotrophic and receive water and nutrients primarily from precipitation (mainly rain and snow). The slope of peatlands changes between 0 % to 10%. Peat thickness varies from 50-300cm in Ağaçbaşı, 100-450cm in Barma and 50-200cm in Yılantaş (Fig 3).



Figure 3. Ağaçbaşı peatland and peat section (Foto C. Eruz).

PEATLANDS ECOSYSTEM

Ağaçbaşı, Barma and Yılantaş peatlands thicknesses vary from 50 to 450cm. The soil of the peatlands and plateaus is mostly moist and the weather is warm between late spring to early autumn season. Rich plant diversity (Fig. 4) and suitable living conditions

ensure a rich diversity for insect fauna, including butterflies (CRPB, 2015; ETBAR Ağaçaş, 2018; ETBAR Yılantaş, 2019; ETBAR Barma,2019). Other groups such as microorganisms and insects have not been surveyed systematically yet, but given the isolation of the peatland areas, it is likely that many uncommon species may be present.

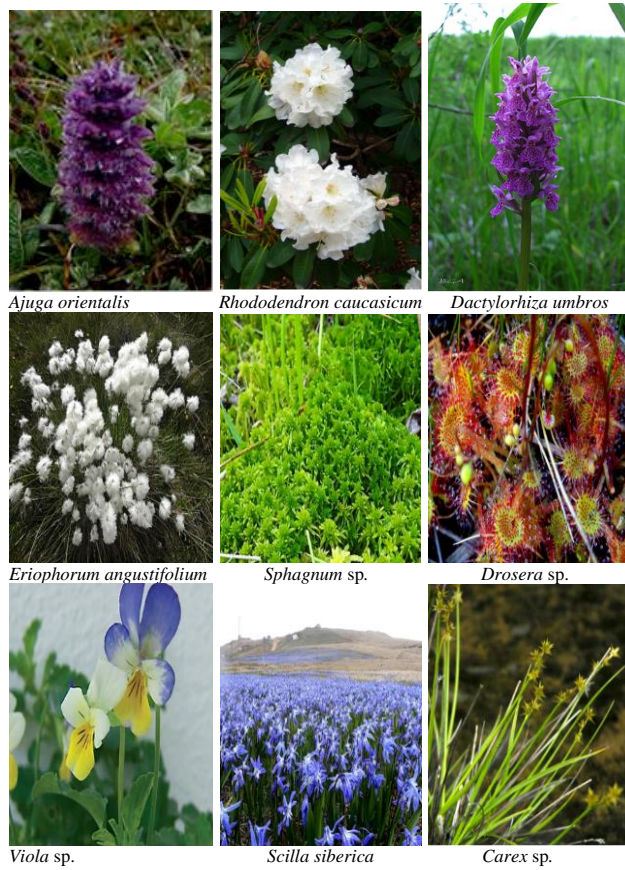


Figure 4. Some flora species of the Ağaçaş, Barma and Yılantaş peatlands and surroundings (Foto C. Erüz).

The peatlands and surrounding plateaus ecosystems have several plant species that are extremely rare in Turkey. Dominant vegetation in the peatlands are *Sphagnum sp*, *Carex pauciflora*, *Drosera rotundifolia*, *Drosera intermedia*, *Eriophorum angustifolium*, *Lycopodium inundatum*, *Rhynchospora alba*, *Andromeda polifolia* and *Carex lasiocarpa*, *C.magellanica ssp.irrigua*, *C. panicea*, *C.rostrata*, *Carex carex echinata*, *C.panicea*, *C.pauciflora*, *Potentilla erecta*, *magellanica subsp*, *.Parnassia palustris*, *Pedicularis comosa*, *Swerita iberica*, *Narthecium balansa*, *Nardus stricta*, *Polytrichum longistium*, *Vaccinium uliginosum*, *Eriophorum angustifolium*, *Rhytidiadelphus squarrosus*, *Leucobryum glaucum*; some of them are only known from this site (Alkan, 1992; Byfield & Özhatay 1997; Payne et al. 2007a, 2008; Erüz,2013; CRPB,2015; Erüz, 2016; ETBAR Ağaçaş, 2018; ETBAR Yılantaş, 2019; ETBAR Barma,2019). Insect abundance attracts birds, and amphibians such as *Martencila caucasica* Salamanders

and reptiles (Fig 5) The plateau and peatlands are on the eastern routes of the bird migration from Europa to the Middle East and Africa. Ağaçaş, Barma and Yılantaş peatlands furthermore are valuable as an archive of historical information on the environmental features of the mires and the region.



Figure 5. Some species of peatland and plateau fauna (Foto E. Tekke, İ.Bozkır, C. Erüz).

Ağaçaş (2019), Barma (2019) and Yılantaş (2023) plateau pastures which include peatlands have been registered as natural protected sites. Natural protected sites are including statuses of the Sustainable Conservation and Controlled Use Areas, Qualified Natural Protection Areas, and Sensitive Areas to be Strictly Protected. . The total of the 3 protected peatland areas is 2561ha. Ağaçaş has 620ha and 63ha of Strict Protected Peatland Areas, Barma is 1256ha the Strict Protected Peatland Areas are 30ha, Yılantaş protected area is about 685ha, and the Strict Protected Areas are about 43ha. There are nearly 200ha of peatland areas surrounding plateaus. Ağaçaş and Barma are the largest high plateau peatlands in the region and Turkey, one of the important natural heritage on a global scale.

The site has been affected by manual peat cutting for the last 50 years, especially between 1970 and 2010; cut peat holes have been still present across much of the turbaceous areas of the Trabzon (Byfield & Özhatay 1997, Payne et al. 2007a, 2008, Erüz, 2013). Many plant species are characteristic of the northern European peatlands and may reach their southernmost limit in these mires making them important from a biogeographic point of view. Peat-cutting operations by local people are very rare after peatland protection and social awareness projects were done from 2010 to 2013 by NGO activities (Association of the Natural and Historical Heritages Protection) (Erüz, 2013).

DISCUSSION AND CONCLUSION

Ağaçbaşı peatlands is the most known and studied and documented peatland area of the region. Barma and especially Yılantaş peatland ecology are not detailed studied yet. All peatland areas are located same altitudes (between 1800-2000m), and north slopes of the soğanlı mountain and all have the same humid and cool climate characteristics. These geographical similarities ensured that the three peatlands had largely similar ecological characteristics. But in each of the three areas, the depth of peat formation differs; There is peat formation with a depth of 0.5-1.5 m in Yılantaş plateau, between 0.5-3.5 m in Ağaçbaşı plateau and 0.5-4.5 m in Barma Plateau. Peatlands of Trabzon are rare ecosystems of high conservation value. The majority of peatlands are fens and only one large ombrotrophic bog.. This region, Ağaçbaşı, Barma and Yılantaş peatlands, lies on the Soğanlı Mountains in the Northeast of Turkey and at the southwest part of the Caucasus critical ecosystems corner. They are just located 25 km south of the Black Sea coast and the attitudes of 1800 to 2090 m. High local precipitation and foggy weather together with the elevation of the sites has allowed blanket peat formation to a depth of 50cm to 4.5m. These environmental conditions allow inhabiting flora and fauna of which some are extremely rare in Turkey; i.e. the plants *Andromeda polifolia* and *Carex lasiocarpa* are only known from these sites (Payne et al, 2007a). Many plant species, characteristic of the Northern European peatlands, may reach their southernmost limit in this mire making it important from a biogeographic point of view as mentioned by Byfield & Özhatay (1997), Payne et al. (2007a & 2008). More efforts to study the other groups such as insects and micro-organisms are needed in the region. Trabzon Ağaçbaşı, Barma and Yılantaş are severely threatened by human activities despite the uniqueness of the mire. The main is the peat cutting for fuel which was mitigated and became rare because of the raised social awareness by the NGO activities varied out from 2008 to 2015. Ağaçbaşı and surrounding peatlands are very important due to their unique location and ecological feature on the southern border of the northern hemisphere as high-altitude peatlands. It is very important to protect and promote this natural heritage area by raising awareness campaigns at the national and international levels. The region's peatlands have years of eco-archives for Turkey and internationally. Complex and multi discipliner studies are needed for the Trabzon peatlands. The landscape of plateaus covered by peatlands has an ecological and environmental rehabilitation potential upon major human impacts in particular through global warming, and the likelihood of substantial feedback to the global climate system. Region peatlands formed during the Holocene period after the last ice age, and have a rich archive in terms of about 8-10

thousand years old ecological and climatological data of the region. Due to these rare features, peatlands are under protection are areas where protection should be made sustainable with absolute public-state cooperation because they have high importance in the conservation of rare biodiversity. Ağaçbaşı peatlands are located at the Bayburt-Sürmene route, which is one of the most known branches of historical silk and caravan routes that lead to the Black Sea. Famous traveller Evliya Çelebi refers to the caravan route that is passing through this bog in his travelogue. There are still paved stones visible as part of historical caravan routes in the swamps. There are historical areas, hills and rock formations that are mentioned in mythological stories on the historical caravan routes, and contain the most beautiful scenes that are ideal for photography.

Trabzon peatlands are at high risk due to illegal construction, land/ecosystem division by roads, illegal peat cutting and other human interventions. For sustainable protection in peatlands; It is necessary to prepare Conservation Development Plans, determine the construction, and prepare and implement Site Management Plans with state-public cooperation. Sustainable conservation is not possible in conservation areas that do not have conservation development and management plans and are not implemented.

REFERENCES

- AC. (2023). Arpalı Climate, <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/trabzon/arpal%c4%b1-708672/#temperature-graph>
- Alexeyev, V.A. & Birdsey, R.A. (1998), *Carbon Storage in Forests and Peatlands of Russia*. In *Gen. Tech. Rep. NE-244*. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, p137.
- Alkan, S. (1992). *Sürmene Ağaçbaşı Yaylası Turbalığında Floristik Bir İnceleme*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bitirme Çalışması, Trabzon, Türkiye, 120s.
- Aytuğ, B., Menev, N. & Edis, G. (1975). *Sürmene- Ağaçbaşı Dolayları Ladin Ormanının Tarihi ve Geleceği, TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Dergisi*, Series 39, Ankara.
- Bacon, K.L., Baird A.J., Blundell A., Bourgault M.-A., Chapman P., Dargie G., Dooling G.P., Gee, J. Holden C., Kelly T., McKendrick-Smith K.A., Morris P.J., Noble A., Palmer S.M., Quillet Q., Swindles G.T., Watson E.J. & Young D.M. (2017). *Questioning ten common assumptions about peatlands Mires Peat*, University of Leeds Peat Club, 19 (12), p23
- Birben, U. (2019). The effectiveness of Protected Areas in Biodiversity Conservation: The Case of Turkey. *CERNE*, 25(4), 424-438.
- Bozkır, İ. (2012). *Treath categories and chorological features of Lactucinae (Asteraceae) distributed in Turkey*. Thesis, Science Institute, Trabzon, Türkiye, p110.
- Byfield, A. & Özhatay, N. (1997). *A future for Turkey's peatlands: a conservation strategy for Turkey's*

- peatland heritage. Doğal Hayati Koruma Dernegi, Istanbul, Turkey.
- Campbell, I.D., Campbell, C., Yu, Z., Vitt, D.H. & Apps, M.J. (2000).** Millennial-scale rhythms in peatlands in the Western Interior of Canada and the Global Carbon Cycle. *Quaternary Research* **54**, 155-158.
- CCEPF. (2023).** WWF Caucasus and the Critical Ecosystem Partnership Fund: a partnership for biodiversity conservation in the Caucasus Ecoregion; http://assets.panda.org/img/original/cepf_map.jpg (11 July 2023),
- Christensen, T.R., Friberg, T., (lead authors) with Byrne, K.A., Chojnicki, B., Dröslér, M., Freibauer, A., Frolking, S., Lindroth, A., Mailhammer, J., Malmer, N., Selin, S., Turunen, J., Valentini, R., Zetterberg, L. & Vandewalle, M. (2004).** EU peatlands: Current carbon stocks and trace gas fluxes, Report 4/2004 to 'Concerted action: Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget', Geosphere-Biosphere Centre, Univ. of Lund, Sweden.
- CRPB. (2015).** *Kervan Yolu/Caravan Route project book*, DOKA, Trabzon, P32
- Crum, H. (1992).** *A Focus on Peatlands and Peat Mosses* University of Michigan Press, Ann Arbor MI.
- Çaycı, G.Y., Ataman, I., Ünver, E. & Munsuz, N. (1988).** Distribution and horticultural values of the peats in *Anatolia. Acta Horticulturae*, **238**, 189-196.
- Çebi, H.F. & Korkmaz, S. (2015).** Organic Geochemistry of Ağaçbaşı Yayla Peat Deposits, Köprübaşı/Trabzon, NE Turkey, *International Journal of Coal Geology*, **146**, 155-165
- Çolak, A.H. & Günay, T. (2011).** Turbalıklar (Mire/Peatland-Moore). T.C. Orman ve Su leri Bakanlığı Batı Karadeniz Ormancılık Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü-Bolu. *Çeşitli Yayınlar Serisi* No. 7, Turkey.
- DKM. (2012).** Evaluation of Climate Mitigation Potential for Yeniçağa Gölü (Bolu), and Akgöl (Konya), *Wetlands and Climate Change Project*, Doğa Koruma Merkezi,
- Erüz, C. (2013).** Project book of the Ağaçbaşı Project for the Protection of Peatland as a Geological and Ecological Heritage, UNDP/SGP-GEF Small Grand Fund Project, Association of the Natural and Historical Heritage Protection (DOGA-TARİH).
- Erüz, C., Kandemir, R. & Bozkır, İ. (2016).** Trabzon-Sürmene Ağaçbaşı peat bogs, April 2016, *69th Geological Congress of Turkey*.
- ETBAR Ağaçbaşı. (2018).** Trabzon İli Köprübaşı-Sürmene İlçeleri, Ağaçbaşı Yaylası Potansiyel Sit Alanı Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Raporu, Çevre Şehircilik ve İklim Değişimi Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü ETBAR raporu, Ankara.
- ETBAR Yılantaş. (2019).** Trabzon İli Araklı İlçesi Yılantaş Turbalığı Potansiyel Sit Alanı Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Raporu, Çevre Şehircilik ve İklim Değişimi Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü ETBAR raporu, Ankara.
- ETBAR Barma. (2019).** Trabzon İli Köprübaşı-Çaykara İlçeleri Barma Turbalık Alan Potansiyel Sit Alanı Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Raporu, Çevre Şehircilik ve İklim Değişimi Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü ETBAR raporu, 2015, Ankara.
- Gorham, E. (1991).** Northern Peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecol. Appl.*, **1**, 182-195.
- Gorham, E. (1994).** The future of research in Canadian peatlands: A brief survey with particular reference to global change. *Wetlands*, **14**(3), 206-215.
- Halsey, L.A., Vitt, D.H. & Dauer, I.E. (1998).** Peatland initiation during the Holocene in continental western Canada. *Climatic Change*, **40**, 315-342.
- Halsey, L., Vitt D.H. & Gignac, L.G., (2000).** Sphagnum-dominated peatlands in North America since the last glacial maximum: Their occurrence and extent. *Bryologist*, **103**, 334-352.
- Heinickeb A.M. & Zeitz J T., (2016),** Peatland ecosystems in Kyrgyzstan: Distribution, peat characteristics and preliminary assessment of carbon storage, *CATENA*, **144**, 56-64.
- Leifeld, J., Bassin, S. & Fuhrer, J. (2005).** Carbon stocks in Swiss agricultural soils are predicted by land use, soil characteristics, and altitude. *Agric. Ecosyst. Environ.* **105**, 255-266.
- Lia, C., Grayson, R. Holdena, J. & Lia, P. (2018),** Erosion in peatlands: Recent research progress and future directions. *Earth Science Reviews*, **185**, 870-886.
- MacDonald, G.M., Beilman, D.W., Kremenetski, K.V., Sheng, Y., Smith, L.C. & Velichko, A.A. (2006).** Rapid early development of circumarctic peatlands and atmospheric CH₄ and CO₂ variations. *Science*, **314**, 285-288.
- Öz, D. (1996).** *Peatlands in Turkey*. In E. Lappalainen (ed.) Global Peat Resources. International Peat Society, Jyväskylä, Finland.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. & Stringer, L. (2008).** Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. In *Peatland and Carbon*, Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Selangor, Malaysia, p179.
- Payne, R., Eastwood, W. & Charman, D. (2007).** The ongoing destruction of Turkey's largest upland mire by peat cutting. *International Mire Conservation Group Newsletter*. 2007/1, 5-6.
- Payne, R.J, Charman, D.J., Matthews, S. & Eastwood, W. J. (2008).** Testate Anoebae As Palaeohydrological Proxies in Sürmene Ağaçbaşı Yaylası Peatland (Northeast Turkey). *Wetlands*, **28**(2), 311-323.
- Pullensac, J.W.M., Sottocornolab, M., Kielyc, G. Toscanod, P. & Gianellee, D. (2016).** Show more Carbon fluxes of an alpine peatland in Northern Italy. *Agricultural and Forest Meteorology*, **220**, 69-82.
- Ramchunder, S.J., Brown, L.E. & Holden, J. (2009).** Environmental effects of drainage, drain-blocking and prescribed vegetation burning in UK upland peatlands. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, **33**(1), 49-79.
- Roßkopf, N., Fell, H. & Zeitz, J., (2015).** Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *CATENA*, **133**, 157-170.
- Scholz, H. & Byfield, A. (2000).** Three grasses new to Turkey, *Turkish Journal of Botany*, **24**, 263-267.
- Verep, B., Şahin, C., Ciloglu, E. & İmamoğlu, H.O. (2002).** Uzungöl'ün İklimi ve Çevresel Sorunları Üzerine Bir Çalışma. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fak. Dergisi*, **33**, 353-358.
- Yiğitbaşıoğlu, H. (2009).** Ağaçbaşı Plateau Peatland/Trabzon: A Good Example of Natural Environment Change. *5th National Geography Symposium 2008* (16-17 October 2008) Proceedings, Ankara University Turkey Geography Research and Application Center Publication, Ankara 2009, pp 293-298.
- Yu, Z.C. (2012).** Northern peatland carbon stocks and dynamics. *Biogeosciences*, **9**, 4071-4085.



Synthesis of Environmentally Friendly Carbon Nano Fibers with Methanol by Using CVD Technique

Melek CUMBUL ALTAY*

Department of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, İstanbul University-Cerrahpaşa, 34320 İstanbul, Türkiye

Geliş/Received: 02.08.2023

Kabul/Accepted: 31.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: **Cumbul Altay, M. (2023)**. Synthesis of Environmentally Friendly Carbon Nano Fibers with Methanol by Using CVD Technique. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 394-397. <https://doi.org/10.35229/jaes.1336615>

Atf yapmak için: **Cumbul Altay, M. (2023)**. Çevre Dostu Karbon Nano Fiberlerin KBB Tekniği Kullanılarak Metanol ile Sentezlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 394-397. <https://doi.org/10.35229/jaes.1336615>

*[ORCID](https://orcid.org/0000-0003-3739-7518): <https://orcid.org/0000-0003-3739-7518>

Abstract: This study aims to investigate the suitability of methanol as a carbon source for the synthesis of carbon nanofibres (CNFs), currently used in wastewater, water, and air purification systems, by chemical vapor deposition (CVD) in the presence of NiO catalyst. Experimental studies were carried out in a tube furnace under isothermal conditions. Catalyst particles were loaded onto silicon wafers with <100> orientation by dip coating to grow CNFs. The reduction behavior of NiO powder at 1000 K under non-isothermal and isothermal conditions was investigated before CNF synthesis studies. The percentage reduction of NiO powder under non-isothermal conditions was 82.03%. The percentage reduction under isothermal conditions for 30 min was 78.03%. The experimental result obtained is very close to the theoretical value (78.57%). During CNF synthesis experiments, it was observed that CNF formation was not achieved at temperatures of 1000 - 1100 K due to the poor thermal decomposition of methanol. Pyrolysis of methanol increased with increasing synthesis temperature (1200-1300 K) and the resulting reducing gases reduced NiO to nickel and promoted CNF synthesis. SEM analysis revealed morphologically dense CNF formation under isothermal conditions for 20 min at 1300K synthesis temperature.

***Corresponding author:**

Melek CUMBUL ALTAY
Department of Metallurgical and Materials
Engineering, Faculty of Engineering, İstanbul
University-Cerrahpaşa, 34320 İstanbul, Türkiye
✉: mcumbul@iuc.edu.tr

Keywords: Carbon nano fiber, chemical vapor deposition, environmentally friendly, methanol, NiO catalyst.

Çevre Dostu Karbon Nano Fiberlerin KBB Tekniği Kullanılarak Metanol ile Sentezlenmesi

Öz: Bu çalışma, NiO katalizör varlığında kimyasal buhar biriktirme (KBB) yöntemiyle günümüzde atık su arıtma, su ve hava arıtma sistemlerinde kullanılmaya başlanan karbon nano fiberin (KNF) sentezlenmesi üzerinde karbon kaynağı olarak metanolün uygunluğunun araştırılması amaçlamaktadır. Deneysel çalışmalar tüp fırında izotermal şartlar altında yapılmıştır. Karbon nanofiberlerin büyütülmesi için <100> yönelimli bir silikon levhalar daldırma kaplama yöntemi ile yüklenmiştir. NiO tozunun 1000 K'de izotermal olmayan ve izotermal koşullar altında indirgenme davranışı KNF sentezi çalışmalarından önce incelenmiştir. NiO tozunun izotermal olmayan koşullar altında indirgenme yüzdesi %82,03'tür. İzotermal koşullar altında 30 dakika boyunca indirgenme yüzdesi %78,03'tür. Elde edilen deneysel sonuç teorik değere (%78,57) çok yakındır. KNF sentez deneylerinde 1000-1100 K sıcaklıklarında metanolün zayıf termal parçalanma derecesi nedeniyle KNF oluşumu sağlanmadığı gözlemlenmiştir. Metanolün pirolizi artan sentez sıcaklığı (1200-1300 K) ile artmış ve ortaya çıkan indirgeyici gazlar NiO' in nikel indirgeyerek KNF sentezini teşvik etmiştir. Sentez sıcaklığı 1300 K olduğunda ise morfolojide 20 dakika izotermal şartlar altında yoğun KNF mikroyapısı oluştuğunu yapılan SEM analiz sonuçları ortaya koymuştur.

***Sorumlu yazar:**

Melek CUMBUL ALTAY
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi-
Cerrahpaşa, 34320 İstanbul, Türkiye
✉: mcumbul@iuc.edu.tr

Anahtar kelimeler: Çevre dostu, karbon nano fiber, kimyasal buhar biriktirme, metanol, NiO katalizör .

INTRODUCTION

The potential for using lightweight, durable, and economical materials is constantly under investigation in materials science. In recent years, much attention has focused on researching environmentally friendly materials. One of these materials is carbon fiber (CF). CFs have applications in building materials and construction (Grace & Singh, 2005; Hegde et al., 2019), water and air purification systems (Chen et al., 2020; Roegiers & Denys, 2021), wastewater treatment (Matsumoto et al., 2012; Nawaz et al., 2022), wind energy and transport vehicles (Falzon, 2022; Puttaraju et al., 2020).

CF is composed primarily of carbon atoms and offers numerous benefits including exceptional rigidity, high tensile strength, low weight, remarkable chemical resistance, excellent heat tolerance, and minimal thermal expansion (Bhatt & Goe, 2017). CFs are produced using viscous liquid or softenable solid organic raw materials such as polyacrylonitrile, polyethylene, and phenolic resins (Özsin & Pütün, 2018). It is also manufactured by CVD using a hydrocarbon or carbon monoxide vapor phase, which allows the synthesis of nanoscale carbon fibers (CNFs) such as carbon nanotubes (CNTs). Chemical vapor deposition (CVD) is a technology for the deposition of a solid-state thin film on substrates from vapor species by chemical reaction (Lee & Hyun, 2016). The CVD synthesis of CNFs uses hydrocarbons such as propane, benzene, ethylene, acetylene, and natural gas as carbon sources (Manawi et al., 2018). The catalytic reaction is carried out by a transition metal/transition metal oxide catalyst such as Ni, Fe, Co or Fe₂O₃, Fe₃O₄ (Altay & Eroglu, 2013a, 2013b) or a metal alloy such as Fe-Ni or Ni-Cu (Altay & Eroglu, 2012).

CNFs were synthesized via the CVD method utilizing methanol, differing from the carbon sources documented in the literature (Manawi et al., 2018). NiO powder was used as a catalyst to synthesize carbon fiber. Scanning electron microscope (SEM) analysis characterized the obtained products' microstructures.

MATERIAL AND METHOD

The experimental apparatus is schematically shown in Figure 1. The experimental setup consists of a carrier gas cylinder (Ar), a horizontal tube furnace (MTI GS1100x) with a single heating zone programmable to a maximum temperature of 1373 K, and a ball gas flow meter (Dwyer). NiO powder was purchased from Sigma-Aldrich (Cat. No 637130, 99.8% purity based on trace metals analysis). Liquid methanol (99.5 % CH₃OH) was used as the source for reducing NiO to Ni. Methanol was transported to the reaction zone with high-purity argon gas

(99.999%). Since carbon fiber synthesis occurs at high temperatures (1000 K-1300 K), the synthesis was carried out in a horizontal tube furnace. Argon gas was used to create an inert atmosphere in the thermal cycle stages at a 42.5 cm³/min flow rate. Argon gas also played an important role in sweeping the air in the furnace before the experimental work. NiO particle size was stated to be 10-20 nm by the manufacturer. In the preparation phase of silicon wafer samples with <100> orientation substrates, alcohol was used to disperse nickel oxide particles by ultrasound, and then silicon wafers were dipped into the suspension. The silicon wafers were then submerged in the solution, enabling the loading of nickel oxide particles onto the substrate. The average methanol partial pressure in the experimental studies was 0.1716 atm. The flow rate of methanol (CH₃OH) (F_{methanol}) was estimated to be 8.8 cm³/min according to Equation 1:

$$F_{\text{methanol}} = F_{\text{Ar}} P_m / (P_t - P_m) \quad (1)$$

Where F_{Ar} represents the flow rate of Ar gas (42.5 cm³/min), P_m represents the vapor pressure of methanol vapor at 293.68±0.72 K and P_t represents the total pressure (1 atm) (Altay & Eroglu, 2019).

To investigate the reduction reaction between NiO powder and methanol derivatives under non-isothermal and isothermal conditions at 1000 K, oxide powder mass was measured before and after the experiment at room temperature by using an electronic balance (Radwag brand AS 220.R2 model) with a sensitivity ± 10⁻⁴ g. The rate of reduction percentage was calculated by Equation 2.

$$\text{Rate of reduction (\%)} = (m_p/m_i) \times 100 \quad (2)$$

where m_p is the mass of the product after the reaction and m_i is the mass of NiO mass before the reaction.

The experiments were carried out at a heating rate of 10 K/min. In the experimental study, parameters such as heating rate and holding time were programmed with the help of a temperature control unit. The experimental studies used a Quartz tube with 2.1 (O.D.) x 50 (L) cm. Before the experiment, NiO powders were positioned in the hot zone in alumina boats with dimensions of 13.90 mm x 8.53 mm x 80.68 mm. In the experimental setup, the outlet gas was given to the external environment in a controlled manner through a gas-washing bottle. Before each experiment, the ambient temperature of methanol was measured and methanol partial pressure was calculated (Altay & Eroglu, 2019). All CNF synthesis experiments were carried out under isothermal experimental conditions. Morphological characterization of the products obtained from the experimental studies was also carried out SEM device (Quanta FEG 250, FEI Company).

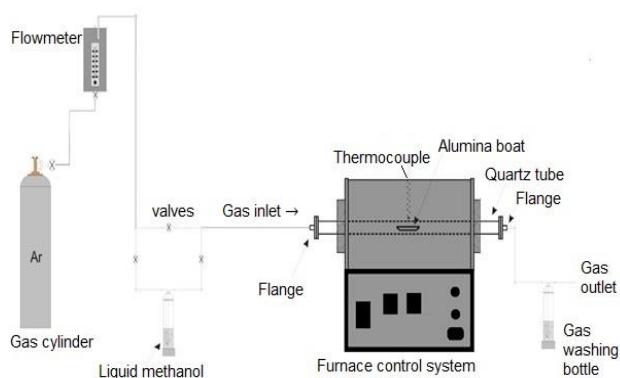


Figure 1. The schematic of the experimental apparatus.

RESULTS

The reduction behavior of NiO powder at 1000 K under non-isothermal and isothermal conditions was investigated before the CNF synthesis studies. The percentage reduction rate of NiO powder under non-isothermal conditions is 82.03%. At 1000 K for 30 minutes, the percentage reduction rate is 78.03%. The percentage reduction rate of theoretical NiO to nickel is 78.57%. The experimental result obtained is very close to the theoretical reduction value of NiO to Ni.

At 1000 K (within 30 and 45 minutes) and 1100 K (within 30 minutes) experimental conditions, it was determined from the SEM analysis results that carbon fiber was not synthesized. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and Differential Scanning Calorimeters (DSC) analysis results of NiO powder are given in previous studies (Altay & Eroglu, 2016). The FTIR results indicated that the minor Ni(OH)₂ phase was in the oxide powder. NiO's slight reduction to Ni was observed in the Ar atmosphere from the endothermic peak observed at 1150K in the DSC analysis (Altay & Eroglu, 2016). Figure 2 (a-d) shows SEM morphology images of the products obtained at 1200 K (at a higher temperature) for 30 and 60 minutes. In Figure 2 (a-b), it can be seen that CNFs are formed in small numbers in the microstructure after 30 minutes. In Figure 2 (c-d), CNFs are relatively more numerous after 60 minutes. The diameter of the CNFs synthesized after 30 minutes is approximately 64.44 nm, while those synthesized after 60 minutes are about 218.91 nm. As a result of the time for diffusion of the carbon atoms or the sintering of the catalyst particles, the diameter of the CNFs may be increased (Altay & Eroglu, 2013b).

SEM morphology images of the products were obtained at 1300 K for 20 and 45 minutes are given in Figure 3 (a-b). As shown in Figure 3 (a-b), the morphology of the CNFs was more homogenous and intense compared to Figure 2 (a-d). From the morphology, the CNF's diameter was approximately 78.99 nm and 92.32 nm after 20 min and 45 min, respectively. An increase in the tube diameter of the CNFs has been observed as the synthesis time increases.

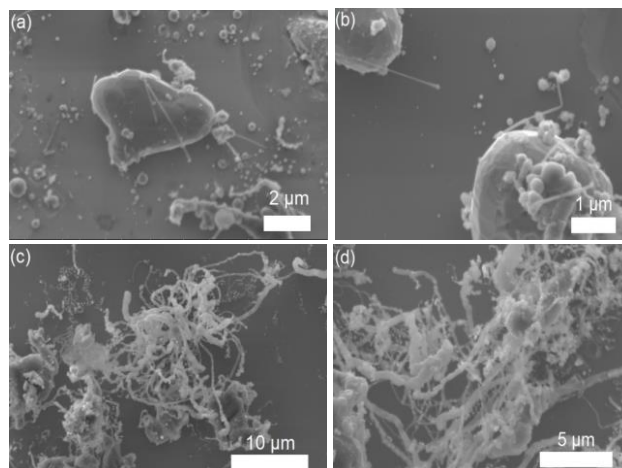


Figure 2. SEM morphology images of the products; (a-b) obtained at 1200 K for 30 min, (c-d) obtained at 1200 K for 60 min.

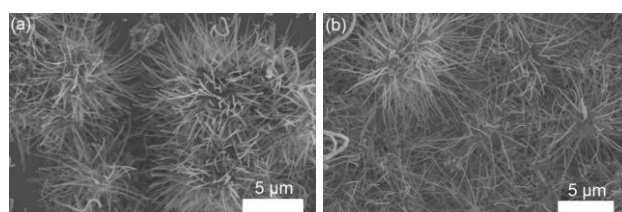


Figure 3. SEM morphology images of the products; (a) obtained at 1300 K for 20 min, (b) obtained at 1300 K for 45 min.

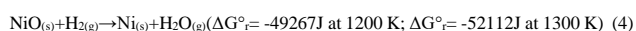
DISCUSSION

Methanol decomposition is a common practice. It produces hydrogen and carbon monoxide and the reaction equation can be expressed as Equation 3 (Bai et al., 2018).

$$\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2 \quad (3)$$

As seen in Equation 3, hydrogen and carbon monoxide, which are important reducing gases, are released by the decomposition of methanol. In the growth of nanostructured carbon, it is important that the catalyst is in the form of a metal rather than a metal oxide. (Altay & Eroglu, 2013b). Reducing gases formed by the decomposition of methanol helps the growth of CNFs by reducing the oxide catalyst powder (Altay & Eroglu, 2012). It is thought that the lack of growth of CNFs is due to the inability of NiO to catalytically convert to metallic nickel at low synthesis temperatures.

The reduction of NiO to Ni was due to H₂ and CO produced by the CH₃OH pyrolysis reaction. In the reducing condition at 1200-1300 K, the methanol-derived species (e.g., H₂, CO) can reduce NiO to Ni via the following overall reactions as given in Equations 4 and 5.



The general chemical reactions for the reduction of NiO with CH₃OH can occur, based on the Gibbs free energy values at 1200 and 1300 K of the equilibrium solid and gas phase compositions, as shown in Equation 4 and Equation 5.

CONCLUSION

This study investigated the synthesis of environmentally friendly CNFs with methanol at the temperature range of 1000 K to 1300 K using the CVD technique. The experimental results indicate that the decomposition of CH₃OH is not sufficient for the formation of C at temperatures of less than 1200 K. It was demonstrated that CNFs were grown at substrate temperatures in the range of 1200–1300 K. It is proposed that at high temperatures of 1200 and 1300 K, NiO is essentially reduced to Ni by a CH₃OH decomposition product, H₂, and CO. As the diameter size of CNFs is related to the particle size of the catalyst, it is revealed that as the catalyst particles are sintered at higher temperatures and for a longer synthesizing duration, the diameter growth of CNFs also increases. This study revealed that CNFs used in wastewater treatment and water/air purification systems can be synthesized by CVD technique using a readily available methanol source.

REFERENCES

- Altay, M.C. & Eroglu, S. (2012). Synthesis of multi-walled C nanotubes by Fe-Ni (70 wt.%) catalyzed chemical vapor deposition from pre-heated CH₄. *Materials Letters*, **67**(1). DOI: [10.1016/j.matlet.2011.09.011](https://doi.org/10.1016/j.matlet.2011.09.011)
- Altay, M.C. & Eroglu, S. (2013a). Growth of multi-walled C nanotubes from pre-heated CH₄ using Fe₃O₄ as a catalyst precursor. *Diamond and Related Materials*, **31**. DOI: [10.1016/j.diamond.2012.10.009](https://doi.org/10.1016/j.diamond.2012.10.009)
- Altay, M.C. & Eroglu, S. (2013b). Thermodynamic analysis and chemical vapor deposition of multi-walled carbon nanotubes from pre-heated CH₄ using Fe₂O₃ particles as catalyst precursor. *Journal of Crystal Growth*, **364**. DOI: [10.1016/j.jcrysgro.2012.11.062](https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2012.11.062)
- Altay, M.C. & Eroglu, S. (2016). Non-isothermal reduction behavior of NiO in undiluted Ar and CH₄ atmospheres. *International Journal of Mineral Processing*, **149**. DOI: [10.1016/j.minpro.2016.02.005](https://doi.org/10.1016/j.minpro.2016.02.005)
- Altay, M.C. & Eroglu, S. (2019). Synthesis of Mo₂C from MoO₃ and C₅H₈O. *JOM*, **71**(8). DOI: [10.1007/s11837-019-03571-z](https://doi.org/10.1007/s11837-019-03571-z)
- Bai, Z., Liu, Q., Lei, J. & Jin, H. (2018). Investigation on the mid-temperature solar thermochemical power generation system with methanol decomposition. *Applied Energy*, **217**, 56-65. DOI: [10.1016/j.apenergy.2018.02.101](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.101)
- Bhatt, P. & Goe, A. (2017). Carbon Fibres: Production, Properties and Potential Use. *Material Science Research India*, **14**(1), 52-57. DOI: [10.13005/msri/140109](https://doi.org/10.13005/msri/140109)
- Chen, D.S., Wang, Y. & Zou, Y.X. (2020). Activated Carbon Fiber Fabrics in Filtration and Clean Water Resources. *Materials Science Forum*, **980**, 387-393. DOI: [10.4028/www.scientific.net/MSF.980.387](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.980.387)
- Falzon, B. G. (2022). Computational modelling of the crushing of carbon fibre-reinforced polymer composites. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, **380**(2232). DOI: [10.1098/rsta.2021.0336](https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0336)
- Grace, N. & Singh, S. (2005). Durability Evaluation of Carbon Fiber-Reinforced Polymer Strengthened Concrete Beams: Experimental Study and Design. *ACI Structural Journal*, **102**.
- Hegde, S., Satish Shenoy, B. & Chethan, K.N. (2019). Review on carbon fiber reinforced polymer (CFRP) and their mechanical performance. *Materials Today: Proceedings*, **19**, 658-662. DOI: [10.1016/j.matpr.2019.07.749](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.749)
- Lee, C.S. & Hyun, Y. (2016). Preparation and Characterization of Carbon Nanofibers and its Composites by Chemical Vapor Deposition. In S. Neralla (Ed.), *Chemical Vapor Deposition*. IntechOpen. DOI: [10.5772/63755](https://doi.org/10.5772/63755)
- Manawi, Y., Ihsanullah, Samara, A., Al-Ansari, T. & Atieh, M. (2018). A Review of Carbon Nanomaterials' Synthesis via the Chemical Vapor Deposition (CVD) Method. *Materials*, **11**(5), 822. DOI: [10.3390/ma11050822](https://doi.org/10.3390/ma11050822)
- Matsumoto, S., Ohtaki, A., & Hori, K. (2012). Carbon Fiber as an Excellent Support Material for Wastewater Treatment Biofilms. *Environmental Science & Technology*, **46**, 10175–10181. <https://doi.org/10.1021/es3020502>
- Özsin, G. & Eren P. A. (2018). Pitch based carbon fiber production. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, **33**(4), 1433–1444. DOI: [10.17341/gazimmfd.4164440](https://doi.org/10.17341/gazimmfd.4164440)
- Puttaraju, D.G., Hanumantharaju, H.G., Shreyas, Pradeep, & Nuthan. (2020). Investigation of bending properties on carbon fiber reinforced polymer matrix composites used for micro wind turbine blades. *Journal of Physics: Conference Series*, **1473**(1), 012049. DOI: [10.1088/1742-6596/1473/1/012049](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1473/1/012049)
- Roegiers, J. & Denys, S. (2021). Development of a novel type activated carbon fiber filter for indoor air purification. *Chemical Engineering Journal*, **417**, 128109. DOI: [10.1016/j.cej.2020.128109](https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.128109)



Ayır Prepüsyumunun Bakteriyel Mikroflorasının Araştırılması

Eser AKAL^{1*} Burcu ESİN¹ Merve Gizem SEZENER² Volkan ERGUDEN² Arzu FINDIK²

¹Dölerme ve Suni Tohumlama Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi, 55200, Samsun, TÜRKİYE

²Veteriner Mikrobiyoloji Anabilim Dalı; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi, 55200, Samsun, TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 15.08.2023

Kabul Tarihi: 29.08.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Akal, E., Esin, B., Sezener, M.G., Erguden, V. & Fındık, A. (2023). Ayır Prepüsyumunun Bakteriyel Mikroflorasının Araştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 398-401. <https://doi.org/10.35229/jaes.1343619>

How to cite: Akal, E., Esin, B., Sezener, M.G., Erguden, V. & Fındık, A. (2023). Investigation of the Bacterial Microflora of Stallion Preputium. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 398-401. <https://doi.org/10.35229/jaes.1343619>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-6563-6486>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-5728-1478>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0487-7515>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-2215-2868>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-9123-6160>

***Sorumlu yazarın:**

Eser AKAL
Dölerme ve Suni Tohumlama Anabilim Dalı,
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner
Fakültesi, 55200, Samsun, Türkiye
✉: eserakal@omu.edu.tr

Öz: Aygırlarda penis ve prepüsyum, yüzeyinde yüksek bir bakteri yüküne sahiptir ve ejakülasyon sırasında spermayı kontamine eden doğal mikrobiyal floralar oluşturur. Ejaküle edilen spermanın kontaminasyonunun ana kaynağının prepüsyal kavite olduğu iyi bilinmektedir. Günümüzde, literatürde sperma alınmadan önce prepüsyumdaki mikroorganizma kontaminasyonlarını ortadan kaldırmak için standart bir metodoloji ve öneriler bulunmamaktadır. Çalışmanın amacı, aygırların prepüsyal yıkama sıvısındaki bakteri yükünü incelemek ve değerlendirmektir. Bu amaçla, prepüsyal kavite 50 ml fizyolojik tuzlu su (FTS) ile yıkandı ve yıkama sıvıları toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve toplam koliform bakteri (TKB) sayılarının belirlenmesi için kullanıldı. TMAB ve TCB tayini için 100 µl yıkama sıvısı FTS (log₁₀) ile 1:9 (wt/vol) oranında seyreltilmiştir. Bakteri yüklerinin sayımı için TMAB için Tryptic soy agar ve TCB için Mac Conkey agar kullanılmıştır. İnokülasyon ve uygun koşullarda inkübasyondan sonra bakteri yükleri kob/ml olarak hesaplanmıştır. TMAB ve TCB sayıları sırasıyla 1,1 x 10⁷ ila 9,6 x 10⁸ kob/ml ve 1,9 x 10² ila 8,1 x 10⁵ kob/ml arasında değişen sayılarda tespit edilmiştir. Bakteri yüklerinin ortalamaları TMAB için 1,82x10⁸ kob/ml ve TCB için 1,56x10⁵ kob/ml olarak belirlenmiştir. Prepüsyumdaki yüksek bakteri yükünün spermatozoa kalitesi ve fertilité üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada belirlenen bakteri yükünün aygırlarda fertilité için potansiyel risk taşıdığı düşünülmüştür.

Anahtar kelimeler: Bakteriyel yük, prepüsyal yıkama, aygır, TCB, TMAB.

Investigation of the Bacterial Microflora of Stallion Preputium

Abstract: The penis and prepuce of the stallion have a high bacterial load on its surface and form natural microbial floras that contaminate the semen during ejaculation. It is well known that the main source of the contaminations of the ejaculated semen is preputial cavity. Nowadays, in literature there is no standard methodology and recommendations to eliminate the microorganism contaminations from prepuce prior to semen collection. The aim of the study was to examine and evaluate the bacterial load in preputial washing fluid of stallion. For this aim, the preputial cavity were washed with 50 ml of physiological salt water (PSW) the washing fluids were used for the determination of total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) and total coliform bacteria (TCB) counts. For determination of TMAB and TCB, 100 µl of washing fluid were diluted 1:9 (wt/vol) with PSW (log₁₀). Tryptic soy agar for TMAB and Mac Conkey agar for TCB were used for the enumeration of the bacterial loads. After inoculation and incubation at appropriate conditions, bacterial loads were calculated as cfu/ml. The TMAB and TCB counts were varied between 1.80x10² to 8.0x10⁵cfu/ml and 1.0x10⁷ to 9.8x10⁸ cfu/ml, respectively. The averages of the bacterial loads were determined as 1.82x10⁸ cfu/ml for TMAB and 1.56x10⁵ cfu/ml for TCB. It's known that the high bacterial loads on preputium have negative effects on the quality of spermatozoa and fertility. In conclusion, the bacterial load determined in this study was considered to have potential risk for fertility in stallion.

***Corresponding author:**

Eser AKAL
Department of Reproduction and Artificial
Insemination, Ondokuz Mayıs University
Faculty of Veterinary Medicine, 55200, Samsun,
Türkiye
✉: eserakal@omu.edu.tr

Keywords: Bacterial load, preputial washing, stallion, TCB, TMAB.

GİRİŞ

Hastalıktan ari kaliteli sperma üretimi ve dağıtımını, tüm dünyadaki sperma istasyonlarının başlıca itici gücüdür. İstasyonlarının çoğu, kontamine sperma yoluyla patojenin yayılmasını ve her yerde bulunan bakterilerin yaygınlaşmasını önlemek için düzenli aralıklarla hastalık testi yaparak dondurulmuş sperma üretimi için minimum standart protokolü sıkı bir şekilde takip etmektedir. Suni tohumlamanın başarısı, kaliteli sperma üretimine ve tedarikine bağlıdır. Sperma kalitesini (Diemer vd., 1996) ve daha fazla doğurganlığı (Griveau vd., 1995) etkileyen önemli faktörlerden biri spermaya bulaşan bakteri yüküdür, bu nedenle spermanın kalite kontrolünde dikkate alınır (Maroto vd., 2010). Üreme mevsiminde, cinsel aktivite penis ve prepusyumun kontaminasyonuna yol açabilir (Fatnassi vd., 2014), bu da doğal çiftleşme koşullarında spermadaki mikrobiyal yükü artırabilir. Spermadaki yüksek mikrobiyal yük, aygır yönetimi, sperma toplama ve işlemenin çeşitli aşamalarındaki hijyenik olmayan yönetimin bir yansımasıdır (Patel vd., 2011).

Penis ve prepusyum çok sayıda bakteriden oluşan doğal ve kalıcı bir bakteriyel floraya sahiptir (Baumber-Skaife, 2012) ve bu bakteriyel yük sperma alınmasıyla spermaya da aktarılabilir (Tischner ve Kosiniak, 1986). Mikroorganizmalar üretral fossada, peniste, prepusyumda, ejakülasyon öncesi ve sonrası üretrada ve sağlıklı aygırın spermasında tespit edilebilir (Rota vd., 2011). Bu nedenle ejakülatlarda çok sayıda nonpatojenik flora etkenleri yer alabilir (Madsen ve Christensen, 1995). Toplama işleminden sonra spermada bulunan bakteriler penis ve prepusyum mukozasından veya çevresel kontaminasyondan kaynaklanabilir (Rota vd., 2011). Ejaküle edilen spermanın kontaminasyonunun ana kaynağının prepusyal kavite olduğu iyi bilinmektedir (Aurich and Sperser, 2007). Yüzeyindeki yüksek bakteri yükü doğal bir mikrobiyal flora oluşturur ve ejakülasyon sırasında spermayı kontamine eder (Neto vd., 2015). Dış genital bölgenin mikrobiyal yükündeki dengesizlik sonucunda çeşitli Gram negatif (*Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Taylorella equalgenitalis*) ve pozitif (*Streptococcus* b-hemolitik) fırsatçı bakterilerin çoğalması söz konusu olabilir (Baumber-Skaife, 2012). Bu bakterilerin artışı tohumlanan kısıraklarda endometritise, fertilité oranlarında azalmaya ve sperma kalitesinin değişmesine neden olabilir (Pickett vd., 1987). Bu nedenle, prepusyal yıkama ile toplam bakteri yükü ortadan kaldırılabilir (Paray vd., 2018). Günümüzde, literatürde sperma toplanmadan önce prepusyumdaki mikroorganizma yükünün azaltılmasına yönelik çeşitli metotlar denenmesine standart bir metodoloji ve öneriler bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, aygırların prepusyal yıkama sıvısındaki bakteri yükünün incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Prepusyal Yıkama: Cinsel olgunluktaki aygırlar (n=9) travaya alınıp zapt-u rapta alındıktan sonra prepusyal kaviteleri 50 ml steril fizyolojik tuzlu su (FTS) ile yıkanmıştır. Prepusyal yıkama sıvıları toplam mezofilik aerobik bakteri ve koliform bakteri sayımında kullanılmıştır.

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) ve Toplam Koliform Bakteri (TCB) Tayini: TMAB ve TCB tayini için 100 µl yıkama sıvısının FTS ile 10 katlı seri dilüsyonları yapılmıştır (Anonymous, 1992). Örnekler 10¹'den 10⁻⁸'e kadar seri olarak seyreltilmiştir. 10⁻⁶, 10⁻⁷ ve 10⁻⁸'lik dilüsyonlar üçer adet Tryptic Soy Agar (TSA) besiyerine inoküle edilmiş ve aerobik koşullarda 37 °C'de 24 saat inkübasyondan sonra sayılmıştır. 10⁻², 10⁻³ ve 10⁻⁴'lük dilüsyonlar üçer MacConkey agar besiyerine inoküle edilmiş ve aerobik koşullarda 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin ardından 1-20 adet bakteri görülen besi yerlerinde koloni sayımı yapılmış ve bakteri yükleri kob/ml olarak hesaplanmıştır.

BULGULAR

Prepusyal yıkama ile 9 aygırdan elde edilen yıkantı sıvılarında TMAB ve TCB ortalama sayıları sırasıyla 1,82 x 10⁸ ve 1,56 x 10⁵ olarak bulunmuştur. Aygırların bireysel TMAB ve TCB değerleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Aygırların TMAB ve TCB Ortalama Değerleri.

Table 1. Mean TMAB and TCB Values of Stallions.

Aygır No.	TMAB sayısı (kob/ml)	TCB sayısı
1	2,4 x 10 ⁸	3,6 x 10 ⁵
2	7,2 x 10 ⁷	1,8 x 10 ³
3	2,1 x 10 ⁷	3,1 x 10 ³
4	3,1 x 10 ⁷	8 x 10 ⁴
5	7 x 10 ⁷	3,3 x 10 ⁴
6	1,1 x 10 ⁷	1,9 x 10 ²
7	9,6 x 10 ⁸	8,1 x 10 ⁵
8	1,1 x 10 ⁷	1 x 10 ⁴
9	2,3 x 10 ⁸	1,2 x 10 ⁵
Ortalama	1,82 x 10 ⁸	1,56 x 10 ⁵

TARTIŞMA VE SONUÇ

Aygır penisi ve prepusyumunun yüzeyi, ejakülata ve dolayısıyla kısırak üreme kanalını kontamine eden çok çeşitli kommensal bakteriler tarafından kolonize edilmektedir. Penis ve prepusyumda bulunan bu mikroorganizmalar tohumlanan kısıraklarda endometritise neden olabilir (Baumber-Skaife, 2012), fertilité oranlarını düşürebilir ve sperma kalitesini etkileyebilir (Pickett vd., 1987). Ejakülattaki mikroorganizma sayısının, sperma alınmadan önce rutin olarak suyla penil yıkamaya tabi

tutulan ağırlara kıyasla penil yıkamaya hiç tabi tutulmayan ağırlarda daha yüksek olma eğiliminde olduğu bildirilmiştir (Neto vd., 2015). Bakteriyel kontaminasyon, spermatozoon hareketliliğinin azalması, spermatozoa kümelenmesi, değişmiş akrozom oranının artması ve pH değişiklikleri gibi bir dizi değişikliğe yol açar (Althouse vd., 2000). Ejakülata mikrobiyal florası, kriyoprezervasyon sırasında spermatozoanın ölümcül olmayan hasarının bir kısmından sorumlu olabilir (Ortega-Ferrusola vd., 2009). Çalışmamızda koloni sayımı sonucunda TMAB sayısı $1,1 \times 10^7$ ila $9,6 \times 10^8$ kob/ml ve $1,9 \times 10^2$ ila $8,1 \times 10^5$ kob/ml arasında bulunmuştur. Bu çalışmada prepüsyal yıkamadaki bakteri yüküne ilişkin bulgular, çeşitli araştırmacıların boğa (Rathnamma vd., 1997) ve deve (Ghoneima vd., 2014) elde ettiği sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca mandalarda yapılan bir çalışmada, fizyolojik tuzlu su ve $KMnO_4$ kullanılarak prepüsyal yıkama yapılmıştır. Çalışmadaki bulgular değerlendirildiğinde kontrol grubundaki TMAB sayısı 114,28 kob/ml, fizyolojik su ile yıkama ile bu oranın 43 kob/ml'ye düştüğü, $KMnO_4$ ile yıkama sonucunda ise 26,5 kob/ml olduğu bildirilmiştir (Meena vd., 2015).

Spermanın kontamine olması makrofajlar ve polimorfonükleer granüositler tarafından reaktif oksijen türlerinin oluşmasına ve bakterileri spermatozoaya adheze olması nedeniyle hareketliliğin azalmasıyla spermadaki parametrelerin değişmesine bağlı olarak dölleme potansiyelini etkileyebilir. Ayrıca bakterilerin toksinlerinin de akrozom üzerinde doğrudan etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Morrell, 2006). Bakteriler, çoğalmaların önemli role sahip olan besin ve oksijen için spermatozoalarla rekabet eder (Rodeheaver, 1997). Prepüsyal kavitenin spermanın kontaminasyonunda önemli rol oynadığı bilinmektedir. Birçok bakterinin bu boşlukta kommensal olarak bulunması nedeniyle de sperma kontaminasyonunun önüne geçilmesi için prepüsyal yıkamanın bakteriyel yükün azaltılmasında anahtar rol oynamaktadır (Meena vd., 2015). Dış kontaminasyon spermanın kalitesini etkileyebilir ve hatta damızlık hayvanları kontamine edebilir. Patojenler ve zararlı bakterilerle kontaminasyonu sınırlamak için sıkı hijyen protokolleri uygulanmalıdır. Sperma alma sırasında prepüsyumdan veya direk spermadan kaynaklı bazı suşların, spermatozoa hareketliliğini inhibe eden spesifik bileşikler salgılama kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir (Smole vd., 2010). Gentamisin, lincomycin, spectino-mycin ve tylosin gibi antibiyotikler içeren sperma sulandırıcı ilavesi ve spermanın soğutulması, her yerde bulunan ve istenmeyen bakterilerin büyümesini baskılayarak yeterli bir güvenlik garantisi olmalıdır. Ancak, özellikle patojenik potansiyele sahip bakteriler olmak üzere ağır kontaminasyon varlığında bu yeterli olmayabilir. Bazı *P. aeruginosa*, *Enterococcus* spp. ve

Clostridium spp. bu koşullarda hayatta kalabilmiş ve nihai ürünlerde hala mevcut olmuştur (Stringfellow ve Givens 2000). Sperma sulandırılması esnasında içeriğe katılan farklı antibiyotik konsantrasyonları ile sulandırma sonundaki bakteriyel yükün farklı olması da bu duruma bir örnektir. Ağırlarda yapılan bir araştırmada Botusemen ve INRA96 ile sulandırılan spermalarda nihai mikroorganizma yüklerinde önemli derecede farklılık gözlenmiştir (Neto vd., 2015).

Sonuç olarak, prepüsyumdaki yüksek bakteri yükünün spermatozoa kalitesi ve doğurganlık üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Suni tohumlama programlarında veya doğal çiftleşmede başarı elde etmek için sperma toplama ve işlemenin her aşamasında uygun hijyenik önlemler ve sıhhi önlemler gereklidir. Prepüsyal yıkama mikrobiyal yükü önemli ölçüde azaltır ve böylece sperma kalitesini artırır. Bu nedenle, bu çalışmada belirlenen bakteri yükünün ağırlarda fertilité için potansiyel risk taşıdığı düşünülmüş ve prepüsyal yıkamanın her sperma istasyonunda ve sperma işleme laboratuvarında rutin bir uygulama olması tavsiye edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Althouse, G.C., Kuster, C.E., Clark, S.G. & Weisiger, R.M. (2000).** Field investigation of bacterial contaminants and their effects on extended porcinesemen. *Theriogenology* **53**, 1167-1176. DOI: [10.1016/S0093-691X\(00\)00261-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00261-2)
- Anonymous. (1992).** A possible way to count coliform bacteria groups and *E. coli* numbers in feedstuffs and diets: A possible number(EMS). Turkish Official Newspaper, Jan 2, No.21118.
- Aurich, C. & Spargser, J. (2007).** Influence of bacteria and gentamicin on cooled-stored stallion spermatozoa. *Theriogenology*, **67**(5), 912-918. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2006.11.004](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.11.004)
- Baumber-Skaife, J. (2012).** Evaluation of semen, In: McKinnon, A.O., Squires, E.L., Vaala, W.E. & Varner, D.D. (Ed), *Equine reproduction. 2nd ed.*, 1278-1291p, Wiley-Blackwell: Chichester.
- Diemer, T., Weidner, W., Michelmann, H.W., Schiefer, H.G., Rován, E. & Mayer, F. (1996).** Influence of *Escherichia coli* on motility parameters of human spermatozoa in vitro. *International Journal Of Andrology*, **19**(5), 271-277. DOI: [10.1111/j.1365-2605.1996.tb00475.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.1996.tb00475.x)
- Fatnassi, M., Padalino, B., Monaco, D., Khorchani, T., Lacalandra, G.M. & Ham-madi, M. (2014).** Evaluation of sexual behavior of housed male camels (*Camelus dromedarius*) through female parades: Correlation with climatic parameters. *Tropical Animal Health And Production*. **46**, 313-321. DOI: [10.1007/s11250-013-0489-x](https://doi.org/10.1007/s11250-013-0489-x)

- Ghoneim, I.M., Waheed, M.M., Al-Hofofi, A.N., Fayez, M.M., Al-Eknaah, M.M., Al-Busadah, K.A. & Al-Humam, N.A. (2014).** Evaluation of the microbial quality of fresh ejaculates of camel (*Camelus dromedarius*) semen. *Animal Reproduction Science*, **149**(3-4), 218-223. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2014.07.021](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.07.021)
- Griveau, J.F., Domount, E., Renard, P., Challegani, J.P. & Lelannou, D. (1995).** Reactive oxygen species lipid peroxidation and enzymatic defense system in human spermatozoa. *Reproduction*, **103**, 17-26. DOI: [10.1530/jrf.0.1030017](https://doi.org/10.1530/jrf.0.1030017)
- Lindeberg, H., Karjalainen, H., Koskinen, E. & Katila, T. (1999).** Quality of stallion semen obtained by a new semen collection phantom (Equidame®) versus a Missouri® artificial vagina. *Theriogenology*, **51**(6), 1157-1173. DOI: [10.1016/S0093-691X\(99\)80019-3](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)80019-3)
- Madsen, C.B. & Christensen, H.I. (1995).** Modelling and testing the stability of edge segments: Length and orientation. In *Theory and Applications of Image Analysis II: Selected Papers from the 9th Scandinavian Conference on Image Analysis*, 1-14.
- Maroto Martin, L.O., Munoz, E.C., De Cupere, F., Van Driessche, E., Echemenda-Blanco, D., Rodriguez, J.M. & Beeckmans, S. (2010).** Bacterial contamination of boar semen affects the litter size. *Animal Reproduction Science*. **120**(1-4), 95-104. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2010.03.008](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.008)
- Meena, G.S., Raina, V.S., Gupta, A.K., Mohanty, T.K., Bhakat, M., Abdullah, M. & Bishist, R. (2015).** Effect of preputial washing on bacterial load and preservability of semen in Murrah buffalo bulls. *Veterinary World*, **8**(6), 798. DOI: [10.14202/vetworld.2015.798-803](https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.798-803)
- Morrell, J.M. (2006).** Update on semen technologies for animal breeding. *Reproduction In Domestic Animals*, **41**, 63-67. DOI: [10.1111/j.1439-0531.2006.00621.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2006.00621.x)
- Neto, C.R., da Silva, Y.F.R.S., Resende, H.L., Guasti, P.N., Monteiro, G.A., Papa, P.M., José Antônio, D.J., José Nicolau, P.P.F, Alvarenga, M.A. & Papa, F.O. (2015).** Control methods and evaluation of bacterial growth on fresh and cooled stallion semen. *Journal Of Equine Veterinary Science*, **35**(4), 277-282. DOI: [10.1016/j.jevs.2015.01.014](https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.01.014)
- Ortega-Ferrusola, C., González-Fernández, L., Muriel, A., Macías-García, B., Rodríguez-Martínez, H., Tapia, J.A., Alonso, J.M. & Peña, F.J. (2009).** Does the microbial flora in the ejaculate affect the freezeability of stallion sperm? *Reproduction In Domestic Animals*, **44**, 518-522. DOI: [10.1111/j.1439-0531.2008.01267.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01267.x)
- Paray, A.R., Bhakat, M., Lone, S.A., Mohanty, T.K., Sinha, R., Rahman, J.U., Khanday, Z.B. & Danish, Z. (2018).** Role of preputial washing in reducing microbial load and improving bovine semen quality. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, **7**(3), 97-102. DOI: [10.4103/2305-0500.233570](https://doi.org/10.4103/2305-0500.233570)
- Patel, H.V., Patel, R.K. & Chauhan, J.B. (2011).** Biochemical properties of microbial load in frozen semen of cattle. *Wayamba Journal of Animal Science*, **3**, 117-121.
- Pickett, B.W., Squires, E.L. & McKinnon, A.O. (1987).** *Procedures for collection, evaluation and utilization of stallion semen for artificial insemination. Bulletin/Colorado State University, Animal Reproduction Laboratory (USA).*
- Rathnamma, D., Rao, M.S., Ramanatha, K.R. & Raghavan, R. (1997).** Assessment of bacterial load in semen of Holstein Friesian bulls. *Current Research University of Agricultural Sciences*, **26**(11), 205-207.
- Rodeheaver, G.T. (1997).** Wound cleansing, wound irrigation, wound disinfection. In: Krasner, D., Kane, D., Wayne, P.A., ed. *Chronic Wound Care: A Clinical Source Book for Healthcare Professionals. 2nd ed.*, 97-108p, Health Management Publications Inc.
- Rota, A., Calicchio, E., Nardoni, S., Fratini, F., Ebani, V. V., Sgorbini, M., Panzani, D., Camillo, F. & Mancianti, F. (2011).** Presence and distribution of fungi and bacteria in the reproductive tract of healthy stallions. *Theriogenology*, **76**(3), 464-470. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2011.02.023](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.023)
- Smole, I., Thomann, A., Frey, J. & Perreten, V. (2010).** Repression of common bull sperm flora and in vitro impairment of sperm motility with *Pseudomonas aeruginosa* introduced by contaminated lubricant. *Reproduction In Domestic Animals*, **45**(4), 737-742. DOI: [10.1111/j.1439-0531.2008.01319.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01319.x)
- Stringfellow, D.A. & Givens, M.D. (2000).** Infectious agents in bovine embryo production: hazards and solutions. *Theriogenology*, **53**, 85-94. DOI: [10.1016/S0093-691X\(99\)00242-3](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00242-3)
- Tischner, M. & Kosiniak, K. (1986).** *Bacterial contamination of stallion semen collected by 'open' AV. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 90-94p.



Çeşitli Kimyasal Reaktifler Kullanılarak Koyun Gübresinden Süper Aktif Karbon Üretimi

Mehmet Fatih DİLEKOĞLU* **Mazlum YAPICI**

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Müh. Bölümü, Osmanbey Kampüsü, Haliliye, Şanlıurfa, TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 06.04.2023

Kabul Tarihi: 29.07.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Dilekoğlu, M.F. & Yapıcı, M. (2023). Çeşitli Kimyasal Reaktifler Kullanılarak Koyun Gübresinden Süper Aktif Karbon Üretimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 402-410. <https://doi.org/10.35229/jaes.1278300>

How to cite: Dilekoğlu M.F. & Yapıcı, M. (2023). Production of Super Activated Carbon from Sheep Manure Using Various Chemical Reagents. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 402-410. <https://doi.org/10.35229/jaes.1278300>

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-7407-1635>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0642-3613>

***Sorumlu yazarın:**

Mehmet Fatih DİLEKOĞLU
Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Çevre Müh. Bölümü, Osmanbey Kampüsü,
Haliliye, Şanlıurfa, Türkiye
✉: dilekoglu@harran.edu.tr

Öz: Yüksek yüzey alanına sahip aktif karbon elde etmek amacıyla, koyun gübresinin çinko klorür ($ZnCl_2$), potasyum hidroksit (KOH) ve fosforik asit (H_3PO_4) kimyasal ajanı kullanılarak kimyasal aktivasyonu uygulanmıştır. Ham materyalin farklı partikül boyutları (-900+550, -550+350 ve -350+250 μm), kimyasal aktivasyon ajanının farklı emdirme oranlarında (1/1, 2/1, 3/1 ve 4/1), farklı karbonizasyon sıcaklığı (400-900 °C), ve karbonizasyon süresi gibi aktivasyon parametrelerinin nihai ürünlerin özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Üretilen aktif karbonlar 77 K'de azot adsorpsiyon izotermi ile karakterize edilmiştir. 3/1 emprenye oranında $ZnCl_2$ kullanılarak 400 °C de karbonizasyon sıcaklığı ve 45 dakika karbonizasyon süresi ile elde edilen süper aktif karbonun yüzey alanı 2170 m^2/g olarak ölçülmüştür. Bu aktif karbonun SEM, FTIR analizleri yardımıyla yüzey morfolojisi ve karakterizasyonu yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Aktif karbon, karbonizasyon, kimyasal aktivasyon, yüzey alanı.

Production of Super Activated Carbon from Sheep Manure Using Various Chemical Reagents

Abstract: In order to obtain activated carbon with a high surface area, chemical activation was applied to sheep manure using the chemical agent zinc chloride ($ZnCl_2$), potassium hydroxide (KOH) and phosphoric acid (H_3PO_4). The effect of activation parameters such as different particle sizes of the raw material (-900+550, -550+350 and -350+250 μm), different impregnation rates of the chemical activation agent (1/1, 2/1, 3/1 and 4/1), different carbonization temperature (400-900 °C), and carbonization time on the properties of the final products was investigated. The activated carbons produced are characterized by nitrogen adsorption isotherms at 77 K. Using $ZnCl_2$ at an impregnation ratio of 3/1, the surface area of the superactivated carbon obtained with a carbonization temperature at 400 °C and a carbonization time of 45 minutes was measured as 2170 m^2/g . Surface morphology and characterization of this activated carbon were performed with the help of SEM, FTIR analyzes.

Keywords: Activated carbon, carbonisation, chemical activation, surface area.

GİRİŞ

Sulu çözeltilerden ve gazlardan kirletici giderme ve değerli element geri kazanma metodlarının başında, düşük maliyeti, işletim kolaylığı ve yüksek arıtma verimi gibi nedenlerle adsorpsiyon prosesi gelmektedir. Bu proseste kullanılan en yaygın adsorban madde aktif karbondur. Aktif karbon, organik veya inorganik maddelerin inert atmosfer

koşullarında, yüksek sıcaklıklarda fiziksel ve kimyasal aktivasyon yöntemleri ile üretilen yüzey alanı geniş ve yüksek gözenekliliğe sahip olan karbon olarak tanımlanmaktadır. Aktif karbonlar yapıca % 72-90 oranında karbon atomu içermekle beraber kalan kısımları kükürt, hidrojen, oksijen ve azot elementleri oluşturur (Danish & Ahmad, 2018). Aktif karbonların element içerikleri kullanılan hammadde ve üretim için kullanılan

^[1] Bu çalışma Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yapılan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir. Tez No: 713264

aktifleştiricilere bağlı olarak değişim göstermektedir. Aktif karbon yüzeyi, altıgen şeklinde bağlanmış karbon atomu ihtiva eden mikro kristallerin meydana getirdiği düzlemlerden oluşmaktadır. Aktivasyon işleminden sonra materyallerdeki düzenli karbon bağları kopar, bazı mikro kristaller uzaklaşır ve grafit düzlemlerin içinde çatlaklar oluşarak gözenekli bir yapı meydana gelir (Balçık ve ark. 2020). Aktif karbon üretiminde kullanılan ham materyaller çok geniş bir yelpazeye sahiptir. Genellikle aktif karbon üretiminde atık durumunda olan organik veya inorganik materyaller tercih edilmektedir. Bu amaçla literatürde Hindistan cevizi kabuğu, ağaç kabuğu, fındıkkabuğu, ceviz kabuğu, kaysı çekirdeği kabuğu, badem kabuğu gibi birçok materyal denenmiştir. Çalışmamızda fazla denenmemiş bir materyal olarak koyun gübresinden aktif karbon üretimi hedeflenmiştir. Her ne kadar hem diğer organik materyallerin hem de koyun gübresinin yaygın farklı kullanım alanları olsa da bu materyallerden katma değeri yüksek ürün eldesi ülkemiz ekonomisi açısından son derece önemlidir. Çevre kirliliğindeki artışın yanı sıra değerli element geri kazanımının öneminin her geçen gün artması, aktif karbona olan talebe artırmaktadır. Son zamanlarda enerji depolama amaçlı kapasitör kullanımında da yaygın olarak çalışılmaktadır (Zhang vd., 2016). Bu nedenle yerli ve kaliteli aktif karbon üretimi gittikçe önem kazanmaktadır. Aktif karbon üretiminde fiziksel ve kimyasal aktivasyon olmak üzere iki metod kullanılmaktadır. Kimyasal aktivasyonla üretilen aktif karbonların verimi, fiziksel aktivasyonla üretilen aktif karbonlara göre daha yüksektir (Shi vd., 2010). Fiziksel aktivasyon prosesinde aktif karbonların gözenek yapısının oluşumu, karbon atomlarının gazlaştırılarak uzaklaştırılması ile gerçekleşir. Kimyasal aktivasyon prosesinde ise kimyasal ajanlar ham materyali dehidrojene eder ve karbonlar arasında çapraz bağların oluşmasıyla gözenek yapısı oluşturulur (Malik vd., 2007). Fiziksel aktivasyondan farklı olarak kimyasal aktivasyon genellikle tek aşamada (karbonizasyon ve aktivasyon) gerçekleşir (Kwiatkowski, 2011). Kimyasal aktivasyon prosesleri fiziksel aktivasyon proseslerinden daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşir (Lillo vd., 2007). Kimyasal aktivasyonla üretilen aktif karbon yüzey alanı ve gözenek hacmi, fiziksel aktivasyonla üretilen aktif karbonlara nazaran daha yüksektir (Liu vd., 2010). Kimyasal aktivasyon temas süresi, fiziksel aktivasyona göre daha düşüktür (Karacan, 2007). Kimyasal aktivasyon ajanları skalası, fiziksel aktivasyona göre daha geniştir (Kwiatkowski, 2011). Kimyasal aktivasyon, hammaddenin KOH, ZnCl₂ ve H₃PO₄ gibi kimyasal maddelerle emdirilmesi ve emdirilmiş biyokütlenin inert bir gaz atmosferinde eşzamanlı olarak karbonlaştırılmasından (piroliz) oluşur; burada aktive edici bileşiğin ana rolü, selülozik malzemenin bozunmasıdır (Yahya vd., 2015; Cha vd., 2016).

Bu çalışma kapsamında, koyun gübresinden üstün nitelikli aktif karbon elde edilmesi amacıyla hammaddenin KOH, ZnCl₂ ve H₃PO₄ gibi kimyasal maddelerle emdirilmesi ve azot atmosferinde farklı karbonizasyon sıcaklıkları ve süresi ile kimyasal olarak aktivasyonu yapılmıştır. Bu amaçla koyun gübresinin partikül boyutu, kimyasal madde, karbonizasyon sıcaklığı ve süresinin etkileri incelenmiş ve literatürdeki sonuçlarla mukayese edilmiştir. Burada amaçlanan yaygın aktif karbon üretimleri ile elde edilen 700-1000 m²/g yüzey alanlarının çok üzerinde bir yüzey alanı elde etmeye yönelik metod geliştirmektir. Hedeflenen yüzey alanlarının yüksek oluşu sebebi ile elde edilecek olan aktif karbon süper aktif karbon olarak nitelendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Aktif karbon üretiminde kullanılan koyun gübresi Şanlıurfa hayvan pazarından temin edilmiştir. Ham koyun gübresi görseli Şekil 1’ de, yıkanıp kurutularak farklı partikül boyutlarına tasnif edilmiş koyun gübresi Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu çalışmada seçilen fraksiyonlarda işlevselliğin vurgulanması önemli bulunmuş olup materyalden elde edilen % fraksiyon dağılımı dikkate alınmamıştır. Ancak literatürde hem %dağılım ve hemde seçilen fraksiyonda işlevselliğin dikkate alındığı araştırmalar mevcuttur (Malik vd., 2007; Şahin vd., 2016; Demirbaş vd., 2002).



Şekil 1. Koyun gübresi fiziksel görünümü.

Figure 1. Physical appearance of sheep manure.



Şekil 2. Başlangıç ham materyalinin boyutları.

Figure 2. Dimensions of the starting raw material.

Koyun gübresinin kül, nem, sabit karbon, pH, iyot sayısı ile elementel analiz sonuçları literatür çalışmalarında yer alan taze gübre içeriği verilerinden yararlanılmış olup deneylerde kullanılan numune ile yaklaşım yapılmış (Kandah, 2001; Abu Al-Rub vd., 2003; Demirtaş vd., 2005; López-Cano vd., 2016; Boostani vd., 2019; Awasthi vd., 2020; Li vd., 2020) ve Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Koyun gübresinin özellikleri.

Table 1. Characteristics of sheep manure.

Parametreler	Değerler
Kül (%)	31,6
Nem (%)	4,7
pH	6,98-9,1
İyot sayısı	948,2
C (%)	22,50-42,40
N (%)	2-3,67
C/N	8,1-19,96
H (%)	3,36-6,13
P (%)	0,002-0,38
K (%)	0,18-0,88
Ca (%)	0,19-1,2
Mg (%)	0,13-0,5
Fe (mg/kg)	2557-2921
Mn (mg/kg)	25-201
Zn (mg/kg)	11-70
Cu (mg/kg)	6-19

Metod: Koyun gübresi yıkandıktan sonra etüvde 110 °C’de kurutulurken nemi uzaklaştırılmıştır. Çalışmamızda aktif karbon üretimi için kimyasal aktivasyon işleminde ZnCl₂ (Çinko klorür), KOH (Potasyum hidroksit) ve H₃PO₄ (Fosforik asit) kimyasalları kullanılmıştır. Koyun gübresi numunelerinden 1’er gr alınarak, farklı oranlarda (1/1, 2/1, 3/1 ve 4/1) ZnCl₂, H₃PO₄ ve KOH kimyasal maddelerle, destile su kullanılarak emprenye edildi. Emprenye edilen numuneler etüvde 200 °C de 30 dk bekletildi ve daha sonra akışkan yataklı termoreaktörde 100 ml/dk akış hızında N₂(azot gazı) eşliğinde 400-500-600-700-800 ve 900 °C de 30-45 ve 60 dk boyunca karbonizasyona tabi tutuldu. Elde edilen aktif karbonların safsızlıklarının giderilmesi amacıyla 0,2 M HCl asit ve akabinde sıcak distile su ile yıkanıp filtre edildikten sonra etüvde 110 °C kurutmaya bırakılarak aktif karbon üretim işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece partikül boyutu, farklı kimyasal madde, emprenye oranı, karbonizasyon süresi ve sıcaklığın etkinliği incelenmiştir. Koyun gübresinin kimyasal aktivasyonu ile üretilen aktif karbonlar yüzey alanları ölçülerek karakterize edilmiştir. Aktif karbon üretimi çalışmaları Şekil 3’ de gösterilen akışkan yataklı termoreaktörle gerçekleştirilmiştir.

Aktif karbon verimi hesabı Eşitlik 1 yardımı ile yapılmıştır:

$$Verim(\%) = \frac{\text{Ham materyal miktarı (g)} - \text{Elde edilen aktif karbon miktarı (g)}}{\text{Ham materyal miktarı (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Aktif karbon karakterizasyonu: Üretimi gerçekleştirilen aktif karbon örneklerinin yüzey alanı analizleri Quantachrome marka Nova 2200e BET (Brunauer, Emmett ve Teller) yüzey alanı cihazı ile belirlenmiştir. Elde edilen en iyi yüzey alanlı aktif karbon için Scanning Electron Microscope (SEM), Energy

Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) ve Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analizleri Harran Üniversitesi Bilim ve Teknoloji uygulama ve Araştırma merkezinde yapılmıştır.



Şekil 3. Aktif karbon üretimi çalışmalarında kullanılan akışkan yataklı termoreaktör.

Figure 3. Fluidized bed thermoreactor used in activated carbon production studies.

BULGULAR

Ham Materyal Boyutunun Etkisi: Üç farklı kimyasal (ZnCl₂, H₃PO₄ ve KOH) ile aynı emprenye oranı (2/1), karbonizasyon sıcaklığı (400 °C) ve karbonizasyon süresi (45 dk) koşulları altında yıkanmış ve sınıflandırılmış ham materyal boyutunun (-900+550, -550+350 ve -350+250 µm) aktif karbon yüzey alanı ve verimi üzerine etkileri incelenmiş ve analiz sonuçları Şekil 4 ve Şekil 5’de verilmiştir. Şekil 4 ve 5’de materyal boyutunun -950+350 µm’den -350+250 µm’ye düşüşüyle aktif karbonun yüzey alanı ve veriminde azalma olduğu görülmüştür. ZnCl₂ ile emprenye edilerek üretilen aktif karbonun yüzey alanı 1510 m²/g’dan 1167 m²/g’a, aktif karbon verimi %49,32’den %40,12’ye kadar düşmüştür. H₃PO₄ ile emprenye edilerek üretilen aktif karbonun yüzey alanı 712 m²/g’dan 571 m²/g’a, aktif karbon verimi %41,85’ten %35,11’e kadar düşmüştür. KOH ile emprenye edilerek üretilen aktif karbonun yüzey alanı 617 m²/g’dan 405 m²/g’a, aktif karbon verimi %16,74’ten %11,58’e kadar düşmüştür.

Sonuç olarak ham materyal boyutu küçüldükçe farklı kimyasallar (ZnCl₂, H₃PO₄ ve KOH) kullanılarak yapılan çalışmaların tümünde aktif karbon yüzey alanı ve veriminde azalma oluşmuştur. Ham materyal boyutunun düşmesiyle aktif karbon yüzey alanının azalması, kullanılan kimyasalların (ZnCl₂, H₃PO₄ ve KOH) sıcaklığın etkisiyle materyal içerisine daha fazla nüfuz ederek mikro gözenek duvarlarının yıkılmasıyla makro gözeneklerin oluşması ile açıklanabilir. Ayrıca, boyutu düşük olan materyalin, yüksek boyutlu olana nazaran içeriğindeki uçucu organiklerin fazla olması nedeniyle kimyasallarla (ZnCl₂, H₃PO₄ ve KOH) gerçekleştirilen aktivasyon işleminden sonra verimin

düşmesiyle sonuçlanmaktadır. Bunun yanısıra tahıllar ve tahıl atıkları, odun ve lignin gibi düşük yoğunluklu maddeler yüksek uçucu madde içermektedir. Bunlardan üretilen aktif karbon, düşük yoğunluklu ve büyük gözenek hacimli olmaktadır.

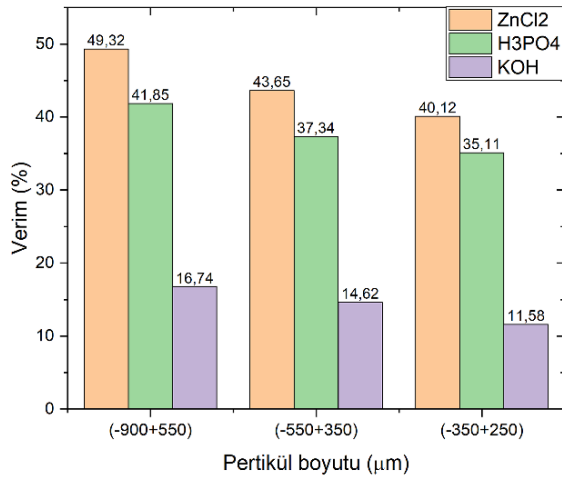
Emprenye Oranının Etkisi: Yıkılarak sınıflandırılmış -900+550 μm fraksiyonundaki malzeme, 1/1, 2/1, 3/1 ve 4/1 ZnCl_2 /numune oranlarında karıştırılarak 200°C 'ye ayarlı etüvde 30 dk bekletilmek suretiyle kimyasal aktivasyonları sağlanmıştır. Aktive edilmiş numuneler 400°C sıcaklık ve 45 dk süre ile karbonizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen aktif karbonların tane boyutuna bağlı yüzey alanı ve verim değişimleri incelenerek empenye oranının etkileri değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.

Şekil 6 ve 7' den görüldüğü gibi ZnCl_2 kimyasal reaktifi ile empenye edilen numunelerde kimyasal reaktifin empenye oranının 1/1'den 3/1'e artırılmasıyla aktif

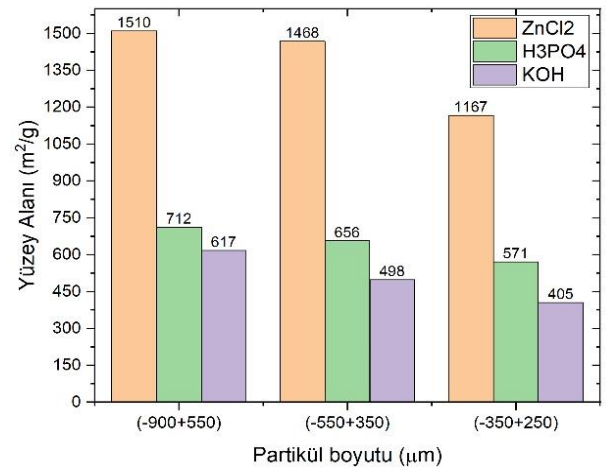
karbonun yüzey alanı $1275 \text{ m}^2/\text{g}$ 'dan $2170 \text{ m}^2/\text{g}$ 'a kadar artmış, aktif karbon verimi %56,17'den %45,09'a kadar azalmıştır.

H_3PO_4 kimyasal reaktifi ile empenye edilen numunelerde kimyasal reaktifin empenye oranının 1/1'den 3/1'e artırılması neticesinde aktif karbonun yüzey alanı $592 \text{ m}^2/\text{g}$ 'dan $733 \text{ m}^2/\text{g}$ 'a kadar artmış, aktif karbon verimi ise %49,05'den %38,31'a kadar azalmıştır.

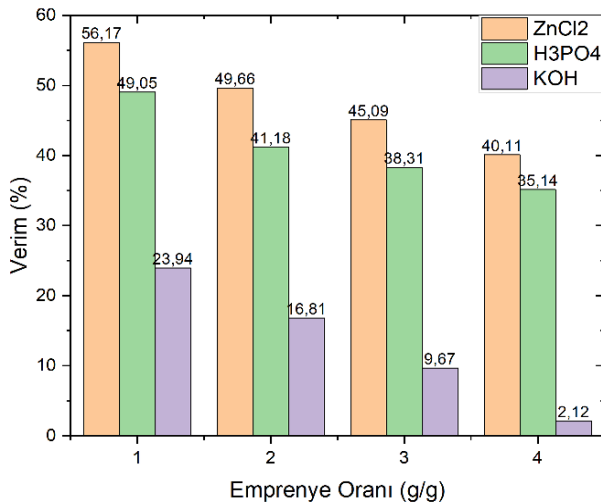
KOH kimyasal ile empenye edilen numunelerde kimyasalın empenye oranının 1/1'den 3/1'e artırılmasıyla aktif karbonun yüzey alanı $433 \text{ m}^2/\text{g}$ 'dan $1216 \text{ m}^2/\text{g}$ 'a kadar artmış, aktif karbon verimi %23,94'den %9,67'a kadar azalmıştır. Kimyasal maddelerin (ZnCl_2 , H_3PO_4 ve KOH) tümünde empenye oranının 4/1'e artırılması tüm aktif karbon numunelerinin yüzey alanlarının azalmasını netice vermiştir.. Aktivasyon verimi oksijen (O) ve hidrojen (H) atomları ile birleşerek uzaklaşan karbon miktarına bağlıdır (Qian vd., 2007).



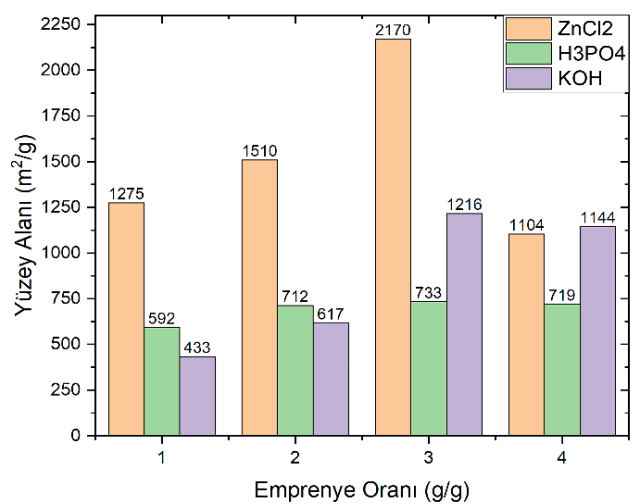
Şekil 4. Partikül boyutu-verim ilişkisi.
Figure 4. Particle size-yield relationship.



Şekil 5. Partikül boyutu-yüzey alanı ilişkisi.
Figure 5. Particle size-surface area relationship.



Şekil 6. Emprenye oranı-verim ilişkisi.
Figure 6. Impregnation ratio-yield relationship.



Şekil 7. Emprenye oranı-yüzey alanı ilişkisi.
Figure 7. Impregnation ratio-surface area relationship.

Kimyasal maddelerin ($ZnCl_2$, H_3PO_4 ve KOH) emprenye oranlarının artması koyun gübresinin yapısındaki karbon (C) atomlarının, oksijen (O) ve hidrojen (H) atomları ile birleşerek CO , CO_2 ve CH_4 olarak uzaklaşması sonucu aktif karbon veriminin azalmasını netice vermiştir. Ayrıca kimyasal maddelerin ($ZnCl_2$, H_3PO_4 ve KOH) emprenye oranının artmasıyla en düşük aktif karbon verimi KOH ile emprenye edilen numunelerde gerçekleşmiş, $ZnCl_2$ ve H_3PO_4 ile emprenye edilen numunelerde ise birbirine yakın aktif karbon verimleri elde edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara paralel olarak literatürde (Teng vd. 2000; Qian vd. 2007; Aydın Şamdan, 2013) benzer sonuçlar bildirilmiştir. Kimyasal reaktiflerin ($ZnCl_2$, H_3PO_4 ve KOH) tümünde emprenye oranının 1/1'den 3/1'e artırılmasıyla aktif karbonun yüzey alanının artması emprenye oranının artışıyla kapalı olan gözeneklerin reaktif tarafından açılarak mikro gözeneklerin meydana gelmesi, 4/1'e artırılmasıyla kimyasal reaktifin mikro gözenek duvarlarının tahrip olması sonucu mikro gözeneklerin birleşerek mezo gözeneklerin oluşturmasından ileri gelmektedir (Aydın Şamdan, 2013).

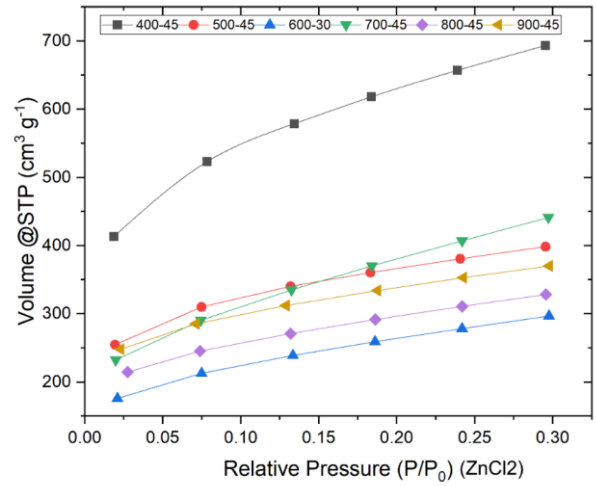
Sıcaklık ve Karbonizasyon Süresinin Etkisi: - 900 + 550 μm boyutundaki ham materyallerin ($ZnCl_2$ ve KOH) kimyasal reaktifleri ile 3/1 oranında, H_3PO_4 kimyasal reaktifi ile 2/1 oranında emprenye edilmesiyle elde edilen numuneler farklı sıcaklık (500-600-700-800-900 $^{\circ}C$ sıcaklıklarda ve 10 $^{\circ}C/dk$ ısıtma hızında) ve farklı karbonizasyon süreleri (30-45-60 dk) koşulları altında aktif karbon yüzey alanı ve verimi üzerine etkileri incelenmiş ve analiz sonuçları sırasıyla Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 2' de görüldüğü gibi -900+550 μm boyutundaki materyalin $ZnCl_2$ kimyasal maddesinin 3/1 oranında emprenye edilerek numunelerin aynı karbonizasyon süresinde karbonizasyon sıcaklıklarının 400 $^{\circ}C$ 'den 900 $^{\circ}C$ 'ye artırılmasıyla aktif karbon yüzey alanları 2170 m^2/g 'dan 1027 m^2/g 'a düşerken, verimin de %45,9'dan %7,3'e düştüğü tespit edilmiştir.

Aynı karbonizasyon sıcaklığına maruz kalan numunelerde karbonizasyon sürelerinin 30 dk'dan 60 dk'ya artırılmasıyla aktif karbon verimleri azalmıştır. En iyi yüzey alanına 400 $^{\circ}C$ 'de 45 dk'da ulaşılmıştır.

Aktif karbon üretiminde karbonizasyon sıcaklığının artırılması aktif karbondaki mikro gözenek gelişiminin artmasıyla sonuçlanmaktadır. Mikro gözenek gelişiminin artmasına paralel olarak yüzey alanında artış oluşur. Ham materyalin yapısı ve kimyasal maddeye bağlı olarak çok yüksek sıcaklıklarda mikro gözenek duvarlarının tahrip olması sonucu makro gözeneklere dönüşmesi ile yüzey alanı azalır (Kwiatkowski, 2011).

Buradan hareketle çalışmamızda, $ZnCl_2$ aktivasyonu ile üretilen aktif karbonlarda 400 $^{\circ}C$ 'de aktif karbon yüzey alanı en yüksek değere ulaşmış daha yüksek sıcaklıklarda mikro gözeneklerin duvarlarının tahrip olması sonucu mikro gözeneklerin birleşerek makro gözeneklere dönüşmesiyle yüzey alanı azalmıştır. Qian vd. (2007), sığır gübresinin $ZnCl_2$ kimyasalı ile aktif karbon üretimi çalışmalarında, karbonizasyon sıcaklığının artması ile aktif karbon yüzey alanı ve veriminin düştüğü ve en yüksek aktif karbon yüzey alanının 400 $^{\circ}C$ 'de gerçekleştiğini bildirmiştir. Bu durum, sıcaklığın artışına paralel olarak ham materyal içeriğinde bulunan uçucu bileşenlerin yapıdan ayrılmasına bağlanmıştır. Farklı sıcaklıklarla yapılan çalışmanın N_2 adsorpsiyonu Şekil 8' de verilmiştir.

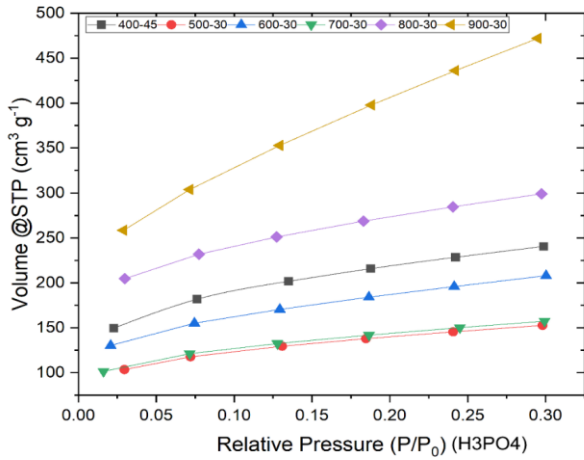


Şekil 8. $ZnCl_2$ kimyasal ajanı ile üretilen aktif karbonun farklı karbonizasyon sıcaklıklarında N_2 adsorpsiyon izotermi. Figure 8. N_2 adsorption isotherms of activated carbon produced with $ZnCl_2$ chemical agent at different carbonization temperatures.

Tablo 3'te görüldüğü gibi -900+550 μm boyutundaki ham materyalin KOH kimyasal reaktifinin 3/1 oranında emprenye edilen numunelerin aynı karbonizasyon süresinde karbonizasyon sıcaklıklarının 400 $^{\circ}C$ 'den 700 $^{\circ}C$ 'ye artırılmasıyla aktif karbon yüzey alanları 1246 m^2/g 'dan 1716 m^2/g 'a yükselmiş ve verimin ise %9,67'den %1'e düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca aynı karbonizasyon sıcaklığına maruz bırakılan numunelerde karbonizasyon sürelerinin 30 dk'dan 60 dk'ya artırılmasıyla aktif karbon verimleri azalmıştır. En iyi yüzey alanına 700 $^{\circ}C$ 'de 45 dk'da ulaşılmıştır.

Yüksek sıcaklıklarda KOH ile emprenye edilen aktif karbon yüzey alanının artışı kimyasal reaktif bünyesindeki potasyum iyonunun kaynama noktasının 758,8 $^{\circ}C$ olması nedeniyle potasyumun yüksek sıcaklıkta reaktivitesinin artmasından ileri gelmektedir. Çalışmamızda 800 ve 900 $^{\circ}C$ karbonizasyon sıcaklıkları denenmiş ancak KOH 'ın materyalin tümünü uçurması

sonucu aktif karbon elde edilememiştir. Farklı sıcaklıklarla yapılan çalışmanın N_2 adsorpsiyonu Şekil 9' da verilmiştir.



Şekil 9. H_3PO_4 kimyasal ajanı ile üretilen aktif karbonun farklı karbonizasyon sıcaklıklarında N_2 adsorpsiyon izotermi.

Figure 9. N_2 adsorption isotherms of activated carbon produced with H_3PO_4 chemical agent at different carbonization temperatures.

Table 2. Sıcaklık ve karbonizasyon süresinin, $ZnCl_2$ kimyasal reaktifile empenye edilen aktif karbonların yüzey alanı ve verimleri üzerine etkisi.

Table 2. Effect of temperature and carbonisation time on the surface area and yields of activated carbons impregnated with $ZnCl_2$ chemical reagent.

	400 °C		500 °C		600 °C		700 °C		800 °C		900 °C							
	30	45	30	45	30	45	30	45	30	45	30	45						
Yakma Süresi(dk)	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60						
Yüzey Alanı(m^2/g)	1580	2170	1750	1484	1243	1216	926	877	798	934	1012	954	1024	1101	991	876	1145	1027
Verim(%)	46,10	45,09	43	31,5	31	30	31	28	26,5	23	21	18	20	14	11	8,75	7,6	7,3

Table 3. Sıcaklık ve karbonizasyon süresinin, KOH kimyasal reaktifile empenye edilen aktif karbonların yüzey alanı ve verimleri üzerine etkisi.

Table 3. Effect of temperature and carbonisation time on the surface area and yield of activated carbons impregnated with KOH chemical reagent.

	400 °C		500 °C		600 °C		700 °C					
	30	45	30	45	60	30	45	60				
Yakma Süresi(dk)	30	45	60	30	45	60	30	45	60			
Yüzey Alanı(m^2/g)	1028	1216	1100	932	1263	677	1275	1552	1134	1357	1746	1205
Verim(%)	11,25	9,67	9,22	2,6	2,3	2,2	1,84	1,36	0,63	1,5	1	0,25

Table 4. Sıcaklık ve karbonizasyon süresinin, H_3PO_4 kimyasal reaktifile empenye edilen aktif karbonların yüzey alanı ve verimleri üzerine etkisi.

Table 4. Effect of temperature and carbonisation time on the surface area and yield of activated carbons impregnated with H_3PO_4 chemical reagent.

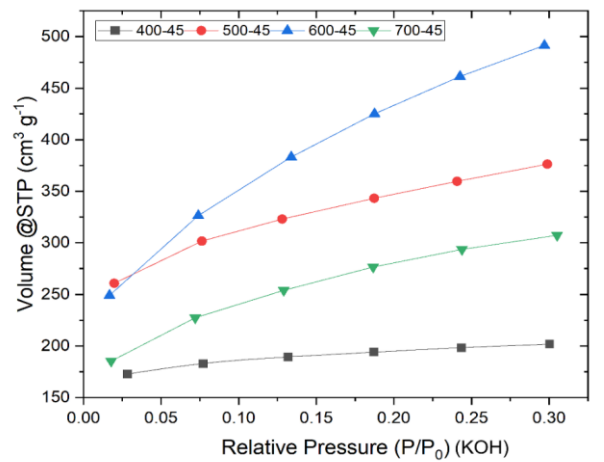
	400 °C		500 °C		600 °C		700 °C		800 °C		900 °C							
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60						
Yakma Süresi(dk)	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60						
Yüzey Alanı(m^2/g)	680	712	690	557	468	474	860	591	645	633	488	573	928	856	908	1497	1055	1206
Verim(%)	43,2	41,18	40	47	43	41	45	40	39	42	39,5	35	22	18	16	12	10	7

Sıcaklık artışının sebep olduğu yüzey alanlarındaki düşüş, karbon matrisindeki çapraz bağların parçalanmasına, bunun sonucunda karbonlu agregaların yeniden düzenlenmesine ve gözeneklerin çökmesine neden olan şiddetli ısı işleminin bir sonucu olarak mevcut gözeneklerin genişlemesine bağlanabilir. Yüksek sıcaklıklarda yoğun gazlaşmaya bağlı olarak gözenek yapılarının tahrip olması da olasıdır (Teng vd., 2000). Farklı sıcaklıklarla yapılan çalışmanın N_2 adsorpsiyonu Şekil 10' da verilmiştir.

H_3PO_4 kimyasalı ile empenye edilerek elde edilen aktif karbonların yüzey alanlarının $ZnCl_2$ ve KOH kimyasal reaktifleri ile empenye edilen aktif karbonların yüzey alanlarına göre nispeten düşük olmasının nedeni aktivasyondan sonra oluşan fosfat tuzlarının gözenekleri doldurmasına bağlanabilir (Karapınar, 2018).

Tablo 4'te görüldüğü gibi -900+550 μm boyutundaki materyalin H_3PO_4 kimyasal maddesi ile 2/1 oranında empenye edilen numunelerin aynı karbonizasyon süresinde karbonizasyon sıcaklıklarının 400 °C'den 900 °C'ye artırılmasıyla aktif karbon yüzey alanları $712 m^2/g$ 'dan $1497 m^2/g$ 'a yükselmiş ve verimin ise %41,18'den %7'e düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca aynı karbonizasyon sıcaklığına maruz bırakılan numunelerde karbonizasyon sürelerinin 30 dk'dan 60 dk'ya artırılmasıyla aktif karbon verimleri azalmıştır. En iyi yüzey alanına 900 °C'de 30 dk'da ulaşılmıştır.

400 °C'de gözenek yapısının oluşumunun henüz yeni başlayan ve artan karbonizasyon sıcaklığına paralel olarak gözenek gelişiminin artmasıyla yüzey alanında artış meydana gelmiştir. Karbonizasyon sıcaklığının artmasıyla yüzey alanında meydana gelen dalgalanmalar koyun gübresinin yapısının homojen olmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 10. KOH kimyasal ajanı ile üretilen aktif karbonun farklı karbonizasyon sıcaklıklarında N_2 adsorpsiyon izotermi.

Figure 10. N_2 adsorption isotherms of activated carbon produced with KOH chemical agent at different carbonization temperatures.

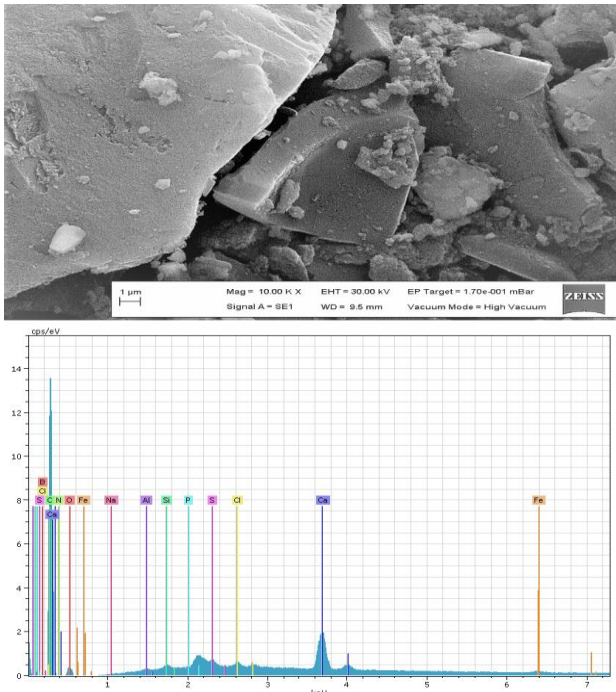
Şekil 8, 9 ve 10' da farklı sıcaklıklarda hazırlanan karbonlar için yapılan N₂ adsorpsiyonu izotermi verilmiştir. Bu grafiklerden de görülebileceği gibi, düşük bağıl basınçlarda adsorbe edilen N₂ miktarındaki hızlı artıştan sonra yüksek bağıl basınçlarda neredeyse yatay bir plato vardır. Bu izoterm karakteristikleri, düşük ve yüksek karbonizasyon sıcaklıkları için BDDT (Brunauer, Deming, Deming ve Teller) sınıflandırmasına dayanan Tip I izotermine işaret etmektedir (IUPAC, 1985).

Tip I izotermi mikro gözenekli yapıya sahip bir malzemeyi temsil eder. Ana alım, tüm karbonizasyon sıcaklıkları için oldukça gözenekli malzemelerin oluşumunu gösteren düşük bağıl basınçlarda meydana gelir. Bununla birlikte, orta-düşük karbonizasyon sıcaklıklarında, izoterm şekilleri karbonların esas olarak mikro gözenekli olduğunu, ancak önemli bir mezoporöz karaktere sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan fiziksel analizler sonucunda en iyi özelliklere sahip olan aktif karbon ZnCl₂ kimyasal reaktifi kullanılarak elde edilen aktif karbon olduğu tespit edilmiştir.

SEM ve EDX Analizi: Elde edilen en iyi aktif karbonun 10.000 kat büyütülerek SEM görüntüleri çekilmiş ve EDX analizi yapılmıştır ve Şekil 11' de gösterilmiştir. SEM görüntüleri çekiminde yüzey altın ile kaplanmış olup kaplama EMS-550 cihazı ile yapılmıştır.

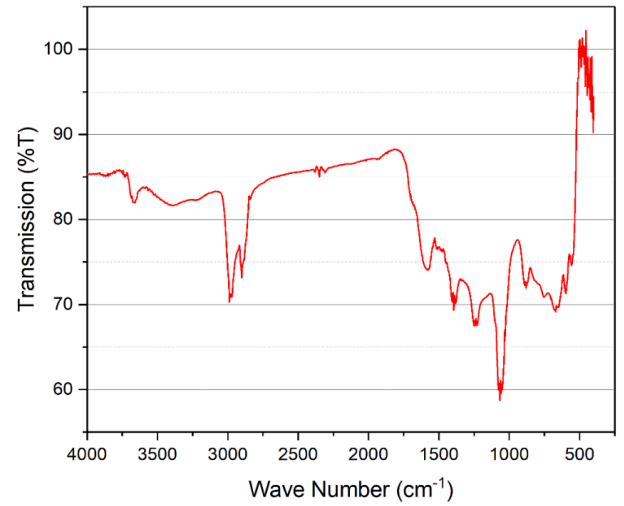
FTIR Analizi: Koyun gübresinden elde edilen aktif karbonun FTIR analizleri yapılarak incelenmiştir, aktif karbon numunesinin FTIR spektrumları Şekil 12' de gösterilmiştir.



Şekil 11. Koyun gübresinden elde edilen aktif karbonun SEM görüntüsü ve EDX analizi.

Figure 11. SEM image and EDX analyse of activated carbon obtained from sheep manure.

Şekil 12' de görüldüğü gibi aktif karbon yapısında birden fazla fonksiyonel grubun olduğu görülmektedir. 3660 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik hidrojen bağlarıyla bağlı OH⁻ fonksiyonel grubun varlığını göstermektedir. 2985 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik alkil gruplardan kaynaklanan C-H ve 2900 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik metil gruplarından kaynaklanan C-H fonksiyonel grubun varlığını göstermektedir. 2349 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik alken grupların varlığından kaynaklanmaktadır. 1581 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik olefenik gruplardan kaynaklanan C-C bağlarının varlığını göstermektedir. 1394 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik fenol gruplarından kaynaklanmaktadır. 1250 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik ise C-C ve C-O fonksiyonel grupların varlığını göstermektedir. 1066 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik C-O fonksiyonel grupların varlığını göstermektedir. 879 ve 756 cm⁻¹ dalga sayılarındaki pikler yapıda aromatik halkanın varlığını göstermektedir. 677 ve 597 cm⁻¹ dalga sayısındaki pikler O-H titreşimlerden kaynaklanmaktadır (Matos vd., 2011; Lua & Yang, 2004).



Şekil 12. Koyun gübresinden elde edilen aktif karbonun FTIR analizi sonuçları.

Figure 12. FTIR analysis results of activated carbon obtained from sheep manure.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyada ticari olarak üretilen aktif karbon üretim metodları patentlidir. Bu nedenle, aktif karbon gibi yüksek katma değeri olan ürünlerin üretim metodlarının araştırılması son derece değerlidir. Özellikle yüksek yüzey alanına sahip olan aktif karbon üretimi, kullanım alanının stratejik önemi nedeni ile daha da önem kazanmaktadır. Bu amaçla yürütülen bu çalışmamızda, ham materyal olarak koyun gübresi kullanılarak farklı üretim yöntemi araştırılmıştır. Üç aşamalı olarak uyguladığımız yöntemde, emprenye zamanını kısaltmak için emdirilen kimyasal maddeler 200 °C de etüvde 30 dakika bekletilmiştir. ZnCl₂, KOH ve H₃PO₄ kimyasallarının kullanıldığı çalışmamızın neticesinde, materyalin farklı boyutları ile yaptığımız

deneylerde en yüksek yüzey alanının -900+550 µm boyutundaki numunelerle elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, emprenye oranının aktif karbon yüzey alanı ve verimi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen işlemler sonucunda en uygun emprenye oranının Çinko Klorür (ZnCl₂) ve Potasyum Hidroksit (KOH) için 3/1, Fosforik Asit (H₃PO₄) için 2/1 olduğu tespit edilmiştir. Karbonizasyon sıcaklığı ve süresinin aktif karbon yüzey alanı ve verimi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan işlemler sonucunda, en uygun karbonizasyon sıcaklığı ve süresinin çinko klorür (ZnCl₂) için (400 °C-45 dk), potasyum hidroksit (KOH) için (700 °C-45 dk) ve fosforik asit (H₃PO₄) için (900 °C-30 dk) olduğu tespit edilmiştir. Karbonizasyon sıcaklığı yükseldikçe, ZnCl₂ ile üretilen aktif karbonların yüzey alanının azaldığı, KOH ve H₃PO₄ ile üretilen aktif karbonların yüzey alanlarının arttığı gözlenmiştir. Yüzey alanı sonuçlarındaki dalgalanmaların, ham materyalin homojen olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca karbonizasyon sıcaklığı ve süresinin artışıyla aktif karbon veriminin azaldığı tespit edilmiştir. -900+550 µm boyutundaki materyalin ZnCl₂ ile 3/1 oranında emprenye edildiği 400 °C karbonizasyon sıcaklığında 45 dakikalık bekletme süresi sonucunda üretilen en iyi aktif karbonun yüzey alanının 2170 m²/g olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen aktif karbonun yüksek nitelikli olduğu, yüzey alanı dikkate alındığında bu hammadde ile üretilen aktif karbonun potansiyelinin olduğu anlaşılmaktadır. Üretilen bu aktif karbon ile mikrokirletici gideriminde son derece etkili olduğu görülmüş olup (Dilekoğlu & Yapıcı, 2023) süper kapasitör üretimi gibi yüksek katma değerli kullanım alanları da araştırılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Harran Üniversitesi BAP biriminin 19253 nolu projesi tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmanın yapılmasında verdiği destekten dolayı Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abu Al-Rub, F.A., Kandah, M. & Al-Dabaybeh, N. (2003).** Competitive adsorption of nickel and cadmium on sheep manure wastes: experimental and prediction studies. *Separation Science and Technology*, **38**(2), 483-497.
- Awasthi, M.K., Duan, Y., Awasthi, S.K., Liu, T., Zhang, Z., Kim, S. H. & Pandey, A. (2020).** Effect of biochar on emission, maturity and bacterial dynamics during sheep manure composting. *Renewable Energy*, **152**, 421-429.

- Aydin Şamdan, C. (2013).** *Kabak çekirdeği kabuğundan kimyasal aktivasyonla aktif karbon üretimi. Boya ve ağır metal gideriminde değerlendirilmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 174s.
- Balçık, E. Ü., Torun, M., & Nadeem, H. Ş. (2020).** Gıda Atıklarından Aktif Karbon Üretimi ve Aktif Karbonun Gıda Endüstrisinde Uygulamaları. *Gıda*, **45**(2), 217-229.
- Boostani, H.R., Najafi-Ghiri, M., Hardie, A.G. & Khalili, D. (2019).** Comparison of Pb stabilization in a contaminated calcareous soil by application of vermicompost and sheep manure and their biochars produced at two temperatures. *Applied Geochemistry*, **102**, 121-128.
- Cha, J.S., Park, S.H., Jung, S.C., Ryu, C., Jeon, J.K., Shin, M.C. & Park, Y.K. (2016).** Production and utilization of biochar: A review. *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, **40**, 1-15.
- Danish, M. & Ahmad, T. (2018).** A review on utilization of wood biomass as a sustainable precursor for activated carbon production and application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **87**, 1-21.
- Demirbaş, E., Kobya, M., Öncel, S. & Şencan, S. (2002).** Removal of Ni (II) from aqueous solution by adsorption onto hazelnut shell activated carbon: equilibrium studies. *Bioresource Technology*, **84**(3), 291-293.
- Demirtaş, E.I., Nuri, A.R.I., Arpacioğlu, A., Harun, K.A.Y.A. & Özkan, C.F. (2005).** Değişik organik kökenli gübrelerin kimyasal özellikleri. *Derim*, **22**(2), 47-52.
- Dilekoğlu, M.F. & Yapıcı, M. (2023).** Adsorption of naproxen pharmaceutical micropollutant from aqueous solutions on superior activated carbon synthesized from sheep manure: Kinetics, thermodynamics, and mechanism. *Journal of Molecular Liquids*, **381**, 121839.
- Iupac. (1985).** IUPAC recommendations. *Pure Appl. Chem*, **57**, 603-619.
- Kandah, M. (2001).** Zinc adsorption from aqueous solutions using disposal sheep manure waste (SMW). *Chemical Engineering Journal*, **84**(3), 543-549.
- Karacan, F., Ozden, U. & Karacan, S. (2007).** Optimization of manufacturing conditions for activated carbon from Turkish lignite by chemical activation using response surface methodology. *Applied Thermal Engineering*, **27**(7), 1212-1218.

- Karapınar, H.S. (2018).** *Yenidünya (Eriobotrya Japonica) Çekirdeğinden Aktif Karbon Üretimi ve Özelliklerinin İncelenmesi.* Doktora Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 196 s.
- Kwiatkowski, J.F. (2011).** *Activated carbon: classifications, properties and applications.* Nova Science Publishers, Incorporated.
- Li, Y., Achinas, S., Zhao, J., Geurkink, B., Krooneman, J. & Euverink, G.J.W. (2020).** Co-digestion of cow and sheep manure: Performance evaluation and relative microbial activity. *Renewable Energy*, **153**, 553-563.
- Lillo-Ródenas, M.A., Marco-Lozar, J.P., Cazorla-Amorós, D. & Linares-Solano, A. (2007).** Activated carbons prepared by pyrolysis of mixtures of carbon precursor/alkaline hydroxide. *Journal of Analytical And Applied Pyrolysis*, **80**(1), 166-174.
- Liu, Q.S., Zheng, T., Wang, P. & Guo, L. (2010).** Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation. *Industrial Crops And Products*, **31**(2), 233-238.
- López-Cano, I., Roig, A., Cayuela, M.L., Alburquerque, J.A. & Sánchez-Monedero, M.A. (2016).** Biochar improves N cycling during composting of olive mill wastes and sheep manure. *Waste Management*, **49**, 553-559.
- Lu, Q., Wang, Z., Dong, C.Q., Zhang, Z.F., Zhang, Y., Yang, Y.P. & Zhu, X.F. (2011).** Selective fast pyrolysis of biomass impregnated with ZnCl₂: Furfural production together with acetic acid and activated carbon as by-products. *Journal of Analytical And Applied Pyrolysis*, **91**(1), 273-279.
- Lua, A.C. & Yang, T. (2004).** Effect of activation temperature on the textural and chemical properties of potassium hydroxide activated carbon prepared from pistachio-nut shell. *Journal of Colloid And Interface Science*, **274**(2), 594-601.
- Malik, R., Ramteke, D.S. & Wate, S.R. (2007).** Adsorption of malachite green on groundnut shell waste based powdered activated carbon. *Waste Management*, **27**(9), 1129-1138.
- Matos, J., Nahas, C., Rojas, L. & Rosales, M. (2011).** Synthesis and characterization of activated carbon from sawdust of Algarroba wood. 1. Physical activation and pyrolysis. *Journal of Hazardous Materials*, **196**, 360-369.
- Qian, Q., Machida, M. & Tatsumoto, H. (2007).** Preparation of activated carbons from cattle-manure compost by zinc chloride activation. *Bioresource Technology*, **98**(2), 353-360.
- Şahin, Ö., Saka, C., Ceyhan, A.A. & Baytar, O. (2016).** The pyrolysis process of biomass by two-stage chemical activation with different methodology and iodine adsorption. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects*, **38**(12), 1756-1762.
- Shi, Q., Zhang, J., Zhang, C., Li, C., Zhang, B., Hu, W., ... & Zhao, R. (2010).** Preparation of activated carbon from cattail and its application for dyes removal. *Journal of Environmental Sciences*, **22**(1), 91-97.
- Teng, H., Lin, Y.C. & Hsu, L.Y. (2000).** Production of activated carbons from pyrolysis of waste tires impregnated with potassium hydroxide. *Journal of the Air & Waste Management Association*, **50**(11), 1940-1946.
- Yahya, M.A., Al-Qodah, Z. & Ngah, C.Z. (2015).** Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **46**, 218-235.
- Zhang, C., Zhu, X., Cao, M., Li, M., Li, N., Lai, L., ... & Wei, D. (2016).** Hierarchical Porous Carbon Materials Derived from Sheep Manure for High-Capacity Supercapacitors. *ChemSusChem*, **9**(9), 932-937.



Faunistic Contributions on the Subfamily Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) in Türkiye

Semih ÖRGEL*

Manisa Celal Bayar University, Demirci Vocational School, Manisa, Türkiye

Geliş/Received: 15.05.2023

Kabul/Accepted: 29.08.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Örgel, S. (2023). Faunistic Contributions on the Subfamily Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) in Türkiye. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 411-414. <https://doi.org/10.35229/jaes.1297292>
Atf yapmak için: Örgel, S. (2023). Türkiye'deki Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) Altfamilyası Üzerine Faunistik Çalışmalar. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 411-414. <https://doi.org/10.35229/jaes.1297292>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-6362-3091>

*Corresponding author:

Semih ÖRGEL
Manisa Celal Bayar University, Demirci
Vocational School, Manisa, Türkiye
✉: orgelsemih@gmail.com

Abstract: The purpose of this study is to give additional records on the fauna of Staphylininae in Türkiye. Examined material was composed of specimens collected from different provinces of Türkiye between 2007-2018. In the study, 69 specimens collected using aspirators and sifter were examined. In conclusion of the material examining, twelve species of the subfamily Staphylininae were reported from different regions of Türkiye. Among them, *Atrecus affinis* (Paykull, 1789) from Central Anatolian Region, *Dinothenarus flavocephalus* (Goeze, 1777) and *Neobisnius orbis orbis* (Kiesenwetter, 1850) from Eastern Anatolian Region and *Philonthus atratus* (Gravenhorst, 1802) from Aegean Region are recorded for the first time. In addition, new locality records of the recorded species were presented.

Keywords: Anatolia, fauna, new records, staphylininae, Türkiye.

Türkiye'deki Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) Altfamilyası Üzerine Faunistik Çalışmalar

*Sorumlu yazar:

Semih ÖRGEL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci
Meslek Yüksekokulu, Manisa, Türkiye
✉: orgelsemih@gmail.com

Öz: Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki Staphylininae faunası hakkında ek kayıtlar vermektir. İncelenen materyal 2007-2018 yılları arasında Türkiye'nin farklı illerinden toplanan örneklerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, Aspiratör ve elek kullanılarak toplanan 69 örnek incelenmiştir. Materyalin incelenmesi sonucunda Türkiye'nin farklı bölgelerinden Staphylininae alt familyasına ait on iki tür rapor edilmiştir. Bunlardan *Atrecus affinis* (Paykull, 1789) İç Anadolu Bölgesi'nden, *Dinothenarus flavocephalus* (Goeze, 1777) ve *Neobisnius orbis orbis* (Kiesenwetter, 1850) Doğu Anadolu Bölgesi'nden ve *Philonthus atratus* (Gravenhorst, 1802) Ege Bölgesi'nden ilk kez kaydedilmiştir. Ayrıca kayıt altına alınan türler için yeni lokalite kayıtları sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Anadolu, fauna, yeni kayıtlar, Staphylininae, Türkiye.

INTRODUCTION

With over 9,000 known species and subspecies all over the world, Staphylininae Latreille, 1802 is the third largest subfamily of the family Staphylinidae Latreille, 1802, after Aleocharinae Fleming, 1821 (with over 17,000 species and subspecies) and Pselaphinae Latreille, 1802 (with over 10,000 species and subspecies) (Newton, 2019). In Türkiye, the subfamily contains 370 species and subspecies belonging to 41 genera (Anlaş, 2009: updated). The most notable among these genera are *Philonthus* Stephens, 1829 (66 species), *Quedius* Fairmaire, 1882 (71 species), *Ocypus* Leach, 1819 (36 species), *Xantholinus*

Dejean, 1821 (38 species), which include 211 of these species. *Xantholinus* is also the genus with the highest rate of endemism (%58).

The main purpose of the present paper is to supplement the knowledge of the Staphylininae fauna of Türkiye.

MATERIAL AND METHOD

Examined material was composed of collected from different provinces of Türkiye between 2007-2018. The specimens in the study were collected under the stone and by using sifter. The material referred to in this study

[¹] This study was produced from the master thesis.

was deposited in the Alaşehir Zoological Museum Manisa (AZMM). Classification and nomenclature were made according to Newton (2019) and Schülke & Smetana (2015).

RESULTS

Family Staphylinidae Latreille, 1802

Subfamily Staphylininae Latreille, 1802

Atrecus affinis (Paykull, 1789)

Material examined: *Sivas:* 3 exs., 15.IV.2018, Hafik, Toraç Mountain, 40°12'48"N, 37°18'28"E, 2000 m, leg. Anlaş, Örgel & Yaman.

Distribution in Türkiye: Artvin, Bolu, Bursa, Karabük, Kastamonu, Rize, Sakarya, Zonguldak (Anlaş, 2009; Assing, 2013, 2014; Özdemir, 2021).

Remarks: This species is recorded from Central Anatolian Region for the first time.

Distribution in the world: This species is widely distributed in Europe and known from Türkiye (Schülke & Smetana, 2015).

Dinothenarus flavocephalus (Goeze, 1777)

Material examined: *Tunceli:* 2 exs., 13.IX.2007, Central province 5 km N, Anafatma, Munzur river bank, 39°07'N, 39°30'E, 920 m, leg. Anlaş & Yağmur.

Distribution in Türkiye: Bilecik, Eskişehir, Manisa, Mersin (Anlaş, 2009; Anlaş et al., 2014; Çiftçi & Hasbenli, 2016; Fırat & Sert, 2016).

Remarks: This species is recorded from Eastern Anatolian Region for the first time.

Distribution in the world: This species is distributed in Iran, Iraq, Israel, Lebanon, Syria and Türkiye (Schülke & Smetana, 2015).

Gabrius nigrutilus (Gravenhorst, 1802)

Material examined: *Afyonkarahisar:* 2 exs., 16.IX.2011, Sandıklı Mountains, 38°27'45"N, 30°21'30"E, 1548 m, leg. Yağmur. *Denizli:* 4 exs., 30.V.2014, Babadağ, 37°47'43"N, 28°48'47"E, 903 m, leg. Örgel. *Uşak:* 2 exs., 15.IV.2013, Banaz, Gürlek 2 km N, 38°51'33"N, 29°41'11"E, 939 m, leg. Anlaş, Yağmur & Örgel.

Distribution in Türkiye: Adana, Afyonkarahisar, Aksaray, Amasya, Ankara, Antalya, Bursa, Çankırı, Elazığ, Eskişehir, Giresun, Gümüşhane, İzmir, Karabük, Konya, Manisa, Mardin, Mersin, Niğde, Rize, Tunceli (Anlaş, 2009; Anlaş & Rose, 2009; Assing, 2014; Özdemir, 2021; Fırat & Sert, 2016; Özgen et al., 2010; Tezcan & Anlaş, 2009;).

Remarks: This species is recorded from Denizli and Uşak provinces of Türkiye for the first time.

Distribution in the world: *G. nigrutilus* is a cosmopolitan species (Schülke & Smetana, 2015).

Neobisnius orbus orbus (Kiesenwetter, 1850)

Material examined: *Malatya:* 2 exs., 02.V.2008, Doğanşehir, Boruk Mountain, 37°53'08"N, 37°43'04"E, 1100 m, leg. Anlaş.

Distribution in Türkiye: Antalya, Balıkesir, Gümüşhane, Kilis, Mersin (Anlaş, 2009; Anlaş & Rose, 2009; Özdemir, 2021).

Remarks: This species is recorded from Eastern Anatolian Region for the first time.

Distribution in the world: According to Schülke & Smetana (2015), *N. orbus orbus* was known from Asia, Europe, North Africa and Afrotropical Region.

Philonthus atratus (Gravenhorst, 1802)

Material examined: *Manisa:* 2 exs., 29.III.2010 Spil National Park, 1200 m, 38°33'20"N, 27°23'17"E, leg. Anlaş.

Distribution in Türkiye: Ankara, Batman, Bayburt, Çankırı, Diyarbakır, Erzurum, Gümüşhane, Konya, Malatya, Mersin, Muş, Niğde (Anlaş, 2009; Anlaş & Rose, 2009; Kesdek et al., 2009; Özdemir, 2021; Fırat & Sert, 2016; Özgen et al., 2010).

Remarks: This species is recorded from Western Anatolian Region for the first time.

Distribution in the world: This species is widely distributed in Asia and Europe and known from Morocco (Schülke & Smetana, 2015).

Philonthus carbonarius (Gravenhorst, 1802)

Material examined: *Afyonkarahisar:* 6 exs., 02.V.2015, Ahır Mountains, Büyükkavşak Hill, 38°43'08"N, 30°03'48"E, 1810 m, leg. Yağmur & Örgel. *Kütahya:* 1 ex., 20.IV.2013, Hisarcık, 39°11'56"N, 29°07'21"E, 1107 m, leg. Anlaş, Yağmur & Örgel.

Distribution in Türkiye: Afyonkarahisar, Aksaray, Antalya, Ardahan, Bingöl, Bursa, Elazığ, Erzurum, Kahramanmaraş, Kars, Manisa (Anlaş, 2009; Anlaş & Rose, 2009; Assing, 2013; Daşdemir & Tozlu, 2022; Fırat & Sert, 2016; Özgen & Anlaş, 2010).

Remarks: This species is recorded from Kütahya province of Türkiye for the first time.

Distribution in the world: *P. carbonarius* is widely distributed in Asia and Europe and known from Algeria and Nearctic Region (Schülke & Smetana, 2015).

Philonthus nitidicollis (Lacordaire, 1835)

Material examined: *Konya:* 9 exs., 15.IV.2016, Seydişehir, Geyik Mountains, Rezebeli Pass, 37°27'18"N, 31°42'06"E, 1825 m, leg. Örgel & Yaman. *Karaman:* 5 exs., 25.V.2016, Sarıveliler, Göktepe, 36°37'11"N, 32°35'54"E, 1702 m, leg. Örgel & Yaman.

Distribution in Türkiye: Adana, Aksaray, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bingöl, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Erzurum, Eskişehir, Gaziantep, Isparta, İzmir, Karaman, Kayseri, Kırşehir, Konya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Nevşehir, Siirt, Şırnak (Anlaş, 2009; Anlaş & Rose, 2009; Çiftçi & Hasbenli, 2016; Daşdemir & Tozlu,

2022; Japoshvili & Anlaş, 2011; Fırat & Sert, 2016; Tezcan et al., 2019).

Distribution in the world: This species is widely distributed in Asia and Europe and North Africa (Schülke & Smetana, 2015).

***Philonthus quisquiliariformis* Scheerpeltz, 1958**

Material examined: Konya: 1 ex., 27.X.2017, Bozkır, Tanrıdağı Hill, 36°58'39"N, 32°16'15"E, 1892 m, leg. Örgel & Yaman; 2 exs., 02.III.2018, Ilgın, Bulcuk, 38°08'40"N, 31°57'48"E, 1430 m, leg. Örgel & Yaman.

Distribution in Türkiye: Ankara, Aydın, Manisa, Van (Anlaş, 2009; Scheerpeltz, 1958). Endemic.

Remarks: This species is recorded from Konya province of Türkiye for the first time.

Distribution in the world: Türkiye (Schülke & Smetana, 2015).

***Philonthus rufimanus rufimanus* Erichson, 1840**

Material examined: Çankırı: 10 exs., 30.III.2013, Kurşunlu 15 km N, Bayramören 3 km E, 1648 m, 40°55'42"N, 33°15'50"E, leg. Anlaş, Yağmur & Örgel. **Manisa:** 1 ex., 30.XI.2014, Spil Mountain, 38°33'44"N, 27°23'10"E, 1100 m, leg. Yağmur & Örgel.

Distribution in Türkiye: Aksaray, Ankara, Aydın, Artvin, Balıkesir, Bayburt, Bursa, Çankırı, Elazığ, Eskişehir, Erzurum, Gümüşhane, İzmir, Kahramanmaraş, Kayseri, Kilis, Konya, Kütahya, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muş, Siirt, Sivas, Tunceli, Uşak, Yozgat (Abacıgil et al., 2013; Anlaş, 2009; Anlaş & Rose 2009; Özdemir, 2021; Fırat & Sert, 2016; Özgen et al., 2015).

Distribution in the world: This species is widely distributed in Asia and Europe (Schülke & Smetana, 2015).

***Platyprosopus hierichonticus* Reiche & Sauley, 1856**

Material examined: Gaziantep: 3 exs., 18.XI.2010, Islahiye, Kabaklar, 37°02'08"N, 36°34'03"E, 775 m, leg. Anlaş & Yağmur.

Distribution in Türkiye: Antalya, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, İzmir, Manisa, Mersin (Anlaş, 2009; Anlaş & Rose, 2009; Özgen et al., 2018).

Distribution in the world: *P. hierichonticus* was known from Cyprus, Greece, Israel, Syria and Türkiye (Schülke & Smetana, 2015).

***Xantholinus graecus* Kraatz, 1858**

Material examined: Ankara: 9 exs., 11.VII.2014, Elmadağ, Lalahan 10 km S, 39°54'46"N, 33°06'07"E, 1370 m, leg. Anlaş, Yağmur & Örgel **Manisa:** 1 ex., 20.III.2013, Turgutlu, Baktırlı 2 km W, 38°25'38"N, 27°52'44"E, 780 m, leg. Anlaş, Yağmur & Örgel.

Distribution in Türkiye: Adana, Afyonkarahisar, Antalya, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kırklareli, Kütahya, Manisa, Mersin, Muğla, Osmaniye,

Sinop, Uşak (Anlaş, 2014, 2017, 2019; Assing, 2006, 2007).

Remarks: This species is recorded from Ankara province of Türkiye for the first time.

Distribution in the world: This species was known from Albania, Cyprus, Greece, Israel, Italy, Lebanon, Malta, Russia (South European Territory) and Türkiye (Schülke & Smetana, 2015).

***Xantholinus ibex* Assing, 2007**

Material examined: Muğla: 1 ex., 18.VI.2013, Fethiye-Çameli road 40. km., 36°52'21"N, 29°10'29"E, 1678 m, leg. Yağmur & Örgel; 3 exs., 04.IV.2013, Datça, Emecik 2 km SW, 36°46'01"N, 27°48' 9"E, 107 m, leg. Yağmur & Örgel.

Distribution in Türkiye: Antalya, Denizli, Muğla (Anlaş, 2017; Assing, 2007). Endemic.

Distribution in the world: Türkiye (Schülke & Smetana, 2015).

ACKNOWLEDGEMENTS

We are most grateful to our colleagues for making their staphylinid collections available to us.

REFERENCES

- Abacıgil, T.Ö., Varlı, S. & Tezcan, S. (2013). Faunistic studies on Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) in Kazdağları (Balıkesir province) in Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, **8**(1), 415-433.
- Anlaş, S. (2009). Distributional checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) of Turkey, with new and additional records. *Linzer biologische Beiträge*, **41**, 215-342.
- Anlaş, S. (2014). On the genus *Xantholinus* Dejean of Turkey. Three new species, new and additional records, with distributional checklist (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylininae: Xantholinini). *Journal of Insect Biodiversity*, **1**(11), 1-28.
- Anlaş, S. (2017). The genus *Xantholinus* Dejean, 1821 (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylininae: Xantholinini) in Turkey: a new species from south-eastern Anatolia and new records of known species. *Acta Zoologica Bulgarica*, **69**(4), 457-464.
- Anlaş, S. (2019). Notes on the genus *Xantholinus* Dejean, 1821 (Coleoptera, Staphylinidae, Staphylininae, Xantholinini) from the western Palearctic Region. *Turkish Journal of Entomology*, **43**(2), 211-225.
- Anlaş, S. & Rose, A. (2009). Some additional notes about Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) fauna of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, **4**(2), 327-333.
- Anlaş, S., Tezcan, S. & Örgel, S. (2014). Seasonal dynamics and species composition of dung-inhabiting staphylinids (Coleoptera,

- Staphylinidae) in Western Turkey. *Journal of Anatolian Natural Sciences*, **5**(1), 14-19.
- Assing, V. (2006).** New species and records of Staphylinidae from Turkey IV, with six new synonymies (Coleoptera: Staphylinidae). *Koleopterologische Rundschau*, **76**, 223-276.
- Assing, V. (2007).** On the Xantholinini of Turkey and adjacent regions (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae). *Zootaxa*, **1474**, 1-54.
- Assing, V. (2013).** On the Staphylinidae (Coleoptera) of Turkey IX. Five new species, a new synonymy, and additional records. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie*, **6**, 103-125.
- Assing, V. (2014).** On the Staphylinidae of Turkey X. Two new species and additional records (Insecta: Coleoptera). *Linzer biologische Beiträge*, **46**(2), 1133-1146.
- Çiftçi, D. & Hasbenli, A. (2016).** Faunistic studies on Steninae, Paederinae and Staphylinae (Coleoptera: Staphylinidae) from Sündiken Mountains (Turkey). *Entomofauna*, **37**(6), 101-136.
- Daşdemir, A. & Tozlu, G. (2022).** Erzurum İli'ndeki Staphylinidae (Coleoptera) Türleri Üzerinde Sistematik ve Faunistik Çalışmalar. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **7**(4), 546-560.
- Fırat, S & Sert, O. (2016).** Faunistic and zoogeographical composition and preliminary evaluations of some ecological features of the subfamily Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) of the Central Anatolian Region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **40**(2), 164-185.
- Japoshvili, G. & Anlaş, S. (2011).** Notes on the family Staphylinidae (Coleoptera) collected by pitfall traps in Gölcük, Isparta province of Turkey. *Journal of Entomological Research Society*, **13**(1), 41-48.
- Kesdek, M., Yıldırım, E., Anlaş, S. & Tezcan, S. (2009).** Contribution to the knowledge of Staphylinidae (Coleoptera) fauna of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, **4**(2), 355-364.
- Newton, A. (2019).** StaphBase: Staphyliniformia World catalog database (version Nov 2018). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist (Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds.). Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species: Naturalis, Leiden, the Netherlands 2000.
- Özdemir, S. (2021).** Faunistic contributions, and ecological and zoogeographical evaluations on Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) fauna of Eastern Black Sea Region of Turkey. *Transactions American Entomological Society*, **147**, 929-959.
- Özgen, İ., Anlaş, S. & Eren, S. (2010).** Contribution to the knowledge of Staphylinidae (Coleoptera) fauna of cotton and pistachio fields in Southeastern Anatolia. *Journal of Anatolian Natural Sciences*, **1**(1), 20-26.
- Özgen, İ. & Anlaş, S. (2010).** A cow dung investigation on Staphylinidae (Coleoptera) with a new record from Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, **5**(2), 642-645.
- Özgen, İ., Anlaş, S., Khachikov, E.A. & Akın, T. (2015).** Contribution to the knowledge of Staphylininae (Staphylinidae, Coleoptera) in Elazığ province of Turkey. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **3**(1), 224-226.
- Özgen, İ., Örgel, S., Yaman, S. & Ayaz, T. (2018).** A newly faunistic notes on Staphylinidae (Coleoptera) in Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, **13**(2), 503-506.
- Scheerpeltz, O. (1958).** Wissenschaftliche Ergebnisse der von Herrn Dr. K. Lindberg, Lund, im Jahre 1956 nach der Türkei und Armenien unternommenen Reise. Coleoptera-Staphylinidae. *Entomologisk Tidskrift (Supplementum)*, **78**(1957), 3-37.
- Schülke, M. & Smetana, A. (2015).** Staphylinidae, In: Löbl, I. & Löbl, D. (Eds), *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 2. Hydrophiloidea–Staphyloidea. Revised and updated ed.*, 304-1134p, Leiden, Brill.
- Tezcan, S. & Anlaş, S. (2009).** Notes on the light trap collected rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) of the integrated cherry orchards of western Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, **33**, 3-11.
- Tezcan, S., Örgel, S. & Gülperçin, N. (2019).** Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) fauna associated with cow dung in Aspat (Strobilos), Bodrum, Muğla, Western Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, **14**(1), 192-196.



Deniz Deşarjından Yatay Deşarj Edilmiş Tekil Soğuk Su Jetlerinin Çarpma Noktası Seyrelmesinin US EPA Visual Plumes-UM3 Modeli ile İncelenmesi

Uğur Emre TEMELLİ¹ Naim SEZGİN² Bilge ÖZDOĞAN CUMALI² Semih NEMLİOĞLU^{2*}

¹Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Sivil Savunma ve İfaiyecilik Programı, İstanbul, Türkiye

²Istanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi: 30.04.2023

Kabul Tarihi: 14.06.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Temelli, U.E., Sezgin, N., Özdoğan Cumalı, B. & Nemlioğlu, S. (2023). Deniz Deşarjından Yatay Deşarj Edilmiş Tekil Soğuk Su Jetlerinin Çarpma Noktası Seyrelmesinin US EPA Visual Plumes-UM3 Modeli ile İncelenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 415-420. <https://doi.org/10.35229/jaes.1290453>

How to cite: Temelli, U.E., Sezgin, N., Özdoğan Cumalı, B. & Nemlioğlu, S. (2023). Investigation of Impact Point Dilution of Horizontally Discharged Singular Cold Water Jets from Marine Outfall Using by US EPA Visual Plumes-UM3 Model. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 415-420. <https://doi.org/10.35229/jaes.1290453>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9938-4651>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6894-0723>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3614-5861>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7579-7120>

***Sorumlu yazarın:**

Semih NEMLİOĞLU
Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik
Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34320,
Avcılar, İstanbul, Türkiye
✉: snemli@iuc.edu.tr

Öz: Deniz suyu birçok endüstride termik işlemlerin soğutma ve ısıtma işlemlerinde kullanılabilir. Sıcak proseslerde daha yaygın olan soğutma işlemidir ve soğutma suyu kullanımına ihtiyaç duyulur. Bununla birlikte, yeniden gazlaştırma operasyonları gibi bazı endüstrilerde ısıtma da önemli bir süreçtir. Özellikle, açık çevrimli deniz suyuyla ısıtma sistemleri, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) alım terminallerinde yaygın olarak kullanılabilir. Bu sistemlerden soğuk su deşarjları oluşur ve bunlar deniz ortamına geri dönerler. Soğuk su deşarjları, deniz organizmaları arasında soğuk şokuna ve hipotermiye neden olabilir. Soğuk su deşarjlarının olumsuz etkilerinden dolayı, deniz ortamındaki soğutulmuş deniz suyunun seyreltilmesi için soğuk su deşarj sistemleri kullanılabilir. Soğuk su deşarjları, boru hattı sistemleri de dahil olmak üzere tek portlu veya çok portlu difüzörler olarak tasarlanabilir. Deşarj edilen soğuk su, denizde negatif yüzer jetler olarak davranırlar. Negatif yüzer soğuk su deşarjlarının uygun şekilde seyreltilmesini sağlamak zorlu bir konudur ve ayrıntılı bir tanımlama aşaması gerektirir. Soğuk su gibi yoğun jetler, deniz ortamında dibe batma eğilimindedirler. Dolayısıyla, tasarım çalışmalarında dikkate alınan soğuk su jetinin birinci seyrelmesini taban ile jet arasında oluşan etkileşim önemli ölçüde etkiler. Difüzör, tabana yeterince yakın yerleştirildiğinde jet ile taban arasındaki sınır etkileşimi artacaktır. Bu tip durumlarda, sınır etkileşiminin çarpma noktası seyrelmesi üzerine etkisinin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, deneysel olarak gerçekleştirilen iki farklı difüzör yüksekliği ile aynı koşullarda USEPA VP-UM3 sayısal modeli kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda USEPA VP-UM3 modelinden elde edilen çarpma noktası seyrelmelerinin, soğuk su deşarjı tasarımında yaklaşık %44 daha konservatif bölgede kaldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çarpma noktası seyrelmesi, deniz deşarjı, soğuk su deşarjı, visual plumes, yoğun jet.

Investigation of Impact Point Dilution of Horizontally Discharged Singular Cold Water Jets from Marine Outfall Using by US EPA Visual Plumes-UM3 Model

Abstract: Seawater can be used in many industries for cooling and heating of thermal processes. Cooling is more common in hot processes and requires the use of cooling water. However, in some industries, such as regasification operations, heating is also an important process. In particular, open-loop seawater heating systems can be widely used in liquefied natural gas (LNG) receiving terminals. Cold water discharges occur from these systems, and they return to the marine environment. Cold water discharges can cause cold shock and hypothermia among marine organisms. Because of the negative effects of cold water discharges, cold water discharge systems can be used to dilute chilled seawater in the marine environment. Cold water outfalls can be designed as single port or multipoint diffusers, including pipeline systems. The discharged cold water behaves as negatively buoyant jets in the sea. Ensuring proper dilution of negatively buoyant cold water discharges is a challenge and requires a detailed identification step. Dense jets, such as cold water, tend to sink to the bottom in the marine environment. Therefore, the interaction between the bottom and the jet significantly affects the initial dilution of the cold water jet, which is considered in the design studies. The boundary interaction between the jet and the bottom will increase if the diffuser is placed close enough to the bottom. In such cases, the effect of boundary interaction on impact point dilution needs to be determined. In this study, the results obtained using the US EPA VP-UM3 numerical model under the same conditions with two different diffuser elevations performed experimentally were compared. As a result of this study, it was determined that the impact point dilutions obtained from the US EPA VP-UM3 model remained in the more conservative region of approximately 44% in the cold water discharge design.

***Corresponding author:**

Semih NEMLİOĞLU
Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of
Engineering, Department of Environmental
Engineering, 34320, Avcılar, İstanbul, Türkiye
✉: snemli@iuc.edu.tr

Keywords: Cold water discharge, dense jet, impact point dilution, marine outfall, visual plumes.

GİRİŞ

Endüstriyel faaliyetlerde ısı (termal) işlemler faaliyetin durumuna göre birçok alanda uygulanmaktadır. Termik santraller gibi sıcak işlemlerde soğutma suyuna ihtiyaç duyulurken, soğuk işlemlerde ise ısıtmaya ihtiyaç duyabilmektedir. Uygulama alanlarında termal faaliyetler açısından sıcak koşul daha yaygın olarak karşımıza çıksa da sıvılaştırılmış doğal gazın (LNG: Liquefied Natural Gas) yeniden gazlaştırılması işlemlerinin gerçekleştirildiği tesisler olan LNG tesisleri gibi çok önemli endüstriyel uygulamalar soğuk koşullarda gerçekleştirilmektedirler. Dolayısıyla, bu tip soğuk işlemlerin yer aldığı proseslerde önemli miktarda ısıtma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. LNG terminallerinde yeniden gazlaştırma faaliyetlerini gerçekleştirmek için ısıtma proseslerinde, düşük inşaat ve işletme maliyetleri nedeniyle çoğunlukla deniz suyu kullanılmakta ve bu ısıtma sistemi açık devre olarak çalıştırılmaktadır (BOTAŞ, 2012a; BOTAŞ, 2012b). LNG açık devre ısıtma proseslerinde, deniz suyu, prosete gerçekleştirilen ısı alışverişi nedeniyle soğumakta ve örneğin 8000 m³/saat gibi büyük bir su debisi ile tipik olarak -5°C soğutulmuş su kütleleri oluşturabilmektedir (Kellogg Limited, 1986). Bu kadar büyük miktardaki soğuk su, tekrar alındığı ortama yani denizlere geri deşarj edilmektedir. Deniz gibi alıcı ortamlara deşarj edilen soğuk suların bu ortamlarda yaşayan organizmalar üzerinde (özellikle balık gibi soğukkanlı türlerin hipotermisi gibi) bazı istenmeyen etkileri bulunmaktadır (Hart & Fuller, 1974; Steemann Nielsen, 1975; Artuz, 1994). Diğer yandan, soğuk su deşarjları aynı zamanda tesis içinde organizma girişini önleyici klor gibi bazı kimyasalları da içerebilmektedir (Kellogg Limited, 1986; Artuz, 1992). İstenmeyen çevresel etkileri yeterince azaltmak için birçok durumda soğuk su deniz deşarjları tercih edilebilmektedir. Soğuk atıksuyun deşarjının çevreye olumsuz etkilerinin kontrol altında tutularak çevrenin korunabilmesi için hızlı ve iyi bir karışım sağlanarak deniz ortamında seyreltilmesi gerekmektedir.

Soğuk su deşarjının istenen miktarda seyreltilmesinde debinin büyüklüğüne ve ihtiyaca bağlı olarak tek delikli veya çok delikli difüzöre sahip soğuk su deniz deşarjı sistemleri kullanılmaktadır. Soğuk su deşarjı bir tür termal atık boşaltımı olup, alıcı su kütlesine kıyasla daha yüksek yoğunluğu nedeniyle bir tür yoğun jettir (yani negatif yüzen jettir) (Bayat vd., 2003; Sezgin, 2018). Yoğun jet, alıcı ortamın dibine batma eğilimindedir (Roberts vd., 1997; Nemlioglu & Roberts, 2006). Soğuk su jetinin bu dibe çökme eğilimi nedeniyle, sınırlı bir su sütunu yüksekliğinde iyi karıştırma ve seyrelme sağlamak zordur. Yoğun jet merkez eksenini yörüngesini artırmak için deşarj deliğinin yukarı yönlendirilmesi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bununla birlikte, kıyıda uzakta bulunan bazı yeni LNG alım terminalleri de bulunmaktadır. Bazı soğuk su

deşarjı yapan tesislerin de soğuk suyu seyreltebilecek kadar büyük derinliklere ulaşabilen iskeleleri bulunabilmektedir. Böylesi tabandan yeterince yüksek bir konumlarda deniz yüzeyine yakın soğuk suyu deşarjları mümkün olabilir. Sınırlı bir su derinliğinde soğuk sularını seyreltmek için deniz tabanındaki eğimli nozül yerine, batık yatay olarak yerleştirilmiş deşarj deliğinden (deliklerinden) soğuk su deşarjı yöntemi tercih edilebilir. Tabanın varlığı, sınırlı bir su derinliğinde seyrelmeyi kısıtlayan bir faktördür (Malacic vd., 2008; Shao & Law, 2011). Deşarj ve taban arasındaki uzaklık azaldığında sınır etkileşimi artabilmektedir. Deşarj deliği, tabana fazla yakın yerleştirilirse yoğun jetin taban ile dinamik bir etkileşimi (yani Coanda etkisi) gerçekleşebilir. Örneğin yoğun jet oluşturulan deniz suyu tuzsuzlaştırma tesislerinin yoğun jetlerinde de tıpkı soğuk su deşarjında olduğu gibi iyi bir karışım istenir ve yoğun jet deşarjlarında Coanda etkisi istenmez. Ne var ki, yoğun jet-taban etkileşiminin ilk seyreltme üzerindeki etkileri konusunda çok sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Öte yandan, yatay olarak boşaltılan soğuk su ilk seyreltme ve tabana bağlanma ilişkisi, yoğun jetler ile ilgili araştırmaların daha az çalışılan bir konudur (Nemlioglu & Sezgin, 2014). Ancak, Nemlioglu & Sezgin (2014) yatay deşarj edilmiş soğuk su ile taban derinliğinin birinci seyreltme ile ilişkisini incelemiştir. Az sayıdaki yoğun atıksu deşarjı çalışmalarının mevcudiyeti, deşarj tesisi tasarımında diğer tip deşarjlara benzeşim yapılması yoluyla ve/veya sayısal modelleme programları ile senaryo incelemeleri yapılması şeklinde tasarım çözümlerinin oluşturulmasına neden olmaktadır.

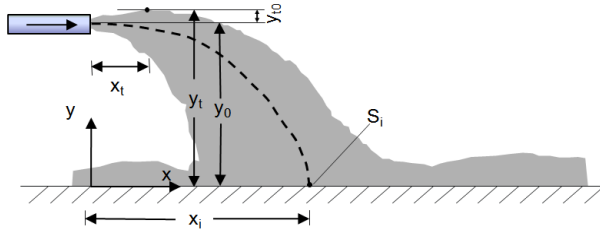
Deniz deşarjı su jetlerinin hidrodinamik incelemelerinde kabul görmüş resmi mercilerce onaylı Cormix, VISJET, US EPA Visual Plumes (VP) vb. belli başlı sayısal modelleme programları pratikte yaygın olarak özellikle pozitif yüzen jetleri olan evsel atıksu deşarjlarının tasarımında yaygın olarak kullanılabilir (Doneker & Jirka, 2001; Roberts & Tian, 2004; Lee & Chu, 2003; Shao & Law, 2006). Örneğin US EPA VP paket programındaki UM3 modeli (VP-UM3) evsel atıksuyun deşarjının gerçek dağılımı ve fiziksel deney ölçümleri ile elde edilen seyreltme ve jet geometrik parametrelerinin karşılaştırılmasında kayda değer bir başarıya sahiptir (Frick, 2004). Yine VP-UM3 modeli, sıcak su deşarjının hidrodinamiğinin incelenmesinde gerek laboratuvar fiziksel deneysel çalışmaları ile sayısal model çalışmalarının karşılaştırılmasında (Djamaa, 2016; Temelli vd., 2017) ve hatta sıcak su deşarjının pratikte az örneği görülen yeni bakış açılı deşarj tasarımlarının incelenmesinde (Ozdogan Cumali & Nemlioglu; 2022) etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu başarılı sayısal modelin (VP-UM3) soğuk su deşarjında da kullanılabilirliğinin incelenmesi soğuk su deşarj tesislerinin tasarımını daha başarılı ve kolay hale getirebileceğinden önemlidir.

Bu çalışmada, Nemlioglu & Sezgin (2014) tarafından yükseltilmiş ve batık bir deşarjdan yüzeye yakın

yatay olarak boşaltılan soğuk suda taban derinliğinin etkisinin incelendiği deneysel çalışma sonuçları ile aynı koşullarda US EPA VP-UM3 modelindeki benzeşimin çarpma noktası seyrelmesi ve jet geometrik parametrelerinin sonuçlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Yatay yerleştirilmiş tekil dairesel bir deşarj deliğinden alıcı ortam suyunun -5°C soğutulmuş halinin soğuk su jetleri olarak tabandan iki farklı yükseklikten durgun ve yoğunluk tabakalaşması olmayan alıcı ortama deşarjının fiziksel laboratuvar modeli ile incelendiği Nemlioglu & Sezgin (2014) çalışmasından alınan merkez eksen seyrelmeleri ve jet geometrik parametreleri, bu çalışmada aynı deşarj koşulları altında US EPA VP-UM3 sayısal modeli sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deneysel koşulları sayısal modelde girdi olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan soğuk su jetinin parametrelerine ait görsel Şekil 1’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan deneysel katsayılar ise Tablo 1’de sunulmuştur. Tablo 1’de açıklamaları sunulan deneysel katsayılar Şekil 1’de gösterilen jet geometrisine (C_1, \dots, C_4) ve seyrelmesine (C_5) ait normalize edilmiş parametre değerlerine karşılık gelen kısaltmalardır ve fiziksel modeller ile sayısal modellerin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. VP-UM3 modeline girdiler oluşturan ve deneysel çalışmanın detaylı özetinin yer aldığı bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir (Nemlioglu & Sezgin, 2014).



Şekil 1. Yatay deşarj edilmiş soğuk su jeti tanımlamaları çizimi (Nemlioglu & Sezgin, 2014).

Figure 1. Definition sketch for horizontally discharged cold water jet (Nemlioglu & Sezgin, 2014).

Tablo 2. Deneysel koşulları özeti (Nemlioglu & Sezgin, 2014).

Table 2. Summary of experimental conditions (Nemlioglu & Sezgin, 2014).

Deneysel Adı	y_0 (cm)	T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	T_a ($^{\circ}\text{C}$)	ρ_0 (kg/m^3)	ρ_a (kg/m^3)	D (mm)	v ($\times 10^{-6}$) (m^2/s)	u (m/s)	R	F
CJ8.3-01	8,3	14,4	19,4	999,58	998,65	5	1,1267	0,407	1808,1	60,28
CJ8.3-02	8,3	14,3	19,3	999,59	998,67	5	1,1297	0,407	1803,3	60,45
CJ8.3-03	8,3	15,0	20,0	999,49	998,52	5	1,1094	0,407	1836,3	59,03
CJ11-01	11	14,3	19,3	999,59	998,67	5	1,1297	0,407	1803,3	60,45
CJ11-02	11	14,3	19,3	999,59	998,67	5	1,1297	0,407	1803,3	60,45
CJ11-03	11	14,3	19,3	999,59	998,67	5	1,1297	0,407	1803,3	60,45

Bu çalışmada, deneysel çalışma ile sayısal model sonuçlarının karşılaştırılması için normalize edilmiş olarak yerel soğuk su jet yörünge uzunlukları (L/dF) ile seyrelmelerin (S/F) grafikleri verilmiştir. Dolayısıyla, seyrelmeler yörünge uzunluklarının bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Deneysel katsayılar (normalize edilmiş).

Table 1. Experimental coefficients (normalized).

Parametre	Eşitlik	Katsayı
Tabana göre jetin tepe yüksekliği	$y_0/dF =$	C_1
Deşarj deliği merkezine göre jet tepe yüksekliği	$y_0/dF =$	C_2
Jet tepe yüksekliğinin deşarj deliğine uzaklığı	$x_0/dF =$	C_3
Çarpma noktasının deşarj deliğine uzaklığı	$x_1/dF =$	C_4
Çarpma noktası seyrelmesi	$S_1/F =$	C_5

Deşarj koşullarının deneysel, sayısal model ve gerçek tasarım arasındaki oransal benzeşimin yapılmasında kullanılan yoğunluksal Froude (F) sayısı Eşitlik 1’den bulunmuştur (Bayat vd., 2003). Eşitlik 1’de verilen yoğunluk farkı, $\Delta\rho$ Eşitlik 2’den ve soğuk suyun alıcı ortamda seyrelmeleri, S, Eşitlik 3’ten hesaplanmıştır:

$$F = \frac{u}{\sqrt{g \cdot d \cdot |\Delta\rho / \rho_0|}} \quad (1)$$

$$\Delta\rho = \rho_0 - \rho_a \quad (2)$$

$$S = \Delta T_0 / \Delta T_{\max} \quad (3)$$

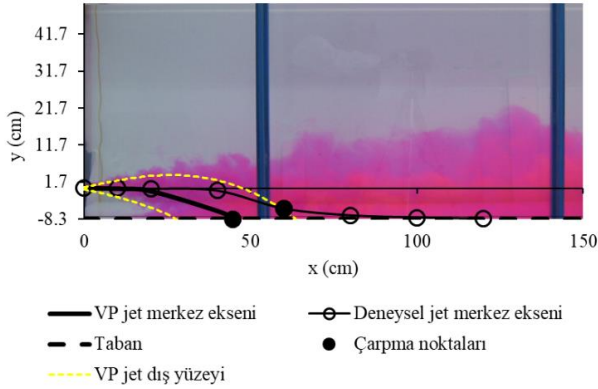
Burada, u, akış hızı (m/s), d deşarj deliği çapı (mm), g, yerçekimi ivmesi ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), ρ_0 , deşarj edilen akışkanın (soğuk su) yoğunluğu (kg/m^3), ρ_a , alıcı ortam akışkanın yoğunluğu (kg/m^3), $\Delta\rho$, yoğunluk farkı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, ΔT_{\max} , yerel jet en kesiti içindeki maksimum sıcaklıklar farkını, ΔT_0 , ($\Delta T_0 = T_a - T_0$), başlangıç sıcaklık farkını, T_a , alıcı ortam sıcaklığını ve T_0 , deşarj edilen soğuk su sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) ifade etmektedir.

Tablo 1’de verilen normalize edilmiş deneysel katsayılar (C_1, \dots, C_5), Şekil 1’de yatay ve düşey uzaklıklar ile çarpma noktası seyrelmesinin, S_1 , d ve F değerleri ile normalize edilmesi ile bulunmuştur. Deneysel çalışmada kullanılan diğer eşitlikler ve detayları Nemlioglu & Sezgin (2014) çalışmasında verildiği gibidir. Nemlioglu & Sezgin (2014) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada, hacim akışının (debi) seyrelme ve jet tepe yüksekliği üzerindeki etkisinin ihmal edilebilmesi için yoğunluksal Froude sayısının, $F \geq 20$ olması gerektiği belirtilmiştir (Roberts & Toms, 1987). Bu nedenle, söz konusu çalışmada 60 civarında F değerleri kullanıldığı ifade edilmiştir (Tablo 2).

BULGULAR

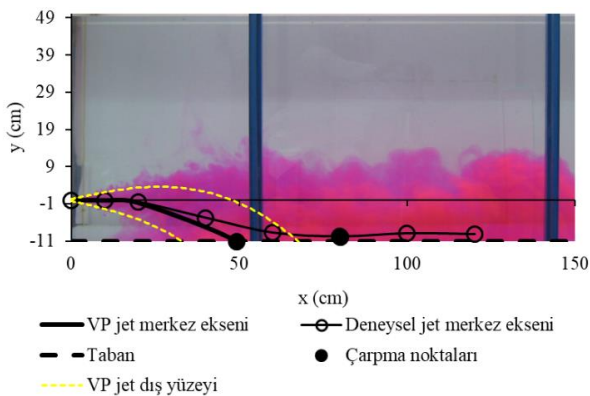
Yatay deşarj edilen soğuk su jetlerinin tabana çarpma noktasına kadar olan birinci seyrelmelerinin deneysel ve sayısal model olarak karşılaştırıldığı bu çalışmada, deneysel çalışmalarda elde edilen deney sonu

anlık görüntüleri Şekil 2 ($y_0=8,3$ cm) ve 3'te ($y_0=11$ cm) verilmiştir. Deneysel çalışmalarda oluşan jet merkez eksinleri, yerel sıcaklıkların belirlenmiş yatay uzaklıklardaki enkesit içi sıcaklık ölçümleri için yapılan düşey tarama ile elde edilmiştir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında elde edilen ve deneysel verilerle aynı koşullarda çalıştırılan US EPA VP-UM3 sayısal model çıktıları olan jet merkez eksen ve jet sınır çizgileri Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Her iki şekil incelendiğinde, jet sınır koşulları için genel olarak deneysel görseller ile sayısal model çıktılarının aynı eğilim gösterdiği (çarpma noktasına kadar), ancak sayısal modelden elde edilen çarpma noktasının deneysel değerlere göre deşarj noktasından yatay uzaklık olarak daha erken tabana ulaştığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, jet merkez eksen yörünge uzunlukları sayısal modelde daha erken tabana yöneldiği için deneysel çalışmada elde edilen jet yörüngelerine göre daha kısa bulunmuştur.



Şekil 2. $y_0=8,3$ cm nozül-taban mesafesi için soğuk su jetinin anlık görüntüsü.

Figure 2. Cold water jet instantaneous image for $y_0=8.3$ cm nozzle-bottom distance.



Şekil 3. $y_0=11$ cm nozül-taban mesafesi için soğuk su jetinin anlık görüntüsü.

Figure 3. Cold water jet instantaneous image for $y_0=11$ cm nozzle-bottom distance.

Bu çalışmada, USEPA VP-UM3 sayısal modelinden jet geometrisine ve seyrelmeye ait değerlerden elde edilen katsayılar ile deneysel olarak belirlenen katsayıların karşılaştırılması Tablo 3'te sunulmuştur. Tablo 3'te verilen katsayıların değerleri incelendiğinde her

iki taban yüksekliği için C_1 deneysel sonuçların model çıktılarından ortalama olarak yaklaşık %38, C_2 için yaklaşık %70 ve C_3 için %42 daha büyük olduğu belirlenmiştir. Jet geometrisini belirleme açısından önemli olan bu parametrelerin (C_1 , C_2 ve C_3 katsayılarının) deneysel değerlerde daha yüksek olması US EPA VP-UM3 de akış jetinin daha erken aşağıya yönelmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Çarpma noktasının deşarj deliğine olan yatay uzaklığının normalize edilmiş katsayı olan C_4 için benzer şekilde deneysel değerler sayısal model verilene göre daha yüksek olarak hesaplanmış ancak bu parametrede taban yüksekliğinin jet çarpma noktası yatay uzaklığına olan etkisi beklendiği gibi daha net gözlemlenmiştir. $y_0=8,3$ cm taban yüksekliğinde ortalama fark yaklaşık %26 iken $y_0=11$ cm'de bu fark yaklaşık %38 olmuştur. Ayrıca, Tablo 3'te verilen ve çarpma noktası normalize edilmiş seyrelme değerlerini ifade eden C_5 katsayılarının yine deneysel sonuçları sayısal model sonuçlarından ortalama olarak yaklaşık %44 daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde VP-UM3 sayısal modelinin deneysel değerlerle aynı büyüklüklere ulaşabilmesi için deşarj noktasının tabandan ve su yüzeyinden daha fazla derinliğe ihtiyaç duyduğu veya başka bir ifade ile sayısal modelin çevresel açıdan daha korumacı bir yaklaşım sergilediği söylenebilir.

Bu çalışma kapsamında soğuk su jetinin merkez yörüngeleri de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar için sayısal modelden elde edilen soğuk su jeti yerel yörünge uzunlukları (yerel merkez eksen noktasının deşarj deliği merkezinden aksel uzunluğu) ile bu yerel enkesitteki jet merkez eksen seyrelmeleri normalize edilmiş olarak Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.

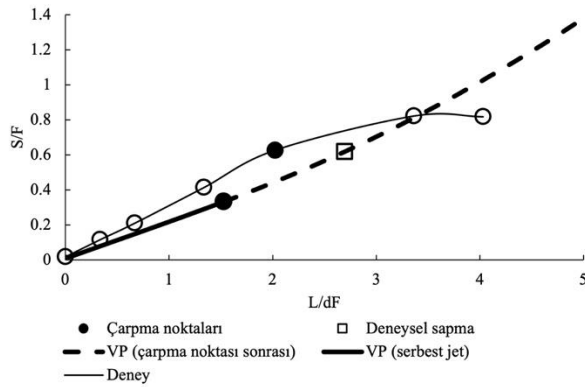
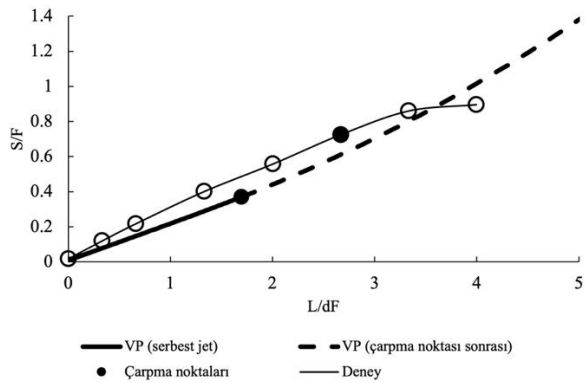
Şekil 4 ve 5'e göre deneysel L/dF-S/F eğrilerinin artış eğilimleri şu şekildedir: 1. Deşarj noktasından çarpma noktası öncesine kadar "serbest jet" bölgesinde L/dF-S/F eğrileri büyüyerek artış eğilimindedir, 2. Çarpma noktası öncesinde L/dF-S/F eğrileri artış miktarı azalmıştır, 3. Çarpma noktasında ve sonrasında jet tabana çarparak şekil değiştirmiş ve taban üzerinde "yoğunluk akıntısı" oluşmuştur; bu bölgede L/dF-S/F eğrileri azalan hızla artış göstermiştir. Diğer taraftan, US EPA VP-UM3 sayısal modeli jet-taban etkileşimini hesaplayamadığı için L/dF-S/F eğrileri sürekli olarak "serbest jet" bölgesindeki şekilde büyüyerek artış eğilimi göstermiştir. Şekil 4 ve 5'te bu durum, VP-UM3 L/dF-S/F eğrilerinin tabana çarpma sonrasında seyrelme gerçek değeri ile gösterilemediğinden çarpma noktası sonrası kesikli çizgi şeklinde gösterilmiştir. VP-UM3 L/dF-S/F eğrileri çarpma noktası S/F seyrelmelerinin, L/dF değerleri deneyseldeki yörünge uzunluklarından daha kısa kalmasına bağlı olarak konservatif tarafta kalmış bir şekilde, daha küçük seyrelme değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir.

Tablo 3. Soğuk su jeti geometrik ve seyrelme katsayılarının karşılaştırılması.**Table 3.** The comparison of cold water jet geometrical and dilution coefficients.

Deney Adı	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄			C ₅		
	Deney	VP	Farklılık* (%)	Deney	VP	Farklılık* (%)	Deney	VP	Farklılık* (%)	Deney	VP	Farklılık* (%)	Deney	VP	Farklılık* (%)
CJ8.3-01	0,70	0,40	43,17	0,42	0,12	71,36	1,48	0,82	44,99	1,99	1,48	25,79	0,45	0,33	26,60
CJ8.3-02	0,63	0,39	37,66	0,36	0,12	66,39	1,28	0,81	36,83	1,99	1,47	25,87	0,64	0,33	48,04
CJ8.3-03	0,62	0,40	34,90	0,34	0,12	64,09	1,38	0,80	41,97	2,03	1,49	26,67	0,79	0,34	57,50
CJ11-01	0,82	0,48	41,37	0,46	0,12	73,92	1,46	0,81	44,52	2,65	1,64	38,10	0,50	0,37	25,91
CJ11-02	NA	0,48	NA	NA	0,12	NA	NA	0,81	NA	2,65	1,64	38,10	0,84	0,37	56,20
CJ11-03	0,76	0,48	36,76	0,40	0,12	70,00	1,41	0,81	42,59	2,65	1,64	38,10	0,79	0,37	53,26

NA: Mevcut değil

*: Fark (%) = (Deney-VP)*100/Deney

**Şekil 4.** $y_0 = 8,3$ cm için yörünge uzunluklarına göre yerel seyrelme karşılaştırması.**Figure 4.** The comparison of local dilutions by trajectory lengths for $y_0 = 8.3$ cm.**Şekil 5** $y_0 = 11$ cm için yörünge uzunluklarına göre yerel seyrelme karşılaştırması.**Figure 5.** The comparison of local dilutions by trajectory lengths for $y_0 = 11$ cm.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, tekil dairesel bir delikten durgun ve tabakasız alıcı su ortamına, tabandan farklı yüksekliklerde yatay olarak deşarj edilen soğuk suların deneysel ve US EPA VP-UM3 sayısal modeli ile jet geometrisi ile merkez eksen ve çarpma noktası seyrelme sonuçları karşılaştırılmıştır. Pratikte çoğunlukla denize deşarj edilen evsel atıksuların veya sıcak suların deşarjı gibi pozitif yüzen atıksu jetlerinin deşarjı sistemlerinin tasarımı

kullanılan US EPA VP-UM3 sayısal modeli, bu çalışmada, negatif yüzen jet olan soğuk su deşarjının modellenmesindeki uygulanabilirliği incelenmiştir.

Deneysel çalışma ile aynı koşullarda çalıştırılan VP-UM3 sayısal modelinin çıktılarının karşılaştırmalı olarak incelendiği bu çalışma sonucunda, VP-UM3 sayısal modelinin soğuk su jetinin, yatay deşarjında fiziksel laboratuvar modelindeki jetlere göre kısa mesafede çökeldiği tespit edilmiştir. Bu durumun bir neticesi olarak da jetin tabana çarpma noktasının deşarj noktasına göre daha kısa bir yatay uzaklıkta oluştuğu belirlenmiştir. Bu durumda, VP-UM3 sayısal model hesaplamaları ile bulunan soğuk su merkez eksen yörünge uzunlukları, deneysel olarak elde edilen yörünge uzunluklarına göre daha kısa kalmıştır. Deneysel çalışmada gözlemlenen daha uzun jet yörüngesinin bir sonucu olarak (soğuk su jeti deniz suyu içerisine daha fazla difüze olduğu için) deneysel çarpma noktası seyrelmeleri VP-UM3 sayısal model seyrelmelerine göre yaklaşık %44 daha büyük olduğu hesaplanmıştır. Yani, soğuk su deşarjında VP-UM3 sayısal modelinin tabana çarpma noktasında oluşan seyrelme değerleri daha konservatif tarafta kalmış ve bu modelin gerektiğinde soğuk suların denize deşarj sistemlerinin tasarımı kullanılabilir olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, deneysel ve model sonuçları birbirinden %44 gibi büyük bir farklılık göstermesi US EPA VP-UM3 sayısal modelinin çevresel anlamda önemli ölçüde güvenli (koruyucu) tarafta kalınmakla birlikte, daha ekonomik difüzör tasarımları için bu modelin soğuk su deşarjlarına uyarlanmış modifikasyonlarının geliştirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. US EPA VP-UM3 sayısal modelinin soğuk su deşarjında aynı başlangıç koşullarında deneysel seyrelme sonuçlarına göre aynı yerel konumlarda daha düşük seyrelmeler hesaplaması hedeflenen seyrelme için daha büyük boyutlarda tasarım yapılmasına neden olabilmesi bir zayıflık gibi düşünülse de böyle bir tasarımın beklenenden daha yüksek seyrelmelere neden olması çevre korunması açısından UM3 modelinin bir üstünlüğü olarak görülebilir.

KAYNAKLAR

- Artuz, I. (1992).** Marine pollution, (in Turkish), Istanbul Technical University, *Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering Press*, **1464**, Istanbul, Turkey.
- Bayat, C., Nemlioglu, S., Altuncu, F.F. & Berkun, M. (2003).** Experimental scaling originated differences in cold water outfall design, *MESAEP & SECOTOX 12th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in The Mediterranean Region*, Poster No. A58, Antalya, Turkey.
- BOTAŞ (2012a).** *BOTAŞ Marmara Ereğlisi LNG Terminal Official Data 2012*, (in Turkish), Marmara Ereğlisi, Tekirdağ.
- BOTAŞ (2012b).** *BOTAŞ Aliaga LNG Terminal Official Data 2012*, (in Turkish), Aliaga, İzmir.
- Djamaa, F. (2016).** *Siğ sularına boşaltım yapan ısıtıl deniz deşarjlarının birinci seyrelmesinin incelenmesi*. Istanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye, 415s.
- Doneker, R.L. & Jirka, G.H. (2001).** CORMIX-GI systems for mixing zone analysis of brine wastewater disposal, *Desalination*, **139**(1-3), 263-274. DOI: [10.1016/S0011-9164\(01\)00318-6](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(01)00318-6)
- Frick, W.E. (2004).** Visual Plumes mixing zone modeling software. *Environmental Modelling & Software*, **19**(7-8), 645-654. DOI: [10.1016/j.envsoft.2003.08.018](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2003.08.018)
- Hart, Jr. C.W. & Fuller, S.L.H. (Eds) (1974).** Pollution ecology of freshwater invertebrates, *Academic Press Inc.*, New York. DOI: [10.1002/iroh.19780630232](https://doi.org/10.1002/iroh.19780630232)
- Kellogg Limited, M.W. (1986).** BOTAS LNG Terminal Marmara Ereğlisi Environmental Impact Report, Kellogg Job No. 5377, Greenford, Middlesex, U.K.
- Lee, J.H.W. & Chu, V.H. (2003).** *Turbulent jets and plumes: a Lagrangian approach, Vol. 1*, Kluwer Academic Publishers, Boston. DOI: [10.1007/978-1-4615-0407-8](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0407-8)
- Malacic, V., Faganeli, J. & Malej, A. (2008).** *Environmental impact of LNG terminals in the Gulf Trieste (Northern Adriatic)*, In: Coskun, H.G., Cigizoglu, H.K., Maktav, M.D. (eds) *Integration of Information for Environmental Security*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, 375-395p, Springer, Dordrecht. DOI: [10.1007/978-1-4020-6575-0_25](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6575-0_25)
- Nemlioglu, S. & Roberts, P.J.W. (2006).** Experiments on dense jets using three-dimensional laser-induced fluorescence (3DLIF), *MWWD 2006 - 4th International Conference on Marine Wastewater Disposal and Marine Environment*, Abstracts, 227.
- Nemlioglu, S. & Sezgin, N. (2014).** Water depth effects on initial dilution of horizontally discharged cold water from an elevated outfall. *International Journal of Global Warming*, **6**(2/3), 284-294. DOI: [10.1504/IJGW.2014.061022](https://doi.org/10.1504/IJGW.2014.061022)
- Ozdogan Cumali, B. & Nemlioglu, S. (2022).** Initial dilution improvement of thermal wastewater outfall singular jets by nozzle inclination for decrement of sea water evaporation. *Int. J. Global Warming*, **28**(2), pp.170-184. DOI: [10.1504/IJGW.2022.126061](https://doi.org/10.1504/IJGW.2022.126061)
- Roberts, P.J. & Tian, X. (2004).** New experimental techniques for validation of marine discharge models. *Environmental Modelling & Software*, **19**(7-8), 691-699. DOI: [10.1016/j.envsoft.2003.08.005](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2003.08.005)
- Roberts, P.J.W. & Toms, G. (1987).** Inclined dense jets in flowing current. *J. Hydraul. Eng. ASCE* **113**(3), 323-341. DOI: [10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1987\)113:3\(323\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1987)113:3(323))
- Roberts, P.J.W., Ferrier, A. & Daviero, G. (1997).** Mixing in inclined dense jets, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, **123**(8), 693-699. DOI: [10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1997\)123:8\(693\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1997)123:8(693))
- Sezgin, N. (2018).** Yatay deşarj edilen soğuk-yoğun atıksuların bazı deşarj parametrelerinin belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **24**(3), 494-499. DOI: [10.5505/pajes.2017.17136](https://doi.org/10.5505/pajes.2017.17136)
- Shao, D. & Law, A.W.K. (2011).** Boundary impingement and attachment of horizontal offset dense jets, *Journal of Hydro-Environment Research*, **5**(1), 15-24. DOI: [10.1016/j.jher.2010.11.00](https://doi.org/10.1016/j.jher.2010.11.00)
- Shao, D.D. & Law, A.W. (2006).** Desalination discharges in shallow coastal waters, *MWWD 2006-4th International Conference on Marine Wastewater Discharges and Coastal Environment*, Abstracts, 6-11 November, Antalya, MEM Ajans, Istanbul, 269-270.
- Stemann Nielsen, E. (1975).** *Marine photosynthesis with special emphasis on the ecological aspects*, Elsevier Oceanography Series, 13, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Temelli, U.E., Sezgin, N., Djamaa, F. & Nemlioglu, S. (2017).** An investigation on initial dilution of thermal wastewater discharges into shallow receiving waters with 60° inclination. *Desalination and Water Treatment*, **93**, 355-360. DOI: [10.5004/dwt.2017.21503](https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21503)



Altın İşleme Atık Suyundan Mezogözenekli SiO₂ Destekli Altın Nanopartiküllerinin Sentezi

Fatma ULUSAL*

Tarsus Üniversitesi, Mersin-Tarsus Organize Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler MYO, 33100 Akdeniz, Mersin, TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 18.03.2023

Kabul Tarihi: 07.09.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: **Ulusal, F. (2023)**. Altın İşleme Atık Suyundan Mezogözenekli SiO₂ Destekli Altın Nanopartiküllerinin Sentezi. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 8(3), 421-427. <https://doi.org/10.35229/jaes.1267476>

How to cite: **Ulusal, F. (2023)**. Synthesis of Mesoporous SiO₂-Supported Gold Nanoparticles from Gold Processing Wastewater. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 421-427. <https://doi.org/10.35229/jaes.1267476>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6926-6251>

*Sorumlu yazarın:

Fatma ULUSAL
Tarsus Üniversitesi, Mersin-Tarsus Organize
Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler MYO, 33100
Akdeniz, Mersin, TÜRKİYE
✉: fatmaulusal@tarsus.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, ramat altının pirometalurjik ve hidrometalurjik tekniklerle saflaştırılması sonucu en son kalan atık çözeltisindeki kütlece %1 olan altın, polietilen glikol miseli içerisinde hapsedilmesi ile mezogözenekli SiO₂ içine ve yüzeyine nanopartikül olarak tutturulmuştur. Bu amaçla polietilen glikolün 6000 (PEG6000) bileşiği ile tetra etil orto silikat kullanılarak Au³⁺ içeren atık çözeltiden mezogözenekli SiO₂ içinde altın nanopartikülleri hazırlanmıştır. Elde edilen son üründe kütlece %0,49 altın içerdiği ICP- OES ve FESEM analizi ile belirlenmiştir. Oluşan nano malzemeler SEM haritalama analizi ile incelendiğinde altın nanopartiküllerinin manyetik nanopartiküller ile aynı kürelerin içerisinde SiO₂ ile kaplanmasının gerçekleştiği ve oldukça homojen bir şekilde dağılarak toplanma olmadığı görülmüştür. TEM görüntülerinden küresel şekilde meydana gelen SiO₂'nin içine gömülmüş manyetik Fe₃O₄ ile altın nanopartiküllerinin oluştuğunu göstermektedir. Her iki oluşumda da altın nanopartiküllerinin boyutlarının 1 nm'den küçük olduğu ve Fe₃O₄'ün 10,4 nm olduğu görülmektedir. Bu çalışma, atık suda kalmış altının geri kazanılarak altın nanopartikülleri elde edilmesi için yeni bir ürün olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Altın geri kazanımı, kuyumculuk atık suyu, manyetik Fe₃O₄, polietilen glikol.

Synthesis of Mesoporous SiO₂-Supported Gold Nanoparticles from Gold Processing Wastewater

Abstract: In this study, 1% by mass of gold in the last remaining waste solution as a result of purification of ramate gold by pyrometallurgical and hydrometallurgical techniques was attached to the mesoporous SiO₂ and its surface as nanoparticles by entrapping it in a polyethylene glycol micelle. For this purpose, gold nanoparticles were prepared in mesoporous SiO₂ from the waste solution containing Au³⁺ by using the 6000 (PEG6000) compound of polyethylene glycol and tetra ethyl ortho silicate. It was determined by ICP-OES and FESEM analysis that the final product obtained contains 0.49% gold by mass. When the resulting nanomaterials were examined by SEM mapping analysis, it was seen that the gold nanoparticles were coated with SiO₂ in the same spheres with the magnetic nanoparticles and there was no agglomeration by dispersing them quite homogeneously. TEM images show that gold nanoparticles are formed with magnetic Fe₃O₄ embedded in the spherically formed SiO₂. In both formations, it is seen that the sizes of gold nanoparticles are smaller than 1 nm and Fe₃O₄ is 10.4 nm. This study reveals that it is a new product for obtaining gold nanoparticles by recovering the gold trapped in wastewater.

*Corresponding author:

Fatma ULUSAL
Tarsus University, Mersin-Tarsus Organized
Industrial Zone Technical Sciences Vocational
School, 33100 Akdeniz, Mersin,
✉: fatmaulusal@tarsus.edu.tr

Keywords: Gold recovery, jewelry wastewater, magnetic Fe₃O₄, polyethylene glycol.

GİRİŞ

Altın ilk çağlardan bu yana güç ve zenginlik göstergesi olarak görülmüş ve simyadan kimyaya geçiş dönemine kadar birçok değersiz metalin altına çevrilmesi için çaba sarfedilmiştir. Her şeyi altına çevirme çabası sayesinde günümüzde kimyasal teknikler ve malzemelerin

bir kısmı günümüzde hala kullanılmaktadır. Altının kimyasal reaksiyonlara karşı gösterdiği direnç özelliği sadece kuyumculuk sektöründe değil, aynı zamanda kimyasal özelliklerinin yanında fiziksel özelliklerinin de getirdiği avantajlar sayesinde elektronik, iletişim, silah, havacılık, dişçilik, sağlık gibi birçok önemli endüstri

dalında kullanılan değerli metallerin başında gelmektedir (Sabah & Oruc Sapci, 2020). Altın, gümüş ve paladyum gibi değerli metaller, yüksek elektrik iletkenlikleri ve kimyasal kararlılıkları nedeniyle kontakt malzemeler ve kaplama tabakaları olarak yaygın olarak da kullanılmaktadır (Chen vd., 2013). Günümüzde altın, elektronik, nanoteknoloji, ilaç, gıda, kozmetik, dekoratif, uzay teknolojisi ve yaratıcı moda alanında gerekli bir elementtir (Langley, 1971; Berners-Price, 2011; Ahmad vd., 2017; Hwu vd., 2020). Altının iki temel kaynağı bulunur; doğal cevheri olan başlıca birincil kaynaklar ve işlenmiş altının tekrar işlendiği ve ikincil kaynaklar olarak adlandırıldığı, kuyumculuk, elektronik ve dışçilikten toplanan hurdalardan oluşmaktadır. Bu hurdalarla birlikte değerli metallerin karışımlarını içeren toz, cüruf ve izabe atıklarının işleme/temizlenme atıklarının tozları, ramat olarak adlandırılmaktadır. Bu tozlar da çeşitli işlemler sonrası geri dönüştürülüp istenen saflıkta altın eldesinde kullanılmaktadır (Sabah & Oruc Sapci 2020). Kuyumcu atölyeleri üç farklı türde atık üretir: el yıkama atıkları, mücevher cilalama atıkları ve yer süpürme atıkları (Ferrini vd., 1998). Altının parlatılması sırasında oluşan, esas olarak altın alaşımları ile birlikte plastik, metal kıllar, aşındırıcı macun ve metal tozu içeren atık toplam ramat atığının %26'sını oluşturmakta ve %5,34 altın içermektedir. Altın işleme sırasında zanaatkarların el yıkamasında ve laboratuvarında giydikleri kıyafetlerden organik bir karışım meydana gelir. Bu atık el yıkama atığı olarak adlandırılmakta ve toplam atığın %40,7'sini oluşturmaktadır. Bu atıkta, %2,89 altın bulunmaktadır. Altın atölyelerinde yer süpürülmesi ile elde edilen tozlar, toplam atığın %33'ünü oluşturmakta ve %1,2 altın içermektedir. Sonuç olarak ramat atıklarının işlenmesi esnasında açığa çıkan ramat atık suyunun kütlece %1,2-5,4 arasında altın içermekte olup ekonomik ve çevresel açıdan oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Delfini vd., 2000). Bu nedenle, klasik yöntemlerin yanında yeni işleme yöntemleri ve teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Oluşan bu atıklardan altın gibi değerli metallerin kazanımı amacıyla hidrometalurjik, pirometalurjik ve elektrometalurjik olmak üzere başlıca üç yöntem kullanılmaktadır. Pirometalurjik yöntemde klorlama ajanları ile demir dışındaki metaller ve değerli metaller yüksek sıcaklıkta (1273-1473 °C) tepkimeye girerek uçucu klorlu bileşiklerini oluşturarak altın ekstraksiyonu yapılır (Panias & Neou-Syngouna, 1990; Deng & Li, 1987)). Pirometalurjik yöntemler hidrometalurjik tekniklerle karşılaştırıldığında daha yüksek maliyet, daha karmaşık yöntemler, daha düşük metal geri kazanımı ve çevreye daha zararlı bir yöntem olması gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir. Hidrometalurjik teknikte temel olarak; metalleri çözmek amacıyla liç etme, seçici kimyasal tepkimeler ile

metallerin ayrılması ve metalin katı halde geri kazanımını içeren üç ana adım mevcuttur (Brückner vd., 2020). Atıklardan Au liçi için en çok kullanılan yöntem siyanürlemeye dayanmaktadır. Bununla birlikte, toplumsal farkındalığı artırma ve çevresel etkiler nedeniyle siyanür, Au geri kazanımı için sosyal ve çevresel olarak istenmeyen bir yöntem haline gelmiştir. Bu nedenle, çevre üzerinde düşük etkisi olan siyanüre başka alternatifler bulmaya olan ilgi artmıştır (Hilson & Monhemius, 2006; Aylmore, 2016; Göknelma vd., 2016; Birich vd., 2019). Dünyanın dört bir yanındaki birçok kuruluş ve ülke, halihazırda etkili siyanür yönetim politikaları yayınlamıştır; Kosta Rika, Arjantin, Almanya, Çek Cumhuriyeti ve Türkiye gibi bazı ülkeler, ülke genelinde altın çıkarmada siyanürün kullanımını kesin olarak yasaklamıştır. Şu anda pilot ölçekli çalışmalar devam etmekte ve test edilen veya geliştirilen önemli sayıda altın liç yöntemi vardır, ancak ticari ölçekte yalnızca birkaçı mevcuttur. Altın için en çok test edilen liç ajanları tiyosülfat, tiyoüre, tiyosiyanat ve halojenürlerdir (Hilson & Monhemius, 2006; Aylmore, 2016; Göknelma vd., 2016). Madencilik atıklarından etkili bir altın geri kazanım süreci, çeşitli endüstriyel alanlar için yeni kaynaklar sağlayabilir (Calderon vd. 2020).

Altının ikincil kaynaklardan geri kazanımı, birincil altın kaynakları olan altın cevherinden elde edilmesi tekniklerinden oldukça farklıdır. Sabah ve Oruc Sapci (2021) ramat geri kazanım prosesinde temel olarak 5 adım kullanmışlardır (1); ramatların içerisindeki organik kirliliklerin yakılması, (2) erime noktasını düşürerek erimesini kolaylaştırmak amacıyla ramatlara kurşun oksit, soda-boraks ve kurşun indirgeyici ilavesi, (3) kal ocaklarında 1000-1100°C'de eritilip ramat içindeki altın/gümüşün metalik kurşun bünyesinde toplanması, (4) birbiri içerisinde çözünmeyen iki fazı oluşturan altın/gümüş gibi değerli metalleri içeren metalik kurşun fazı ile gang metalleri ve flaksları içeren camsı cüruf fazının ayrılması ve son olarak (5) kurşun fazının kal ocağında 800 - 850 °C' de buharlaştırılıp külçe altın/gümüş eldesinden oluşmaktadır. Bu yöntemle kazanılan altının gümüş ve platin grubu metallerden (PGM, platin ve rodyum) ayrılabilmesi amacıyla bu külçenin hidrometalurjik teknikte rafine edilmesi gerekmektedir (Sabah & Oruc Sapci, 2020). Hidrometalurjik teknikte altının %79,8' inin ayrıldığı ve atık çözültide de altın kaldığı ifade edilmektedir. Bu çalışmada, altın işleme atölyelerinde toplam ramat atıklarının hidrometalurjik teknikte saflaştırılması sonucu en son kalan ve atık toplama havuzlarına giden atık çözültisindeki altının, birlikte çöktürme tekniği kullanılarak manyetik nanopartiküllerle birlikte SiO₂ küreleri içine Au nanopartikülleri olarak tutturulması gerçekleştirilmiştir. Malzemenin manyetik olması altının katalizör olarak çalıştığı veya nano boyutta kullanıldığı çeşitli sektörlerde kullanılması sonrasında

ortamdan toplanmasının kolay olması ve tekrar kullanılabilirliğinin artırılmasıdır. Bu amaçla atık havuzlarına giden ramat atık çözeltisi içerisindeki Au^{3+} iyonlarının manyetik nanopartiküller ile birlikte SiO_2 kaplaması yoluyla çekirdek-kabuk (core-shell) tekniği ile hazırlanmıştır. Bu çalışma sayesinde atık olarak oluşan bir çözeltiden altın gibi değerli bir metalin homojen katalizör gibi etkili heterojen katalizörler gibi tekrar kullanılabilceği bir son ürün elde edilmesi sağlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Malzemeler: Altın işleme atık suyu Şekil 1'de gösterilen İstanbul İkitelli Organize Sanayi Bölgesi Çevre Sanayi Sitesi'ndeki hurda altın işleyen zanaat atölyelerinde altın işlemesi sonrasında elde edilen ramat atık sularından temin edilmiştir. PEG6000, polietilen glikolün ortalama 5000-7500 g/mol molekül ağırlığına sahip, toz şeklindeki Sigma Aldrich marka bileşiği kullanılmıştır. Tetraetil orto silikat (TEOS) ve hidroklorik asit bileşikler de Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir.



Şekil 1. Altın işleme atık suyu İstanbul İkitelli Organize Sanayi Bölgesi Çevre Sanayi Sitesi harita görüntüsü. [https://demircilersitesi.org.tr/misyonumuz/ikitelili-sanayi-bolgesi-haritasi/, Erişim tarihi: 04.09.2023]

Figure 1. Gold processing wastewater Istanbul İkitelli Organized Industrial Zone Environmental Industrial Site map view. [https://demircilersitesi.org.tr/misyonumuz/ikitelili-sanayi-bolgesi-haritasi/, Access date: 04.09.2023]

Karakterizasyon: Zanaat atölyelerinde oluşan atık su içerisindeki altın ile malzeme hazırlanması sonrasında malzemeye geçen altın miktarını belirleyebilmek için Perkin Elmer Optima 4300DV marka indüktif eşleşmiş plazma- optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla numuneler yaş yakma tekniği kullanılarak hazırlanmış. İçerisinde bulunan organik kirlilikler ve partiküller kral

suyu (nitrik asit:hidroklorik asit) ile parçalanmıştır. SiO_2 ile kaplanmış MNP-Au nanopartiküllerin (Au-MNP/ SiO_2) boyut analizi PANalytical marka Empyrean model X ışını kırınımı (XRD) cihazı ile yapılmıştır. Au nanopartiküllerinin MNP üzerinde homojen dağılımı görebilmek ve yüzey morfolojisini incelemek amacıyla FEI Nova NanoSEM 450 marka Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) ve element analizi Bruker X Flash 6130 marka Enerji Dağılım X ışını spektroskopisi (EDX) cihazı kullanılmıştır. Malzemenin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FT-IR) Spektrometresi analizi Bruker marka Alpha model cihaz ile 400-4000 cm^{-1} frekansında gerçekleştirilmiştir. Au nanopartiküllerinin $MSiO_2$ yüzeyindeki dağılımı, boyut analizi ve kristal özelliklerini incelemek amacıyla Hitachi HT-7700 marka Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) kullanılmıştır.

Ramat İşleme Atık Suyunun Analizi: Ramat tozlarının hidrometalurjik işleme sonrasında elde edilen atık suların, içerisinde bulunan altın iyonlarının miktarının tayin edilmesi amacıyla önce %1 asit içerecek şekilde kral suyu (1:3 oranında $HNO_3:HCl$) ile muamele edilmiştir. Ardından mikrodalga yakma tekniği ile 2 saat yakılmış ve ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir. Bu atık suyun malzeme sentezi sonrasında kalan suyu aynı teknikle yakılarak Perkin Elmer Optima 4300DV model endüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES) cihazı ile analiz edilmiştir.

Manyetik Fe_3O_4 Nanopartiküllerinin Sentezi: Altının katalitik aktivite gibi uygulamalara yönelik kullanım sonrası ortamdan ayrılmasını kolaylaştırmak için manyetik ayırma tekniği kullanıldı. Manyetik Fe_3O_4 sentezi Asuha ve ark. (2012) kullandığı yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir. Buna göre öncelikle $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ bileşiği ve üre ile sarı renkli $Fe(NH_2CONH_2)_6$ kompleksi elde edilmiştir. Ardından geri soğutucu altında 6 saat boyunca 390 °C'de şiddetli bir şekilde karıştırıldı. Manyetik özellik mknatıs ile test edildi. Malzeme oda sıcaklığına getirilip soğutulduktan sonra aseton ve etil asetat ile 3'er defa ve son olarak aseton ile yıkanarak 70 °C'de kurutulmuştur.

Altının Manyetik Nanopartiküller ile Birlikte SiO_2 Kaplanması: Sarı-yeşil renkli altın işleme atık suyundan 500 mL alınarak ilk olarak 11 μm gözenek çaplı Whatman süzgeç kağıdı ile süzülerek pH değeri ölçüldü. pH 0 olduğundan üzerine 5 g PE6000 katısı eklenerek tamamen şeffaf bir çözelti elde edilene kadar karıştırıldı. Ardından bu çözeltiye 1 g manyetik nanopartikül eklenerek önce ultrasonik banyoda yarım saat karıştırılıp mekanik karıştırıcıda tamamen homojen olana kadar şiddetli bir şekilde karıştırıldı. Bu karışım üzerine 20 mL tetra etoksi orto silikat eklenerek 40 °C'de 24 saat 350 rpm'de ve ardından 80 °C'de 72 saat karıştırıldı. Homojenliği sağlayabilmek için, malzeme her 24 saat sonunda yarım

saat ultrasonik banyoda dağıtıldı. Süre sonunda malzeme bir neodiyum mıknatıs yardımıyla ortamdan ayrılarak katının yıkama suyunun pH değeri nötr olana kadar saf su, ardından aseton ile yıkandı. Elde edilen gri renkli toz 60 °C'de kurutuldu ve ardından 6 saat boyunca kül fırınında yakıldı. Hazırlanan SiO₂ ile kaplanmış MNP-Au nanopartikülleri XRD, FE-SEM ve TEM ile analiz edilmiştir.

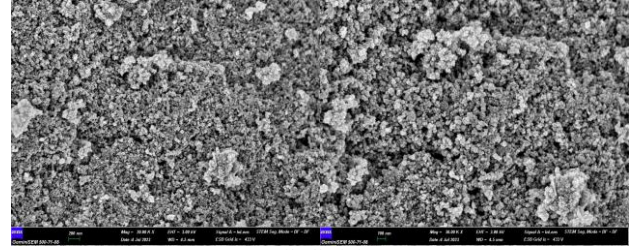
TARTIŞMA VE SONUÇ

PEG6000 organik bir polimerdir ve etilen glikol monomerlerinin ortalama 6000 g/mol kütleli oluşturduğu bir zincir yapısıdır. Bu polimer, hurda altın işleme sonrasında kuyumcuların oluşturduğu atıklarda asidik ortamda altın içeren atık çözeltilerdeki SiO₂ ile kaplanmış MNP'lerin yüzeyinde oluşan -OH²⁺ uçlarına tutunan altını sararak misel yapısı oluşturur ve misellerin iç kısmına organik uç yönelmişken dış kısmına iyon tarafı yönelir. Ramat atık çözeltilesindeki altın iyonları bu misellerin iyonik uçlarına fiziksel bağlar yoluyla tutunur. Bu çözeltiye TEOS eklendiğinde yine bu misellerin iyonik kısımlarına SiO₂ bağlanarak altın-MNP'leri hapseder. MNP tanecikleri boyut analizi yapıldığında 2-10 nm olduğu görülmüş olup yeterince misellerin bu tanecikler etrafında sarılması beklenen bir durumdur. 550°C'de ısı işlem sonrasında ise SiO₂ kaplanmış MNP yüzeyi ile en dışta kabuk oluşumunda kullanılan SiO₂ arasında Au nanopartikülleri elde edilmiştir. Malzeme için FE-SEM-EDX, XRD analizleri yapılmıştır.

Çekirdekteki SiO₂-MNP ile kabuktaki SiO₂ tabakaları kalan altın miktarını belirlemek amacıyla ramat altın atık çözeltilisi ve nanopartikül sentezi sonrasında kalan çözeltiler ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir. Sonuçların

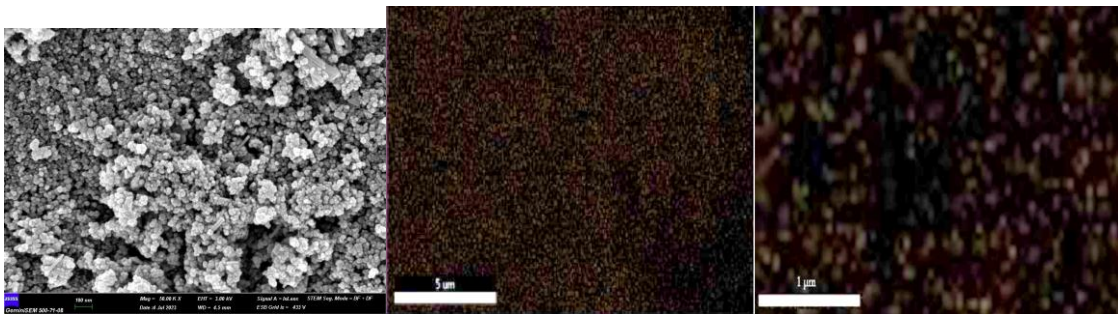
kesinliğini belirlemek amacıyla hem elde edilen nanopartiküllerin hem de işlem sonrası kalan çözeltilerin ICP-OES analizi yapılmıştır. Bu sonuçlara göre nanopartikülleri içerisindeki Au miktarı kütlece % 0,49 kadardır.

MNP-Au/SiO₂ nanopartiküllerinin morfolojik özelliklerini incelemek amacıyla malzemelerin SEM analizleri yapılarak şekil 2'de görüntüler verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde manyetik nanopartiküllerin doğal yapıları gereği küresel özellikleri nedeniyle oluşturdukları yapı açıkça görülmektedir. Tanecikler homojen bir tanecik boyutuna sahiptir. Ayrıca küresel oluşumların dışında farklı bir oluşum gözlenmemiştir. Sadece küresel oluşumların meydana gelmesi SiO₂'nin sadece MNP ve Au nanopartiküllerinin yüzeyinde kaplandığını farklı bir oluşum meydana getirmediğini göstermektedir. Nitekim literatür verileri SiO₂'nin amorf yapıda olduğunu ve küresel bir yapıda olmadığını göstermektedir.



Şekil 2. MNP-Au/SiO₂ nanopartiküllerinin SEM görüntüleri.
Fig 2. SEM images of SiO₂ coated MNP-Au nanoparticles.

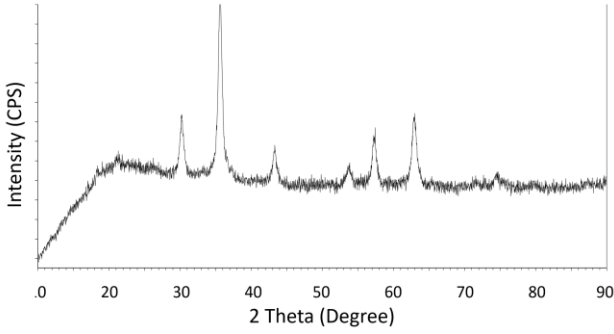
SiO₂ ile kaplanmış MNP-Au nanopartiküllerine ait SEM-EDS sonuçları şekil 3'de verilmiştir. Açık turuncu renkli partiküller Au metalini göstermektedir. Buna göre malzeme kütlece % 0,49 kadar Au içermektedir. Kütlece yüzde Au miktarı ICP-OES sonuçları ile uyumludur.



Şekil 3. MNP-Au/SiO₂ nanopartiküllerinin FE-SEM haritalama görüntüleri a) SEM görüntüsü, b) Au dağılımı, c) Fe dağılımı.
Fig. 3. FE-SEM mapping images of SiO₂ coated MNP-Au nanoparticles a) SEM images, b) Au distribution, b) Fe distribution.

SiO₂ kaplanmış MNP-Au nanopartiküllerinin in vitro sentezi sırasında Au nanopartiküllerinin varlığı SEM haritalama analizi ile doğrulanmıştır. Malzemede MNP-Au için Fe ve Au'nun varlığı Şekil 3'de açıkça görülmektedir. Au'nun MMNP üzerinde SiO₂ içinde homojen dağıldığı ve herhangi bir topraklanma olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte boyut analizi yapıldığında oluşumların 10.1 nm

olduğu hesaplanmıştır. Oluşan Au nanopartiküllerinin boyut analizi amacıyla XRD ölçümleri gerçekleştirilmiştir. SiO₂ ile kaplanmış MNP-Au nanopartiküllerine ait SEM-EDS haritalama görüntülerinde açık turuncu renkli partiküller Au metalini göstermektedir. Buna göre malzeme kütlece % 0,49 kadar Au içermektedir. Kütlece yüzde Au miktarı ICP-OES sonuçları ile uyumludur.



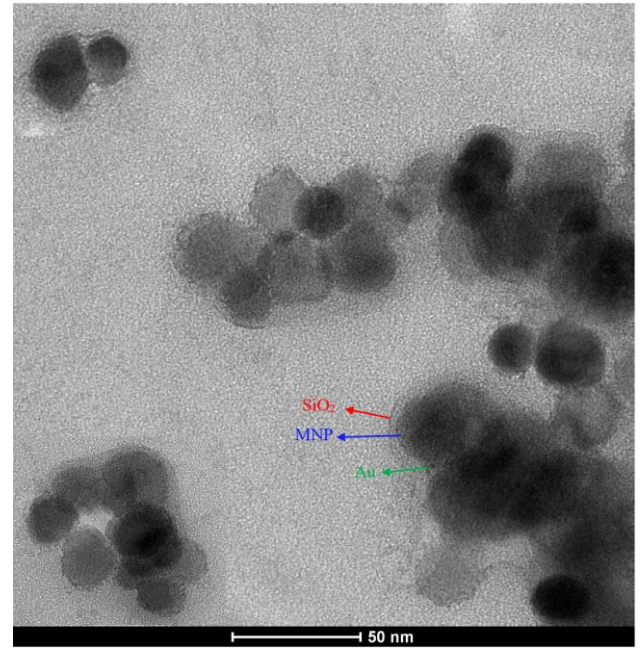
Şekil 4. SiO₂ ile kaplanmış MNP-Au nanopartiküllerinin XRD kırınım desenleri.

Fig 4. XRD diffraction patterns of SiO₂ ile kaplanmış MNP-Au nanoparticles.

MNP-Au/SiO₂ nanopartiküllerinin kristal özelliklerini ve faz saflığını incelemek amacıyla XRD analizi yapılarak şekil 4' de verilmiştir. XRD ölçümleri 40 kV, 15 mA enerjide, 5 derece/dk tarama hızı ile 10-90 ° tarama aralığında yapılmıştır. Tepe noktası 2θ= 22 ° olan ve 2θ=15-30 ° arasında gözlenen yayvan pik MNP ve Au nanopartiküllerinin dışını kaplayan ve kabuğu oluşturan amorf yapıdaki SiO₂'yi göstermektedir (Sun vd., 2017). Elde edilen verilere göre hazırlanan manyetik nanopartiküllerin 2θ=18.45, 20.97, 30.03, 35.11, 43.02, 54.36, 56.54, 63.14 ve 70.99 pikleri gözlenmiştir. Bu piklerin ait olduğu kırınım deseni Miller indisleri sırasıyla (220), (311), (400), (422), (511) ve (440) şeklindedir. Elde edilen veriler kübik fazda Fe₃O₄ meydana geldiğini göstermektedir. Temel pik olarak seçilen 35.609'da çıkan (311) pikinin verileri kullanılarak Scherrer denkleminde kristal boyutu hesaplandığında ortalama 10.1 nm olarak bulunmuştur. ICP analizine göre altın miktarı %0.49 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar %1'den daha az Au içeren örneklerin kırınım piklerinin çok zayıf hatta hiç kırınım tepe noktası saptanmadığını göstermektedir. Kütlece %1'den fazla olan örneklerde ise 38.18, 44.43, 64.55 ve 77.75°de dört tepe noktası gözlemlenirken, bunlar kübik Au nanopartiküllerine (JCPDS kart no.: 4-784) işaret edildiği söylenmiştir (Wu vd., 2016). Bununla birlikte meydana gelen piklerin zayıf olması, Au(0) nanoparçacıklarının yüksek oranda dağıldığını göstermektedir. Au nanopartiküllerinin oluşumu sırasında PEG ile oluşturulan miseller içinde hapsedilen Au³⁺ iyonlarının büyümesi sınırlandırılmış, böylece homojen ve küçük taneciklerin meydana geldiği görülmüştür (Ray vd., 2020). Ayrıca MNP miktarının nispeten daha yüksek olması nedeniyle Au nanopartiküllerine ait pikler oransal olarak düşük kaldığından XRD kırınım desenlerinden Au'a ait temel pik elde edilememiştir ve kristal boyutu hesaplanamamıştır.

Şekil 5'de verilen TEM görüntüleri incelendiğinde FE-SEM görüntülerinde benzer şekilde küresel oluşumlar gözlenmiştir. Şekil 5'de manyetik nanopartiküllerin yapılarının tipik görüntüleri dikkat

çekmektedir. Görüntüler incelendiğinde manyetik Fe₃O₄ klasik küresel yapısı partiküllerin ortasında koyu renkli, bu partiküllerin en dış kısmında daha açık renkli olan SiO₂ gözlenmektedir. SiO₂ ile MNP tabakaları arasında ve yüzeyinde koyu renkli noktalar ise Au nanopartiküllerini ifade etmektedir. TEM görüntülerinden boyut analizi yapıldığında ortalama tanecik boyutu Fe₃O₄ için 10 nm'den küçük olduğu görülmektedir. Ayrıca Au nanopartiküllerini için boyutun 1 nm'den küçük olduğu görülmektedir. Bu boyut analizi gözleme dayalı olduğundan ve nanopartiküllerin kesin sınırlarını belirlemediğinden ortalama olarak verilmiştir. SiO₂ kaplanmış Au nanopartiküllerinin sentezi sırasında Au³⁺ iyonları ile MNP'lerin PEG miselleri içerisinde hapsedilmesi ve silika yapısının bu miseller üzerinden oluşturulması sayesinde Au nanopartiküllerinin oldukça homojen olduğu ve topaklanmaların olmadığı görülmektedir. Görüntüler incelendiğinde küresel oluşumlardan bir kısmında tek Au nanopartikülünün silika ile kaplandığı bir kısmında ise birkaç Au nanopartikülünün aynı küre içerisinde tek MNP ile ortak silika kaplama ile kaplandığı görülmektedir.



Şekil 5. SiO₂ kaplanmış MNP-Au nanopartiküllerinin TEM görüntüleri.

Fig 5. TEM images of MNP-Au nanoparticles coated with SiO₂.

Sonuç olarak; elde edilen tüm sonuçlardan yola çıkarak ramat atık suyunda kalan altının değerli bir ürün halinde geri kazanılarak SiO₂ içerisinde 10 nm'den küçük tanecikler şeklinde oluşturulmuştur. Hazırlanan partiküllerin topaklanma olmadan oldukça homojen bir dağılım sergilediği görülmektedir. Bu çalışma ile, atık ramat suyunda kalmış altının geri kazanılarak altın nanopartiküllerini elde edilmesi için yeni bir ürün olduğunu ortaya koyulmuştur.

TEŞEKKÜR.

Atık ramat suyunun temininde destek olan Çevre Mühendisi Oğuz KÜÇÜKASLAN ve çalışmadaki desteklerinden dolayı Dr. Hasan ULUSAL ile Doç. Dr. Salih Hakan YETGİN, Dr. Öğr. Üyesi Sinan KÖSE'ye teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Ahmad, B., Hafeez, N., Bashir, S., Rauf, A. & Mujeebur, R. (2017).** Phytofabricated gold nanoparticles and their biomedical applications. *Biomedicine & Pharmacotherapy* **89**, 414-425. DOI: [10.1016/j.biopha.2017.02.058](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.02.058)
- Asuha, S., Wan, H.L., Zhao S., Deligeer, W., Wu, H.Y., Song, L. & Tegus, O. (2012).** Water-soluble, mesoporous Fe₃O₄: synthesis, characterization, and properties. *Ceramics International*, **38**, 6579-6584. DOI: [10.1016/j.ceramint.2012.05.042](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.05.042)
- Aylmore, M.G. (2016).** *Alternative Lixivants to Cyanide for Leaching Gold Ores. Gold Ore Processing.* Elsevier: 447-484. DOI: [10.1016/B978-0-444-63658-4.00027-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00027-X)
- Berners-Price, S.J. (2011).** Gold-Based Therapeutic Agents: A New Perspective. *Bioinorganic Medicinal Chemistry*,. Wiley: 197-222. DOI: [10.1002/9783527633104.ch7](https://doi.org/10.1002/9783527633104.ch7)
- Birich, A., Stopic, S. & Friedrich, B. (2019).** Kinetic Investigation and Dissolution Behavior of Cyanide Alternative Gold Leaching Reagents. *Scientific Reports*, **9**(1), 7191-7191. DOI: [10.1038/s41598-019-43383-4](https://doi.org/10.1038/s41598-019-43383-4)
- Brückner, L., Frank, J. & T. Elwert, T. (2020).** Industrial Recycling of Lithium-Ion Batteries-A Critical Review of Metallurgical Process Routes. *Metals* **10**(8), 1107-1107. DOI: [10.3390/met10081107](https://doi.org/10.3390/met10081107)
- Calderon, A. R. M., Alorro, R. D., Tadesse, B., Yoo, K. & Tabelin, C.B. (2020).** Repurposing of nickeliferous pyrrhotite from mine tailings as magnetic adsorbent for the recovery of gold from chloride solution. *Resources, Conservation & Recycling* **161**, 104971-104971. DOI: [10.1016/j.resconrec.2020.104971](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104971)
- Chen, M., Wang, J., Chen, H., Ogunseitan, O.A., Zhang, M., Zang H. & Hu, J. (2013).** Electronic Waste Disassembly with Industrial Waste Heat. *Environmental Science & Technology* **47**(21), 12409-12416. DOI: [10.1021/es402102t](https://doi.org/10.1021/es402102t)
- Chen, Y. & Iroh, J.O. (1999).** Synthesis and Characterization of Polyimide/Silica Hybrid Composites. *Chemistry of Materials*, **11**(5), 1218-1222. DOI: [10.1021/cm9804281](https://doi.org/10.1021/cm9804281)
- Delfini, M., Manni, A. & Massacci, P. (2000).** Gold recovery from jewellery waste. *Minerals Engineering* **13**(6), 663-666. DOI: [10.1016/S0892-6875\(00\)00048-0](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(00)00048-0)
- Deng, H. & Li, X. (1987).** Chloride roasting of a complex gold ore and treatment of chlorine fume for precious-metal recovery-experimental results. *Transactions Institution of Mining and Metallurgy (C: Mineral Processing Extractive Metallurgy)* **96**, 44-46. DOI: [10.1016/j.mineng.2008.09.002](https://doi.org/10.1016/j.mineng.2008.09.002)
- Ferrini, M., Manni, A. & Massacci, P. (1998).** Characterization and sampling of jewelry waste in Italy. In *Proc. Second Biennial International Conference on Chemical Measurement and Monitoring of the Environment.* Enviro Analysis, Ottawa, 98, 529-534
- Gökelman, M., Birich, A., Stopic, S. & Friedrich, B. (2016).** A Review on Alternative Gold Recovery Re-agents to Cyanide. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, **04**(08), 8-17. DOI: [10.4236/msce.2016.48002](https://doi.org/10.4236/msce.2016.48002)
- Hilson, G. & Monhemius, A.J. (2006).** Alternatives to cyanide in the gold mining industry: what prospects for the future? *Journal of Cleaner Production*, **14**(12-13), 1158-1167. DOI: [10.1016/j.jclepro.2004.09.005](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.09.005)
- Hwu, S., Garzuel, M., Forró, C., Ihle, S.J., Reichmuth, A.M., Kurdzesau, F. & Vörös, J. (2020).** An analytical method to control the surface density and stability of DNA- gold nanoparticles for an optimized biosensor. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **187**, 110650-110650. DOI: [10.1016/j.colsurfb.2019.110650](https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.110650)
- Kónya, Z., Puentes, V.F., Kiricsi, I., Zhu, J., Ager, J. M., Ko, M.K., Frei, H., Alivisatos, P. & Somorjai, G.A. (2003).** Synthetic Insertion of Gold Nanoparticles into Mesoporous Silica. *Chemistry of Materials* **15**(6), 1242-1248. DOI: [10.1021/cm020824a](https://doi.org/10.1021/cm020824a)
- Langley, R. C. (1971).** Gold coatings for temperature control in space exploration. *Gold Bulletin*, **4**(4), 62-66. DOI: [10.1007/BF03215144](https://doi.org/10.1007/BF03215144)
- Liang, Y., Ouyang, J., Wang, H., Wang, W., Chui, P. & Sun, K. (2012).** Synthesis and characterization of core-shell structured SiO₂@YVO₄:Yb³⁺,Er³⁺ microspheres. *Applied Surface Science*, **258**(8), 3689-3694. DOI: [10.1016/j.apsusc.2011.12.006](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.12.006)
- Méndez-Vivar, J. & Mendoza-Bandala, A. (2000).** Spectroscopic study on the early stages of the polymerization of hybrid TEOS-RSi (OR')₃ sols.

Journal of Non-Crystalline Solids, **261**(1-3), 127-136. DOI: [10.1016/S0022-3093\(99\)00605-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3093(99)00605-5)

- Panias, D. & Neou-Syngouna, P. (1990)**. Gold extraction from pyrite cinders by high temperature chlorination. *Erzmetal*, **43**(1), 41-44.
- Ray, S., Biswas, R., Banerjee R. & Biswas, P. (2020)**. A gold nanoparticle-intercalated mesoporous silica-based nanozyme for the selective colorimetric detection of dopamine. *Nanoscale Advances*, **2**(2): 734-745. DOI: [10.1039/C9NA00508K](https://doi.org/10.1039/C9NA00508K)
- Sabah, E. & Oruc Sapci, F. (2020)**. Ramat Geri Kazanım Prosesinde Açığa Çıkan Cürüflardan Gravite Ayırması ile Altın Kazanımı. *Journal of Polytechnic*, DOI: [10.2339/politeknik.742859](https://doi.org/10.2339/politeknik.742859)
- Wu, P., Bai, P. Yan, Z. & Zhao, G.X.S. (2016)**. Gold nanoparticles supported on mesoporous silica: origin of high activity and role of Au NPs in selective oxidation of cyclohexane. *Scientific Reports* **6**(1), 18817-18817. DOI: [10.1038/srep18817](https://doi.org/10.1038/srep18817)



Spatial Variation of the Body Condition and Growth Type of Endemic and Introduced Fish Species in the Düden Stream (Antalya, Türkiye)

Nehir KAYMAK* Elif ACAR Can Mert GÖREN Mustafa GÜRDAL

Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Biology, Antalya, Türkiye.

Geliş/Received: 22.04.2023

Kabul/Accepted: 07.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Kaymak, N., Acar, E., Gören, C.M. & Gürdal, M. (2023). Spatial Variation of the Body Condition and Growth Type of Endemic and Introduced Fish Species in the Düden Stream (Antalya, Türkiye). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 428-434. <https://doi.org/10.35229/jaes.1286357>

Atıf yapmak için: Kaymak, N., Acar, E., Gören, C.M. & Gürdal, M. (2023). Düden Çayı'ndaki (Antalya, Türkiye) Endemik ve Aşılantmış Balık Türlerinin Vücut Kondisyonu ve Büyüme Tiplerinin Mekansal Değişimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 428-434. <https://doi.org/10.35229/jaes.1286357>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-9970-4467>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-2096-6537>
ID: <https://orcid.org/0009-0004-5286-1889>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1109-1043>

*Corresponding author:

Nehir KAYMAK

Akdeniz University, Faculty of Science,
Department of Biology, Antalya, Türkiye
✉: nehirbozkurt@hotmail.com

Abstract: In this study, we evaluated the parameters of the length-weight relationship and the relative condition factor of endemic *Pseudophoxinus antalyae* and introduced fish species, *Carassius gibelio* and *Cyprinus carpio* in the Kırkgöz Spring-Düden Stream basin. A total of 269 fish were captured from three different sites of the basin from May to September 2022. There were differences in mean length and weight were observed between populations from sites 1 to 3 for three fish species. Negative allometric growth was observed at the site 2 population of *P. antalyae*, whilst sites 1 and 3 showed positive allometric growth, and the condition factor (K) for only site 1 was above 1. The populations of *C. carpio* from sites 2 and 3 showed positive allometric growth, while *C. gibelio* was negative allometry. $K > 1$ for *C. carpio* at site 3 and for *C. gibelio* at site 2. This study can inform fisheries biology and environmental management for developing and conserving endemic fish stock.

Keywords: *Pseudophoxinus antalyae*, *C. gibelio*, *C. carpio*, condition factor, length-weight relationship.

Düden Çayı'ndaki (Antalya, Türkiye) Endemik ve Aşılantmış Balık Türlerinin Vücut Kondisyonu ve Büyüme Tiplerinin Mekansal Değişimi

Öz: Bu çalışmada, Kırkgöz Çayı-Düden Çayı havzasında endemik *Pseudophoxinus antalyae* ve aşılantmış balık türleri, *Carassius gibelio* ve *Cyprinus carpio*'nun boy-ağırlık ilişkisi parametrelerini ve bağıl kondisyon faktörünü değerlendirdik. Mayıs-Eylül 2022 arasında havzanın üç farklı bölgesinden toplam 269 balık yakalanmıştır. Üç balık türü için 1. ve 3. istasyonlardaki popülasyonlar arasında ortalama uzunluk ve ağırlık farklılıkları gözlemlenmiştir. *P. antalyae*'nin 2. istasyondaki popülasyonunda negatif allometrik büyüme gözlenirken, 1. ve 3. istasyonda pozitif allometrik büyüme göstermiş ve sadece 1. bölge için kondisyon faktörü (K) 1'in üzerinde hesaplanmıştır. *C. carpio*'nun 2. ve 3. istasyonlardaki popülasyonları pozitif allometrik büyüme gösterirken, *C. gibelio* negatif allometri göstermiştir. 3. istasyonda *C. carpio* ve 2. istasyonda *C. gibelio* için $K > 1$. Bu çalışma, endemik balık popülasyonlarının büyümesi ve korunması için hem balıkçılık biyolojisi hem de çevre yönetimi için bilgiler sağlayabilir.

*Sorumlu yazar:

Nehir KAYMAK

Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
Bölümü, Antalya, Türkiye
✉: nehirbozkurt@hotmail.com

Anahtar kelimeler: *Pseudophoxinus antalyae*, *C. gibelio*, *C. carpio*, kondisyon faktörü, boy-ağırlık ilişkisi.

INTRODUCTION

Somatic indices are important tools for biological monitoring of fisheries management, conservation and environmental stress on fish health (Anzueto-Calvo et al. 2022). Measuring these indices facilitates understanding of

the biological, physiological, and ecological aspects of organisms (dos Reis et al. 2020). The most commonly used somatic indexes; condition factor (K) and length-weight relationship (LWR). Length-Weight relationships are a response to the physiological conditions of fish (Adite et al., 2017), which depend on habitat conditions, and provide

information about the population dynamics (Santos et al., 2019), welfare, and health status of the species in a given environment. The condition factor, on the other hand, makes it possible to understand the individual physiological states of organisms and relate them to environmental conditions and behavioral aspects of the species (dos Reis et al., 2020). These two parameters are actually used as indicators to evaluate the productivity, status, and especially the "ecological health" of aquatic ecosystems (Deekae and Abowei, 2010; Adite et al., 2017).

Düden Stream, located in the city center of Antalya, is an ecologically important location in terms of hosting endemic fish species (such as *Pseudophoxinus antalyae* Bogutskaya, 1992, *Paraphanius mentoides* Akşiray, 1948) (Çicek et al., 2018, Kuyumcu et al., 2021). The Düden Stream and its biodiversity has been heavily threatened by anthropogenic disturbance such as pollutants from agricultural activities, and domestic and industrial wastewater discharges for a long time (Ayaz et al. 2013). Besides, the natural flow of the stream has been altered by the operation of two hydroelectric power plants in the upper basin of the stream. *Carassius gibelio* and *Cyprinus carpio* have been stocked in the Düden Stream. Although *C. carpio* is a native species for some regions of Turkey (Atalay et al., 2017), it has been transported to almost all parts of Turkey due to aquaculture production and stocking programs and has subsequently been reported as an introduced fish (Tarkan et al., 2015). *C. gibelio* was also unintentionally and/or accidentally introduced as contaminants in *C. carpio* consignments for stocking (Tarkan et al., 2015).

Some previous studies examined the condition and growth parameters of *P. antalyae*. For example, Innal (2014) compared the length-weight parameters of *P. antalyae* and *C. antalyensis*, mostly caught from the lower basin of the Düden Stream. In addition, Erkakan et al (2012) and Ilhan and Gücer (2018) compared the length-weight relationships of ten fish species (*P. antalyae* was sampled from Kepez Dam Lake) and eight *Pseudophoxinus* species (*P. antalyae* was sampled from only Kırkgöz spring), respectively. It is very important to understand how body conditions and development change along the stream from the source to the sea at stations where local and introduced fish coexist or not. Therefore, we investigated spatial variations of condition factors and growth parameters in both endemic and introduced fishes along the Kırkgöz Spring-Düden Stream in this study.

MATERIAL AND METHOD

Düden Stream is 14 km long and originates from the karst Kırkgöz Springs (Dösemealtı (Antalya)) and falls into the Mediterranean Sea in Antalya. The stream mostly flows through Antalya city center. A large part of the water coming out of the spring is taken into the canal for Kepez

Hydroelectric Power Plant which was built in the 1960s, and some of it goes underground through the karst waterways in the sinkhole and permeable travertine (TCAVCSİM, 2020). Annual precipitation is 856 mm, and the mean annual flow of the stream is 23.8 m³/s (AKKYK, 2021; Ayaz et al. 2013). There are two hydroelectric power plants in the upper basin of the stream, and two waterfalls (the upper Düden and the lower Düden waterfall, where the stream pours into the sea from a height of 40 m) in the lower basin of the stream.

Fishes were captured from three different segments of the basin from May to September 2022 (Figure 1, this figure was taken from Ayaz et al. (2013)): the littoral zone of the Kırkgöz spring (site 1) (three different locations within the spring), one location in the water retention pond and stream channel located above the Hydroelectric Power Plant (HPP) (site 2), and one location in the main channel of the lower basin of the stream (site 3) (Figure 1).

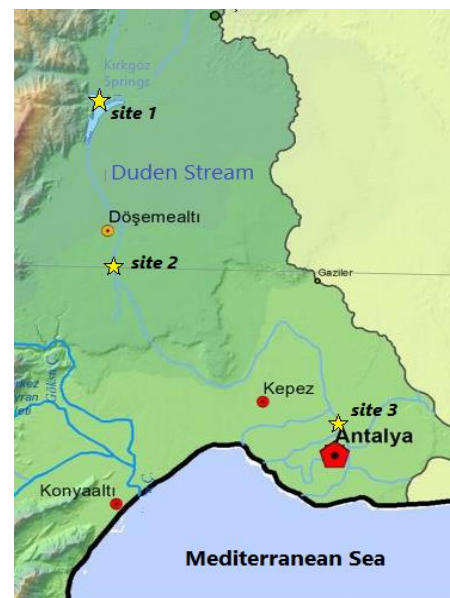


Figure 1. Study area

Kırkgöz Spring (site 1) is located at an altitude of 250-300 m from the sea and covers an area of 45.000 m². This spring lake consists of swampy areas and is densely covered with riparian, emergent, and submerged plant species. Site 2 was located in the upper basin of the Düden Stream and in the site where the stream water leaving the spring connects to the HPP channel (average channel width 5.6m) and littoral site of water retention pond of HPP. Site 3 was located in the lower basin of the Düden Stream and the city center. This site is close to the waterfall which flows into the sea. The mean channel width of this site was 49 m and submerged and herbaceous plants dominated the riparian zone of this site. The stream substrate consists of rocks, sand, and mud. Site 3 was also under the influence of urbanization, agriculture, and industrial activities. We did not determine the environmental parameters of the stream sites, therefore we derived heavy metal pollution index (HPI) values from a

previous study (Leventeli et al., 2019) to define habitat characteristics and anthropogenic pressure. According to that study; site 1 was defined as "good" (HPI: 43.9), site 2 was "poor" (HPI: 72.54), and site 3 was "very poor" (HPI: 242.13).

Fishes from each of site were caught using fykenets with a mesh size of 12 – 35 mm. A trawl net (8 - 55mm mesh size) from the littoral zone of lakes at sites 1 and 2 were also used. Samples were taken using these nets operated for 24 h. The fish samples were first stunned with an anesthetic (MS222) and then placed in 10% formaldehyde solution in the field and brought to Akdeniz University, Biology Department, Hydrobiology Laboratory. Fish weights (W) and total lengths (TL) were measured to the nearest 0.01 g and 1.0 mm, respectively. The length-weight indices (Ricker, 1975) and relative condition factor (Le Cren, 1951) of the individuals in the fish population were compared spatially. The length-weight index (LWR) and relative condition mean were calculated from the weight and length of each fish: $K = Wt/Wt'$, where Wt represents body weight and Wt' is the estimated weight based on the total length (TL) and weight relationship ($Wt' = aL^b$) from the linear regression model. a expresses the Y-axis intersection point of the line in the exponential equation, and b is the slope of the regression line. The $Ls \times Wt$ relationship parameters required to estimate the condition factor were calculated separately for each species and site.

Statistical analysis: First of all, the condition factors of three fish species were compared, and then the spatial variations in condition factors of three fish populations were compared using a one-way analysis of variance (ANOVA). Pairwise differences were tested using Tukey's post hoc testing. Before starting the analysis, it was checked whether the data showed normal distribution with the Shapiro-Wilk test and it was determined that the normal distribution condition was met ($p>0.05$). Whether the b value in LWR was statistically different from "3" was tested with

Student's t-test. Since only 2 small individuals of *C. gibelio* were caught in the Kırkgöz spring, they were not included in the analysis. All analyzes were conducted using the PAST 4.0.4 statistical program.

RESULTS

A total of 3 fish species, *Pseudophoxinus antalyae* (Leuciscidae), *Cyprinus carpio*, and *Carassius gibelio* (Cyprinidae), representatives of 2 families, were collected during the period of the study. A total of 269 specimens were sampled, 172 individuals were *P. antalyae*, 69 were *C. carpio*, and 28 were *C. gibelio* along Düden Stream. While *P. antalyae* was distributed in all three sites from Kırkgöz spring to along the Düden Stream, one of the introduced fish, *C. gibelio*, was represented by only 2 individuals in the Kırkgöz spring. *C. carpio* was sampled from only two sites (sites 2 and 3) (Figure 2).

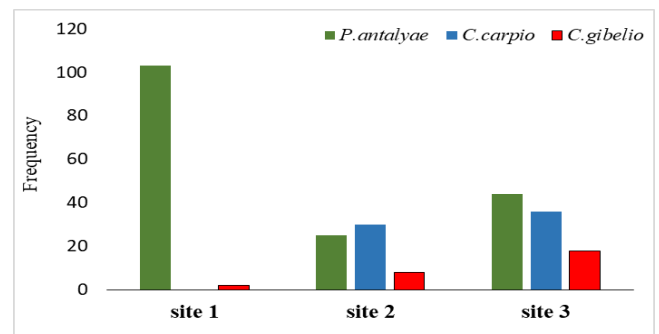


Figure 2. The frequency of species abundance from three sites along the Düden Stream.

Ranges of weight and total length of *P. antalyae* along the Düden stream were 2.85 to 66.0 gr and 6.10 to 16.3cm, respectively. Whereas the ranges of weight and total length of *C. gibelio* were 3.82 to 89.0 gr and 6.5 to 18.1cm, respectively, and ranges of weight and total length of *C. carpio* were 1.11 to 4.559 gr and 4.5 to 49.5 cm, respectively (Table 1).

Table 1. Parameters of the length–weight relationship and descriptive statistics of three species in three populations along Düden Stream (N: number of samples, TL: total length, max: Maximum, min: Minimum, a: intersection point, b: the slope of the equation, CI (b): 95% confidence intervals of b; r²: regression coefficient).

Species	Sites	N	W (gr)		TL (cm)		LWR Parameters					K		
			mak	min	mak	min	a	b	CI (b)	r ²	t-test	Growth type	mak	min
<i>P. antalyae</i>	Site 1	58	66.00	3.31	16.20	6.40	0.01	3.16	3.05-3.27	0.98	58.1**	All (+)	1.74	1.05
	Site 2	25	17.20	5.05	10.30	6.80	0.03	2.90	2.51-3.29	0.91	15.3**	All (-)	0.94	0.65
	Site 3	44	55.90	2.85	16.30	6.10	0.01	3.13	2.90-3.35	0.95	27.8**	All (+)	1.24	0.62
<i>C. gibelio</i>	Site 1	2	4.20	3.80	5.00	4.00								
	Site 2	8	12.80	3.82	9.30	6.50	0.03	2.81	1.31-4.28	0.77	4.61*	All (-)	1.61	0.97
	Site 3	18	89.00	13.70	18.11	9.40	0.04	2.74	2.30-3.42	0.88	10.79**	All (-)	1.1	0.53
<i>C. carpio</i>	Site 2	29	4559.00	1.11	49.50	4.50	0.01	3.06	2.96-3.15	0.99	65.7**	All (+)	0.83	0.32
	Site 3	36	755.00	30.80	32.32	12.00	0.01	3.23	3.09-3.37	0.99	46.8**	All (+)	1.67	1.14

** b value is significantly different from 3 (p<0.001)

* b value is significantly different from 3 (p<0.01)

There were significant differences between the condition factors of the endemic and introduced fish along the stream. The condition factor of *P. antalyae* and *C. gibelio* was lower than those of *C. carpio* at site 3 (F=

191.20, p<0.001), whereas the condition factor of *C. gibelio* was the greatest, those of *P. antalyae* was middle, and those of *C. carpio* was the lowest at site 2 (F= 155.41, p<0.001) (Figure 3, Table 1).

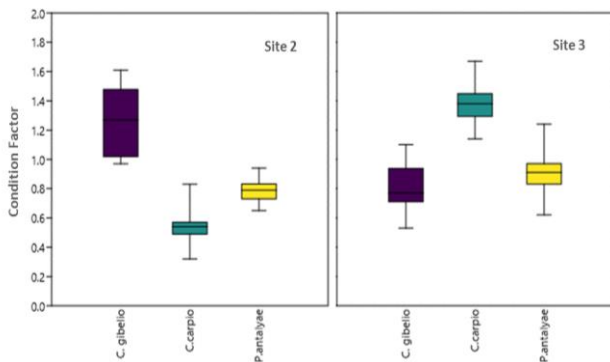


Figure 3. The mean condition factors of the population of three fish species from sites 2 and 3 (the horizontal lines in the colored box and the long vertical bars represent the mean values and the standard deviations, respectively).

There was significant spatial variation in the condition factors of *P. antalyae* population from three sites ($F= 231.50$; $P < 0.001$). While the mean condition factors of *C. gibelio* were higher at site 2 than site 3 ($F = 35.49$; $p < 0.01$), those of *C. carpio* was higher at site 3 than at site 2 ($F= 112.70$, $p < 0.001$) (Figure 4, Table 1).

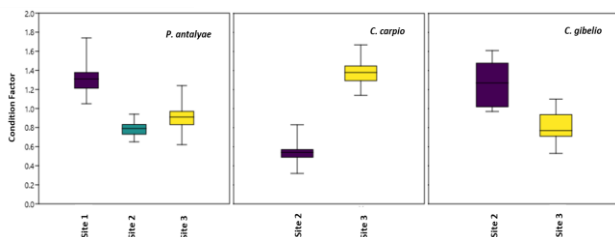


Figure 4. Spatial variation of condition factors of endemic and introduced fish species (the horizontal lines in the colored box and the long vertical bars represent the mean values and the standard deviations, respectively).

Among the constants of the relationship between the length and weight of the fish, “b” indicates whether the fish show isometric ($b=3$) or allometric ($b<3$, negative allometric; $b>3$, positive allometric) growth. According to the Student's t-test results, *P. antalyae* population from sites 1 and 3 showed positive allometric growth ($b > 3$, $p < 0.001$) and had an “a” value of 0.01, whereas the population from site 2 showed negative allometric growth ($b < 3$, $p < 0.001$) and had an “a” value of 0.03 (Figure 5, Table 1).

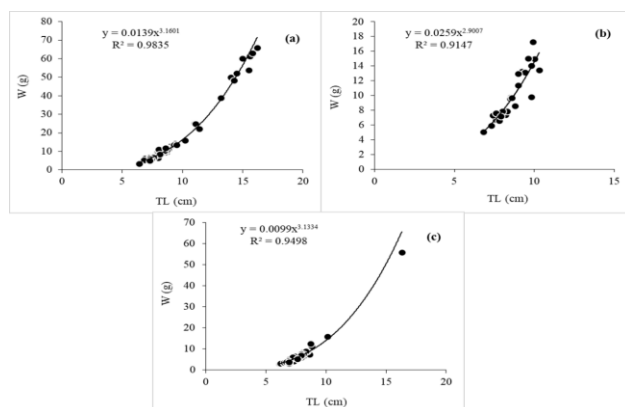


Figure 5. Relationship between Length-Weight of the population of *P. antalyae* from sites 1 (a), 2 (b), and 3 (c).

The growth was positive allometric in the population of *C. carpio* from sites 2 and 3 ($b > 3$, $p < 0.001$), and had an “a” value of 0.01, while negative allometric in *C. gibelio* from sites 2 and 3 ($b < 3$, $p < 0.001$) with “a” value of 0.03, and 0.04, respectively (Figure 6, Table 1).

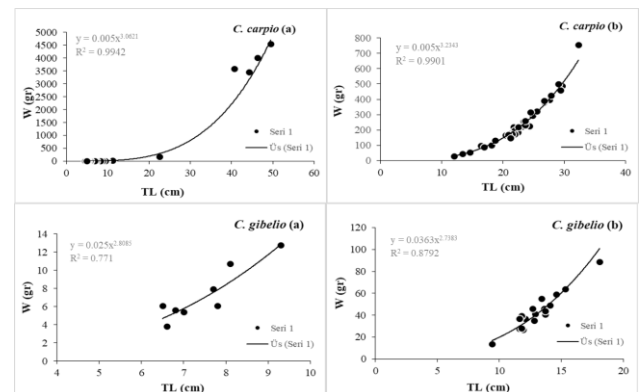


Figure 6. Relationship between Length-Weight of the population of *C. carpio* and *C. gibelio* from sites 2 (a), and 3 (b).

DISCUSSION AND CONCLUSION

Pseudophoxinus antalyae is the endemic fish to Kırkgöz – Düden Stream basin, has most recently been assessed as “Vulnerable” status for The IUCN Red List of Threatened Species (Freyhof, 2014). We observed that the number of *P. antalyae* was higher in Kırkgöz spring/pond relative to sites located in the Düden stream. This is probably due to the more favorable environmental conditions for *P. antalyae* in this pond, which are generally outside of urbanization. In addition, this species prefers still waters, channels, and shallow small ponds as habitats (Atalay, 2005). This endemic fish coexists with introduced fish species (*C. gibelio*, and *C. carpio*) in the Düden Stream. *C. gibelio* was sampled at selected three sites, while *C. carpio* was caught only at sites 2 and 3. According to local fishermen, *C. carpio* has never been caught or observed before in Kırkgöz Spring (site 1). It is not known by whom and when these introduced fish were transported to this system.

Environmental parameters of the habitats were not sampled in this study, but each station offers different habitat possibilities. For example, site 1 is a natural lake-swamp-type habitat, site 2 is a man-made artificial pond and channel, and site 3 is a stream channel habitat. Therefore, these habitats may show different biotic and abiotic characteristics and this may affect the growth parameters of fish. We detected body size variation among populations of three fish species. The body size of individuals in the *P. antalyae* population decreased gradually from site 1 to site 3. This variation may occur due to variability among habitat characteristics. In addition, the data from previous studies for *P. antalyae* supports habitat-specific body size variation (Erk’akan et

al., 2012, Innal, 2014, İlhan and Gücer, 2018). On the contrary, the population of *C. gibelio* from site 3 was relatively larger than those of site 2. *C. carpio* was breaking this trend, with heavier but shorter individuals at site 2. There may be many reasons for the difference in body size observed between these three species. It may be primarily the species-specific characteristics, then the environmental status of habitats, the resource availability in the habitats, and inter and intraspecific completion. Species with similar ecological preferences such as *C. gibelio* and *C. carpio*, which are opportunistic generalist species (Balık et al., 2003; Gül et al., 2010), compete for habitat and food and may show different body growth patterns in line with the resources they obtain. In addition, we caught both very small (-7.74 cm) and very large (-45.18 cm) fish individuals at site 2 which offered a lake habitat. However, medium and large-sized (12.0-32.3 cm) individuals are more common in site 3, which is a stream channel. Lake habitats offer plenty of food sources and thus can support individuals of all size classes. However, stream habitats may have different microhabitats and accordingly offer different food sources for the survival of adult individuals.

The slope b of the length-weight regressions provides information on the life history and morphological comparisons between different fish species or between different fish populations from various habitats (Uzunova et al. 2017), as well as the environmental status of streams (Vila-Gispert and Moreno-Amich, 2001). If the fish grows allometrically, the fish weight will increase either more slowly ($b < 3.0$) or faster (> 3.0) in proportion to the increase in length (Saha et al. 2009). If the fish shows negative allometry, becomes “thin and slender”, in the case of positive allometry, becomes “plump” (De Leon et al. 2017). The result of this study showed positive allometric growth ($b > 3$) for *P. antalyae* population from sites 1 and 3, while negative allometric growth ($b < 3$) for the site 2 population. In Kırkgöz pond, and channels in the Düden Stream, positive allometric growth (3.34, 3.25, and 3.41) was reported for this endemic species (Erk’akan et al., 2012, Innal, 2014, İlhan and Gücer, 2018). As explained above, since different regions of a basin offer different habitats and feeding areas, the body development of the fish may change accordingly. Sites 1 (small lake/pond) and 3 (natural and wider stream channel) offer larger habitat areas, while site 2 is a small unnatural (man-made) channel and therefore may not provide adequate resources for fish growth.

Populations of *C. carpio* exhibited positive allometric growth, on the contrary, those of *C. gibelio* were negative at sites 2 and 3. This result agrees with the findings of Alagöz Ergüden (2015), Birecikligil et al. (2016), Çiçek et al. (2022) which reported negative allometric growth for *C. gibelio* from Seyhan River,

Kızılırmak River, Çoruh River, respectively. In contrast, Innal (2012) and Şimşek and Kale (2022) reported positive allometric growth from Aksu and Asi River, respectively. Apart from this, there are also records for the growth parameters of *C. carpio*: Şen and Elp (2009) determined negative allometric growth for Karasu Stream, Birecikligil et al., (2016) positive for Kızılırmak River. The length-weight relationship in fishes is affected by numerous abiotic and biotic factors such as season, habitat, nutrition, environmental conditions, growth phase, degree of stomach fullness, gonad maturity, sex, size range, health, and preservation techniques (Froese 2006, Tsoumani et al., 2006).

The condition factors, $K > 1$ may indicate better fitness than the average fitness of other individuals of the same length, while $K < 1$ may indicate a worse condition (Sabaridasan et al. 2015, Uzunova et al. 2017). Only the population of *P. antalyae* from site 1, that of *C. gibelio* from site 2, and *C. carpio* from site 3 showed K values > 1 . The condition value of endemic fish was low at sites where endemic and introduced fish species coexisted (sites 2 and 3), indicating that the fish may be negatively affected by the presence of introduced fish species. In addition, low condition values indicate less favorable environmental conditions (Radkhah and Eagderi, 2015). According to Leventeli et al. (2019) and Ayaz et al. (2013), the downstream of the Düden Stream which was located in Antalya city center, suffered from heavy metal pollution (defined as poor and very poor habitat conditions) and anthropogenic disturbance, respectively. It has also been reported that fish deaths are frequently experienced in this region due to industrial waste (Anonymous, 2021; 2022). Therefore, unnatural stream channel (site 2) and intense anthropogenic pressures (site 3), as well as the introduction of non-native fish, may indicate that endemic fish are exposed to unfavorable environmental conditions and biotic relationships in these two sites.

The condition values of the introduced fish species differed between sites, for example, the K of *C. gibelio* was higher at site 2, while the K of *C. carpio* was higher at site 3. In particular, the population abundance of *C. carpio* was much higher than those of *C. gibelio* at site 2 (personal observation of N. Kaymak). Therefore, intraspecific competition may have negatively affected the feeding and health status of the population of *C. carpio* at site 2. Interestingly, the *C. gibelio* population with smaller individuals in site 2 had higher conditions than the larger individuals from site 3. This is most likely attributed to the change in food preferences due to the ontogenic development of *C. gibelio*. Juvenil fish feed on plankton and detritus, while adults prefer benthos and relatively large plankton (Tsoumani et al. 2006). The presence of zooplankton and benthic invertebrates in the stream

channel generally is very low due to stream flow, and thus this may affect fish growth. Especially stomach contents of some large individuals of *C. gibelio* from site 3 were mostly composed of mostly filamentous algae, detritus, and less small invertebrates, while some individuals from site 2 were mostly composed of larger crustacea and insect larvae (Unpublished data). Similar results were also reported by Akın et al. (2016); individuals of *Capoeta banarescui* (Cyprinidae), which mostly consume animal diet (such as chironomid larvae), have the highest condition values; those fed mostly with diatoms had the lowest values.

In conclusion, this study provided valuable information on how the growth parameters and condition factors of sympatric endemic and introduced fish species changed along the Düden Stream. Both abiotic (environmental condition, such as pollution) and biotic (presence of introduced fishes) factors may have affected the body condition and growth type of the endemic fish species, *P. antalyae*. The natural Kırkgöz spring provides a favorable environmental condition for the growth, development, and fitness of *P. antalyae* because its environmental parameters provide a healthy habitat ("good" habitat condition based on Leventeli et al. (2019)) and there were no non-native fish species. On the other hand, the conditions of the introduced fish species were higher than those of the endemic fish at sites 2 and 3 along the Düden Stream. The predation rate, completion, presence of disease in the environment, food availability, feeding, and temperature, dissolved oxygen, and pollution status of the environment influence the growth and condition of organisms. In order to more clearly determine the effects of these introduced species and water quality on endemic species in the Düden Stream, future studies should determine the environmental parameters of the stream and trophic relationships of all fish species.

REFERENCES

- Adite, A., Tossavi, C.E. & Kakpo, D.B.E. (2017).** Biodiversity, length-weight patterns and condition factors of cichlid fishes (Perciformes: Cichlidae) in brackish water and freshwater lakes of the Mono River, Southern Benin, West Africa. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, **4**(6), 26-34.
- AKKYK. (2021).** Yukari Düden Şelalesi Mansabında Görülen Su Kirliliğinin Sebepleri Ve Alınması Gereken Önlemler Sonuç Raporu, Antalya Kent Konseyi Yürütme Kurulu, Antalya, Türkiye, 21p.
- Akın, S., Turan, H. & Kaymak, N. (2016).** Does diet variation determine the digestive tract length of *Capoeta banarescui* Turan, Kottelat, Ekmekci and Imamoglu, 2006?. *Journal of Applied Ichthyology*, **32**(5), 883-892. DOI: 10.1111/jai.13104
- Alagöz Ergüden, S. (2015).** Age and growth properties of prussian carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) living in the middle basin of Seyhan River in Adana, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, **47**(5), 1365-1371.
- Anonymous. (2021).** <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/antalyada-korkutan-goruntu-binlercesi-telefon-gozlerimize-inanamadik-41715537> (10.04.2023)
- Anonymous. (2022).** <https://antalyakorfez.com/haber/53355-Duden-ile-ilgili-rapor-aciklandi> (10.04.2023)
- Anzueto-Calvo, M. J., Velázquez-Velázquez, E., Ruiz-Campos, G., Cruz Maza, B. G., Domínguez-Cisneros, S. E. (2022).** Evaluation of somatic indexes in the endangered and endemic killifish *Tlaloc hildebrandi* (Cyprinodontiformes: profundulidae). *Neotropical Biodiversity*, **8**(1), 267-270. DOI: 10.1080/23766808.2022.2096533
- Atalay, M.A. (2005).** *Pseudophoxinus (pisces, cyprinidae) genusu'nun anadolu'da yayılışı ve taksonomik özelliklerinin belirlenmesi. Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta, Türkiye, 140s.
- Atalay, M.A., Kirankaya, Ş.G. & Ekmekçi, F.G. (2017).** The current status of gibel carp and sand smelt in Turkey's inland fisheries. *Aquaculture Studies*, **17**, 41-57. DOI: 10.17693/yunusae.v17i26557.281581
- Ayaz, S., Erdoğan, N., Beşiktaş, M., Aytış, E.A., Dereli, E.M., Aynur, S., et al. (2013).** Havza koruma eylem planlarının hazırlanması projesi doğu karadeniz havzası nihai raporu. Sci. Technol. Res. Institution Turk. Marmara Res. Cent. Available at: https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/havza%20koruma%20eylem%20planlar%C4%B1/Dogu_Karadeniz_web.pdf (12.12. 2022).
- Balık, I., Kardeşin, B., Özkök, R., Çubuk, H. & Uysal, R. (2003).** Diet of silver crucian carp *Carassius gibelio* in Lake Eğirdir. *Turkish J. Fish. Aquat. Sci.*, **3**.
- Birecikligil, S. S., Çiçek, E., Öztürk, S., Seçer, B. & Celepoğlu, Y. (2016).** Length-length, length-weight relationship and condition factor of fishes in Nevşehir Province, Kızılırmak River Basin (Turkey). *Acta Biologica Turcica*, **29**(3), 72-77.
- Çiçek, E., Fricke, R., Sungur, S. & Eagderi, S. (2018).** Endemic freshwater fishes of Turkey. *FishTaxa*, **3**(4), 1-39.
- Çiçek, E., Seçer, B., Sungur, S., Eagderi, S., Bahçeci, H. (2022).** Length-weight relationships and condition factors of eight exotic fish species from Turkey. *Turkish Journal of Water Science and Management*, **6**(2), 260-274. DOI: 10.31807/tjwsm.1067360
- De Leon, K.J.A., Manliclic, A.D.C. & Corpuz, M.N.C. (2017).** Spatial and sexual variation on morphometrics, length and weight, and condition factor dynamics of endemic silver therapon (*Leiopotherapon plumbeus*, Kner). *International Journal of Agricultural Technology*, **13**(7), 1567-1577.
- Deekae, S.N. & Abowei, J.F.N. (2010).** *Macrobrachium Macrobrachion* (Herklots, 1851) Length-Weight Relationship and Fulton's Condition Factor in Luubara creek, Ogoni Land, Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, **2**, 155-162.
- Dos Reis, R.M., da Silva Lourenço, L., da Silva, H.P. & JhonyVendrusclo, I.M.F. (2020).** Length-weight

- relationships and condition factor of the predatory fish, *Cichla pleiozona* and *Serrasalmus rhombeus*, from two tropical reservoirs, Amazon basin, Brazil. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 8(3), 355-360.
- Erk'akan, F., Innal, D. & Özdemir, F. (2013).** Length-weight relationships for ten endemic fish species of Anatolia. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(3), 683-684.
- Freyhof, J. (2014).** *Pseudophoxinus antalyae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T60988A19008904. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T60988A19008904.en>. (17.04.2023)
- Froese R., (2006).** Cube law, condition factor and weight-length relationships: metaanalysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.
- Gül, A. L. İ., Yilmaz, M., Kuşçu, A. & Benzer, S. (2010).** Feeding properties of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) living in Hirfanli dam lake. *Kastamonu Education Journal*. 18, 545-556.
- Ilhan, A. & Gucer, M. (2018).** Length-weight relationship of eight endemic *Pseudophoxinus* species to Anatolia. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(1), 73-77. DOI: 10.12714/egejfas.2018.35.1.12
- İnnal, D. (2012).** Age and growth properties of *Carassius gibelio* (Cyprinidae) living in Aksu river Estuary (Antalya-Turkey). *Review of Hydrobiology*, 5(2), 97-109.
- Innal, D. (2014).** Identifying growth parameters for two endemic species [*C. apoeta antalyensis* (B attalgil, 1943) and *P. pseudophoxinus antalyae* B ogutskaya, 1992] in Duden Creek, Antalya, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(2), 294-299.
- Kuyumcu, M., Aksu, İ. & Bektaş, Y. (2021).** Genetic Analysis of Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes) Family in Anatolia. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4), 627-634. DOI: 10.35229/jaes.1030422
- Le Cren, E.D. (1951).** The Length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20, 201-219
- Leventeli, Y., Yalcin, F. & Kilic, M. (2019).** An investigation about heavy metal pollution of Düden and Goksu Streams (Antalya, Turkey). *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2).
- Radkhah, A. & Eagderi, S. (2015).** Length-weight and length-length relationships and condition factor of six cyprinid fish species from Zarrineh River (Urmia Lake basin, Iran). *Iranian Journal of Ichthyology*, 2(1), 61-64. DOI: 10.22034/iji.v2i1.12
- Ricker, W.E. (1975).** *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Vol. 191, Eds. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, USA, 1-382p.
- Sabaridasan, A., Edwinthangam, P., Sapphire, M.D. & Soranam, R. (2015).** Studies on length-weight relationships and condition factor of common fish *Dawkinsia filamentosa* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Southern Western Ghats, India. *Research & Reviews: Journal of Ecology*, 4, 1-7.
- Saha, S.N., Vijayanand, P. & Rajagopal, S. (2009).** Length-weight relationship and relative condition factor in *Thenus orientalis* (Lund, 1793) along East Coast of India. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 1(2), 11-14.
- Santos, G.S.D., Aguiar-Santos, J., Castro, A.C.L.D. & Piorski, N.M. (2019).** Length-weight relationships of seven fish species from Amazonian Equatorial coast, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(5), 1169-1171. DOI: 10.1111/jai.13958
- Şen, F. & Elp, M. (2009).** Karasu Çayı (Van) sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) populasyonunun bazı biyolojik özellikleri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2, 31-34.
- Şimşek, E., Gözler, Z.A. & Samsun, O. (2022).** Age and growth parameters of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) from Asi River, Turkey. *Acta Natura et Scientia*, 3(1), 32-43. DOI: 10.29329/actanatsci.2022.351.04
- Tarkan, A.S., Marr, S.M. & Ekmekçi, F.G. (2015).** Non-native and translocated freshwater fish species in Turkey. *FiSHMED*. 003.
- TCAVCSİM. (2020).** Antalya İli 2019 Yılı Çevre Durum Rapor, Antalya Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Antalya, Türkiye, 139p.
- Tsoumani, M., Liasko, R., Moutsaki, P., Kagalou, I. & Leonardos, I. (2006).** Length-weight relationships of an invasive cyprinid fish (*Carassius gibelio*) from 12 Greek lakes in relation to their trophic states. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 281-284. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00768.x.
- Uzunova, E.P., Kanev, E.K. & Stefanov, T. (2017).** Spatial variation in the abundance and population structure of bullhead *Cottus gobio* L., 1758 (Actinopterygii: Cottidae) from the Iskar River Basin (Danube River drainage, Bulgaria): Implications for monitoring and conservation. *Acta Zoologica Bulgarica*, 69(3), 393-404.
- Vila-Gispert, A. & Moreno-Amich, R. (2001).** Mass-length relationship of Mediterranean barbel (*Barbus meridionalis*) as an indicator of environmental status in South-West European stream ecosystems. *Journal of Fish Biology*, 59, 824-832.



Determining the Effect of Forest Fires on Soil Loss Using RUSLE and a New Approach: The Case of Çınarpınar Forestry Enterprise/Türkiye

Hurem DUTAL*

Faculty of Forestry, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş, Türkiye

Geliş/Received: 22.05.2023

Kabul/Accepted: 06.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: **Dutal, H. (2023)**. Determining the Effect of Forest Fires on Soil Loss Using RUSLE and a New Approach: The Case of Çınarpınar Forestry Enterprise/Türkiye. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 435-448. <https://doi.org/10.35229/jaes.1300671>

Atıf yapmak için: **Dutal, H. (2023)**. Orman Yangınlarının Toprak kaybı üzerindeki etkisinin RUSLE ve Yeni Bir Yaklaşım Kullanılarak Belirlenmesi: Çınarpınar Orman İşletme Şefliği Örneği/Türkiye. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 435-448. <https://doi.org/10.35229/jaes.1300671>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-0944-6872>

Abstract: Soil erosion by water (WSE) is an environmental, economic, and sociological problem in the world. Nowadays, forest fires have triggered more WSE, especially in the Mediterranean basin. Therefore, the present study aims to determine the impact of forest fires on soil loss susceptibility in the Çınarpınar Forestry Enterprise, Türkiye. The RUSLE model was used to determine soil loss. Two soil loss maps were generated for the actual situation (base scenario) and forest fire scenario. For the forest fire scenario, R, K, and LS factors in the RUSLE model were modified based on the forest fire severity index. Finally, two maps representing base and forest fire scenarios were compared. The actual mean soil loss was found as 5.34 t ha⁻¹ year⁻¹ in the Çınarpınar Forestry Enterprise while the mean soil loss was determined as 12.44 t ha⁻¹ year⁻¹ for the forest fire scenario. It was found that forest fires would increase soil loss by more than 2 times in the study area. Areas with very low soil loss susceptibility to forest fires constitute 41.97% of productive forests, while areas with very high, high, medium, and low soil loss susceptibility constitute 3.64%, 9.28%, 27.50%, and 17.61% of productive forests, respectively. It was also found that there is not always a linear relationship between fire severity and soil loss susceptibility under natural conditions. Consequently, it is hoped that this study will help decision-makers in the implementation of the multi-purpose approach, which aims to reduce the risk of both forest fire and soil loss.

*Corresponding author:

Hurem DUTAL

Faculty of Forestry, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş, Türkiye.

✉: huremdutal@ksu.edu.tr

Keywords: Mediterranean basin, forest fire severity, RUSLE, soil erosion.

Orman Yangınlarının Toprak kaybı üzerindeki etkisinin RUSLE ve Yeni Bir Yaklaşım Kullanılarak Belirlenmesi: Çınarpınar Orman İşletme Şefliği Örneği/Türkiye

Öz: Su erozyonu dünya genelinde çevresel, ekonomik ve sosyolojik bir sorundur. Günümüzde orman yangınları, özellikle Akdeniz havzasında, su erozyonunun daha fazla oluşmasını tetiklemektedir. Bu nedenle, bu çalışma Türkiye'de Çınarpınar Orman İşletmesi'nde orman yangınlarının toprak kaybı duyarlılığı üzerindeki etkisinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Toprak kaybı RUSLE modeli ile belirlenmiştir. Mevcut durum (ana senaryo) ve orman yangını senaryosu için iki toprak kaybı haritası oluşturulmuştur. Orman yangını senaryosu için, RUSLE modelindeki R, K ve LS faktörleri yangın şiddet indeksine bağlı olarak değiştirilmiştir. Son olarak, ana ve orman yangını senaryolarını temsil eden iki harita karşılaştırılmıştır. Çınarpınar Orman İşletmesi'nde mevcut ortalama toprak kaybı 5,34 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulunurken, orman yangını senaryosu için ortalama toprak kaybı 12,44 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir. Orman yangınlarının çalışma alanındaki toprak kaybını 2 kattan fazla artırabileceği tespit edilmiştir. Orman yangınlarına karşı çok düşük toprak kaybı duyarlılığına sahip alanlar verimli ormanların %41,97'sini oluştururken, çok yüksek, yüksek, orta ve düşük toprak kaybı duyarlılığına sahip alanlar verimli ormanların sırasıyla %3,64, %9,28, %27,50 ve %17,61'ini oluşturmaktadır. Doğal koşullar altında yangın şiddeti ile toprak kaybı duyarlılığı arasında her zaman doğrusal bir ilişki olmadığı da ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, bu çalışmanın hem orman yangını hem de toprak kaybı risklerini azaltmayı amaçlayan çok amaçlı yaklaşımın uygulanmasında karar vericilere yardımcı olacağı ümit edilmektedir.

*Sorumlu yazar:

Hurem DUTAL

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Orman Fakültesi, Kahramanmaraş, Türkiye

✉: huremdutal@ksu.edu.tr

Anahtar kelimeler: Akdeniz havzası, Orman yangını şiddeti, RUSLE, Toprak erozyonu.

INTRODUCTION

Soil erosion is the phenomenon including detachment and transportation of soil fragments from their location by various erosive forces and deposition of them in a certain places (Sirjani & Mahmoodabadi, 2014). When this detachment and transportation process is driven by water, it is defined as soil erosion by water (WSE) (Raza et al., 2021). Soil erosion, which is actually a natural geological process, can accelerate with the effect of various factors such as land use, land use change, vegetation density, and improper human activities (Yüksek et al., 2020; Alaboz et al., 2021; Dursun & Babalık, 2023). This situation is called accelerated erosion (Ganasri & Ramesh, 2016). Accelerated erosion (hereinafter referred to as WSE) brings ecological, economic, and sociological problems (Tanyaş et al., 2015; Thapa, 2020).

WSE causes not only onsite but also offsite damages. Due to WSE, the fertile top layer of the soil is carried away. This leads to a decline in soil fertility and thus crop productivity. In addition, WSE diminishes the water capacity of the dams while it degrades the water quality (Sharda et al., 2013). It causes a rise in sediment and pollutants and a decrease in biodiversity in streams. In streams that carry a high amount of sediment, WSE results in a blockage effect and consequently causes floods (Maina et al., 2019). Moreover, WSE also disrupts ecosystem services such as carbon absorption, as it leads to a decrease in vegetation density due to land degradation (Allafta & Opp, 2022). While 12% of the total terrestrial areas in the world are severely affected by erosion, WSE is responsible for approximately 70% of this ratio (Oldeman, 1994). For example, in Türkiye, 642 million tons of soil are transported to water reservoirs every year due to WSE (Erpul et al., 2018).

Especially in the last decades, WSE has become a global threat because of various reasons (Terranova et al., 2009). Forest fires have been one of the significant factors causing WSE as well as population growth, overgrazing, inappropriate agricultural practices, deforestation, and construction activities (Allafta & Opp, 2022). Most fires in Europe have resulted in increased runoff and peak flows. There has also been an increase in the sensitivity of the soil to erosion. It was stated that the WSE increased by several orders of magnitude depending on fire severity and specific location characteristics such as topography and vegetation (Coschignano et al., 2019; Morris & Moses, 1987).

In this context, considering the effects of forest fires on soil erosion, WSE has become an issue that needs more attention, especially in the Mediterranean basin. A rise in forest fire events is expected due to climate change in this region which is already prone to erosion because of its precipitation, topography, and soil characteristics (IPCC, 2022; Oguz et al., 2019; Terranova et al., 2009). Forest fires

in many countries in the region confirm this expectation (FAO, 2006; Tselka et al., 2021). In addition, although forest fires events has decreased in some countries, very severe and widespread forest fires, called mega-fire, have begun to occur (Hirschberger, 2016).

Low-intensity forest fires (such as surface fires) may have little or no impact on soil loss, while high-intensity fires can cause significant increases in soil loss (Agbeshie et al., 2022). On the severity of the forest fire, vegetation condition, topography and climate characteristics are the main determinants (Estes et al., 2017; Fang et al., 2018). In this context, considering the fire severity in determining the effects of forest fires on soil loss is of great importance for more realistic results, since these factors and therefore fire severity are not homogeneous in a particular forest area (Coschignano et al., 2019)

Determination of WSE by conventional methods is quite expensive and time-consuming (Ganasri & Ramesh, 2016). Therefore, various models each of which has its own characteristic, application extent, and application purpose have been developed to predict soil loss. USLE/RUSLE (Universal Soil Loss Equation/Revised Universal Soil Loss Equation), WEPP (Water Erosion Prediction Project), ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation), LISEM (The Limburg Soil Erosion Model), SWAT (Soil and Water Assessment Tool), and AGNPS (Agricultural Non-Point Sources) are some of these models (Babalık et al., 2021; Dutal, 2022; Dutal & Reis, 2020; Merritt et al., 2003). GIS (Geographic Information System) and remote sensing data were also considered in the development of these models. This orientation has greatly facilitated the implementation of model applications in larger areas in recent years (Reis et al., 2017; Šuri et al., 2002; Yuksel et al., 2008).

Among these models, RUSLE is the frequently used one throughout the world (Bonilla et al., 2010; Jiang et al., 2015; Sharma et al., 2023). Integration with GIS, application in various scales, ease of application, and data requirement are the main reasons why the model is frequently preferred (Farhan & Nawaiseh, 2015). It can also predict the spatial distributions of soil loss amount and erosion risk in ungauged watersheds as it only needs knowledge about the watershed properties and climatic conditions (Kalambukattu & Kumar, 2017). Therefore, the RUSLE model has been the most appropriate model option to be used for the evaluation of soil loss in most developing countries where there is a data shortage for more complex models (Allafta & Opp, 2022).

In natural resource management, the identification of potential risk is at least as valuable as learning from past events. Therefore, determining the potential changes in soil loss which may occur as a result of forest fires for unburned forestlands will guide both proactive and multi-purpose

approaches in natural resource management. While studies that reveal potential effect of fires on soil loss in unburned forestlands are limited throughout the world (De Girolamo et al., 2022; Terranova et al., 2009), there is no study on this issue in Türkiye. Studies in Türkiye, have focused on soil loss for burned forest areas by using the fire severity indexes (Bayazıt & Koç, 2022; Değerliyurt, 2014). In addition, comparing different soil erosion scenarios allows decision-makers to use labor and financial resources in the most efficient way to prevent environmental damage and related costs (Singh & Kansal, 2023; Vijith et al., 2018). Thus, present study aims to 1) determine the soil loss amount in the Çınarlıpınar Forestry Enterprise by using the RUSLE model, 2) map the potential forest fire severity of the study area, and 3) reveal the potential impact of forest fires on soil loss with a scenario-based approach depending on the potential forest fire severity

MATERIAL AND METHOD

Study area: This study was performed within the boundaries of Çınarlıpınar Forestry Enterprise (ÇFE) in Türkiye (Figure 1). ÇFE is extended from 37°32' to 37°44' North latitudes and from 36°31' to 36°52' East longitudes. ÇFE is about 25 km away from the Kahramanmaraş city center. In addition, a little part of the reservoirs of Kılavuzlu and Sır Dams is located in the boundaries of ÇFE. Moreover, some of the streams in ÇFE flow into the reservoirs of Kılavuzlu, Sır, and Menzelet dams. The total area of ÇFE is 30591.5 ha. However, the study area is 27274.1 ha as the reservoir areas in ÇFE were not taken into account in the process of soil loss calculation.

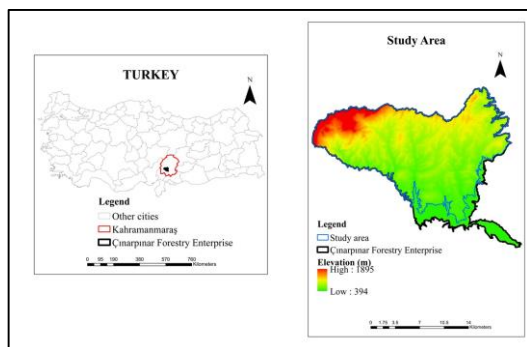


Figure 1. The location of Çınarlıpınar Forestry Enterprise.

The altitude in the study area varies between 407 and 1895 m (Figure 2). The average slope is 30.5% (Figure 3). The Mediterranean climate is experienced in the ÇFE, with dry and hot summers and warm and rainy winters. While the average maximum precipitation (130.6 mm) falls in December, the average minimum precipitation (2.2 mm) falls in August. The annual average rainfall is 721.6 mm according to the period of 1930-2022. While the mean lowest temperature is 1.4 °C in January, the mean highest temperature is 36.1 °C in August (GDMS, 2022).

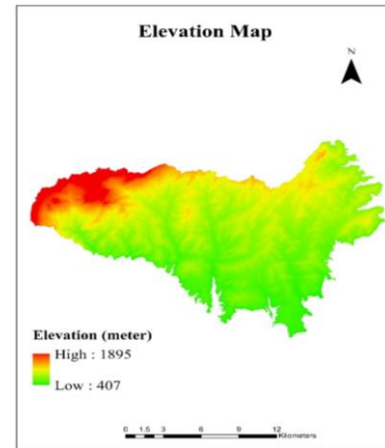


Figure 2. The elevation map of the study area.

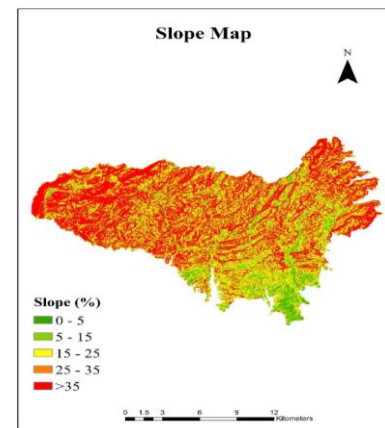


Figure 3. Slope map of the study area.

Approximately 66% of the study area comprises forest areas. However, about 70% of these forest areas are productive forests and the rest is degraded forest areas. Calabrian pine stands (*Pinus brutia*, Ten.), which are extremely sensitive to fire, have the highest ratio in these forest areas. Agricultural areas constitute 16% of the study area and are generally concentrated in regions where the slope is relatively less. Grasslands in forest cover 14% of the study area, while residential areas cover 2% of it (Figure 4).

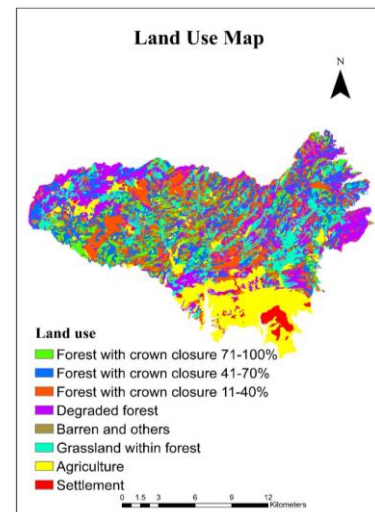


Figure 4. Land use map of the study area..

Method: In the present study, the geographical distribution of the changes in soil loss amount was determined based on the difference between the present soil loss map (base scenario) and the soil loss map based on the forest fire severity potential (fire scenario). Thus, soil protection hotspots against forest fires were revealed. In short, a new approach revealing the possible changes in soil loss based on the potential forest fire severity for unburned forest areas was used in this study (Figure 5). The RUSLE model (Renard et al., 1997) was preferred to determine the soil loss in the ÇFE. It was selected due to its ease to use, data requirement, robustness, GIS integration, and wide use (Allafta & Opp, 2022). The forest fire severity potential was determined depending on the parameters driving the fire behavior. All maps required for this study were produced with ArcGIS software.

R factor: R is an indicator of the erosive power of precipitation. The sum of the EI values obtained by multiplying the energy of each precipitation that can cause erosion (>12.7 mm) by its maximum 30-minute intensity in a year period is the R value of that year. The average annual R value is used in the RUSLE model. Since these data, which are necessary for the calculation of the R value, are not available for many regions of the world, the R value is calculated by various methods (Kalambukattu & Kumar, 2017; Lanorte et al., 2019; Thapa, 2020). In this study, the following formula 2 was used to calculate R similar to the studies by Aytıp and Şenol, (2022) and Tüfekçioğlu and Yavuz, (2016).

$$R = (4.17 * MFI) - 152 \tag{2}$$

Where MFI represents the Modified Fornier Index and calculated with the formula 3.

$$MFI = \sum_1^{12} \frac{P_i^2}{P} \tag{3}$$

Where Pi represents the monthly precipitation of ith month (mm); P is the yearly precipitation (mm).

In the present study, monthly precipitation values for the years 1930-2022 of Kahramanmaraş Meteorology Station (KMS), which is the nearest station to the ÇFE area, were used. R value calculated for KMS is interpolated to the study area. Therefore, the altitude is firstly classified at intervals of 100 m in the study area. Then, the annual precipitation amount for each altitude class was calculated by formula 4.

$$P_L = P_S + 54 * \left(\frac{E_L - E_S}{100} \right) \tag{4}$$

Where PL is the yearly precipitation of each elevation class in the Çınarınar Forestry Enterprise (mm); PS is the yearly precipitation of KMS (mm); EL is the average elevation of each elevation class in the study area (m); ES is the elevation of KMS (m)

Finally, formula 5 was used to determine the R value for each elevation class.

$$R_L = R_S * \left(\frac{P_L}{P_S} \right) \tag{5}$$

Where RL is the R value of each elevation class in the ÇFE; RS is the R value of KMS

K factor: The K factor varies depending on both the sensitivity of the soil to detachment and the runoff ratio. The higher the K value, the lower the soil's resistance to erosion. It is influenced by texture, structure, permeability, and organic matter (Thapa, 2020). In the present study, K values were determined based on the great soil groups map of the ÇFE. This map is taken from the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Reform (TRGM, 2021). Considering the literature (Değerliyurt, 2013; İrvem & Tülücü, 2004; Koralay & Kara, 2020; Özdemir & Tatar Dönmez, 2016; Özden & Özden, 1997), a K value was assigned to each soil group. Before the soil loss calculation process, the K values in Table 1 were converted to the international system.

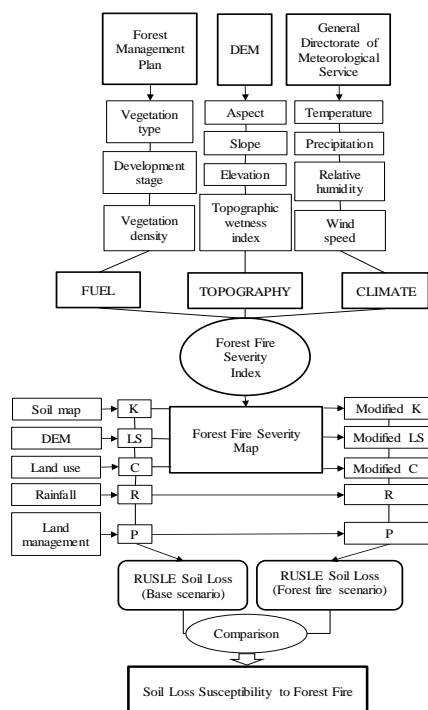


Figure 5. Flowchart of the study.

RUSLE model: The RUSLE is one of the frequently preferred methods for erosion-related studies (Tselka et al., 2021). The model was developed by revising the USLE model. The RUSLE model, which can predict the rill and interrill erosion, is the product of long-lasting experiments (Tselka et al., 2021). It considers five parameters and the soil loss is calculated with the following formula 1.

$$A = R * K * LS * C * P \tag{1}$$

Where A is the soil loss amount (ton ha⁻¹ year⁻¹); P is the support practice factor (dimensionless); K is the soil erodibility factor (ton ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹); R is the rainfall and runoff factor (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹); LS is the slope length and steepness factor (dimensionless); C is the cover and management factor (dimensionless).

Table 1. K values assigned to great soil groups.

Great Soil Groups	K-value (ton *acre *hour)/(hundreds of acre foot-tonf *inch) ⁻¹
Alluviyal	0.18
Koluvial	0.18
Brown Forest	0.20
Non Calcic Brown	0.20
Red-Brown Mediterranean	0.15

LS factor: The impact of topography on soil loss is revealed by the LS factor in the RUSLE model. L represents the distance between the start and end points of the runoff, while S represents the slope gradient of this L surface. A rise in the L value results in increasing the amount of runoff, while a rise in the S value results in increasing the erosivity and velocity of the runoff. Therefore, a rise in these factors means a rise in soil loss.

The LS factor was determined with the following formula 6 (Tselka, 2021).

$$LS = \left(\frac{a}{a_0}\right)^u * (\sin(b * 0.01745)/0.0896)^n \quad (6)$$

Where “a” is the pixel size times flow accumulation; a_0 is 22.13; u is a variable length-slope exponent; b is the slope in degree; n is the slope gradient exponent. In this study, u and n were set to 0.4 and 1.3, respectively.

DEM data with 30*30 m resolution was used to calculate the LS factor.

C factor: The C factor reflects the degree to which vegetation prevents soil loss. As it is known, vegetation both reduces the erosive effect of raindrops and increases the mechanical durability of the soil through its roots (Depountis et al., 2020). This factor ranges from 0 to 1, based on the density and type of vegetation. As the vegetation density rises, the C decreases. It was determined depending on the land use map in this study. The Çınarpinar forest management plan was taken in to account to generate the land use map. Considering the previous studies (Al-Quraishi, 2003; Değerliyurt, 2013; Swarnkar et al., 2018; Wischmeier & Smith, 1978), the C values for each land use were determined (Table 2).

Table 2. Assigned C values to land uses.

Land Use/Land Cover	C-value
Forest with crown closure 71-100%	0.0006
Forest with crown closure 41-70%	0.003
Forest with crown closure 11-40%	0.006
Degraded forest	0.19
Non-wood, bare, and others	0.20
Grassland in forest	0.08
Agriculture	0.30
Settlement (Medium intensity)	0.20

P factor: It represents the impact of soil protection measures (terracing, contour, etc.) on soil loss. As these practices decrease the runoff rate, they contribute to the reduction of the soil loss amount. P factor has no dimension and ranges between 0 and 1. The value of 1 indicates that there is no protection application. The P value approaches 0 as the intensity of the soil erosion measures increases (Depountis et al., 2020). In this study, the value of 1 was used for the whole study area.

Model validation: When the RUSLE model results were compared with the measured results, the RUSLE model

overestimates low soil loss while it underestimates high values (Kinnel, 2005; Rapp et al., 2001). Abu Hammad et al., (2005) stated that RUSLE model results would be 3 times higher than the observed values in the Mediterranean basin. In addition to these findings, Šúri et al., (2002) reported that it would be a more accurate approach to use the RUSLE model in comparison studies than using it for absolute results. Therefore, it can be said that validation of the RUSLE model is not a crucial component for comparison studies. Since two different scenarios (base and forest fire) were compared in the present study, the RUSLE model was not validated. Obtained results were compared with similar studies. It is already seen that the RUSLE model is not validated in most of the scenario-based studies and the results are compared with previous studies (Terranova et al., 2009).

Forest fire severity map: The effects of forest fires on soil properties are not uniform and vary spatially depending on the fire severity (Coschignano et al., 2019). Soil properties change more in areas with higher fire severity, while they change less in areas with lower fire severity (Agbeshie et al., 2022; Schoenholtz, 2004). Therefore, the spatial distribution of fire severity must first be revealed to determine the potential impacts of forest fires on soil loss. Fire severity indicates the changes in vegetation, litter, and soil after a forest fire (Agee, 2007; Han et al., 2021; Keeley, 2009). Nowadays, the spatial distribution of fire severity in burned forest areas can be mapped by using various indices (Gokkaya, 2022; Montealegre et al., 2014; Morgan et al., 2014). However, since this study aims for a scenario-based evaluation of change in soil loss, it is necessary to reveal the potential fire severity of unburned forest areas. In this study, this potential fire severity was determined through the factors that drive fire behavior. These factors are fuel, topography, and weather (Balde et al., 2023; Estes et al., 2017; Sugihara et al., 2006; Zald & Dunn, 2018). However, in this study, the weather parameter was kept constant because there is only 1 meteorology station. In addition, the study area is not too large to cause notable differences in climatic parameters. Therefore, potential fire severity was determined by an index including fuel and topography factors. While the fuel factor consists of vegetation type, vegetation density, and development stage parameters, the topography factor consists of slope, elevation, aspect, and TWI parameters. While the parameters under the fuel factor were obtained from the Çınarpinar forest management plan, the topographic parameters were derived from the DEM data. Table 3 and Formula 7 (adopted from Sivrikaya & Küçük, 2022) were used to determine the fire severity index. A higher fire severity index value indicates a higher fire severity potential while a lower index value indicates a lower fire severity potential.

Table 3. Forest fire severity classes and parameter rates.

Parameter	Unit	Fire sensitivity class/rate									
		Very low		Low		Moderate		High		Very high	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vegetation type	Class	Fir	Oak, Other deciduous			Cedar				Black pine	Calabrian pine
Development stage	cm					36-51.9	<8	20-35.9			8-19.9
Vegetation density	%				11-40			41-70			71-100
Aspect	class	N	NE,NW	E		FLAT	SE,W		S		SW
Slope	%	0-5			5-15		15-25		25-35		>35
Elevation	m		0-500		500-1000		1000-1500		1500-2000		
Topographic wetness index			11.31-21.70		8.38-11.31		6.48-8.38		5.16-6.48		3.04-5.16

$$FSI=0.6*(0.5485*VT+0.2409*DS+0.2106*CC)+0.4*(0.4353*A+0.3569*S+0.1330*E+0.0748*TWI) \quad (7)$$

Where FSI is forest fire severity index, VT is vegetation type, DS is the development stage, CC is crown closure, A is aspect, S is the slope, E is elevation, TWI is topographic wetness index.

Effect of forest fires on soil loss: To reveal the impact of forest fires on soil loss, some modifications were made in K, LS, and C parameters depending on the fire severity, because it was reported that forest fires cause changes in these parameters of the RUSLE model (Curran et al., 2006; Gimeno-García et al., 2007; González Bonorino & Osterkamp, 2004; Terranova et al., 2009). Considering the previous studies, the modifications depending on the fire severity can be seen in Table 4 (Lanorte et al., 2019; Larsen & MacDonald, 2007; Miller et al., 2003; Terranova et al., 2009). Any information about the effects of fires on the relevant parameters in degraded forest areas and other land uses within the forest borders could not be reached. Therefore, the effect of forest fires in productive forest areas was taken into account in this study. This effect was determined as a result of comparing the soil loss maps produced for base and forest fire scenarios. Considering the changes in soil loss, soil protection hotspots against forest fires were revealed.

Table 4. The parameter modifications in the RUSLE model after forest fires.

RUSLE Parameter	Modification Process	Forest Fire Severity Class				
		Very Low	Low	Moderate	High	Very High
K	Multiplication	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
The exponent "u" in the LS formula	Replacement	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50
C	Replacement	0.005	0.015	0.05	0.125	0.2

RESULTS AND DISCUSSION

In the present study, the susceptibility of soil loss against forest fires was determined, and thus the areas that need to be protected the most against forest fires were revealed to minimize the soil loss. For this, a scenario-based approach was adopted. The actual soil loss map of the ÇFE was considered as the base scenario. The potential soil loss that may occur as a result of forest fires was called the forest fire scenario. Soil loss maps generated according to these two scenarios were compared and soil loss susceptibility to forest fire was revealed. The areas with the greatest change in soil loss were considered as the areas where the most precautions should be taken against forest fires. Soil loss was determined by the RUSLE method. To produce the soil loss map for the forest fire scenario, the R, K, and LS parameters were changed depending on the potential forest fire severity map.

In this study, a potential fire severity map was produced by using a potential fire severity index depending on the parameters affecting forest fire behavior. Most previous studies evaluated the impact of forest fires on soil loss for burned areas (Depountis et al., 2020; Efthimiou et al., 2020; Lanorte et al., 2019; Tselka et al., 2021). However, studies to determine the areas where proactive measures should be intensified in order to minimize the soil loss that may occur as a result of forest fires have not been emphasized much. Therefore, this study contributed to the limited studies on this subject in the literature with a new approach.

The R value in the study area varied between 215 and 493. While R reached its maximum values in the northwest of the ÇFE in parallel with the elevation, it decreased to minimum values in the southern parts (Figure 6). While the very high and high R classes constituted 12.52% of the ÇFE, the low and very low R classes constituted 55.51% of the ÇFE.

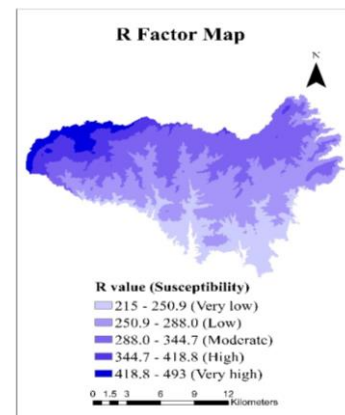


Figure 6. R factor map

The K values depending on the great soil groups were considered to produce the K map was (Figure 7). K values varied between 0.019 and 0.026. While most of the ÇFE (94.56%) is in the easily erodible class, the rest (5.44%) is in the moderately erodible class. These results showed that a large part of the ÇFE is prone to erosion.

The LS factor in the ÇFE ranged from 0.0 to 763.23 (Figure 8). The standard deviation and mean for the LS were found to be 13.69 and 7.54, respectively. Specifically, the LS factor was divided into five classes in the ÇFE. While the very high class constituted 51.52% of the ÇFE, the high, moderate, low, and very low classes constituted 43.33%, 4.58%, 0.50%, and 0.06% of the study area, respectively. LS values were less than 27 in the large part of the study area.

In areas near seasonal streams, LS was more than 75. This result is in accordance with the study by Kalambukattu and Kumar, (2017). While LS was higher in steeply sloping northwest regions of the ÇFE, it was lower in low-lying areas located in the south. This clearly showed the dominant effect of slope on LS. Similar results were found by Farhan and Nawaiseh, (2015) and Allafta and Opp, (2022). In addition, Tüfekçioğlu and Yavuz, (2016), Danacıoğlu and Tağlı, (2017), and Alparslan and Küçükönder, (2021) reported similar results about the effect of slope on LS in their studies in Türkiye.

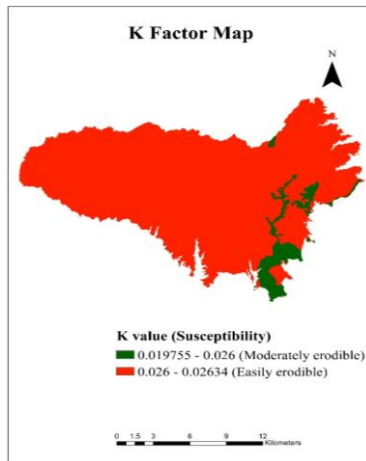


Figure 7. K factor map.

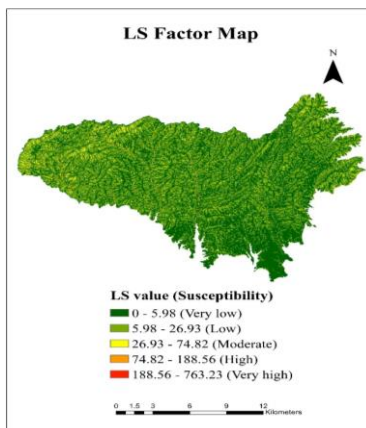


Figure 8. LS factor map.

The C value was determined according to the land uses in the ÇFE. The dominant land use in the study area is forest. While about 70% of these forest areas are productive forests, 30% are degraded forests. Agriculture, residential, and grasslands cover 16.19%, 1.98%, and 13.93% of the study area, respectively. Depending on these land use conditions, the C value in the ÇFE varied between 0.0006 and 0.30. While the central and western parts of the ÇFE had a lower C value, the southern parts where agricultural areas are concentrated had a higher C value (Figure 9).

The value of P factor was accepted as 1 for the whole study area because no soil and water conservation measures were taken in the study area.

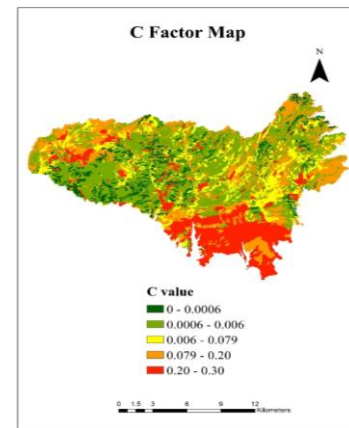


Figure 9. C factor map

The soil loss map produced by combining RUSLE model factors is shown in figure 10. This map was divided into 5 soil loss classes. A very large part of the ÇFE (66.16%) has a very low soil loss. While 9.04% of the ÇFE is subject to very high soil loss ($>20 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$), 9.17% is subject to high soil loss ($10\text{-}20 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$). Whereas 8.65% of the study area has a moderate soil loss, 6.98% of it has a low soil loss. High and very high soil loss classes are intensified in the northwest and southern parts of the ÇFE, while low and very low soil loss classes are intensified in the central and western parts of the ÇFE.

It was determined that the soil loss amount in the ÇFE ranged from 0 to $1306 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. The mean soil loss was calculated to be $5.34 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. Soil loss in the Mikail basin where 25 km away from the study area was determined to be $335.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ by using the RUSLE model (Aytop & Şenol, 2022). Despite the same climatic conditions, the main reason causing this difference in soil loss can be ascribed to land use. A large part of the Mikail basin has a slope of more than 20% similar to the ÇFE. The land use in these steep areas is generally degraded forest and agricultural areas in the Mikail basin whereas steep sloping areas in the study area are generally covered by productive forest. Considering the impacts of slope and land use on soil loss, it is clear why the study area has less soil loss than the Mikail watershed. According to the scenario of an increase in forest areas in the Mikail basin, soil loss decreased by 79% and was found as $69.05 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. This result also proves why the ÇFE has less soil loss. Additionally, soil loss in the Ceyhan basin which includes the study area was calculated to be $7.10 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (ÇEM, 2018). However, various soil loss values were also found in the Mediterranean basin. For instance, in a study carried out in the Estaña basin in Spain, it was calculated that the soil loss was $2.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (López-Vicente & Navas, 2009). Rellini et al., (2019) calculated soil loss with the RUSLE model in the Portofino promontory in northwest Italy. The soil loss was found $9 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for this region, where the land use consists of mainly olive groves and maquis. Stefanidis et al., (2021) determined soil loss as $3.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ with the RUSLE model in Kassandra

Peninsula in northern Greece. In a study by Efthimiou et al., (2020), the amount of soil erosion in the Rafina basin in Greece was found to be $4.53 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. Therefore, it can be said that the soil loss value found in the present study is within reasonable limits.

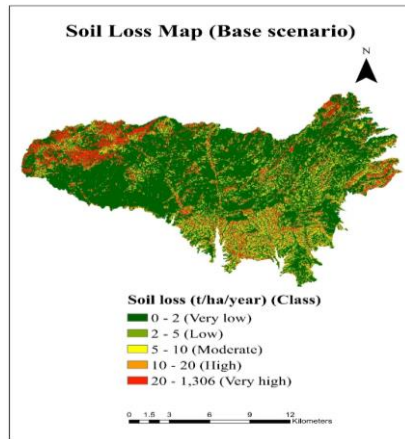


Figure 10. Soil loss map based on the base scenario.

Figure 11 shows the potential forest fire severity map produced by combining the parameters affecting fire behavior. When the map is examined, it is understood that the areas with very high and high fire severity potential are concentrated in the northwest and center of the study area. It was found that 30.77% of the productive forests had a very high fire severity, while 65.12%, 3.74%, and 0.37% of them had high, medium, and low fire severity, respectively. However, it was determined that there is no very low fire severity class in the study area.

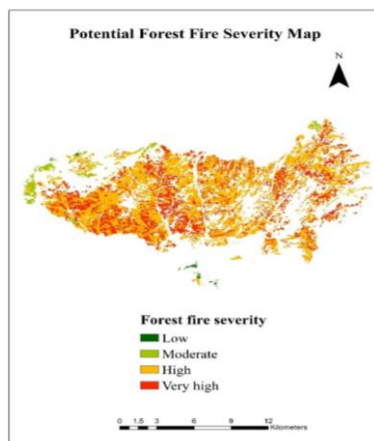


Figure 11. Potential forest fire severity map.

The soil loss map produced by considering the potential forest fire severity map is shown in figure 12. When the map is investigated, it is seen that very high and high soil loss classes are intensified in the west and northwest of the ÇFE. According to this map based on the fire scenario, 27.87% of the ÇFE is subject to very high soil loss, while 17.21%, 11.76%, 7.38%, and 35.78% of it are in the high, moderate, low, and very low soil loss classes, respectively.

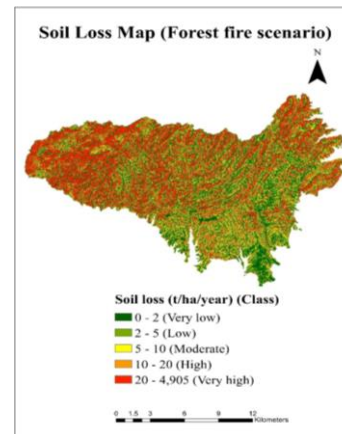


Figure 12. Soil loss map based on the forest fire scenario

It was determined that the highest soil loss value raised to $4905 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ after the fire. The mean soil loss was determined as $12.44 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. When this value was compared with the actual situation (5.34), the forest fires would increase soil loss by more than 2 times. Similar findings were found in other studies. De Girolamo et al., (2022) determined that the sediment yield increased from $5.86 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ to $12.05 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ after the forest fire in Italy. Valkanou et al., (2022) found that the mean annual soil loss was 253 t ha^{-1} on Evia Island in Greece. They found that this value increased to $543 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ after the forest fire. Shakesby et al., (2015) stated that soil loss increased by 2-4 times after the forest fire. In addition, it was reported that the runoff and sediment yield is approximately 1-4 times higher after a forest fire in Mediterranean ecosystems (Garrido-Ruiz et al., 2022; Shakesby, 2011). These increases in soil loss after forest fires can be attributed to various reasons. Forest fires cause a decrease in soil organic matter, porosity, and saturated hydraulic conductivity, while increasing bulk density (Weninger et al., 2019; Wittenberg et al., 2020). Thus, both the water holding capacity and the infiltration decrease (Martin & Moody, 2001; Stoof et al., 2010). Moreover, it is known that fire increases soil water repellency whereas it decreases aggregate stability (Stoof et al., 2015). Additionally, changes in ground cover also play a significant role in soil loss (Durán Zuazo & Rodríguez Pleguezuelo, 2008; Göl et al., 2010; Korkanç, 2018; Ozalp et al., 2016; Yuksek & Yuksek, 2015; Yazıcı et al., 2018; Dursun & Babalık, 2023). The destruction of vegetation and litter makes the soil vulnerable to raindrops (Lucas-Borja et al., 2018; Shakesby et al., 1993). In addition, the loss of ground cover causes a decrease in interception and depression storage (Evelpidou et al., 2022; Reaney et al. 2014). This situation results in a significant rise in runoff, thus increasing erosion (Yüksek, 2009).

The changes caused by the potential forest fire in the areal distribution of soil loss classes in the ÇFE are presented in Table 5. While the very high soil loss class increased by 208.30%, the high soil loss class increased by

87.68%. However, the very low soil loss class reduced by 45.92%.

Table 5. The changes in soil loss classes after forest fire.

Soil Loss Class	Base Scenario (%)	Forest Fire Scenario (%)	Change (%)
0-2 (Very low)	66.16	35.78	-45.92
2-5 (Low)	6.98	7.38	5.73
5-10 (Moderate)	8.65	11.76	35.95
10-20 (High)	9.17	17.21	87.68
>20 (Very high)	9.04	27.87	208.30

Figure 13 indicates the geographic distribution of the change in soil loss after the fire scenario. In this map, the very high class represents the most susceptible areas to forest fires, while the very low class represents the least susceptible areas. While 3.64% of the productive forests were subject to very high susceptibility, 9.28%, 27.50%, 17.61%, and 41.97% of the productive forests were in the classes of high, medium, low, and very low susceptibility, respectively.

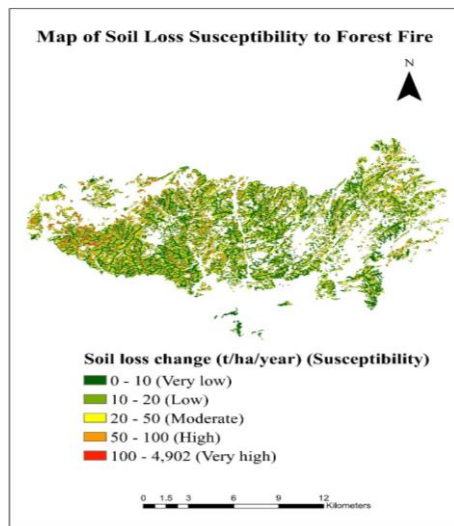


Figure 13. The map of soil loss susceptibility to forest fires.

When Figure 14 is investigated, it is understood that as the fire severity potential increases, the ratio of very low soil loss susceptibility decreases and the ratios of the rest of susceptibility classes increase. Additionally, the distribution of the soil loss susceptibility classes is generally similar in areas with moderate and high fire severity. However, the distribution of soil loss susceptibility classes to the very high fire severity class does not increase linearly.

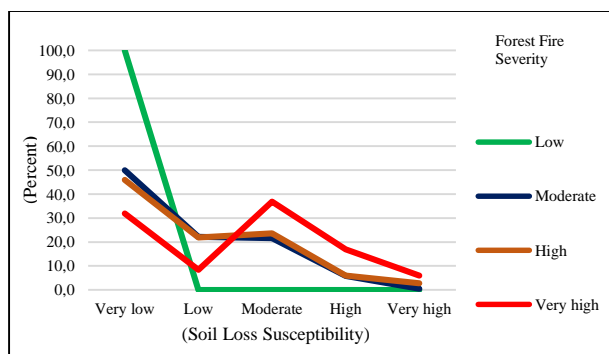


Figure 14. The relationship between forest fire severity and soil loss susceptibility classes.

Table 6 indicates the distribution of soil loss susceptibility classes to potential fire severity classes. Areas with low fire severity potential completely comprise of low soil loss susceptibility class. 50% of areas with moderate fire severity potential have very low soil loss susceptibility. While 45.9% and 31.9% of productive forests with high and very high fire severity potential, respectively have very low soil loss susceptibility, very high soil loss susceptibility constitutes 2.8% and 5.9% of high and very high fire severity classes, respectively. Therefore, soil loss susceptibility may be higher in areas with lower fire severity whereas soil loss susceptibility may be lower in areas with higher fire severity. This clearly implies that there is not always a linear relationship between forest fire severity and soil loss susceptibility in natural conditions. Lanorte et al., (2019) also found a similar relationship between fire severity and soil loss susceptibility.

Table 6. The distribution of soil loss susceptibility classes to potential fire severity classes.

Forest Fire Severity	Soil Loss Susceptibility Classes (%)				
	Very Low	Low	Moderate	High	Very High
Low	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Moderate	50.0	22.1	21.6	5.8	0.5
High	45.9	21.8	23.6	5.9	2.8
Very High	31.9	8.4	36.9	17.0	5.9

One of the limitations is due to the capacity of the RUSLE model in the present study. While the RUSLE model is used to predict sheet and rill erosion (Ganasri & Ramesh, 2016), it does not take bank, gully, and channel erosion into account (Chalise et al., 2019). Therefore, future studies can be carried out using more comprehensive and process-based models. In this study, K values were indirectly determined depending on great soil groups. For more precise and reliable results, soil samples can be taken to directly calculate K values. However, field work including the identification of litter characteristics can be carried out to determine potential fire severity in future studies.

CONCLUSION

In this study, soil loss susceptibility to forest fires in ÇFE was revealed. For this purpose, a scenario-based approach was employed. Soil loss before the fire was determined by the RUSLE model. A potential fire severity map of the study area was first produced to determine the soil loss amount after the fire. Based on this map, the K, LS, and C parameters of the RUSLE model were revised. Then, the soil loss map was generated for the forest fire scenario. Soil loss susceptibility to forest fires was determined based on the difference between soil losses before and after forest fires. The following results were obtained in this study.

1. The soil loss in the ÇFE varies from 0 to 1306 t ha⁻¹ year⁻¹. In addition, mean soil loss was found as 5.34 t ha⁻¹ year⁻¹.

2. The maximum soil loss amount would rise to 4905 t ha⁻¹ year⁻¹ while the mean soil loss amount would be 12.44 t ha⁻¹ year⁻¹ after forest fires. Considering this result, forest fires would increase soil loss by more than 2 times in the ÇFE. These results also clearly reveal only one of the forest ecosystem services.

3. Areas with very low soil loss susceptibility to forest fires constitute 41.97% of productive forests, while areas with very high soil loss susceptibility constitute 3.64% of productive forests. Areas with high, medium, and low soil loss susceptibility constitute 9.28%, 27.50%, and 17.61% of productive forests, respectively. In this context, taking necessary precautions against forest fires in high and very high soil loss susceptibility classes, which constitute approximately 13% of productive forest areas, will significantly reduce the soil loss risk caused by forest fires in the ÇFE.

4. It was found that there is not always a linear relation between fire severity and soil loss susceptibility under natural conditions. This showed that the expected impact of fire severity on soil loss could be overshadowed by the natural predisposition of the burned areas.

5. A linear relationship between forest fire severity and soil loss does not always exist in nature. For example, a forest area with a relatively lower fire severity potential may have a higher soil loss potential. Therefore, revealing possible fire-induced changes in soil loss will provide a useful basis for minimizing soil loss, especially in fire-prone areas. In this context, it is thought that the present study will help decision-makers in the implementation of the multi-purpose approach, which aims to reduce the risk of both forest fire and soil loss.

REFERENCES

- Abu Hammad, A., Lundekvam, H. & Børresen, T. (2005).** Adaptation of RUSLE in the eastern part of the Mediterranean region. *Environmental Management*, **34**(6), 829-841.
- Agbeshie, A.A., Abugre, S. & Atta-Darkwa, T. et al. (2022).** A review of the effects of forest fire on soil properties. *J. For. Res.* **33**, 1419-1441. DOI: [10.1007/s11676-022-01475-4](https://doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4)
- Agee, J. (2007).** Fire severity. In: FireWords: Fire Science Glossary [electronic]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: <http://www.firewords.net> DOI: [10.1007/s11676-023-01599-1](https://doi.org/10.1007/s11676-023-01599-1)
- Allafta, H. & Opp, C. (2022).** Soil Erosion Assessment Using the RUSLE Model, Remote Sensing, and GIS in the Shatt Al-Arab Basin (Iraq-Iran). *Appl. Sci.* **12**, 7776. DOI: [10.3390/app12157776](https://doi.org/10.3390/app12157776)
- Alaboz, P., Dengiz, O., Demir, S. & Şenol, H. (2021).** Digital mapping of soil erodibility factors based on decision tree using geostatistical approaches in terrestrial ecosystem. *Catena*, **207**, 105634.
- Al-Quraishi, A.M.F. (2003).** Soil Erosion Risk Prediction with RS and GIS for the Northwestern Part of Hebei Province, China. *Journal of Applied Sciences*, **3**, 659-669.
- Alparslan, K. & Küçükönder, M. (2021).** Kaman deresi alt havzasının erozyon duyarlılığı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **24**, 3.
- Aytop, H. & Şenol, S. (2022).** The effect of different land use planning scenarios on the amount of total soil losses in the Mikail Stream Micro-Basin. *Environ Monit Assess*, **194**, 321. DOI: [10.1007/s10661-022-09937-2](https://doi.org/10.1007/s10661-022-09937-2)
- Babalık, A.A., Dursun, İ. & Yazıcı, N. (2021).** Türkiye’de erozyon sorunu ve erozyon tahmininde kullanılan modeller. In İ. Cengizler, & S. Duman (Eds.), *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler - 1*, (pp. 182- 205). Ankara: Gece kitablığı.
- Balde, B., Vega-Garcia, C. & Gelabert, P.J. et al. (2023).** The relationship between fire severity and burning efficiency for estimating wildfire emissions in Mediterranean forests. *J. For. Res.*, DOI: [10.1007/s11676-023-01599-1](https://doi.org/10.1007/s11676-023-01599-1)
- Bayazıt, Y. & Koç, C. (2022).** The impact of forest fires on floods and erosion: Marmaris, Türkiye. *Environ Dev Sustain*, **24**, 13426-13445. DOI: [10.1007/s10668-022-02624-9](https://doi.org/10.1007/s10668-022-02624-9)
- Bonilla, C.A., Reyes, J.L. & Magri, A. (2010).** Water Erosion Prediction Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS Framework, Central Chile. *Chilean journal of agricultural research*, **70**(1), 159-169. DOI: [10.4067/S0718-58392010000100017](https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000100017)
- ÇEM. (2018).** DEMİS Türkiye Su Erozyonu İstatistikleri, Teknik Özet Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, Türkiye.
- Chalise, D., Kumar, L. & Kristiansen, P. (2019).** Land degradation by soil erosion in Nepal: A review. *Soil Syst.*, **3**, 12.
- Coschignano, G., Nicolaci, A., Ferrari, E., Cruscomagno, F. & Iovino, F. (2019).** Evaluation of hydrological and erosive effects at the basin scale in relation to the severity of forest fires. *iForest*, **12**, 427-434. DOI: [10.3832/ifer2878-012](https://doi.org/10.3832/ifer2878-012)
- Curran, M.P., Chapman, B., Hope, G.D. & Scott, D. (2006).** *Large-scale Erosion and Flooding after Wildfires: Understanding the Soil Conditions*. Technical Report 030, Ministry of Forests and Range, Research Branch, Victoria, British Columbia. 24 pp.
- Danacıoğlu, Ş. & Tağıl, Ş. (2017).** Bakırçay Havzası’nda RUSLE modeli kullanılarak erozyon riskinin değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **20**(37), 1-18. DOI: [10.31795/baunsobed.645168](https://doi.org/10.31795/baunsobed.645168)
- De Girolamo, A.M., Cerdan, O., Grangeon, T., Ricci, G.F., Vandromme, R. & Lo Porto, A. (2022).** Modelling effects of forest fire and post-fire

- management in a catchment prone to erosion: impacts on sediment yield. *Catena*, **212**. DOI: [10.1016/j.catena.2022.106080](https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106080)
- Değerliuyurt, M. (2013)**. Antakya Şehri ve Yakın Çevresinde Meydana Gelen Erozyonun Coğrafi Dağılışı ve Analizi. *Journal of Turkish Studies*, **8**(8), 1745-1764.
- Değerliuyurt, M. (2014)**. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak orman yangınlarının erozyona etkisinin belirlenmesi, Amanos dağları örneği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, **29**, 195-219. DOI: [10.14781/mcd.77907](https://doi.org/10.14781/mcd.77907)
- Depountis, N., Michalopoulou, M., Kavoura, K., Nikolakopoulos, K. & Sabatakakis, N. (2020)**. Estimating Soil Erosion Rate Changes in Areas Affected by Wildfires. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **9**(10), 562. MDPI AG. DOI: [10.3390/ijgi9100562](https://doi.org/10.3390/ijgi9100562)
- Durán Zuazo, V.H. (2008)**. Rodríguez Pleguezuelo, C.R. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, **28**, 65-86. DOI: [10.1051/agro:2007062](https://doi.org/10.1051/agro:2007062)
- Dursun, İ. & Babalık, A.A. (2023)**. Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, **24**(1), 25-38.
- Dutal, H. (2022)**. Determination of the impact of forest fires on soil erosion risk by using the ICONA Model: a case study of Ayvalı Dam Watershed. *Turkish Journal of Forest Science*, **6**(2), 510-538. DOI: [10.32328/turkjforsci.1167356](https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1167356)
- Dutal, H. & Reis, M. (2020)**. Identification of priority areas for sediment yield reduction by using a GeoWEPP-based prioritization approach. *Arab J Geosci*, **13**, 1024. DOI: [10.1007/s12517-020-06039-6](https://doi.org/10.1007/s12517-020-06039-6)
- Efthimiou, N., Psomiadis, E. & Panagos, P. (2020)**. Fire severity and soil erosion susceptibility mapping using multi-temporal Earth Observation data: The case of Mati fatal wildfire in Eastern Attica, Greece. *Catena* (Amst), **187**, 104320. DOI: [10.1016/j.catena.2019.104320](https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104320)
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ. & Çetin, E. (2018)**. *Türkiye Su Erozyonu Atlası*. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Estes, B.L., Knapp, E.E., Skinner, C.N., Miller, J.D. & Preisler, H.K. (2017)**. Factors influencing fire severity under moderate burning conditions in the Klamath Mountains, northern California, USA. *Ecosphere*, **8**(5). DOI: [10.1007/e01794.10.1002/ecs2.1794](https://doi.org/10.1007/e01794.10.1002/ecs2.1794)
- Evelpidou, N., Tzouxanioti, M., Gavalas, T., Spyrou, E., Saitis, G., Petropoulos, A. & Karkani, A. (2022)**. Assessment of Fire Effects on Surface Runoff Erosion Susceptibility: The Case of the Summer 2021 Forest Fires in Greece. *Land*, **11**, 21. DOI: [10.3390/land11010021](https://doi.org/10.3390/land11010021)
- Fang, L., Yang, J., White, M. & Liu, Z. (2018)**. Predicting Potential Fire Severity Using Vegetation, Topography and Surface Moisture Availability in a Eurasian Boreal Forest Landscape. *Forests*, **9**(3), 130. DOI: [10.3390/f9030130](https://doi.org/10.3390/f9030130)
- FAO. (2006)**. Global forest resources assessment 2005 – Report on fires in the Mediterranean region. <http://ftp.fao.org/docrep/fao/009/J7564E/J7564E00.pdf>
- Farhan, Y. & Nawaiseh, S. (2015)**. Spatial assessment of soil erosion risk using RUSLE and GIS techniques. *Environ Earth Sci.*, **74**, 4649-4669. DOI: [10.1007/s12665-015-4430-7](https://doi.org/10.1007/s12665-015-4430-7)
- Ganasri, B.P. & Ramesh, H. (2016)**. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS-A case study of Nethravathi Basin. *Geosci. Front.*, **7**(6), 953-961
- Garrido-Ruiz, C., Sandoval, M., Stolpe, N. & Sanchez-Hernandez, J.C. (2022)**. Fire impacts on soil and post fire emergency stabilization treatments in Mediterranean-climate regions. *Chilean J. Agric. Res.*, **82**(2), 335-347. DOI: [10.4067/S0718-58392022000200335](https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000200335)
- GDMS. (2022)**. General directorate of meteorological service, Ankara.
- Gimeno-García, E., Andreu, V. & Rubio, J.L. (2007)**. Influence of vegetation recovery on water erosion at short- and medium-term after experimental fires in a Mediterranean shrubland. *Catena*, **69**, 150-160.
- Gokkaya, K. (2022)**. Burned Area and Fire Severity Prediction of A Forest Fire Using A Sentinel 2-Derived Spectral Index in Çanakkale, Türkiye. *Turkish Journal of Bioscience and Collections*, **6**(2), 37-44. DOI: [10.26650/tjbc.1082039](https://doi.org/10.26650/tjbc.1082039)
- Göl, C., Çakir, M., Edis, S. & Yılmaz, H. (2010)**. The effects of land use/land cover change and demographic processes (1950-2008) on soil properties in the Gökçay catchment, Türkiye. *African Journal of Agricultural Research*, **4**(13), 1670-1677.
- González Bonorino, G. & Osterkamp, W.R. (2004)**. Applying RUSLE 2.0 on burned forestlands: an appraisal. *Journal of Soil and Water Conservation*, **59**(1), 36-42.
- Han, D., Di, X., Yang, G., Sun, L. & Weng, Y. (2021)**. Quantifying fire severity: a brief review and recommendations for improvement. *Ecosystem Health and Sustainability*, **7**, 1. DOI: [10.1080/20964129.2021.1973346](https://doi.org/10.1080/20964129.2021.1973346)
- Hirschberger, P. (2016)**. *Forests Ablaze - Causes and effects of global forest fires*. World Wildlife Fund (WWF), 107 pages, WWF Deutschland, Berlin.
- IPCC. (2022)**. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- İrvem, A. & Tülücü, K. (2004)**. Coğrafi bilgi sistemi ile toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt

- Havzasına uygulanması. *ÇÜ Fen Bil. Ens. Der.*, **13**, 1-7.
- Jiang, L., Yao, Z. & Liu, Z. et al. (2015).** Estimation of soil erosion in some sections of Lower Jinsha River based on RUSLE. *Nat Hazards*, **76**, 1831-1847. DOI: [10.1007/s11069-014-1569-6](https://doi.org/10.1007/s11069-014-1569-6)
- Kalambukattu, J. & Kumar, S. (2017).** Modelling soil erosion risk in a mountainous watershed of Mid-Himalaya by integrating RUSLE model with GIS. *Eurasian Journal of Soil Science*, **6**(2), 92-105. DOI: [10.18393/ejss.286442](https://doi.org/10.18393/ejss.286442)
- Kara, Ö., Çakıroğlu, K. & Koralay, N. (2018).** Foldere Yağış Havzasında RUSLE Yöntemine Göre Toprak Erozyonunun Belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **20**(3), 638-652.
- Keeley, J.E. (2009).** Fire intensity, fire severity, and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, **18**, 116-126.
- Kinnel, P.I.A. (2005).** Why the Universal Soil Loss Equation and the revised version of it do not predict event erosion well. *Hydrological Processes*, **19**, 851-854.
- Koralay, N. & Kara, Ö. (2022).** Trabzon Değirmendere Çatak alt havzasının erozyon risk haritasının oluşturulması ve sediment iletim oranının belirlenmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, **9**, 41-54. DOI: [10.17568/ogmoad.1095264](https://doi.org/10.17568/ogmoad.1095264)
- Korkanç, S.Y. (2018).** Effects of the land use/cover on the surface runoff and soil loss in the Niğde Akkaya Dam Watershed, Türkiye. *Catena*, **163**, 233-243. DOI: [10.1016/j.catena.2017.12.023](https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.023)
- Lanorte, A., Cillis, G., Calamita, G., Nolè, G., Pilogallo, A., Tucci, B. & De Santis, F. (2019).** Integrated approach of RUSLE, GIS and ESA Sentinel-2 satellite data for post-fire soil erosion assessment in Basilicata region (Southern Italy). *Geomatics, Natural Hazards & Risk*, **10**, 1, 1563-1595. DOI: [10.1080/19475705.2019.1578271](https://doi.org/10.1080/19475705.2019.1578271)
- Larsen, L.J. & MacDonald, L.H. (2007).** Predicting postfire sediment yields at the hillslope scale: Testing RUSLE and Disturbed WEPP. *Water Resour. Res.*, **43**, W11412. DOI: [10.1029/2006WR005560](https://doi.org/10.1029/2006WR005560)
- López-Vicente, M. & Navas, A. (2009).** Predicting soil erosion with RUSLE in mediterranean agricultural systems at catchment scale. *Soil Sci.*, **174**, 272-282.
- Lucas-Borja, M.E., Zema, D.A., Carrà, B.G., Cerdà, A., Plaza-Alvarez, P.A., Cózar, J.S., Gonzalez-Romero, J., Moya, D. & de las Heras, J. (2018).** Short-Term Changes in Infiltration between Straw Mulched and Non-Mulched Soils after Wildfire in Mediterranean Forest Ecosystems. *Ecol. Eng.*, **122**, 27-31.
- Maina, C.W., Sang, J.K., Raude, J.M., Mutua, B.M. & Moriasi, D.N. (2019).** Sediment Distribution and Accumulation in Lake Naivasha, Kenya over the Past 50 Years. *Lakes Reserv. Res. Manag.*, **24**, 162-172.
- Martin, D.A. & Moody, J.A. (2001).** Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountainous watersheds. *Hydrological Processes*, **15**, 2893-2903. DOI: [10.1002/hyp.380](https://doi.org/10.1002/hyp.380)
- Merritt, W., Letcher, R. & Jakeman, A. (2003).** A review of erosion and sediment transport models. *Environ Model Softw*, **18**, 761-799.
- Miller, J.D., Nyhan, J.W. & Yool, S.R. (2003).** Modeling potential erosion due to the Cerro Grande fire with a GIS-based implementation of the Revised Universal Soil Loss Equation. *International Journal of Wildland Fire*, **12**, 85-100.
- Montealegre, A.L., Lamelas, M.T., Tanase, M.A. & De la Riva, J. (2014).** Forest Fire Severity Assessment Using ALS Data in a Mediterranean Environment. *Remote Sens.*, **6**, 4240-4265. DOI: [10.3390/rs6054240](https://doi.org/10.3390/rs6054240)
- Morgan, P., Keane, R.E., Dillon, G.K., Jain, T.B., Hudak, A.T., Karau, E.C., Sikkink, P.G., Holden, Z.A. & Strand, E.K. (2014).** Challenges of assessing fire and burn severity using field measures, remote sensing and modelling. *International Journal of Wildland Fire*, **23**, 1045-1060.
- Morris, S.E. & Moses, T.A. (1987).** Forest fire and the natural soil erosion regime in the Colorado Front Range. *Annals of the Association of American Geographers*, **77**, 245-254. DOI: [10.1111/j.1467-8306.1987.tb00156.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1987.tb00156.x)
- Oguz, H., Doygun, N., Kisakurek, S. & Ozcalik, M. (2019).** Calculating surface temperature of Izmir, Türkiye. *ArtGRID-Journal of Architecture, Engineering & Fine Arts*, **1**(2), 36-46.
- Oldeman, L.R. (1994).** The global extent of soil degradation. In: Greenland, D.J., Szabolcs, I. (Eds.), *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB Int., Wallingford, pp. 99-118.
- Ozalp, M., Yuksel, E.E. & Yuksek, T. (2016).** Soil property changes after conversion from forest to pasture in Mount Sacinka, Artvin, Türkiye. *Land Degrad. Dev.*, **27**, 1007-1017.
- Özdemir, M.A. & Tatar Dönmez, S. (2016).** CBS Tabanlı Rusle Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **8**(1), 1-21. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hartek/issue/17324/180938>
- Özden, Ş. & Özden, M. (1997).** *Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli, TURTEM*. Başbakanlık Türkiye Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Rapp, J.F., Lopes, V.L. & Renard, K.G. (2001).** *Comparing soil erosion estimates from RUSLE and USLE on natural runoff plots*. In: Ascough II, J.C., Flanagan, D.C. (Eds.), *Proc. Int. Symp. Soil Erosion Research for the 21st Century*, 3-5 January 2001, Honolulu, HI, USA. American Society Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA, pp. 24-27.
- Raza, A., Ahrends, H., Habib-Ur-Rahman, M. & Gaiser, T. (2021).** Modeling Approaches to Assess Soil Erosion by Water at the Field Scale with Special Emphasis on Heterogeneity of Soils and Crops. *Land*, **10**, 422. DOI: [10.3390/land10040422](https://doi.org/10.3390/land10040422)

- Reaney, S.M., Bracken, L.J. & Kirkby, M.J. (2014).** The importance of surface controls on overland flow connectivity in semiarid environments: Results from a numerical experimental approach. *Hydrological Processes*, **28**(4), 2116-2128. DOI: [10.1002/hyp.9769](https://doi.org/10.1002/hyp.9769)
- Reis, M., Dutal, H., Bolat, N. & Savaci, G. (2017).** Soil erosion risk assessment using GIS and ICONA, a case study: in Kahramanmaraş. *Turk J Agric Facul Gaziosmanpasa Univ.*, **34**(1):64-75. DOI: [10.13002/jafag4208](https://doi.org/10.13002/jafag4208)
- Rellini, I., Scopesi, C., Olivari, S., Firpo, M. & Maerker, M. (2019).** Assessment of soil erosion risk in a typical Mediterranean environment using a high resolution RUSLE approach (Portofino promontory, NW-Italy). *Journal of Maps*, **15**(2), 356-362. DOI: [10.1080/17445647.2019.1599452](https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1599452)
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Mccoll, D.K. & Yoder, D.C. (1997).** *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 703, 404p.
- Schoenholtz, S.H. (2004).** Impacts of Forest Management on Water Quality. *Hydrology*, Editor(s): Jeffery Burley, Encyclopedia of Forest Sciences, Elsevier, 2004, Pages 377-387, ISBN 9780121451608, DOI: [10.1016/B0-12-145160-7/00209-X](https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00209-X).
- Shakesby, R. (2011).** Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions. *Earth Sci. Rev.*, **105**, 71-100.
- Shakesby, R.A., Bento, C.P.M., Ferreira, C.S.S., Ferreira, A.J.D., Stoof, C.R., Urbanek, E. & Walsh, R.P.D. (2015).** Impacts of prescribed fire on soil loss and soil quality: An assessment based on an experimentally-burned catchment in Central Portugal. *Catena*, **128**, 278-293. DOI: [10.1016/j.catena.2013.03.012](https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.012)
- Shakesby, R.A., Coelho, C.O.A., Ferreira, A.D., Terry, J.P. & Walsh, W.P.D. (1993).** Wildfire impacts on soil erosion and hydrology in wet Mediterranean forest, Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, **3**, 95-110. DOI: [10.1071/WF9930095](https://doi.org/10.1071/WF9930095)
- Sharda, V., Mandai, D. & Ojasvi, P.R. (2013).** Identification of soil erosion risk areas for conservation planning in different states of India. *J. Environ. Biol.*, **34**, 219-226.
- Sharma, N., Kaushal, A. & Yousuf, A. et al. (2023).** Geospatial technology for assessment of soil erosion and prioritization of watersheds using RUSLE model for lower Sutlej sub-basin of Punjab, India. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **30**, 515-531. DOI: [10.1007/s11356-022-22152-3](https://doi.org/10.1007/s11356-022-22152-3)
- Singh, S. & Kansal, M.L. (2023).** Sub-basin prioritisation using RUSLE in a Mountainous River Basin of Uttarakhand (India). *Environ. Dev. Sustain.*, DOI: [10.1007/s10668-023-02989-5](https://doi.org/10.1007/s10668-023-02989-5)
- Sirjani, E. & Mahmoodabadi, M. (2014).** Effects of sheet flow rate and slope gradient on sediment load. *Arab J Geosci* **7**, 203-210. DOI: [10.1007/s12517-012-0728-x](https://doi.org/10.1007/s12517-012-0728-x)
- Sivrikaya, F. & Küçük, Ö. (2022).** Modeling forest fire risk based on GIS-based analytical hierarchy process and statistical analysis in Mediterranean region. *Ecol. Informat.*, **68**, Article 101537. DOI: [10.1016/j.ecoinf.2021.101537](https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101537)
- Stefanidis, S., Alexandridis, V., Chatzichristaki, C. & Stefanidis, P. (2021).** Assessing Soil Loss by Water Erosion in a Typical Mediterranean Ecosystem of Northern Greece under Current and Future Rainfall Erosivity. *Water*, **13**(15), 2002. MDPI AG. Retrieved from DOI: [10.3390/w13152002](https://doi.org/10.3390/w13152002)
- Stoof, C.R., Ferreira, A.J.D., Mol, W., van den Berg, J., De Kort, A., Drooger, S., Slingerland, E.C., Mansholt, A.U. & Ritsema, C.J. (2015).** Soil surface changes increase runoff and erosion risk after a low-moderate severity fire. *Geoderma*, **239-240**, 58-67. DOI: [10.1016/j.geoderma.2014.09.020](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.020)
- Stoof, C.R., Wesseling, J.G. & Ritsema, C.J. (2010).** Effects of fire and ash on soil water retention. *Geoderma*, **159**, 276-285.
- Sugihara, N.S., van Wagtenonk, J.W., Shaffer, K.E., Fites-Kaufman, J. & Thode, A.E. (2006).** *Fire in California's ecosystems*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Šúri, M., Cebecauer, T., Hofierka, J. & Fulajtár, E. (2002).** Soil erosion assessment of Slovakia at a regional scale using GIS. *Ekológia (Bratislava)*, **21**, 404-422.
- Swarnkar, S., Malini, A., Tripathi, S. & Sinha, R. (2018).** Assessment of uncertainties in soil erosion and sediment yield estimates at ungauged basins: an application to the Garra River basin, India. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **22**, 2471-2485. DOI: [10.5194/hess-22-2471-2018](https://doi.org/10.5194/hess-22-2471-2018)
- Tanyaş, H., Kolat, C. & Süzen, M.L. (2015).** A new approach to estimate cover-management factor of RUSLE and validation of RUSLE model in the watershed of Kartalkaya Dam. *J. Hydro.*, **528**, 584-598.
- Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R. & Iaquina, P. (2009).** Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: an application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, **112**, 228-245. DOI: [10.1016/j.geomorph.2009.06.009](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.06.009)
- Thapa, P. (2020).** Spatial estimation of soil erosion using RUSLE modeling: a case study of Dolakha district, Nepal. *Environ. Syst. Res.*, **9**, 15. DOI: [10.1186/s40068-020-00177-2](https://doi.org/10.1186/s40068-020-00177-2)
- TRGM. (2021).** Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM>
- Tselka, I., Krassakis, P., Rentzelos, A., Koukouzas, N. & Parcharidis, I. (2021).** Assessing Post-Fire Effects on Soil Loss Combining Burn Severity and Advanced Erosion Modeling in Malesina, Central Greece. *Remote Sens.*, **13**, 5160. DOI: [10.3390/rs13245160](https://doi.org/10.3390/rs13245160)
- Tüfekçioğlu, M. & Yavuz, M. (2016).** Yusufeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk

- haritasının oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **17**(2), 188-199. DOI: [10.17474/acuofd.47342](https://doi.org/10.17474/acuofd.47342)
- Valkanou, K., Karymbalis, E., Bathrellos, G., Skilodimou, H., Tsanakas, K., Papanastassiou, D. & Gaki-Papanastassiou, K. (2022).** Soil Loss Potential Assessment for Natural and Post-Fire Conditions in Evia Island, Greece. *Geosciences*, **12**, 367. DOI: [10.3390/geosciences12100367](https://doi.org/10.3390/geosciences12100367)
- Vijith, H., Seling, L.W. & Dodge-Wan, D. (2018).** Estimation of soil loss and identification of erosion risk zones in a forested region in Sarawak, Malaysia, Northern Borneo. *Environ. Dev. Sustain.*, **20**, 1365-1384. DOI: [10.1007/s10668-017-9946-4](https://doi.org/10.1007/s10668-017-9946-4)
- Weninger, T., Filipović, V., Mešić, M., Clothier, B. & Filipović, L. (2019).** Estimating the extent of fire induced soil water repellency in Mediterranean environment. *Geoderma*, **338**, 187-196. DOI: [10.1016/j.geoderma.2018.12.008](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.008)
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978).** Predicting Rainfall Erosion Losses, a Guide to Conservation Planning; Agriculture Handbook No. 537; US Department of Agriculture, Science and Education Administration: Washington, DC, USA.
- Wittenberg, L., van der Wal, H., Keesstra, S. & Tessler, N. (2020).** Post-fire management treatment effects on soil properties and burned area restoration in a wildland-urban interface, Haifa fire case study. *Science of the Total Environment*, **716**, 135190. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.135190](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135190)
- Yazıcı, N., Babalık, A.A. & Dursun, İ. (2018).** *Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin erozyon kontrolünde kullanımı*. V. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi, Kasım 2-3, Antalya, 417-424.
- Yukse, F. & Yuksek, T. (2015).** Growth performance of Sainfoin and its effects on the runoff, soil loss and sediment concentration in a semi-arid region of Türkiye. *Catena*, **133**, 309-317. DOI: [10.1016/j.catena.2015.05.018](https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.05.018)
- Yuksel, A., Gundogan, R. & Akay, A.E. (2008).** Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaraş, Türkiye. *Sensors*, **8**, 4851-4865. DOI: [10.3390/s8084851](https://doi.org/10.3390/s8084851)
- Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2020).** Determination of Some Basin Characteristics and Distribution of Lands According to Physiographic Features of Fırtına River Basin Using Geographical Information Systems. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **5**(3), 439-449.
- Yüksek, T. (2009).** Effects of land use management on surface soil properties, erosion indices and green tea yield in humid Blacksea region. *Fresenius Envir. Bull.*, **18**(5b), 848-857.
- Zald, H.S.J. & Dunn, C.J. (2018).** Severe fire weather and intensive forest management increase fire severity in a multi-ownership landscape. *Ecol Appl.*, Jun; **28**(4), 1068-1080. DOI: [10.1002/eap.1710](https://doi.org/10.1002/eap.1710). Epub 2018 Apr 26. PMID: 29698575.



Immunity-Related Enzyme Gene Interactions in *Archocentrus centrarchus* Infected with *Lactococcus garvieae*

Ertuğrul KANKAYA* Şükrü ÖNALAN
Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Fisheries, 65080 Van, Türkiye

Geliş/Received: 28.05.2023

Kabul/Accepted: 08.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Kankaya, E. & Önal, Ş. (2023). Immunity-Related Enzyme Gene Interactions in *Archocentrus centrarchus* Infected with *Lactococcus garvieae*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 449-455. <https://doi.org/10.35229/jaes.1304779>

Atıf yapmak için: Kankaya, E. & Önal, Ş. (2023). *Lactococcus garvieae* ile Enfekte *Archocentrus centrarchus*'ta Bağışıklıkla İlişkili Enzim Gen Etkileşimleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 449-455. <https://doi.org/10.35229/jaes.1304779>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-3032-3041>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0058-5232>

*Corresponding author:
Ertuğrul KANKAYA
Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of
Fisheries, 65080, Van, Türkiye.
✉: ekankaya@yyu.edu.tr

Abstract: Unsuitable environmental conditions and low host resistance in the aquatic environment are the most important factors in fish diseases. Bacterial diseases in fish can be treated with different preparations. The aim of this study is to determine the disease symptoms, expression levels of TNF and IL genes and some biochemical parameter changes in *Archocentrus centrarchus* by using herbal extract for the treatment of the disease caused by *Lactococcus garvieae* bacteria. Gene expression was performed by Real-Time PCR and enzyme activities were determined by spectrophotometric analysis method. It was observed that the expression level of the TNF gene was 2.5 times more effective in the antibiotic (oxytetracycline) group and 14 times more effectively in the extract application. It was found that the antibiotic group had a close expression level compared to the control at the IL gene expression level, while the extract group expressed 5.5 times more. Glutathione s-transferase activity in the extract group increased significantly compared to the control and antibiotic groups. Superoxide dismutase activity was significantly higher in the extract group compared to the antibiotic and bacterial groups. It can be said that oxidative stress caused by bacterial infection is tried to be eliminated more in the extract group. It was determined that the andiz root extract at the patent stage, which was used for the first time in the treatment of *A. centrarchus* fish infected with *L. garvieae*, one of the most important bacterial agents in the field of aquaculture, is applicable.

Keywords: Cichlid fish, fish diseases, gene expression, IL, TNF.

Lactococcus garvieae ile Enfekte *Archocentrus centrarchus*'ta Bağışıklıkla İlişkili Enzim Gen Etkileşimleri

Öz Akuatik ortamda olumsuz çevre koşulları ve düşük konakçı direnci, balık hastalıklarında en önemli etkenlerdir. Balıklardaki bakteriyel hastalıklar farklı preparatlarla tedavi edilebilir. Bu çalışmanın amacı, *Archocentrus centrarchus* balığında *Lactococcus garvieae* bakterisinin neden olduğu hastalığın tedavisi için bitkisel öz kullanarak hastalık semptomlarını, TNF ve IL genlerinin ekspresyon seviyelerini ve bazı biyokimyasal parametre değişikliklerini belirlemektir. Gen ekspresyonu Real-Time PCR ile gerçekleştirilmiştir. Enzim aktiviteleri spektrofotometrik analiz yöntemi ile belirlenmiştir. TNF geninin ekspresyon seviyesinin antibiyotik (oksitetrasiklin) grubunda 2,5 kat, ekstrakt uygulamasında ise 14 kat daha etkili olduğu gözlenmiştir. Antibiyotik grubunun IL gen ifadesi düzeyinde kontrole yakın bir ifade düzeyine sahip olduğu, ekstrakt grubunun ise 5,5 kat daha fazla ifade ettiği tespit edilmiştir. Ekstrakt grubundaki glutatyon s-transferaz aktivitesi, kontrol ve antibiyotik gruplarına kıyasla önemli ölçüde artmıştır. Süperoksit dismutaz aktivitesi, antibiyotik ve bakteri gruplarına göre ekstrakt grubunda önemli düzeyde yükselmiştir. Bakteriyel enfeksiyonun neden olduğu oksidatif stresin ekstrakt grubunda daha fazla giderilmeye çalışıldığı söylenebilir. Su ürünleri yetiştiriciliği alanında en önemli bakteriyel etkenlerden biri olan *L. garvieae* ile enfekte olmuş *A. centrarchus* balığının tedavisinde ilk kez kullanılan patent aşamasındaki andız kökü özünün uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Balık hastalıkları, çiklit balığı, gen ifadesi, IL, TNF.

*Sorumlu yazar:
Ertuğrul KANKAYA
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, 65080, Van, Türkiye.
✉: ekankaya@yyu.edu.tr

INTRODUCTION

Archocentrus centrarchus (Gill, 1877) is a very popular fish in aquarism. It is also frequently used in studies on diseases seen in aquarium fishes. *Lactococcus garvieae* is one of the most common fish pathogens in the world. It has started to be seen frequently in fish production facilities in our country since the 1990s (Önalán et al., 2020). Rapid identification of pathogens is crucial for the effective control of diseases occurring in aquaculture. Detection of pathogens is important in the environment as well as in infected fish. In the studies on bacterial fish pathogens, genotypic identifications of disease agents are made especially by PCR methods (Crisafi et al., 2011; Fruciano et al., 2019). Many immune-related genes in fish have been characterized recently (Chen et al., 2018, Balta & Karatay, 2021).

In order to determine the oxidative stress caused by the disease, enzyme activity measurements are used in different tissue samples of fish. Bacterial diseases are one of the sources of oxidative stress in fish species. Oxidative stress refers to an imbalance due to excess reactive oxygen species (ROS) or oxidants over the cell's ability to mount an effective antioxidant response. Oxidative stress causes macromolecular damage (Ray et al., 2012). ROS is constantly produced and eliminated by living organisms and is normally kept at certain steady-state levels. However, the overproduction of ROS causes damage to cellular macromolecules (membrane lipids, DNA, carbohydrates and proteins). Organisms have a cellular antioxidant detoxification system consisting of enzymatic antioxidants and non-enzymatic small molecules to deal with the generation of ROS. In particular, the major antioxidant enzymes superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) are most responsible for ROS elimination. Among these enzymes, SOD plays an important role in cellular defense systems against oxidative stress by catalyzing the dismutation of superoxide anions to hydrogen peroxide and molecular oxygen (Kankaya et al., 2015; Kankaya & Kaptaner, 2017; Shi et al., 2022).

A common consequence of oxidative stress is lipid peroxidation (LPO). Malondialdehyde (MDA) is one of the LPO products. The presence of LPO and high MDA levels have been extensively studied in many organs of different fish species exposed to environmental pollutants in both biological monitoring and controlled experiments. MDA levels in different organs of fish and other aquatic organisms exposed to pollutants may decrease or remain unchanged. In general, the MDA response is attributed to its high antioxidant capacity, which counteracts the effects of LPO. However, a similar MDA response was observed without any change or decrease in antioxidant biomarker

levels (Kankaya et al., 2015; Garcia et al., 2020). Glutathione s-transferase (GST) is an enzyme belonging to the phase II detoxification enzyme family that can reduce the cellular toxicity of a number of endogenous and environmental chemicals. The primary catalytic activity of GST is the conjugation of electrophilic compounds by facilitating nucleophilic attack with reduced glutathione (GSH). Environmental chemicals that GST detoxifies include carcinogens, pesticides, and reactive intermediates. Expression of the GST isoform is important when considering susceptibility to chemical injury (Trute et al., 2007; Rudneva et al., 2010; Kaptaner et al., 2016). Although there are studies on virulence and pathogenicity tests of bacteria, no study has been found with gene clusters. This study was carried out to determine the disease symptoms, expression levels of TNF and IL genes and enzymatic activity changes in *A. centrarchus* fish infected with *L. garvieae*.

MATERIAL AND METHOD

Trial design: Individuals of *A. centrarchus* fish with similar weights were selected in the experimental groups and 6 of them were used in each group. Four experimental groups were formed, consisting of control (*L. garvieae*), antibiotic (*L. garvieae* + antibiotic - oxytetracycline), extract (*L. garvieae* + extract - andiz root) and negative control (*L. garvieae* + PBS). The fish were kept in 60 L aquariums for 3 periods to adapt to their environment and maintained and fed. The study was conducted using dechlorinated and aerated tap water under the natural photoperiod. Symptoms and mortality rates were monitored in the 7-day period following the *L. garvieae*, antibiotic, extract and PBS injection (Drakopoulos & Poe, 2023). The study was carried out with the permission of the local ethics committee for animal experiments dated January 28, 2021, and numbered 2021/01-10.

Bacteria inoculation and injection administration: *L. garvieae* isolates were added to the Tryptic Soy Agar (TSA) medium and incubated at 22°C for 24 h. The freshly cultured bacteria obtained were adjusted to a bacterial concentration of $OD_{600} = 0.6$ (1×10^7 CFU) using a spectrophotometer (Crisafi et al. 2011). The extract injection was administered intraperitoneally at a dose of 0.01 mL g^{-1} to the fish. Antibiotic group fish were injected with oxytetracycline prepared at the same dose as the extract. The duration of symptoms and death were observed after injection periods (Pérez-Sánchez et al., 2011, Balta & Dengiz Balta, 2019).

RNA isolation: Muscle tissue samples were taken between the fish's dorsal fin and tail fin, and RNA was isolated with the RNeasy Plus Mini Kit (Qiagen) in the

QIACube device. The protocol of the QIACube instrument has been optimized in the elution step for RNA isolation. The modified version of the protocol is given below.

350 μL of RTL buffer was added to 25 mg of tissue and homogenized in Tissue Lyser LT (Qiagen). The homogenate was taken into a 2 mL microcentrifuge tube, 600 μL of 70% ethanol was added and centrifuged at 8000 $\times g$ (10.000 rpm) for 15 sec. Then, 700 μL of RW1 buffer was added and centrifuged at 8000 $\times g$ for 15 sec. 500 μL of RPE buffer was added to the spin column and centrifuged at 8000 $\times g$ for 15 sec. After that, 500 μL of buffer was added to the RPE spin columns and centrifuged at 8000 $\times g$ for 2 min. Finally, 30 μL of RNase Free Water was added and centrifuged at 8000 $\times g$ for 1 min and RNA elutions were obtained (Önalın, 2019).

Primer synthesis and cDNA synthesis: The GeneBank accession numbers used in gene expression analysis and the primers and properties of ACTB (housekeeping), IL and TNF genes are given in Table 1. Isolated RNAs were diluted to a concentration of 1 ng μL^{-1} per sample by Real-Time PCR. Then, cDNAs were synthesized with the RT2 First Strand Kit (Qiagen). 2 μL of GE buffer was added to 5 μL of RNA and incubated at 42°C for 5 min. After adding 4 μL of 5X Reaction Buffer, 1 μL of Primer (Primer Array System, UK) and 2 μL of Reverse Transcriptase Mix, the total volume was made up to 20 μL with ultrapure water. The final concentration obtained was incubated at 42°C for 15 min, followed by PCR for 5 min at 95°C (Schwartz et al., 2020).

Table 1: Primers used in this study and some of their properties.

Gene	Sequence (5'-3')	Amplicon (bp)	Binding Temperature	Gen ID
ACTB-F	ATGTTGGTGATGAGGCCAG	140	60	115784034
ACTB-R	AGGGAATCGTGCGTGACAT			
IL-F	GAAGGTGGGCAGAAAGACGA	70	60	115789632
IL-R	TTTGAGTTTGACAGCGTGCG			
TNF-F	AGATGAGGATGGGAGCTGGT	216	60	115784139
TNF-R	TTCCACTGCAGCACCATCAT			

Real-time PCR analysis: To determine the gene expression differences, primer design was made for TNF and IL genes. Real-Time PCR analysis protocol using expression primers for TNF and IL genes is given below.

The total volume was optimized to 25 μL by adding 12.5 μL of SybrGreen qPCR Master Mix, 1 μL of Forward and Reverse Assay Primer, 6.5 μL of H_2O and 5 μL of cDNA. In the PCR protocol, preliminary denaturation was applied at 95°C for 10 min, followed by a cycle of 15 sec at 94°C and 30 sec at 60°C 40 times (Önalın & Çevik, 2020).

Tissue homogenization: Liver samples stored at -80°C for analysis were homogenized with tissue lysis (TissueLyser Qiagen) in a microcentrifuge tube for 3 min in 50 mM KH_2PO_4 buffer (4°C, 1:5 w/v). The homogenate was centrifuged at 9500 rpm for 30 min at 4°C with a refrigerated centrifuge (Inovia, INO-HR/T16M)

(Marklund, 1990). The obtained supernatant was used for MDA, GST, SOD and CAT measurements.

Biochemical analyses: MDA content was determined according to Jain et al., (1989) by measuring at 532 nm; GST activity was measured at 340 nm using the method of Habig et al., (1974). In addition to these, SOD activity was determined at 505 nm using the commercial kit manufacturer's procedure (Ransod, Randox Lab., UK) and CAT activity was measured at 240 nm by spectrophotometric method according to the method given by Aebi, (1984).

Statistical analysis: By using the ct values obtained after Real-Time PCR analysis, gene expression levels were determined with the $2^{-\Delta\Delta\text{ct}}$ -log formula and binomial data were obtained. Data were evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA), Duncan multiple comparison test, and T-test. Values of $P < 0.05$ in all analyzes were considered statistically significant. Values are given as mean \pm standard deviation (Xie et al., 2023).

RESULTS

Symptoms observed after the trial: The mean weight of the fish was 7.1 ± 0.4 g and the average length was 6.5 ± 0.3 cm. The quality criteria of the water used in the study are given below. Temperature: $20.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$, pH: 8.43 ± 0.05 , dissolved oxygen: 6.9 ± 0.2 mg L^{-1} , oxygen saturation: $98.3 \pm 1.4\%$, electrical conductivity: 705 ± 17 $\mu\text{S cm}^{-1}$, salinity: $0.31 \pm 0.02\%$, total hardness: 347 ± 18 CaCO_3 mg L^{-1} and total alkalinity: 538 ± 14 CaCO_3 mg L^{-1} . By applying clove oil in an amount of 0.4 mL L^{-1} , the time to enter anesthesia for fish was 90 sec and the time to exit anesthesia was 195 sec. During the experiment, Lactococcosis symptoms were observed especially in the control (*L. garvieae*) group of fish that were contaminated with bacteria and not treated. Darkening and exophthalmos were observed as typical symptoms in this group.

Gene expression analysis: TNF gene expression level, which is known to be effective in wound healing and the immune system, was observed at the highest expression level in the extract group compared to the control group. While the expression level of the extract group was 14 times higher than the control group and 2.5 times higher than the antibiotic group, it was observed that it was two times more effective than the PBS group.

In the level of IL, another gene directly related to the immune system, whose expression level was determined in the study, it was observed that the extract group samples were expressed 5.5 times more than the control group samples. While a low expression rate was observed in the antibiotic group, close to the control group, it was determined that the gene associated with the immune system of the body system was expressed two times more

without external intervention. Expression levels of TNF and IL genes are given in Figures 1 and 2.

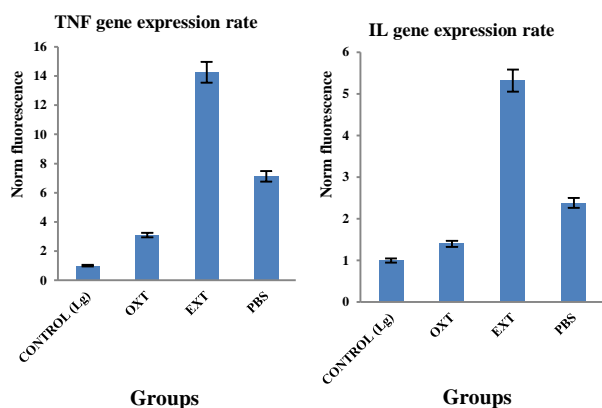


Figure 1: TNF and IL gene expression levels.

When the expression levels of both genes were evaluated together, the expression level of the TNF gene in the antibiotic group was higher than that of the IL gene. It was observed that antibiotics activated the TNF gene at a level two times higher than the control group samples. However, the TNF gene expression level in the extract group was found to be more active than the IL gene expression level in the same group. No significant expression level changes were detected between the two genes in the control group. For this reason, it is thought that the applied substance has an effect on the changes in the expression levels of two genes in the same group. It was observed that the IL gene expression level was expressed more than the TNF gene in the control groups, but it was not at a significant level (Figure 2). In the other groups, the expression level of the TNF gene was overexpressed compared to the IL gene.

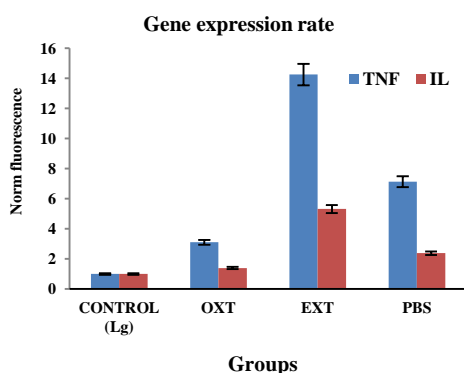


Figure 2: Comparative graph of expression levels of TNF and IL genes compared to the control group.

Biochemical: Enzyme values measured in control, antibiotic, extract and bacterial group fish liver tissue were found as follows; MDA content 15.35 ± 0.37 , 7.52 ± 0.4 , 15.56 ± 0.28 , 7.28 ± 0.17 nmol g^{-1} tissue, GST activity 15.54 ± 0.31 , 13.32 ± 0.26 , 21.55 ± 0.34 , 1.42 ± 0.28 U g^{-1} tissue, SOD activity 1081.92 ± 11.55 , $594.48 \pm$

6.91 , 946.42 ± 8.22 , 692.93 ± 7.71 U g^{-1} tissue and CAT activity 1869.97 ± 17.54 , 775.4 ± 7.92 , 2445.36 ± 10.07 , 75.46 ± 1.2 U g^{-1} tissue. When Figure 3 is examined, it can be seen that MDA content decreased significantly in antibiotic and bacterial groups compared to control and extract groups. GST, SOD, and CAT activity changed significantly in all groups.

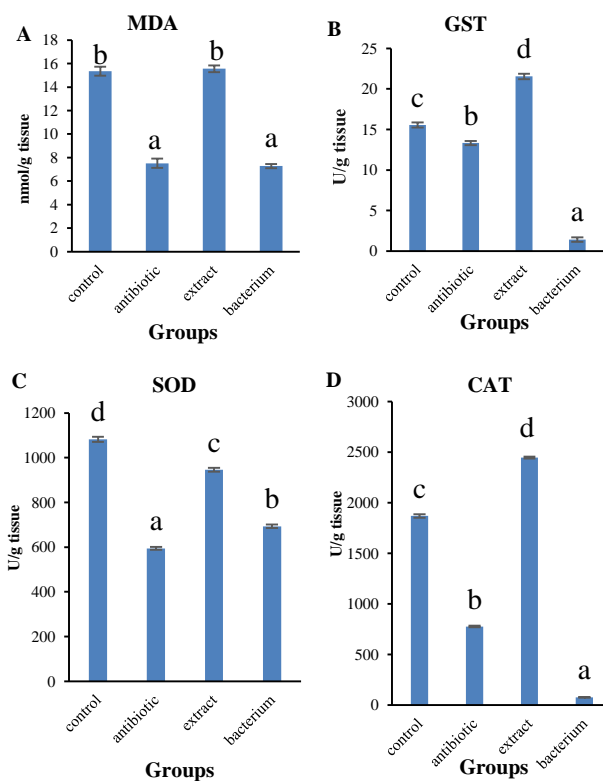


Figure 3: The antioxidant defense system indices in liver tissue of *A. centrarchus* infected with *L. garvieae*: MDA (A), GST (B), SOD (C), and CAT (D). (n = 6)

DISCUSSION AND CONCLUSION

Symptoms, expression levels of TNF and IL genes and changes in enzymatic activity were investigated in *A. centrarchus* fish infected with *L. garvieae*. The herbal extract was used for the first time for therapeutic purposes in infected *A. centrarchus* fish. The effects of bacterial disease agents occurring in aquaculture vary in different temperature and water quality criteria. The virulence and pathogenicity rates of every bacterial disease agent on the same organism also vary. This situation is directly related to the virulence and pathogenicity of the bacteria as well as the immunity of the host. Mortality rates resulting from these differences result in negative situations against different bacteria in the fight against diseases in the field by the producers. Mortality rates in diseases caused by bacteria can vary widely, from 60% to 100%. In the realization of this result, the virulence and pathogenicity characteristics of disease agents originating from different gene clusters or indirectly play a role in the mechanism of action. Popoola et al., (2021) studied the effects of different

carbon sources on immune-related gene expression in *Clarias gariepinus* fish infected with *Aeromonas hydrophila*. In this study, they found that IL-10, TNF- α , TGF- β , and IL-1 β immune genes were increased. In other words, they stated that carbon sources increase fish innate immunity and immune-related gene expression. Chen et al., (2018) investigated the immune-related gene expression profile by infecting *Siniperca chuatsi* fish with *A. hydrophila*. They reported that the expression levels of major histocompatibility complex class II (MHC II), T cell receptor α (TCR α), tumor necrosis factor α (TNF α), CC chemokine 3, interleukin 8 (IL-8) and Hepcidin were strongly upregulated in the spleen and anterior kidney tissue of fish. Arslan, (2021) determined that when *Raphanus sativus* is added to the diet against *A. hydrophila* in *Oncorhynchus mykiss* fish, it can improve the immune responses and growth of the fish. Carriero et al., (2020) examined the changes in the expression levels of IL-1 β and IL-8 genes in immune-related gene expression analysis in *Piaractus mesopotamicus* fish. They found that these genes could be used in the early response to bacterial infections, particularly the spleen and anterior kidney, under pathogenic conditions. Zou et al., (2020) determined immune gene expression levels in *O. mykiss* fish with IL-1 β , IL-8, IL-2A, IL-6A, IL-22 and TGF β genes. They suggested that gene expression in surviving fish was associated with the resistance conferring trait of several immune genes. In this study according to the expression results, it was determined that the TNF gene expression level was 2.5 times higher in the antibiotic group than in the control group, and it was 14 times more effective in the extract application. The antibiotic group was observed to have a close expression level compared to the control in the IL gene expression level, while the extract group expressed 5.5 times more. Considering the mortality rates, it was observed that the extract reduced the mortality rates against *L. garvieae*, one of fish's most important bacterial disease agents. On the other hand, it can be said that in the antibiotic-treated group, 2.5 times more genes are expressed and work harder than in the control group.

Skuratovskaya et al., (2013) reported an increase in SOD, CAT and GST activities in *Merlangius merlangus euxinus* fish infected with parasites at high density. Adeyemi, (2014) determined LPO level, GST and CAT activity in the liver tissue of *Escherichia coli* and *Vibrio fischeri* infected *C. gariepinus* fish. LPO and GST were found to be significantly higher in infected fish, and CAT was insignificant in infected and uninfected fish. It has been reported that the liver has a higher rate of oxidative stress than the gill and muscle tissue. Nabi et al., (2017) compared the liver tissue enzyme values of *Schizothorax plagiostomus* fish infected and uninfected with the acanthocephalan parasite (*Pomphorhynchus*). They reported

that while LPO increased, GST and SOD decreased, and parasitic infections caused oxidative stress. In our study, GST increased significantly in the extract group compared to the control and antibiotic groups. MDA was similar in the extract group to the control group. SOD increased significantly in the extract group compared to the antibiotic and bacterial groups. It is seen that the oxidative stress caused by bacterial infection is tried to be eliminated in the extract group.

It was determined that the root extract at the patent stage, which was used for the first time in the treatment of *A. centrarchus* fish infected with *L. garvieae*, which is one of the important bacterial disease agents in aquaculture, is applicable.

In conclusion in future studies, it is planned to control the applications in different experimental animals and to produce a commercial form of the extract. It has been determined that the extract can be used as an alternative treatment method for bacterial fish diseases. In addition, the extract used in the study was found to activate the immune system. As a result, it can be said that the production of different organic matter derivatives in alternative aquaculture will open new horizons in this field.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Prof. Dr. Yusuf TUNÇTÜRK for help with English editing.

REFERENCES

- Adeyemi, J.A. (2014).** Oxidative stress and antioxidant enzymes activities in the African catfish, *Clarias gariepinus*, experimentally challenged with *Escherichia coli* and *Vibrio fischeri*. *Fish Physiology and Biochemistry*, **40**(2), 347-354. DOI: [10.1007/s10695-013-9847-x](https://doi.org/10.1007/s10695-013-9847-x)
- Aebi, H. (1984).** Catalase in vitro. *Methods Enzymology*, **105**, 121-126. DOI: [10.1016/s0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(84)05016-3)
- Arslan, G. (2021).** Cytokine gene expression, immune responses and disease resistance of *Oncorhynchus mykiss* after *Raphanus sativus* by-products supplementation. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **21**(10), 521-535. DOI: [10.4194/1303-2712-v21_10_05](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_10_05)
- Balta F. & Dengiz Balta, Z. (2019).** The isolation of *Lactococcus garvieae* from eyes of diseased rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with exophthalmia. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **4**(1), 27-33. DOI: [10.35229/jaes.527258](https://doi.org/10.35229/jaes.527258)
- Balta, F. & Karatay, İ. (2021).** *Lactococcus garvieae* infection and treatment observed in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **6**(4), 651-661. DOI: [10.35229/jaes.1024825](https://doi.org/10.35229/jaes.1024825)

- Carriero, M.M., Henrique-Silva, F., Meira, C.M., Gato, I.M.Q., Caetano, A.R., Lobo, F.P., Alves, A.L., Varela, E.S. & Maia, A.A.M. (2020).** Molecular characterization and gene expression analysis of the pro-inflammatory cytokines IL-1 β and IL-8 in the South American fish *Piaractus mesopotamicus* challenged with *Aeromonas dhakensis*. *Genetics and Molecular Biology*, **43**(4), e20200006. DOI: [10.1590/1678-4685-GMB-2020-0006](https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2020-0006)
- Chen, N., Jiang, J., Gao, X., Li, X., Zhang, Y., Liu, X., Yang, H., Bing, X. & Zhang, X. (2018).** Histopathological analysis and the immune related gene expression profiles of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) infected with *Aeromonas hydrophila*. *Fish and Shellfish Immunology*, **83**, 410-415. DOI: [10.1016/j.fsi.2018.09.023](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.09.023)
- Crisafi, F., Denaro, R., Genovese, M., Cappello, S., Mancuso, M. & Genovese, L. (2011).** Comparison of 16SrDNA and toxR genes as targets for detection of *Vibrio anguillarum* in *Dicentrarchus labrax* kidney and liver. *Research in microbiology*, **162**(3), 223-230. DOI: [10.1016/j.resmic.2010.11.004](https://doi.org/10.1016/j.resmic.2010.11.004)
- Drakopoulos, L. & Poe, M. (2023).** Facing change: Individual and institutional adaptation pathways in West Coast fishing communities. *Marine Policy*, **147**, 105363. DOI: [10.1016/j.marpol.2022.105363](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105363)
- Fruciano, C., Meyer, A. & Franchini, P. (2019).** Divergent allometric trajectories in gene expression and coexpression produce species differences in sympatrically speciating Midas cichlid fish. *Genome Biology and Evolution*, **11**(6), 1644-1657. DOI: [10.1093/gbe/evz108](https://doi.org/10.1093/gbe/evz108)
- Garcia, D., Lima, D., Silva, D.G.H. & Almeida, E.A. (2020).** Decreased malondialdehyde levels in fish (*Astyanax altiparanae*) exposed to diesel: Evidence of metabolism by aldehyde dehydrogenase in the liver and excretion in water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **190**, 110107. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2019.110107](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110107)
- Habig, W.H., Pabst, M.J. & Jakoby, W.B. (1974).** Glutathione s-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, **249**(22), 7130-7139. DOI: [10.1016/S0021-9258\(19\)42083-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)42083-8)
- Jain, S.K., McVie, R., Duett, J. & Herbst, J.J. (1989).** Erythrocyte membrane lipid peroxidation and glycosylated hemoglobin in diabetes. *Diabetes*, **38**(12), 1539-1543. DOI: [10.2337/diab.38.12.1539](https://doi.org/10.2337/diab.38.12.1539)
- Kankaya, E. & Kaptaner, B. (2017).** Sublethal toxicity of formaldehyde in common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, **27**(3), 406-415. DOI: [10.29133/yyutbd.319772](https://doi.org/10.29133/yyutbd.319772)
- Kankaya, E., Kaptaner, B., Doğan, A. & Çelik, İ. (2015).** Toxicity of bisphenol a during the early life stages of *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811). *Fresenius Environmental Bulletin*, **24**(3a), 977-985.
- Kaptaner, B., Kankaya, E., Dogan, A. & Durmuş, A. (2016).** Alterations in histology and antioxidant defense system in the testes of the Lake Van fish (*Alburnus tarichi* GÜldenstadt, 1814). *Environmental Monitoring and Assessment*, **188**(8), 474. DOI: [10.1007/s10661-016-5476-z](https://doi.org/10.1007/s10661-016-5476-z)
- Marklund, S.L. (1990).** Analysis of extracellular superoxide dismutase in tissue homogenates and extracellular fluids. *Methods in Enzymology*, **186**, 260-265. DOI: [10.1016/0076-6879\(90\)86117-e](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86117-e)
- Nabi, S., Tanveer, S. & Ganie, S.A. (2017).** Glutathione-s-transferase, superoxide dismutase (GST, SOD) levels, protein content and lipid peroxidation in *Schizothorax plagiostomus* under the infection of *Pomphorhynchus* in Nallah Sukhnag of Kashmir Valley. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **20**(9), 442-446. DOI: [10.3923/pjbs.2017.442.446](https://doi.org/10.3923/pjbs.2017.442.446)
- Önalın, Ş. & Çevik, M. (2020).** Investigation of the effects of some phytochemicals on *Yersinia ruckeri* and antimicrobial resistance. *Brazilian Journal of Biology*, **80**(4), 934-942. DOI: [10.1590/1519-6984.234969](https://doi.org/10.1590/1519-6984.234969)
- Önalın, Ş. (2019).** Expression differences of stress and immunity genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) with different bacterial fish diseases. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, **71**(1), 1-10. DOI: [10.46989/001c.20978](https://doi.org/10.46989/001c.20978)
- Önalın, Ş., Arabacı, M. & Çağırgan, H. (2020).** Phenotypic differences between *Lactococcus garvieae* isolates obtained from rainbow trout farms in Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, **52**(5), 1771-1777. DOI: [10.17582/journal.pjz/20190718230701](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20190718230701)
- Pérez-Sánchez, T., Balcázar, J. L., Merrifield, D. L., Carnevali, O., Gioacchini, G., de Blas, I. & Ruiz-Zarzuola, I. (2011).** Expression of immune-related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) induced by probiotic bacteria during *Lactococcus garvieae* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, **31**(2), 196-201. DOI: [10.1016/j.fsi.2011.05.005](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.05.005)
- Popoola, O.M., Oyelade, A.M. & Torhukerijho, S.T. (2021).** Expression of immune-related gene from African mud catfish *Clarias gariepinus* reared in bioflocs systems after *Aeromonas hydrophila* infection. *Biotech Studies*, **31**(1), 17-27. DOI: [10.38042/biotechstudies.1073521](https://doi.org/10.38042/biotechstudies.1073521)
- Ray, P.D., Huang, B. & Tsuji, Y. (2012).** Reactive oxygen species (ROS) homeostasis and redox regulation in cellular signaling. *Cellular Signalling*, **24**(5), 981-990. DOI: [10.1016/j.cellsig.2012.01.008](https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2012.01.008)

- Rudneva, I.I., Kuzminova, N.S. & Skuratovskaya, E.N. (2010).** Glutathione-s-transferase activity in tissues of Black Sea fish species. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, *1*(1), 141-150.
- Schwartz, K., Henzel, M. K., Ann Richmond, M., Zindle, J. K., Seton, J. M., Lemmer, D. P. & Bogie, K. M. (2020).** Biomarkers for recurrent pressure injury risk in persons with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, *43*(5), 696-703. DOI: [10.1080/10790268.2019.1645406](https://doi.org/10.1080/10790268.2019.1645406)
- Shi, Q., Xiong, X., Wen, Z., Qin, C., Li, R., Zhang, Z., Gong, Q. & Wu, X. (2022).** Cu/Zn superoxide dismutase and catalase of yangtze sturgeon, *Acipenser dabryanus*: molecular cloning, tissue distribution and response to fasting and refeeding. *Fishes*, *7*(1), 35. DOI: [10.3390/fishes7010035](https://doi.org/10.3390/fishes7010035)
- Skuratovskaya, E.N., Yurakhno, V.M. & Zavyalov, A.V. (2013).** The influence of parasitic infection on the black sea whiting *Merlangius merlangus euxinus* (Gadidae) morphophysiological and biochemical parameters. *Vestnik Zoologii*, *47*(4), 309-317.
- Trute, M., Gallis, B., Doneanu, C., Shaffer, S., Goodlett, D. & Gallagher, E. (2007).** Characterization of hepatic glutathione s-transferases in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquatic Toxicology*, *81*(2), 126-136. DOI: [10.1016/j.aquatox.2006.11.009](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.11.009)
- Xie, X., Huang, Z., Lv, W., Zhu, H., Hui, G., Li, R. & Li, Z. (2023).** Influence of nitrogen application rate on the importance of NO₃⁻-N and NH₄⁺-N transfer via extramycelia of *Arbuscular mycorrhiza* to tomato with expression of *LeNRT2.3* and *LeAMT1.1*. *Plants*, *12*(2), 314. DOI: [10.3390/plants12020314](https://doi.org/10.3390/plants12020314)
- Zou, S., Karami, A.M., Ødegård, J., Mathiessen, H., Marana, M.H., Jaafar, R.M., Jørgensen, L.V.G., Abdu, M., Kania, P.W., Dalsgaard, I., Nielsen, T. & Buchmann, K. (2020).** Immune gene expression and genome-wide association analysis in rainbow trout with different resistance to *Yersinia ruckeri* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, *106*, 441-450. DOI: [10.1016/j.fsi.2020.07.023](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.07.023)



Ecological and Health Risk Assessment in Surface Sediments of the Berdan River Basin (Mersin-Türkiye)

İsmail AKÇAY* Özgür ÖZBAY
Mersin University, Faculty of Fisheries, Yenişehir-Mersin, Türkiye

Geliş/Received: 12.07.2023

Kabul/Accepted: 08.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Akçay, İ. & Özbay, Ö. (2023). Ecological and Health Risk Assessment in Surface Sediments of the Berdan River Basin (Mersin-Türkiye). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 456-466. <https://doi.org/10.35229/jaes.1326244>

Atıf yapmak için: Akçay, İ. & Özbay, Ö. (2023). Berdan Nehri Yüzeý Sedimanlarında Ekolojik ve Sağlık Riski Değerlendirmesi (Mersin-Türkiye). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 456-466. <https://doi.org/10.35229/jaes.1326244>

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-8738-8359>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-7837-350X>

*Corresponding author:
İsmail AKÇAY
Mersin University, Faculty of Fisheries,
Yenişehir-Mersin, Türkiye
✉: iakcay@mersin.edu.tr

Abstract: Berdan River (Tarsus-Mersin) is one of the major rivers flowing into the coastal region of Northeastern (NE) Mediterranean Sea. Determination of water and sediment quality is of great importance for the sustainable management of streams and rivers. In this study, it was aimed to determine metal ((Fe), Manganese (Mn), Chromium (Cr), Nickel (Ni) Zinc (Zn), Cadmium (Cd) and Lead (Pb)) pollution status of sediments in Berdan River caused by human activities by using Enrichment Factor (EF), Geoaccumulation Index (Igeo), Contamination Factor (CF) and Pollution Load Index (PLI). Furthermore, the potential health risk assessment was determined as the non-carcinogenic and carcinogenic risk for children and adults by using chronic daily intake (CDI), hazard quotients (HQ), hazard index (HI), cancer risk (CR), and total lifetime cancer risk (LCR). High values of metal pollution indices showed that while Ni and Cd pollution were determined at all sampling points of the Berdan River Basin, there was a regional pollution of Pb and Zn caused by anthropogenic pressures due to industrial and agricultural activities as well as domestic wastewater and atmospheric inputs into the Berdan River. Health risk assessment showed that all the calculated HI values were greater than 1 for the metal Pb suggesting "potential carcinogenic risk" for children. For the adults, the calculated TLRC values indicated "high carcinogenic risk" from the carcinogenic Ni (TLCR: 3.45E-04 - 5.08E-04) whilst for the children, the calculated TLRC values indicated "high carcinogenic risk" from the carcinogenic Cr (TLCR: 2.56E-04 - 5.85E-04) and Ni (TLCR: 3.13E-03 - 4.61E-03). All these findings indicated significant health hazards for the children and adults living in the study area from the carcinogenic lead, chromium and nickel.

Keywords: Berdan river, health risk, potential ecological risk, sediments.

Berdan Nehri Yüzeý Sedimanlarında Ekolojik ve Sağlık Riski Değerlendirmesi (Mersin-Türkiye)

Öz: Berdan Nehri (Tarsus-Mersin), Kuzeydoğu Akdeniz sığ kıyusal alanına dökülen başlıca nehirlerden biridir. Akarsu ve akarsuların sürdürülebilir yönetimi için su ve sediman kalitesinin belirlenmesi oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, Zenginleşme Faktörü (EF), Jeoakümülyasyon İndeksi (Igeo), Kirlilik Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI) kullanılarak Berdan nehri sedimanlarının metal ((Fe), Manganez (Mn), Krom (Cr), Nikel (Ni) Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd) ve Kurşun (Pb)) kirlilik durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, Kronik Günlük Alım (CDI), Tehlike Katsayıları (HQ), Tehlike İndeksi (HI), Kanser Riski (CR) ve Yaşam Boyu Kanser Riski (TLCR) kullanılarak çocuklar ve yetişkinler için potansiyel sağlık risk değerlendirme yapılmıştır. Hesaplanan yüksek metal kirlilik indeksi değerleri, Berdan Nehri Havzası'nın tüm örnekleme noktalarında Ni ve Cd kirliliğini gösterirken, evsel atık suların ve atmosferik girdilerin yanı sıra endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan antropojenik baskılardan kaynaklanan bölgesel bir Pb ve Zn kirliliğinin de mevcut olduğunu göstermiştir. Sağlık riski değerlendirme, çocuklarda Pb için hesaplanan tüm HI değerlerinin 1'den büyük olduğunu göstermiştir. Bu da çocuklar için, potansiyel kanser riski olduğunu gösteriyor. Yetişkinler için hesaplanan TLRC değerleri, Ni için (TLCR: 3.45E-04 - 5.08E-04) yüksek kanser riskini belirtirken, çocuklar için hesaplanan TLRC değerleri, Cr (TLCR: 2.56E-04 - 5.85E-04) ve Ni (TLCR: 3.13E-03 - 4.61E-03) için yüksek kanser riskini göstermiştir. Tüm bu bulgular, kanserojen kurşun, krom ve nikelin çalışma alanında yaşayan çocuklar ve yetişkinler için önemli sağlık tehlikelerini işaret etmektedir.

*Sorumlu yazar:
İsmail AKÇAY
Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi,
Yenişehir-Mersin, Türkiye
✉: iakcay@mersin.edu.tr

Anahtar kelimeler: Berdan nehri, ekolojik risk; sağlık riski, sediman.

INTRODUCTION

Heavy metal pollution in sediments is a worldwide problem and many studies have been conducted on the heavy metal pollution in river and estuary sediments (Andem et al., 2015; Caridi et al., 2016; Copaja et al., 2016; Krika & Krika, 2017; Ma et al., 2015; Ogbeibu et al., 2014; Olivares-Rieumont et al., 2005; Rani et al., 2021; Sakan et al., 2009; Sutherland, 2000; Tomlinson et al., 1980; Ustaoglu & Islam, 2020; Ustaoglu & Tepe, 2019; Yabanlı et al., 2022). Heavy metals entered into the aquatic environments either naturally such as the erosion of rocks or as a result of anthropogenic activities that are accumulated in the sediment (Ma et al., 2015; Mandour et al., 2021; Ogbeibu et al., 2014). The characteristics of sediment, the amount of organic matter and clay, and the mineral content affect the burial and accumulation of heavy metals in sediments (Bagheri et al., 2011; Vertacnik et al., 1995). Therefore, heavy metal analysis in sediments provides information about the pollution status of the aquatic environments (Andem et al., 2015; Rauf et al., 2009).

Metal pollution has critical importance for aquatic biota. In the aquatic environments, it is critical to understand metal bioaccumulation or biomagnification within food webs (Karadede-Akin & Ünlü, 2007). Since heavy metals are toxic substances accumulating in the food chain with the increasing concentrations, non-biodegradable metals may pose a health risk to people by consuming aquatic organisms due to bioaccumulation in the food web (Akkan & Mutlu, 2022; Boran & Altınok, 2010). In a recent study, it was reported that heavy metal copper can be associated with the toxic effect on biota (Boran & Gedik, 2013). Pollution of rivers not only poses a risk to aquatic organisms, but also poses a risk to human health (Ustaoglu & Tepe, 2019). Heavy metals accumulated in sediments can release into the overlying water over time and reach humans by benthic

organisms via food chain (Ogbeibu et al., 2014). Heavy metals also enter the human body air, ingestion and skin contact. It is well known that heavy metals accumulated in the human body can cause many health problems such as chronic kidney diseases and cancers (Al-Kahtany & El-Sorogy, 2023).

Assessment of water and sediment quality is of great importance for the sustainable management of rivers (Ogbeibu et al., 2014). Furthermore, it is important to investigate sediment heavy metal pollution along the river basins for the determination of anthropogenic and natural impacts on the pollution of coastal surface sediments (Saddik et al., 2019). Ozbay et al., (2013) carried out one study in Berdan River sediments and determined concentrations of Iron (Fe), Manganese (Mn), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Zinc (Zn), Cadmium (Cd) and Lead (Pb). In this study, the sediment heavy metal pollution status and potential health risk assessment of Berdan River Basin were determined.

MATERIAL AND METHOD

Sampling and analysis: The Berdan River, which passes through the Tarsus district of Mersin, is one of the important rivers of the region and is 124 km long and its waters are originated from precipitation (snow and rain) (Ozbay et al., 2013). The Berdan Dam waters are the main source of drinking water for the Mersin and Tarsus cities. The factories constructed along the Berdan River Basin are an oil factory, a dye plant, an industrial machine factory, a glass wool plant and a textile mill (Ergene et al., 2007). The study of Ozbay et al. (2013) was carried out seasonally at 6 stations in the area of approximately 40 km from the Berdan Dam exit to the sampling point where it flows into the coastal site of the NE Mediterranean Sea between December 2008 and November 2009. The sampling points are presented in Figure 1.

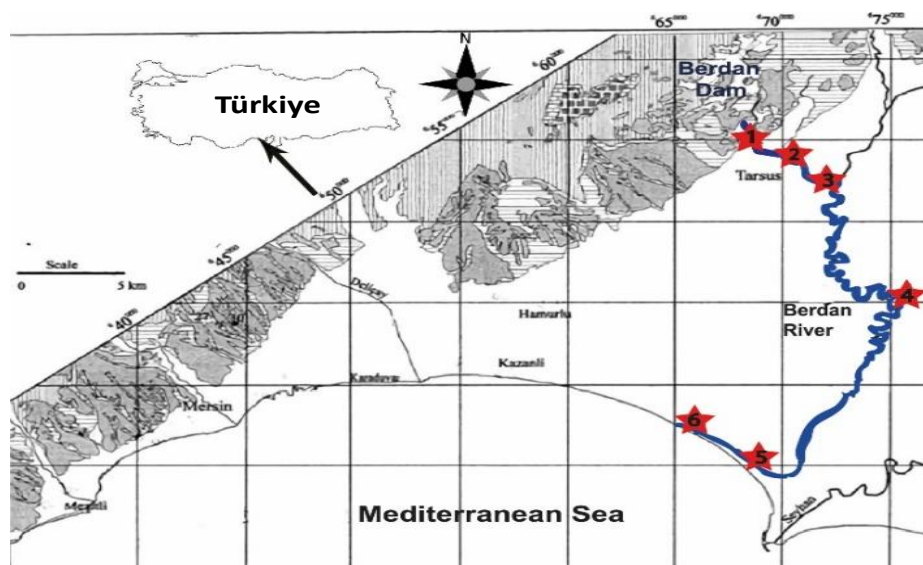


Figure 1. Study region and the sampling locations.

For metal (Iron (Fe), Manganese (Mn), Chromium (Cr), Nickel (Ni) Zinc (Zn), Cadmium (Cd) and Lead (Pb)) analysis, surface sediments were collected by using Ekman Grab from the selected stations where discharge rates were low. The samples were transported to the laboratory in polyethylene bags in an ice box and stored in the freezer (at -20°C) till analysis. After the sediment samples were dried in an oven at 105 °C, they were sieved through a 2 mm sieve to homogenize the samples. The samples were analyzed according to the EPA 3051 method. About 1 g of sediment sample was digested by 10 ml of concentrated HNO₃ (Merck). Then, the sediment samples were combusted by using microwave oven. The digested sediment samples were diluted and filtered through blue quantitative filter papers for the measurements of heavy metals (USEPA, 1994). The digested sediment samples were analyzed by using Agilent 7500ce model Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). Detection limits were 0.101 µg/l for Fe, 0.027 µg/l for Mn, 0.011 µg/l for Cr, 0.200 µg/l for Ni, 0.176 µg/l for Zn, 0.006 µg/l for Cd and 0.012 µg/l for Pb, respectively.

Classification of metal pollution and health risk assessment: In this study, the sediment heavy metal pollution status of Berdan River Basin was determined using the pollution indices Enrichment Factor (EF), Geoaccumulation Index (Igeo), Contamination Factor (CF) and Pollution Load Index (PLI) based on the metal concentration values obtained by Ozbay et al., (2013).

EF is calculated by the following equation (Abraham & Parker, 2008; Şimşek et al., 2022; Tepe et al., 2022):

$$EF = \frac{M_{sx} / M_{sFe}}{M_{bx} / M_{bFe}}$$

where M_{sx}: the measured metal concentration, M_{sFe}: the measured iron concentration, M_{bx}: the metal concentrations in the earth's crust and M_{bFe}: the iron concentrations in the earth's crust.

Igeo is calculated by the following equation (Caridi et al., 2016; Şimşek et al., 2022; Tepe et al., 2022):

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{M_{sx}}{1.5 \times M_{bx}} \right)$$

where M_{sx}: the measured metal concentration and M_{bx}: the metal concentrations in the earth's crust.

CF values are calculated by the ratio of the measured metal concentration (M_{sx}) to the metal concentration (M_{bx}) in the earth's crust (Martínez-Guijarro et al., 2019; Şimşek et al., 2022; Tepe et al., 2022).

$$CF = \frac{M_{sx}}{M_{bx}}$$

PLI is used for the assessment of overall metal pollution in sediments and is calculated by the following formula (Saddik et al., 2019):

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots \times CF_n)^{1/n}$$

Chronic daily intake, hazard quotients, hazard index, cancer risk and total lifetime cancer risk were used to determine potential health risk assessment for dermal contact and ingestion pathways. These indices were calculated by using the formulas presented in Table 1 (Al-Kahtany & El-Sorogy, 2023; Magni et al., 2021; Pavilonis et al., 2017; USEPA, 2002). Reference dose and cancer slope factor values of the studied heavy metals used for the calculations were depicted in Table 2.

Table 1. Calculation of chronic daily intake (CDI), hazard quotients (HQ), hazard index (HI), cancer risk (CR), and total lifetime cancer risk (TLCR).

Non-Carcinogenic	Carcinogenic	Parameter*	Adul	
			t	Child
CDI _{ing.} = (HMs x IngR x EF x ED/BW x AT) x CF (mg/kg/day)		ED (Exposure Duration)(years)	24	6
		EF (Exposure Frequency)(days/years)	350	
		BW (Body Weight) (kg)	70	15
CDI _{der.} = (HMs x SA xAFs xABS x EF x ED/BW x AT) x CF (mg/kg/day)		AT (Average Time)(years) (365 x ED)	8760	2190
		IngR (Ingestion Rate)(mg/day)	100	200
		SA (Skin Surface Area Exposed)(cm ²)	5700	2800
HQ _{ing.} = $\frac{CDI_{ing.}}{RfD_{ing.}}$	CR _{ing.} = CDI _{ing.} x CSF _{ing.}	AFs (Skin-soil adherence factor)(mg/cm ²)	0.07	0.2
HQ _{der.} = $\frac{CDI_{der.}}{RfD_{der.}}$	CR _{der.} = CDI _{der.} x CSF _{der.}	CF (Conversion Factor)(kg/mg)	1.00E-06	
HI = ∑ HQ = HQ _{ing.} + HQ _{der.}	TLCR = ∑ CR = CR _{ing.} + CR _{der.}	ABS (Absorption Factor Dermal)(unitless)	0.001	
		HMs (Heavy Metals Sediment)(mg/kg)	Table 3	
TLCR < 1.00E-06; No significant health hazards		HI < 1; non-carcinogenic risk		
1.00E-06 < TLRC < 1.00E-04; Acceptable carcinogenic risk		HI ≥ 1; potential carcinogenic		
TLCR < 1.00E-04; High risk of carcinogenesis				

*USEPA (2002)

Statistical analysis: In this study, statistical analysis (the Pearson's correlation) of the ecological and

health risk indices calculated for the Berdan River sediments was performed by using IBM SPSS Statistics 26 software.

Table 2. Reference dose (RfD) and cancer slope factor (CSF) values of heavy metals

HMs	Non-Carcinogenic		Carcinogenic	
	RfD _{ing.} (Reference Dose Ingestion) (mg/kg/day)	RfD _{der.} (Reference Dose Dermal) (mg/kg/day)	CSF _{ing.} (Cancer Slope Factor Ingestion) (mg/kg/day)	CSF _{der.} (Cancer Slope Factor Dermal) (mg/kg/day)
Fe ^a	7.00E-01	7.00E-01	-	-
Cr ^b	3.00E-03	3.00E-03	5.01E-01	2.00E+01
Mn ^c	1.40E-01	5.60E-03	-	-
Ni ^b	2.00E-02	5.40E-03	1.70E+00	4.25E+01
Zn ^b	3.00E-01	6.00E-02	-	-
Pb ^b	1.40E-04	5.24E-04	8.50E-03	8.50E-03
Cd ^b	1.00E-03	2.50E-05	5.01E-01	2.00E+01

^aAl-Kahtany and El-Sorogy, (2023)

^bMagni et al., (2021)

^cPavilonis et al., (2017)

RESULTS

Concentrations of heavy metals in sediments of the Berdan River were determined seasonally between December 2008 and November 2009. By using surface sediment metal concentrations by the study of Ozbay et al., (2013) and earth’s crust metal values (Krauskopf,1979)

(Table 3), metal pollution indices EF, Igeo, CF and PLI were calculated (Figure 2-8).

According to calculated metal pollution indices, surface sediments were not contaminated by the metals Fe, Cr and Mn suggested that Berdan River was not affected by the pollution of these metals (Figure 2-8).

Table 3. Sediment heavy metal concentrations in Berdan River (Ozbay et al., 2013) and earth’s crust metal concentrations Krauskopf, 1979).

Station		Fe (g/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	Mean	16.46	50.17	259.12	134.75	44.77	4.74	11.49
	Std. Dev.	± 8.39	± 24.37	± 37.49	± 75.80	± 33.61	± 0.40	± 5.76
	Min.	10.98	28.18	225.91	86.39	0.00	4.32	3.04
	Max.	30.93	84.89	307.51	246.68	77.56	5.16	15.48
2	Mean	14.27	35.95	345.91	148.15	31.88	4.44	18.08
	Std. Dev.	± 2.52	± 14.04	± 91.45	± 73.83	± 24.60	± 0.13	± 9.61
	Min.	12.21	21.46	277.17	80.09	0.00	4.25	4.35
	Max.	18.47	52.76	473.34	252.92	58.09	4.53	26.25
3	Mean	20.88	64.80	393.56	176.89	81.23	4.66	18.09
	Std. Dev.	± 5.23	± 14.48	± 61.84	± 68.23	± 61.69	± 0.36	± 12.83
	Min.	12.34	48.90	305.11	129.55	0.00	4.28	3.31
	Max.	26.38	80.43	449.29	277.94	147.41	5.14	26.40
4	Mean	21.16	68.24	505.18	198.28	46.12	4.51	15.10
	Std. Dev.	± 5.85	± 17.35	± 111.23	± 87.68	± 32.29	± 0.15	± 8.24
	Min.	13.69	52.00	342.60	142.54	0.00	4.29	3.51
	Max.	29.11	91.55	593.17	327.44	70.42	4.61	23.02
5	Mean	24.59	82.35	444.16	175.72	53.65	4.52	15.84
	Std. Dev.	± 10.75	± 42.04	± 162.30	± 15.41	± 46.10	± 0.20	± 8.66
	Min.	8.77	34.58	235.30	153.88	0.00	4.26	4.40
	Max.	35.88	120.35	612.11	186.88	92.54	4.69	22.57
6	Mean	13.77	45.32	316.45	172.29	15.90	4.38	10.90
	Std. Dev.	± 4.77	± 12.87	± 98.98	± 54.39	± 18.73	± 0.10	± 5.15
	Min.	7.58	28.43	234.53	124.30	0.00	4.27	4.73
	Max.	20.35	56.27	436.75	247.76	36.35	4.48	15.74
Earth’s Crust		47	100	850	80	90	0,3	20

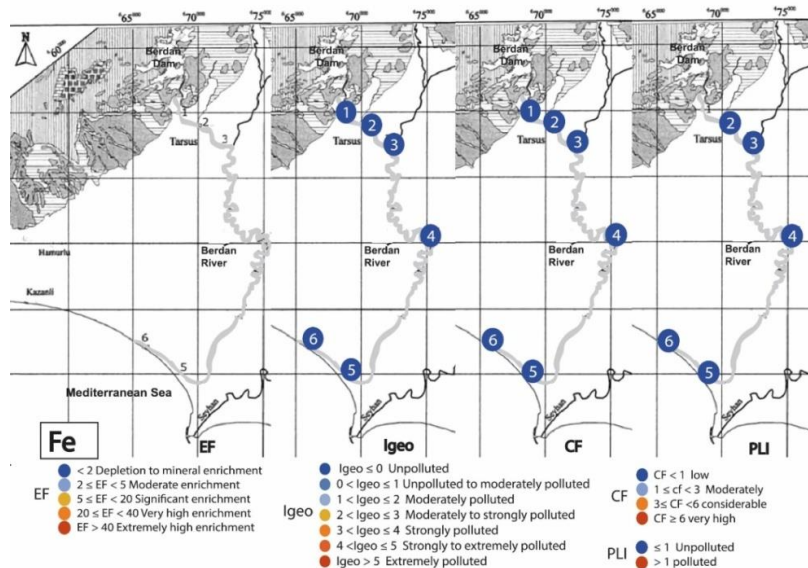


Figure 2. Fe pollution status of surface sediments in the Berdan River Basin.

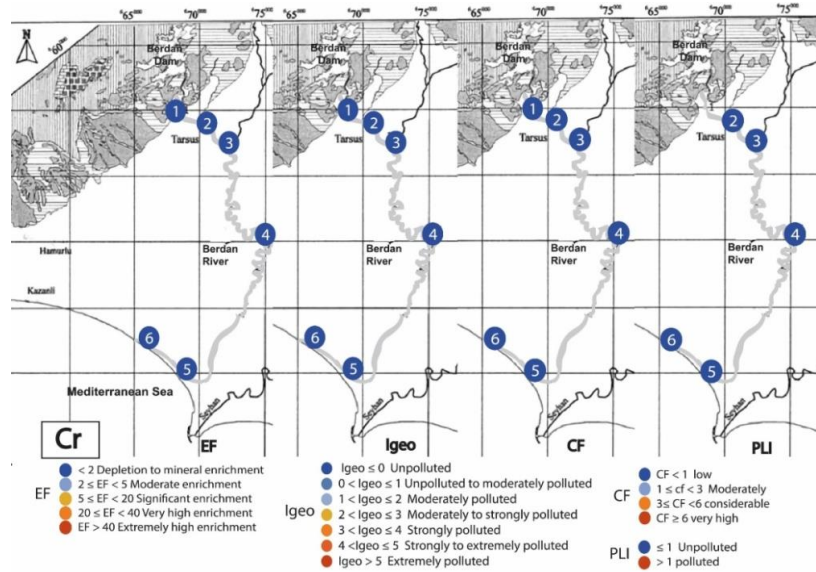


Figure 3. Cr pollution status of surface sediments in the Berdan River Basin.

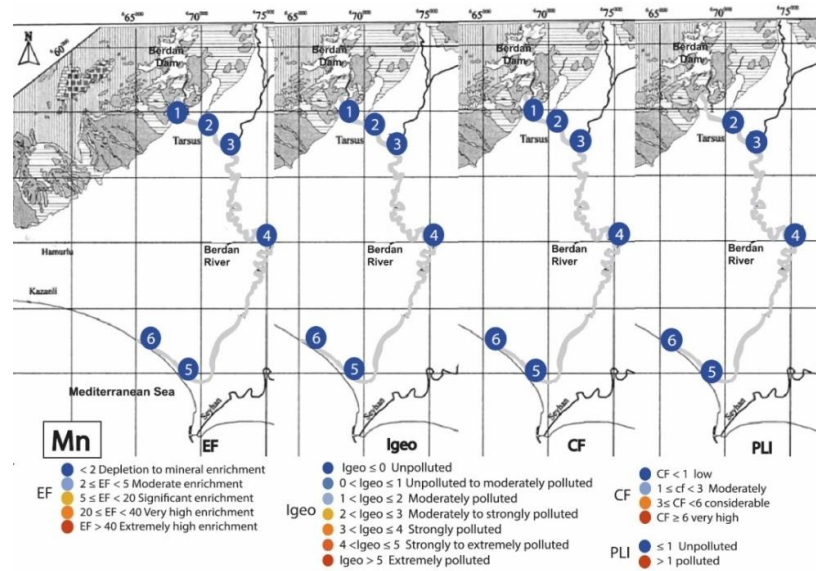


Figure 4. Mn pollution status of surface sediments in the Berdan River Basin.

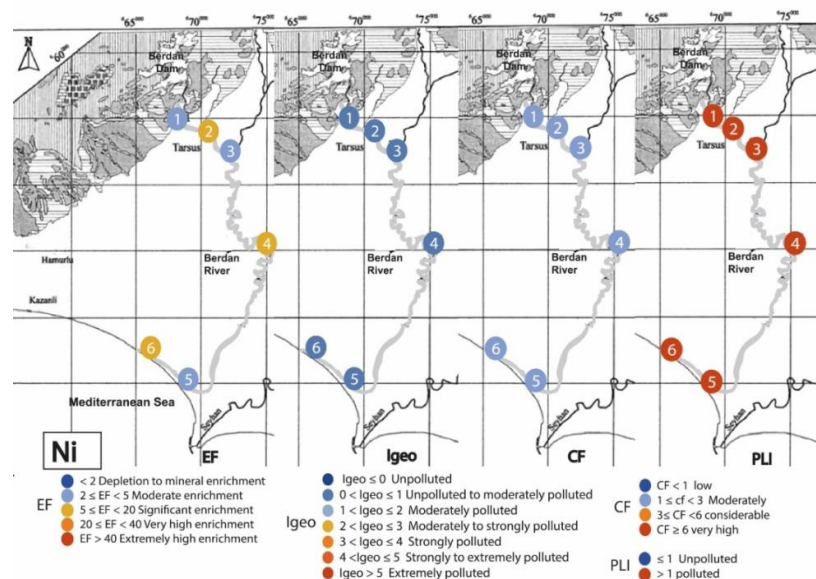


Figure 5. Ni pollution status of surface sediments in the Berdan River Basin.

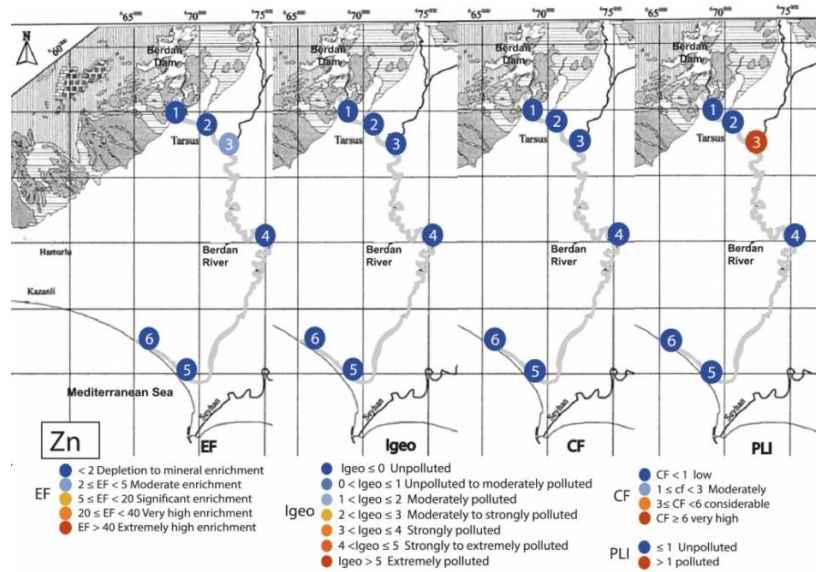


Figure 6. Zn pollution status of surface sediments in the Berdan River Basin.

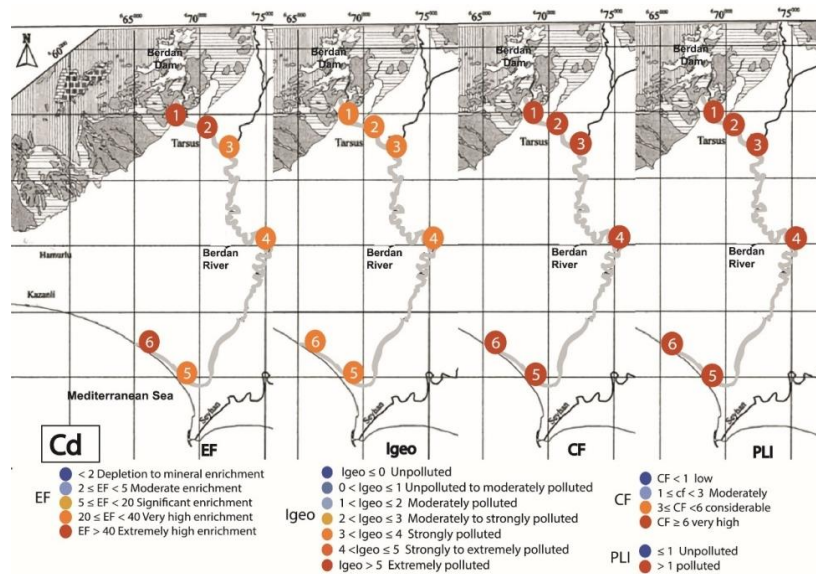


Figure 7. Cd pollution status of surface sediments in the Berdan River Basin.

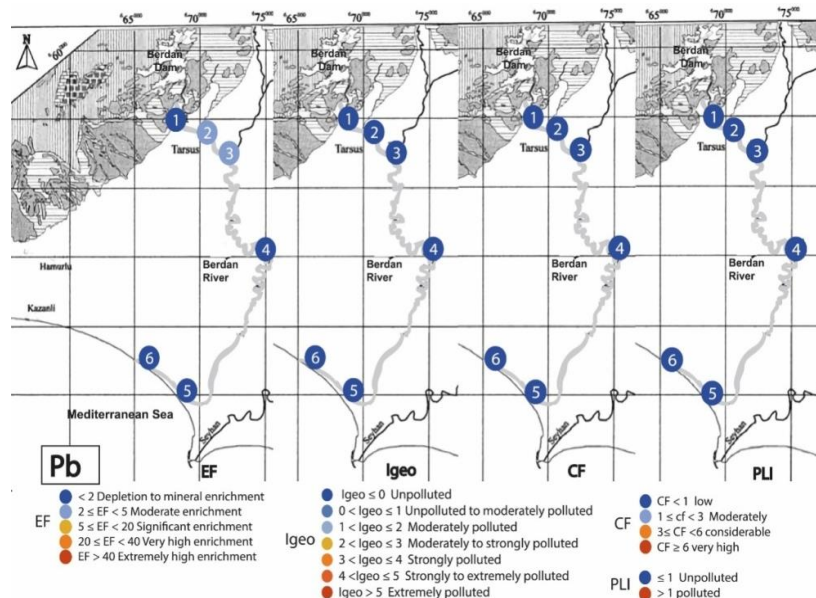


Figure 8. Pb pollution status of surface sediments in the Berdan River Basin.

For the assessment of sediment Ni pollution, Igeo values showed that all stations were Unpolluted to moderately polluted whilst CF classification showed all stations were Moderately contaminated. Furthermore, EF values suggested station 1, 3 and 5 were classified as Moderate enrichment and classification of station 2, 4 and 6 was determined as Significant enrichment. According to the PLI values, it was determined as sediments obtained from the all stations were polluted by Ni suggesting the anthropogenic Ni pollution in the Berdan River (Figure 5). For the assessment of sediment Zn pollution, EF values suggested Moderate enrichment and PLI values suggested Zn pollution at station 3 indicating a local Zn pollution in this region (Figure 6). The calculated EF values suggested Cd pollution status was classified as Extremely high enrichment in stations 1, 2 and 6 whilst stations 3, 4 and 5 were classified as Very high enrichment. According to other pollution indices, it was determined as Strongly polluted by Igeo classification, very high in CF classification, and polluted by PLI classification, respectively, in the Berdan River Basin (Figure 7). According to EF calculations of Pb, stations 2 and 3 were classified as Moderate enrichment. According to other pollution indices, however, all stations were determined as unpolluted/uncontaminated by Pb (Figure 8).

In this study, it was determined that whether the Berdan River surface sediments was affected by human activities, or not. It has been determined that according to all pollution indices there was an apparent pollution of surface sediments by Ni and Cd at all sampling points of the river. CF and PLI indices show uncontaminated by Pb at all stations, while EF showed that there was a regional pollution at stations 2 and 3. It was assumed that the sources of Pb are paint factories, car exhaust fumes, phosphate fertilizers and domestic wastes since Pb enrichment in the Manoa River has been determined as car-related municipal wastewater discharges (Sutherland, 2000). EF is used to quantify anthropogenic effects and showed actual pollution (Sakan et al., 2009). EF and PLI index values showed that only at station, there was an apparent Zn pollution, whilst there was no Zn pollution according to Igeo and CF indices.

Köleli and Kantar, (2005) stated that the high Cd level in the soil is caused by composite fertilizers and phosphate fertilizers with high Cd content. Furthermore, Köleli et al., (2010) showed the increase in the amount of barn manure increased the Cd level in the soil. Krika and Krika, (2017) reported that the Cd pollution in the Nile River was caused by domestic and agricultural wastewater discharges. Çevik et al., (2009) stated that Cd, showing metal pollution according to EF and Igeo indices in Seyhan Dam Lake, is caused by fertilizers and pesticides.

Sutherland, (2000) stated that Cd is caused by phosphate fertilizers, batteries, pesticides, diesel oils and household wastes while Ni pollutants are caused by phosphate fertilizers, batteries, vehicle exhausts, diesel fuels. Sakan et al., (2009) reported that the high Ni level in the Tisza River is due to the natural rock structure. Ma et al., (2017) attributed metal pollution in the Daliao River and delta sediment to the influx of industrial and sewage effluents both from natural sources and anthropogenic inputs. Although the rocks of the Tarsus region are rich in Cr and Ni (Kurt et al., 2014), there is no risk of sediment Cr pollution, while there is a potential Ni pollution recorded in this study. Kumbur and Vural, (1989) and Ergene et al., (2007) also showed the heavy metal pollution at downstream of the Berdan River while Özbay et al., (2013) stated that there is a high level of heavy metal accumulation in the sediments. According to the pollution indices calculated in this study, it is clearly shown that the Berdan River has a risk of metal pollution, specifically Ni and Cd pollution, caused by anthropogenic impacts as industrial activities, agricultural fertilization and spraying, domestic wastewater and atmospheric inputs.

The study results were compared with the previously reported results performed in different rivers in Türkiye showed metal pollution due to natural and human-induced pressures. Akarsu et al. (2022) showed that a moderate risk for Cd, but a very high risk for Ni and Pb in Sarıçay River sediments whilst Borcka Dam Lake sediments were highly contaminated by As, Cu, Pb and Zn (Gedik et al., 2018). Similarly, the EF values calculated for the Çoruh river sediments showed significant enrichment for Cu and Zn and very high enrichment for Cd and Ni (Akkan & Mutlu, 2022). It was reported that the ecological risk assessment indices calculated for the Tigris River sediments showed local pollution for the metals Cu, Co, Zn and Pb which might result in harmful effects on sediment-dwelling organisms (Varol, 2011). The results of this study showed similar metal pollution status determined in the Berdan River Basin. While Ni and Cd pollution were determined at all sampling points of the Berdan River Basin, there was a regional pollution of Pb and Zn caused by anthropogenic pressures.

The results of CDI, HQ, HI, CR and TSCR from ingestion and dermal contact pathways on children and adults were presented in Table 4. Based on the study findings, the carcinogenic risks for Cr, Pb, Cd and Ni were determined in the Berdan River Basin. A HI value less than 1 indicates non-carcinogenic risk, but a HI value greater than 1 indicates potential carcinogenic risk in humans (Magni et al., 2021). In this study, the calculated HI values ranged from 7.41E-05 for adults to 1.65E+00 for children. For the children, with the exception of one station (Station

6), all the calculated HI values were greater than 1 for the metal Pb suggesting “potential carcinogenic risk” for children in the region (Table 4). A TLRCR value less than 1.00E-06 indicates no significant health hazards while a TLRCR/CR value higher 1.00E-04 indicates high carcinogenic risk. A TLRCR value between 1.00E-06 and 1.00E-04 indicates acceptable or tolerable carcinogenic risk (Magni et al., 2021). For the children, TLRCR values calculated from the measured heavy metal contents ranged between 1.19E-6 and 4.61E-3 through the ingestion and dermal pathways whilst for the adults, TLRCR values ranged from 1.27E-7 to 5.08E-4 through the ingestion and dermal pathways. For the adults, the calculated TLRCR values indicated “high carcinogenic risk” from the carcinogenic Ni (TLRCR: 3.45E-04 - 5.08E-04), “tolerable carcinogenic risk” from the metals Cd (TLRCR: 3.49E-06 - 3.77E-06) and Cr (TLRCR: 2.86E-05 - 6.54E-05), and “no significant health hazards” for the metal Pb (TLRCR: 1.27E-07 - 2.11E-07). For the children, however, the calculated TLRCR values indicated “high carcinogenic risk” from the carcinogenic Cr (TLRCR: 2.56E-04 - 5.85E-04) and Ni (TLRCR: 3.13E-03

- 4.61E-03), and “tolerable carcinogenic risk” from the metals Cd (TLRCR: 3.12E-05 - 3.38E-05) and Pb (TLRCR: 1.19E-06 - 1.97E-06). These findings strongly suggested that though Cd and Ni pollution were determined at all sampling points of the Berdan River Basin, significant health hazards were assessed for both children and adult from the carcinogenic Pb, Cr and Ni. The Pearson's correlation showed strong and positive correlations between ecological and health risk indices (Figure 9), strongly suggesting that the metal pollution in the Berdan River sediments resulted in ecological and potential health risk. Similar results were obtained from different regions where heavy metal pollution was experienced (Al-Kahtany & El-Sorogy, 2023; Magni et al., 2021; Pavilonis et al., 2017). However, since the Berdan River is used for drinking water needs, agricultural irrigation and electricity production (Ozbay et al., 2013), it should be considered that further metal accumulation/pollution of the Berdan River Basin may enhance significant health hazards that is critical importance for the humans living in the region.

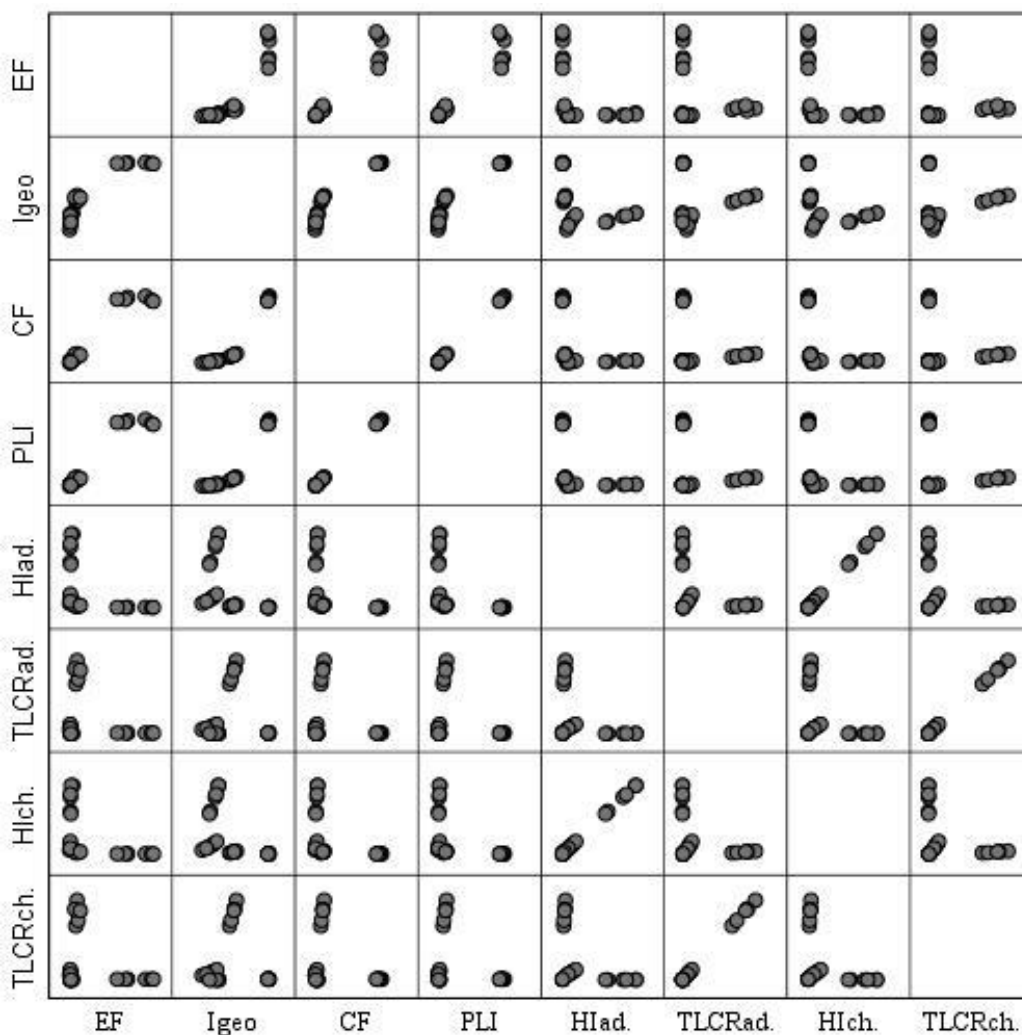


Figure 9. Correlations between the values of calculated indices for the ecological and potential health risk assessment.

Table 4. The results of HI and TCR from ingestion and dermal contact pathways on children and adults calculated for the Berdan River Basin.

	st.	ADULT							CHILD						
		Fe	Cr	Mn	Ni	Zn	Cd	Pb	Fe	Cr	Mn	Ni	Zn	Cd	Pb
CDI _{ing}	1	2.25E-02	6.87E-05	3.55E-04	1.85E-04	6.13E-05	6.50E-06	1.57E-05	2.10E-01	6.41E-04	3.31E-03	1.72E-03	5.72E-04	6.06E-05	1.47E-04
	2	1.95E-02	4.93E-05	4.74E-04	2.03E-04	4.37E-05	6.09E-06	2.48E-05	1.82E-01	4.60E-04	4.42E-03	1.89E-03	4.08E-04	5.68E-05	2.31E-04
	3	2.86E-02	8.88E-05	5.39E-04	2.42E-04	1.11E-04	6.38E-06	2.48E-05	2.67E-01	8.29E-04	5.03E-03	2.26E-03	1.04E-03	5.95E-05	2.31E-04
	4	2.90E-02	9.35E-05	6.92E-04	2.72E-04	6.32E-05	6.18E-06	2.07E-05	2.71E-01	8.72E-04	6.46E-03	2.54E-03	5.90E-04	5.77E-05	1.93E-04
	5	3.37E-02	1.13E-04	6.08E-04	2.41E-04	7.35E-05	6.20E-06	2.17E-05	3.14E-01	1.05E-03	5.68E-03	2.25E-03	6.86E-04	5.78E-05	2.02E-04
	6	1.89E-02	6.21E-05	4.33E-04	2.36E-04	2.18E-05	6.00E-06	1.49E-05	1.76E-01	5.79E-04	4.05E-03	2.20E-03	2.03E-04	5.60E-05	1.39E-04
CDI _{der.}	1	9.00E-05	2.74E-07	1.42E-06	7.37E-07	2.45E-07	2.59E-08	6.28E-08	5.89E-04	1.80E-06	9.28E-06	4.82E-06	1.60E-06	1.70E-07	4.11E-07
	2	7.80E-05	1.97E-07	1.89E-06	8.10E-07	1.74E-07	2.43E-08	9.88E-08	5.11E-04	1.29E-06	1.24E-05	5.30E-06	1.14E-06	1.59E-07	6.47E-07
	3	1.14E-04	3.54E-07	2.15E-06	9.67E-07	4.44E-07	2.54E-08	9.88E-08	7.47E-04	2.32E-06	1.41E-05	6.33E-06	2.91E-06	1.67E-07	6.47E-07
	4	1.16E-04	3.73E-07	2.76E-06	1.08E-06	2.52E-07	2.47E-08	8.25E-08	7.58E-04	2.44E-06	1.81E-05	7.10E-06	1.65E-06	1.62E-07	5.40E-07
	5	1.34E-04	4.50E-07	2.43E-06	9.60E-07	2.93E-07	2.47E-08	8.66E-08	8.80E-04	2.95E-06	1.59E-05	6.29E-06	1.92E-06	1.62E-07	5.67E-07
	6	7.53E-05	2.48E-07	1.73E-06	9.42E-07	8.69E-08	2.39E-08	5.96E-08	4.93E-04	1.62E-06	1.13E-05	6.17E-06	5.69E-07	1.57E-07	3.90E-07
HQ _{ing}	1	3.22E-02	2.29E-02	2.54E-03	9.23E-03	2.04E-04	6.50E-03	1.12E-01	3.01E-01	2.14E-01	2.37E-02	8.61E-02	1.91E-03	6.06E-02	1.05E+00
	2	2.79E-02	1.64E-02	3.38E-03	1.01E-02	1.46E-04	6.09E-03	1.77E-01	2.61E-01	1.53E-01	3.16E-02	9.47E-02	1.36E-03	5.68E-02	1.65E+00
	3	4.09E-02	2.96E-02	3.85E-03	1.21E-02	3.71E-04	6.38E-03	1.77E-01	3.81E-01	2.76E-01	3.59E-02	1.13E-01	3.46E-03	5.95E-02	1.65E+00
	4	4.14E-02	3.12E-02	4.94E-03	1.36E-02	2.11E-04	6.18E-03	1.48E-01	3.86E-01	2.91E-01	4.61E-02	1.27E-01	1.97E-03	5.77E-02	1.38E+00
	5	4.81E-02	3.76E-02	4.35E-03	1.20E-02	2.45E-04	6.20E-03	1.55E-01	4.49E-01	3.51E-01	4.06E-02	1.12E-01	2.29E-03	5.78E-02	1.45E+00
	6	2.69E-02	2.07E-02	3.10E-03	1.18E-02	7.26E-05	6.00E-03	1.07E-01	2.52E-01	1.93E-01	2.89E-02	1.10E-01	6.78E-04	5.60E-02	9.95E-01
Non-carcinogenic HQ _{der.}	1	1.29E-04	9.14E-05	2.53E-04	1.36E-04	4.08E-06	1.04E-03	1.20E-04	8.42E-04	5.99E-04	1.66E-03	8.93E-04	2.67E-05	6.79E-03	7.85E-04
	2	1.11E-04	6.55E-05	3.38E-04	1.50E-04	2.90E-06	9.71E-04	1.89E-04	7.30E-04	4.29E-04	2.21E-03	9.82E-04	1.90E-05	6.36E-03	1.23E-03
	3	1.63E-04	1.18E-04	3.84E-04	1.79E-04	7.40E-06	1.02E-03	1.89E-04	1.07E-03	7.73E-04	2.52E-03	1.17E-03	4.85E-05	6.67E-03	1.24E-03
	4	1.65E-04	1.24E-04	4.93E-04	2.01E-04	4.20E-06	9.87E-04	1.57E-04	1.08E-03	8.14E-04	3.23E-03	1.31E-03	2.75E-05	6.46E-03	1.03E-03
	5	1.92E-04	1.50E-04	4.34E-04	1.78E-04	4.89E-06	9.89E-04	1.65E-04	1.26E-03	9.83E-04	2.84E-03	1.16E-03	3.20E-05	6.48E-03	1.08E-03
	6	1.08E-04	8.26E-05	3.09E-04	1.74E-04	1.45E-06	9.58E-04	1.14E-04	7.04E-04	5.41E-04	2.02E-03	1.14E-03	9.49E-06	6.27E-03	7.45E-04
HI	1	3.23E-02	2.30E-02	2.79E-03	9.37E-03	2.09E-04	7.54E-03	1.13E-01	3.01E-01	2.14E-01	2.53E-02	8.70E-02	1.93E-03	6.74E-02	1.05E+00
	2	2.80E-02	1.65E-02	3.72E-03	1.03E-02	1.48E-04	7.06E-03	1.77E-01	2.61E-01	1.54E-01	3.38E-02	9.57E-02	1.38E-03	6.32E-02	1.65E+00
	3	4.10E-02	2.97E-02	4.23E-03	1.23E-02	3.78E-04	7.40E-03	1.77E-01	3.82E-01	2.77E-01	3.85E-02	1.14E-01	3.51E-03	6.62E-02	1.65E+00
	4	4.16E-02	3.13E-02	5.44E-03	1.38E-02	2.15E-04	7.17E-03	1.48E-01	3.88E-01	2.92E-01	4.94E-02	1.28E-01	1.99E-03	6.42E-02	1.38E+00
	5	4.83E-02	3.78E-02	4.78E-03	1.22E-02	2.50E-04	7.18E-03	1.55E-01	4.50E-01	3.52E-01	4.34E-02	1.13E-01	2.32E-03	6.43E-02	1.45E+00
	6	2.71E-02	2.08E-02	3.41E-03	1.20E-02	7.41E-05	6.96E-03	1.07E-01	2.52E-01	1.94E-01	3.09E-02	1.11E-01	6.87E-04	6.23E-02	9.96E-01
CR _{der.}	1	-	3.44E-05	-	3.14E-04	-	3.26E-06	1.34E-07	-	3.21E-04	-	2.93E-03	-	3.04E-05	1.25E-06
	2	-	2.46E-05	-	3.45E-04	-	3.05E-06	2.10E-07	-	2.30E-04	-	3.22E-03	-	2.85E-05	1.96E-06
	3	-	4.44E-05	-	4.12E-04	-	3.20E-06	2.11E-07	-	4.14E-04	-	3.84E-03	-	2.98E-05	1.97E-06
	4	-	4.67E-05	-	4.62E-04	-	3.10E-06	1.76E-07	-	4.36E-04	-	4.31E-03	-	2.89E-05	1.64E-06
	5	-	5.64E-05	-	4.09E-04	-	3.10E-06	1.84E-07	-	5.26E-04	-	3.82E-03	-	2.90E-05	1.72E-06
	6	-	3.10E-05	-	4.01E-04	-	3.01E-06	1.27E-07	-	2.90E-04	-	3.74E-03	-	2.81E-05	1.18E-06
Carcinogenic CR _{der.}	1	-	5.48E-06	-	3.13E-05	-	5.19E-07	5.34E-10	-	3.59E-05	-	2.05E-04	-	3.40E-06	3.50E-09
	2	-	3.93E-06	-	3.44E-05	-	4.86E-07	8.40E-10	-	2.57E-05	-	2.25E-04	-	3.18E-06	5.50E-09
	3	-	7.08E-06	-	4.11E-05	-	5.09E-07	8.40E-10	-	4.64E-05	-	2.69E-04	-	3.33E-06	5.50E-09
	4	-	7.46E-06	-	4.61E-05	-	4.93E-07	7.01E-10	-	4.89E-05	-	3.02E-04	-	3.23E-06	4.59E-09
	5	-	9.00E-06	-	4.08E-05	-	4.94E-07	7.36E-10	-	5.90E-05	-	2.67E-04	-	3.24E-06	4.82E-09
	6	-	4.95E-06	-	4.00E-05	-	4.79E-07	5.06E-10	-	3.24E-05	-	2.62E-04	-	3.14E-06	3.32E-09
TLCR	1	-	3.98E-05	-	3.45E-04	-	3.77E-06	1.34E-07	-	3.57E-04	-	3.13E-03	-	3.38E-05	1.25E-06
	2	-	2.86E-05	-	3.79E-04	-	3.53E-06	2.11E-07	-	2.56E-04	-	3.45E-03	-	3.16E-05	1.97E-06
	3	-	5.15E-05	-	4.53E-04	-	3.70E-06	2.11E-07	-	4.61E-04	-	4.11E-03	-	3.32E-05	1.97E-06
	4	-	5.42E-05	-	5.08E-04	-	3.59E-06	1.76E-07	-	4.85E-04	-	4.61E-03	-	3.21E-05	1.65E-06
	5	-	6.54E-05	-	4.50E-04	-	3.60E-06	1.85E-07	-	5.85E-04	-	4.09E-03	-	3.22E-05	1.73E-06
	6	-	3.60E-05	-	4.41E-04	-	3.49E-06	1.27E-07	-	3.22E-04	-	4.01E-03	-	3.12E-05	1.19E-06

CONCLUSION

The metal pollutants released into streams and rivers accumulate in the sediment. The characteristics of sediments with the organic matter, clay and mineral contents affect the accumulation and long term burial of heavy metals in the sediment. By using the heavy metal values measured in the Berdan River sediments, various metal pollution indices were calculated. Study findings indicated that the river sediments were polluted by Cd and Ni. It is shown that the sources of pollution of the Berdan River are the industrial and domestic discharges in the region originated from the uncontrolled and intensively used fertilizers and agricultural pesticides. This study also showed significant health hazards for both children and

adults from the carcinogenic Pb, Cr and Ni. Furthermore, since the Berdan River is used for drinking water needs, agricultural irrigation and electricity production, it is necessary to monitor organic and inorganic matter pollution of the Berdan River.

REFERENCES

- Akarsu, T., Kükrer, S. & Erginal, A.E. (2022). Trace metal-induced ecological risk analysis of Sarıçay River sediments, Çanakkale, NW Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 9(2), 45-53. DOI: 10.30897/ijgeo.989882
- Akkan, T. & Mutlu, T. (2022). Assessment of heavy metal pollution of Çoruh river (Turkey). *Karadeniz Fen*

- Bilimleri Dergisi*, 12(1), 355-367. DOI: 10.31466/kfbd.1073227
- Al-Kahtany, K. & El-Sorogy, A.S. (2023).** Contamination and health risk assessment of surface sediments along Ras Abu Ali Island, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University-Science*. 35(2), 102509. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.102509
- Andem, A.B., Okorafor, K.A., Oku, E.E., & Ugwumba, A.A. (2015).** Evaluation and characterization of trace metals contamination in the surface sediment using pollution load Index (PLI) and geoaccumulation index (Igeo) of Ona River, Western Nigeria. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 4(1), 29-34.
- Bagheri, H., Alinejad, S. & DarvishBastami, K. (2011).** Heavy metals (Co, Cr, Cd, Ni, Pb and Zn) in sediment of Gorganrud river, Iran. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 5(2), 147-151.
- Boran, M. & Altınok, I. (2010).** A review of heavy metals in water, sediment and living organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 565-572. DOI: 10.4194/trjfas.2010.0418
- Caridi, F., Marguccio, S., D'Agostino, M., Belvedere, A. & Belmusto, G. (2016).** Natural radioactivity and metal contamination of river sediments in the Calabria region, south of Italy. *The European Physical Journal Plus*, 131(5), 1-10. DOI: 10.1140/epjp/i2016-16155-x
- Copaja, S.V., Nuñez, V.R., Muñoz, G.S., González, G.L., Vila, I. & Véliz, D. (2016).** Heavy metal concentrations in water and sediments from affluents and effluents of mediterranean chilean reservoirs. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 61(1), 797-2804. DOI: 10.4067/S0717-97072016000100011
- Çevik, F., Göksu, M.Z.L., Deric, O.B. & Fındık, Ö. (2009).** An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152(1), 309-317. DOI: 10.1007/s10661-008-0317-3
- Ergene, S., Çavaş, T., Çelik, A., Köleli, N. & Aymak, C. (2007).** Evaluation of river water genotoxicity using the piscine micronucleus test. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 48(6), 421-429. DOI: 10.1002/em.20291
- Ergene, S., Çavaş, T., Çelik, A., Köleli, N. & Aymak, C. (2007).** Evaluation of river water genotoxicity using the piscine micronucleus test. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 48(6), 421-429. DOI: 10.1002/em.20291
- Gedik, K. & Boran, M. (2013).** Assessment of metal accumulation and ecological risk around Rize Harbor, Turkey (southeast Black Sea) affected by copper ore loading operations by using different sediment indexes. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 90, 176-181. DOI: 10.1007/s00128-012-0894-2
- Gedik, K., Terzi, E. & Yesilcicek, T. (2018).** Biomonitoring of metal (oid) s in mining-affected Borcka Dam Lake coupled with public health outcomes. *Human & Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(8), 2247-2264. DOI: 10.1080/10807039.2018.1443390
- Karadede-Akin, H. & Ünlü, E. (2007).** Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131, 323-337. DOI: 10.1007/s10661-006-9478-0
- Köleli, N. & Kantar, Ç. (2005).** Fosfat kayası, fosforik asit ve fosforlu gübrelerdeki toksik ağır metal (Cd, Pb, Ni, As) konsantrasyonu. *Ekoloji*, 14 (55),1-5.
- Köleli, N., Demir, A., Eke, M. & Kayışoğlu, N. (2010).** Topraktaki kadmiyum taşınımına ahır gübresinin etkisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(2), 99-104.
- Krauskopf, K.B. (1979).** *Introduction to Geochemistry. International Series in the Earth and Planetary Sciences.* McGraw-Hill, Tokyo, 617p.
- Krika, A & Krika, F. (2017).** Evaluation of the status of heavy metal pollution in surface water and sediments of the Nil River (North Eastern Algeria). *Pollution*, 3(2), 301-310. DOI: 10.7508/PJ.2017.02. 011
- Kumbur, H. & Vural, N. (1989).** Berdan Çayının Metal ve Deterjan Kirliliğinin Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 4 (1-2), 25-41.
- Kurt, M.A., Alpaslan, M., Temel, A. & Güler, C. (2014).** Deliçay ile Tarsus (Berdan) Çayı Arasındaki Bölgede Yer Alan Kuvaterner Sedimanlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(1), 1-18.
- Ma, Y., Qin, Y., Zheng, B., Zhang, L. & Zhao, Y. (2015).** Seasonal variation of enrichment, accumulation and sources of heavy metals in suspended particulate matter and surface sediments in the Daliao river and Daliao river estuary, Northeast China. *Environmental Earth Sciences*, 73(9), 5107-5117. DOI: 10.1007/s12665-015-4325-7
- Magni, L.F., Castro, L.N. & Rendina, A.E. (2021).** Evaluation of heavy metal contamination levels in river sediments and their risk to human health in urban areas: A case study in the Matanza-Riachuelo Basin, Argentina. *Environmental Research*, 197, 110979. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110979
- Mandour, A., El-Sayed, M.K., El-Gamal, A.A., Khadr, A.M. & Elshazly, A. (2021).** Temporal distribution of trace metals pollution load index in the Nile Delta coastal surface sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 167, 112290. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112290
- Martínez-Guijarro, R., Paches, M., Romero, I. & Aguado, D. (2019).** Enrichment and contamination level of trace metals in the Mediterranean marine sediments of Spain. *Science of the Total Environment*, 693, 133566. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.372
- Ogbeibu, A.E., Omoigberale, M.O., Ezenwa, I.M., Eziza, J.O. & Igwe, J.O. (2014).** Using pollution load index and geoaccumulation index for the assessment of heavy metal pollution and sediment quality of the Benin River, Nigeria. *Natural Environment*, 2(1), 1-9. DOI: 10.12966/ne.05.01.2014
- Olivares-Rieumont, S., De la Rosa, D., Lima, L., Graham, D.W., Katia, D., Borroto, J., Martínez, F. & Sánchez, J. (2005).** Assessment of heavy metal levels in Almendares River sediments-Havana City, Cuba. *Water Research*, 39(16),3945-3953. DOI: 10.1016/j.watres.2005.07.011

- Ozbay, O., Goksu, M. Z. L., Alp, M. T. & Sungur, M. A. (2013). Investigation of heavy metal levels in sediment of the Berdan River (Tarsus-Mersin). *Ekoloji*, 22(86), 68-74.
- Pavilonis, B., Grassman, J., Johnson, G., Diaz, Y. & Caravanos, J. (2017). Characterization and risk of exposure to elements from artisanal gold mining operations in the Bolivian Andes. *Environmental Research*, 154, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.12.010>
- Rani, S., Ahmed, M.K., Xiongzi, X., Keliang, C., Islam, M.S. & Habibullah-Al-Mamun, M. (2021). Occurrence, spatial distribution and ecological risk assessment of trace elements in surface sediments of rivers and coastal areas of the East Coast of Bangladesh, North-East Bay of Bengal. *Science of the Total Environment*, 801, 149782. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2021.149782](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149782)
- Saddik, M., Fadili, A. & Makan, A. (2019). Assessment of heavy metal contamination in surface sediments along the Mediterranean coast of Morocco. *Environmental Monitoring & Assessment*, 191(3), 1-19. DOI: [10.1007/s10661-019-7332-4](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7332-4)
- Sakan, S.M., Đorđević, D.S., Manojlović, D.D. & Predrag, P.S. (2009). Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza river sediments. *Journal of Environmental Management*, 90(11), 3382-3390. DOI: [10.1016/j.jenvman.2009.05.013](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.013)
- Sutherland, R.A. (2000). Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39(6), 611-627. DOI: [10.1007/s002540050473](https://doi.org/10.1007/s002540050473)
- Şimşek, A., Özkoç, H.B. & Bakan, G. (2022). Environmental, ecological and human health risk assessment of heavy metals in sediments at Samsun-Tekkeköy, North of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 2009-2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15746-w>
- Tepe, Y., Şimşek, A., Ustaoglu, F. & Taş, B. (2022). Spatial-temporal distribution and pollution indices of heavy metals in the Turnasuyu Stream sediment, Turkey. *Environmental Monitoring & Assessment*, 194(11), 818. DOI: [10.1007/s10661-022-10490-1](https://doi.org/10.1007/s10661-022-10490-1)
- Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R. & Jeffrey, D.W. (1980). Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 33(1), 566-575. DOI: [10.1007/BF02414780](https://doi.org/10.1007/BF02414780)
- USEPA. (1994). *Method 3051: Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
- USEPA. (2002). *Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, Washington DC.
- Ustaoglu, F & Islam, M.S. (2020). Potential toxic elements in sediment of some rivers at Giresun, Northeast Turkey: A preliminary assessment for ecotoxicological status and health risk. *Ecological Indicators*, 113, 106237. DOI: [10.1016/j.ecolind.2020.106237](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106237)
- Ustaoglu, F & Tepe, Y. (2019). Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *International Soil & Water Conservation Research*, 7(1), 47-56. DOI: [10.1016/j.iswcr.2018.09.001](https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.09.001)
- Varol, M. (2011). Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of hazardous materials*, 195, 355-364. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2011.08.051](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.08.051)
- Vertacnik, A., Prohić, E., Kozar, S. & Juračić, M. (1995). Behaviour of some trace elements in alluvial sediments, Zagreb water-well field area, Croatia. *Water Research*, 29(1), 237-246. DOI: [10.1016/0043-1354\(94\)E0114-L](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)E0114-L)
- Yabanlı, M., Yozukmaz, A., Şener, İ., Hasanhocaoğlu Yapıcı, H. & Çetin Kasa, E. (2022). Heavy Metal Contamination status and risk assessment in surface sediments of Köyceğiz Lagoon Estuary System (KLES) (South-West Anatolia). *Acta Aquatica Turcica*, 18(1), 109-120. DOI: [10.22392/actaquatr.993135](https://doi.org/10.22392/actaquatr.993135)



Mısır Silajına Alternatif Olarak Sorgum ve Ryegrass Silajlarının Değerlendirilmesi^[*]

Alparslan Mutluhan TÜREDİ* İbrahim Sadi ÇETİNGÜL

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, 03030, Afyonkarahisar, Türkiye

Geliş Tarihi: 22.02.2023

Kabul Tarihi: 12.09.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: TÜREDİ, A.M. & ÇETİNGÜL, İ.S. (2023). Mısır Silajına Alternatif Olarak Sorgum ve Ryegrass Silajlarının Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 467-473. <https://doi.org/10.35229/jaes.1255098>

How to cite: TÜREDİ, A.M. & ÇETİNGÜL, İ.S. (2023). Evaluation of Sorghum and Ryegrass Silage as Alternatives to Corn Silage. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 467-473. <https://doi.org/10.35229/jaes.1255098>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7614-3003>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7608-6176>

*Sorumlu yazarın:
Alparslan Mutluhan TÜREDİ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner
Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme
Hastalıkları Anabilim Dalı, 03030,
Afyonkarahisar, Türkiye
✉: alparslanturedi@hotmail.com

Öz: Silajlar, yeşil bitkilerin anaerobik ortamda depolanmasıyla elde edilen yem türleridir. Kış aylarında önemli bir kaba yem kaynağı sağlar ve üreticiler için birçok nedenle ilgi çekicidir. En yaygın olarak yetiştirilen silaj ürünü mısır olup, mısır ruminantların yemlerinde önemli bir besin kaynağıdır. Mısırın sıcak mevsim bitkisi olması kurak ve yarı-kurak bölgelerde yağışın eksikliği nedeniyle verimini olumsuz etkiler. Aynı zamanda, tatmin edici mısır üretimi için yoğun gübre kullanımı gereklidir. Sorgumun kurak, yarı-kurak ve yüksek tuzluluk alanlarda mısıra göre daha az verimli toprakları tolere edebilir ve su kullanım verimliliği açısından daha iyi olduğu bildirilmiştir. Sorgum üretimi düşük su ihtiyacı ve tarımsal gereksinimlere sahiptir Ryegrass, ılıman bölgelerde önemli bir yem bitkisidir Ryegrass silajı, verimlilik, sindirilebilirlik, suda çözünebilir karbonhidrat içeriği, kalite ve dayanıklılık açısından öne çıkmıştır. Ayrıca, ryegrass yetiştiriciliği birden fazla biçim imkânı sağladığından avantajlıdır. Hayvancılıktan yeterli kazanç hedeflenebilmesi kaba ve konsantre yem maliyetlerinin düşürülmesine bağlıdır. Silaj yapma teknikleri doğru şekilde uygulandığında, üretici ryegrass, sorgum ve mısır silajlarından yem elde edebilir. Bu şekilde karlı, yüksek verimli ve sürdürülebilir hayvancılık faaliyetleri yürütülebilir.

Anahtar kelimeler: Mısır, ryegrass, şeker sorgumu, silaj.

Evaluation of Sorghum and Ryegrass Silage as Alternatives to Corn Silage

Abstract: Silage is the fermented feed obtained by storing green plants in an anaerobic environment. It provides an important source of roughage during the winter months and is of interest to producers for many reasons. The most commonly cultivated silage product is maize. Maize is an important source of feed for ruminants in their rations. Maize being a warm-season crop is adversely affected by the lack of rainfall in arid and semi-arid regions, which negatively impacts its yield. At the same time, intensive use of fertilizers is needed for satisfactory maize production. Sorghum: It has been reported that it can tolerate soils with less fertile water use efficiency compared to maize in arid, semi-arid, and high-salinity areas. Sorghum production has low water needs and agriculture requirements. Ryegrass, important forage plant in temperate regions. Ryegrass silage is distinguished by efficiency, digestibility, water-soluble carbohydrate content, quality, and durability. In addition, ryegrass cultivation stands out as an advantageous aspect as it allows more than one cutting. Profitable livestock farming depends on the cost of roughage and the consumption of concentrated feed. When silage-making techniques are applied correctly, farmers can obtain feed from ryegrass, sorghum, and maize silage. In this way, profitable, high-yielding, and sustainable livestock farming activities can be carried out.

Keywords: Maize, Ryegrass, Sweet Sorghum, Silage.

GİRİŞ

Son dönemlerde hayvan ırklarının ıslah edilmesiyle hayvanların verimleri artmıştır. Bununla birlikte kaliteli kaba yemin önemi ve ihtiyacı artış göstermiştir. Kaliteli kaba yem ihtiyacının karşılanmasında

uygun ve ucuz yöntemlerden biri çayır ve meralarda otlatma yöntemi olsa da kış aylarında silaj ile besleme önemli bir kaliteli kaba yem kaynağını oluşturmaktadır (Ergün vd., 2016). Söz konusu silaj olduğunda ise yıllardır kullanılan, verim ve kalite olarak da ilk sıralarda yer alan,

^[*] Bu derleme, Alparslan Mutluhan TÜREDİ'nin doktora seminerinden özetlenmiştir. This manuscript was produced from Alparslan Mutluhan TÜREDİ's doctoral thesis.

bitki mısırdır. Ancak son yıllarda küresel iklim değişikliği ile kuraklığın önemli boyutlara ulaşması ve bunun neticesinde de su kıtlığının önemli bir problem olacağı, su ihtiyacı daha az olan bitkilerin gündeme geleceği düşünülmektedir. Bu da mısıra göre daha az su kullanan ve verimli bitkilerin önemini göstermektedir (Partigöç & Soğancı, 2019). Küresel iklim değişikliği ve mısır için artan insan-hayvan besin rekabeti karşısında, kuraklığa dayanıklı sorgum silajı; kuraklık ve insan besin rekabetinden kaynaklanan silaj kıtlığına son vereceği düşünülmektedir (Chiambiro vd., 2022). Günümüz Afrika kıtasında güvenilir gıda ve su kıtlığı önemli sorunlardandır. Afrika tarımının %95'inden fazlası doğal yağışlara dayanır. Bu nedenle suyun verimli kullanılması gerekir. Bu tür ortamlarda üretim için sorgum ideal tarım ürünüdür. Kuraklığa dayanıklı tarımsal ürünlerin üretime dahil edilmesi ve teşvik edilmesinin önerildiği bildirilmektedir (Hadebe vd., 2017). Bu derlemede son yıllarda mısır silajına alternatif olarak oldukça ilgi görmekte olan ryegrass ve şeker sorgumu silajlarının güncel literatür taraması yapılmıştır.

Silaj Tanımı: Silaj kuru madde oranı %30-40 olan yeşil bitkilerin anaerobik koşullarda depolanmasıyla elde edilen yem turşularıdır (Pond vd., 2004). Silaj yapımının temel prensipleri olarak; %30-40 arası kuru madde, anaerobik ortam, en az %2 kolay eriyebilir karbonhidrat, kullanılacak hammaddelerin yeterince küçültülmesi (3-5 cm), homojen karışım, yeterince sıkıştırma, uygun Ph 3.8-4.2, minimum 30 gün sonra kullanıma sunulması şeklinde sıralanabilir (Okumuş, 2021). Temel olarak silaj, tahılların, otların ve yan ürünlerin fermente edilmiş olarak depolanması anlamına gelir. Bu önemli süreç, çok sayıda bilimsel ve teknolojik bilgi gerektirir. Silaj fermentasyonunda, katkı maddeleri hem fermentasyon hem de aerobik stabiliteyi sağlamak için önerilmektedir. Silaj fermentasyonu için doğru oksijen ile su içeriği kadar silajın iyi sıkıştırılması ve kapatılması da gereklidir (Wilkinson & Rinne 2018). Tane mısır, silajlık mısır, yonca, saman, fiğ, bezelye, tane sorgum, silajlık sorgum, arpa, buğday, darı, yulaf, pancar, pirinç, çavdar ve çayır otları gibi bitkiler başlıca silaj kaynaklarıdır (Getachew vd., 2016). Baklagil ve buğdaygil gibi yemlerin %90'ından fazlası yerel olarak üretilmekte ve silaj olarak depolanabilmektedir (Elferink vd., 2000). Suda çözünabilir karbonhidrat içeriği yüksek olan silaj, fermentasyon sırasında daha az kuru madde kaybına neden olur ve böylece daha üstün bir silaj elde edilir. Kaliteli silaj üretiminde: sıcaklık, hava içeriği, kıyılmış yem uzunluğu, fermentasyon süresi, nem içeriği ve pH gibi süreçle ilgili parametreler silajın kalitesini etkiler (Mohd-Setapar vd., 2012).

Silaj Aşamaları, Avantajları ve Dezavantajları: Silajın olgunlaşması; aerobik faz, anaerobik faz, stabil

aşama fazı ve besleme fazı aşamasından oluşmaktadır (Basmacıoğlu & Ergül, 2002). İyi kalitede silaj elde etmek için aerobik faz kısa olmalıdır. Bu silajın iyi sıkıştırılması ile sağlanabilir. Anaerobik faz aşamasında karbonhidrat; çoğunlukla laktik asite ve kısmen de asetik asite parçalanır. Proteinler parçalanarak amino asit, amin, amonyak ve amidler oluşur. Anaerobik faz; asit oluşturan bakterilerin ölümü ile sonlanır ve silaj olgunlaşmış olur. Silajın pH'sı 4.2 ve daha aşağısına düştüğünde stabil faz başlar. Yeterli laktik asit üretilmiş olur ve silaj daha uzun ömürlü olur (Ergün vd., 2016). Silajda son aşama, besleme fazı veya aerobik bozulma aşaması olarak adlandırılır. Silaj havaya maruz kalınca bu aşama başlar. Silajlardaki bozulmanın başlangıcı birincil olarak koruyucu organik asitler, mayalar ve bazen de asetik asit bakterileri tarafından kaynaklanmaktadır. Bu durum pH'da bir artışa neden olur, böylece artan sıcaklık ve çürüme mikroorganizmalarının aktivitesiyle ilişkili olan ikinci bozulma aşaması başlar. Aerobik bozulma, açılan ve havaya maruz kalan hemen hemen tüm silajlarda meydana gelir. Silajlarda bozulma oranı büyük ölçüde silajdaki organizmaların sayısına ve aktivitesine bağlıdır (Borreani vd., 2018). Normalde, 60 günlük fermentasyon süresi silajı güvenli hale getirmektedir. Ancak daha uzun veya daha kısa fermentasyonun etkisi de zamandan, maliyetten tasarruf etmek ve silajdaki besin içeriğini optimize etmek için dikkate alınmalıdır (Mohd-Setapar vd., 2012). Silaj kalitesindeki önemli kayıplar; bilgi noksanlığı, dikkatsizlik, yeteri kadar özen göstermeme sonucunda oluşmaktadır. Bu nedenle silajın aerobik stabilitesinde aksaklıklar meydana geldiği gözlenmiştir (Kızılsimşek vd., 2016). Silaj mikroflorasında bulunması istenen bakteriler; *Lactobacillus* spp., *Pediococcus* spp., *Leuconostoc* spp. ve *Enterococcus* spp.'dir (McDonald vd., 1991). Silaj katkı maddelerinden özellikle, *Lactobacillus buchneri* kullanımı hızlıca pH seviyesini düşürür. Oksijen varlığında mayaların büyümesini baskılar ve depolanmanın ileri safhalarında asetik asit üretimini azaltır (Borreani vd., 2018). Avantajlar ve dezavantajlar düşünüldüğünde silaj üretimi hayvancılıkta önemli bir yere sahiptir. Büyük çiftliklerde daha fazla hasat ve yemleme kapasitesi gereklidir. Bu kapasite en kolay silaj üretimiyle karşılanır. Yine çoğu üretici hayvan besleme faaliyetinde toplam karışım rasyon kullanmaktadır ve silaj yemlerin karıştırılmasında temel maddeyi oluşturmaktadır (Rotz vd., 2015).

Mısır Silajı: Mısırın (*Zea mays* L.) yaklaşık 7000 yıl önce orta Meksika'da yabani bir ot olduğuna ve Amerikan yerlileri tarafından daha iyi bir besin kaynağına dönüştürüldüğüne inanılır. Mısır tanesinde yaklaşık %72 nişasta, %10 protein ve %4 yağ içerir (Ranum vd., 2014). Dünya çapında yetiştirilen mısırın; Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin ve Brezilya en büyük üreticileri

konumundadır (FAO, 2021). Silajlık mısır ruminant rasyonlarının önemli bir yem kaynağıdır. Ancak mısır sıcak mevsim bitkisi olup, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulanmadığı takdirde verimi olumsuz etkilenir (Khosravi vd., 2018). Mısır; uygun iklim şartlarında birinci, ikinci ve bazen de üçüncü ürün şeklinde tane, silaj, hasıl ot olarak üretimi yapılan üründür (Şahin & Zaman, 2010). Silajlık mısırdan en iyi nişasta ve ham protein kaynağını mısır koçanlarındaki taneler oluşturur. Koçan ve taneleri iyi gelişmiş mısırlardan yapılan silajın ham protein bakımından yüksek olduğu bildirilmiştir (Taş & Uçak, 2020). Mısır silajı yüksek kuru madde içeriği, enerji konsantrasyonu, yüksek potansiyel yem alımı ve hasatta optimum kuru madde içeriğinden dolayı süt ineklerinde rasyonda verilen ana yemlerden biridir. Fakat tatmin edici mısır silajı üretimi için büyük miktarda azotlu gübre ve suya ihtiyaç duyulur. Bu yüzden mahsul üretimi maliyeti ve tarımsal sürdürülebilirlik azalır (Colombini vd., 2012). Tam tahıllı mısır silajı, hasatta optimum kuru madde içeriği ve potansiyel verim nedeniyle Kuzeybatı Çin'deki çiftliklerde kuzulara verilen rasyonların ana bileşenidir. Bölgede tarımsal sürdürülebilirliğin devamını etkileyen bir dizi sorunlar vardır. Yeraltı suyu kıtlığı, mikotoksinler ve parazit saldırıları bu sorunlardan bazılarıdır. Bu sorunlarla başa çıkmak için, yüksek azotlu gübre kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı son birkaç yıldır, birçok araştırmacının mısır silajını diğer kaba yemlerle değiştirmeye çalıştığı bildirilmektedir (Yan vd., 2011, Samarappuli & Berti, 2018).

Sorgum Silajı: Sorgum, dünyanın en çok üretilen bitkileri arasında beşinci sırada yer alır. Yüksek kuraklık toleransı, su kullanım verimliliği ve verimi nedeniyle silajlık mısıra alternatif olarak uzun süredir çalışılmaktadır (Getachew vd., 2016). Sorgumun en büyük üretici ülkeleri; başta ABD olmak üzere, Nijerya ve Hindistan'dır (FAO, 2021). Sorgumun dünyanın birçok bölgesinde silaj yapmak için güvenilir yem bitkisi olduğu kabul edilmekte ve sınırlı sulama imkânlarında mısıra göre daha yüksek üretkenliğe sahip olduğu bildirilmektedir (Hadebe vd., 2017). Ayrıca mısırdan sonra ekilebilir ve bazı alt çeşitlerinde yeniden büyüme özelliği ikinci kez hasat yapma imkânı verebilir. Sorgum silajının üretim maliyeti mısır silajına kıyasla; daha az tohum, daha az gübreleme (mısırdan %30 daha az) ve daha az sulama gerektirdiği için daha düşük olduğu bildirilmiştir (Pino & Heinrichs, 2017). Sorgum bitkisinin; kurak, yarı kurak ve yüksek tuzlu alanlarda su kullanım verimliliği mısıra karşılaştırıldığında daha az verimli olan toprakları tolere edebileceği, kuraklık ve tuzlu koşullarda daha fazla biyokütle üretebilir olduğu da bildirilmiştir (Zhang vd., 2016). Afrika'da mısır, sorgum, darı ve pirinç en yaygın yetiştirilen tahıl ürünleridir. Bunların yanında; buğday, karabuğday, yulaf, arpa üretilmektedir. Bu ürünlerden mısırın su ihtiyacının fazla olması su stresi ve

kuraklık dönemlerinde yüksek verim kaybına neden olur. Sorgum, Afrika'da kuraklığa olan dayanıklılığı nedeniyle mükemmel bir tarım ürünü olarak tanımlanmaktadır (Hadebe vd., 2017). Yapılan şeker sorgumu silajı çalışmasında, silaj yapıldıktan 60 gün sonra homolaktik fermantasyon göstermiştir. Bütirik asit bulunmayan, düşük pH seviyesi elde edilmiştir. Propiyonik asit, etanol, amonyak nitrojen konsantrasyonları kabul edilebilir düzeyde ve yüksek laktik asit konsantrasyonu elde edilmiştir. Şeker Sorgum silajının erken safhasında pH değeri için negatif etkili *Lactococcus*, *Weissella* ve *Pediococcus* bakteri türleri baskın olurken, tam olgunlaşmış 60 günlük şeker sorgumu silajında *Lactobacillus* türü baskın hale geldiği bildirilmiştir (Zhao vd., 2022). Farklı sorgum tipleri vardır. Bunlar; suda çözünür karbonhidrat ve enerji içeriği yüksek; Tatlı Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), yüksek lif içerikli; Yem Sorgumu, düşük lignin içerikli; Hibrit Kahverengi Sorgum (BMR) ve yüksek tahıl içeriğine sahip; Tane Sorgumdur (Miron vd., 2005, Behling Neto vd., 2017). Brezilya'da ekimleri yapılan sorgum çeşitlerinden tahıl sorgumu; yüksek tahıl içeriğinden dolayı, yem sorgumu yüksek kuru madde verimi ve suda çözünür karbonhidrat içeriğiyle yüksek enerjisinden dolayı, tatlı sorgum da yüksek kaliteli silaj üretimi için tavsiye edildiği bildirilmiştir (Kaiser vd., 2004). Fakat tatlı sorgumda bulunan yüksek tanen içeriği olumsuz etkileri nedeniyle sorgumun hayvan beslemede sınırlı kullanımına neden olabilir (Chen vd., 2019). Düşük tanen içerikli sorgum suşları günümüzde hayvancılıkta kullanım için uygun hale gelmiştir. Bu suşlar özellikle kurak alanlarda hayvancılık üretimine fayda sağlayacağı bildirilmiştir. Tatlı sorgumun üzüm çekirdekleriyle takviye edilmesiyle, rumen sıvısı pH'ında azalma, uçucu yağ asit konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir. Bu bulguları değişen rumen bakteri çeşitliliği ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada rumende *Bacteroides* spp. ve *Prevotella* spp. bakterilerinde artış ve *Firmicutes* spp. bakterilerinde azalma tespit etmişlerdir. *Prevotella* spp. ait bakteriler, hemiselülozu indirgeme yeteneğiyle ve tanenlere karşı direnci ile karakterizedir (Wang vd., 2020). Kuraklığın mısır silajı üretimini etkilediğini belirten çiftçiler sığırlarının tatlı sorgum silajını tercih etmediğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada; çiftçilerin silaj bakterisi kullanarak şeker sorgumu silajını nasıl iyileştirecekleri konusunda bilgi sahibi olmadıkları tespit edilmiştir. Silaj olarak sorgum kullanımı planlandığında araştırmacılar silaj yapımındaki zorlukları azaltmak için silaj bakterisi ve probiyotik kullanımı yararlı olabileceğini bildirmişlerdir (Chiambiro vd., 2022).

Ryegrass Silajı: Ryegrass; *Lolium* spp.'leri ılıman bölgelerde anahtar rol oynayan yem bitkisidir. Bitkinin etkili üreme sistemleri bakımından farklı *Lolium*

varyeteleri bulunur. Bunlar; *Lolium multiflorum var. italicum* (İtalyan çimi), *Lolium multiflorum var. westerwoldicum*, *Lolium perenne* (İngiliz çimi) ve *Lolium boucheanum* olarak tanımlanmıştır (Wang vd., 1993). *Lolium spp'* lerinde; verim, sindirilebilirlik, suda çözünebilir karbonhidrat içeriği, kalite ve dayanıklılıkları için çalışmalar yapılmış ve İtalyan çimi olarak bilinen ryegrass öne çıkmıştır (Chaves vd., 2009). Ryegrass hızlı çimlenmesinden dolayı toprak erozyonu riskini azaltabilir. Bu yüzden ryegrassın, başarılı organik tarımda ürün rotasyonuna faydalı katkı yapabileceği düşünülmektedir (Baldinger vd., 2013). Tek yıllık yem bitkisi olan ryegrassın; hava şartlarına göre ortalama üç ile beş kez biçimi yapılabilir. Farklı biçim sayıları sonunda yeşil ot olarak elde edilecek yaklaşık verim 2600 kg/da civarındadır. Kuru ot verimi bakımından yaklaşık 945 kg/da olmaktadır (Şahin, 2019). Doğal yağış şartları altında ekilen ryegras bitkisi ile damlama sulama sistemi şartlarında yetiştirilen ryegras bitkisinin verimleri karşılaştırılmıştır. Doğal sulama şartlarında en yüksek ham protein içeriğine sahip olduğu bulunurken ancak üç kez biçimi yapılabilmektedir. Damlama sulama sistemi kullanarak yapılan ryegras yetiştiriciliğinde en yüksek yeşil ot verimi (8007.20 kg/da) ve en yüksek kuru ot verimi (1508.74 kg/da) bulunmuş ve dört kez biçimi yapılmıştır. Damlama sulama ile su tasarrufu yapılarak daha etkili ryegrass üretim yapılabilir ve alınacak verimin artacağı gösterilmiştir (Öztürk, 2022). Ryegrass otunda hasat zamanı ve hasadın sayısı önemlidir. Sindirilebilirlik, biçim sayısı arttıkça azalmaktadır. Bunun nedeni selülöz içeriğinin ve lignin yoğunluğunun artması ile açıklanmıştır (Valente vd., 2000). Ryegrassın yüksek nem içeriğinden dolayı; butirik asit fermantasyonu ile besin kaybı kolayca meydana gelir. Bu durum büyük ekonomik kayıplara neden olacağından *Lolium spp.*'lerinin kaliteli silajını yapmak zordur (Li & Nishino, 2013). Ryegrass gibi yüksek nemli silajlarda laktik asit bakterisi inokulantları silaj yapımında önemlidir. Yapılan bir çalışmada; yüksek sıcaklık ve yüksek nem koşullarında potansiyel olarak mükemmel bir laktik asit bakterisi (LAB) suşu olan *Lactobacillus plantarum* içeren ticari preparat kullanılmıştır. Sonuçta yapılan silajda dominant bakteri *L. plantarum* olmuş, yüksek miktarda laktik asit üretimi gerçekleşmiş ve iyi kalitede silaj elde edildiği bildirilmiştir (Yan vd., 2019). Nem içeriği yüksek ryegrass silajı yapımında kalitesini artırmak için, fiğ ve yem bezelyesi ile belli oranlarda karışımları yapıldığında besin madde içeriğinin hayvanların ihtiyaçlarını karşılamada daha iyi olduğu da bildirilmiştir (Mut vd., 2020, Kaymak vd., 2021).

Mısır, Şeker Sorgumu ve Ryegrass Silajı Rasyonlarının Karşılaştırılması: Mısır silajı, tahıllı sorgum silajı ve taze sorgum silajı karşılaştırılmasına dayanarak yapılan denemede; taze sorgum silajı kuru

madde alımında azalmaya sebep olurken, süt üretimi, süt yağı, süt protein içeriği en düşük grup olmuştur. Bunun nedeni olarak taze sorgumun silaj yapımı sırasındaki parçalama uzunluğu düşünülmüştür. Tahıllı sorgum silajı ve mısır silajı ile beslenen süt sığırlarında kuru madde alımı, süt üretimi, süt yağı ve süt proteini arasında belirgin bir fark elde edilmemiştir. Araştırma sonucuna göre tahıllı sorgum silajı eğer yeterli nişasta takviyesiyle desteklenirse süt üretiminde ve verim özellikleri üzerine olumsuz etkisi olmadığı için mısır silajının yerini alabileceği bildirilmiştir (Colombini vd., 2012). Geleneksel sorgum silajı, mısır silajı ve kahverengi sorgum silajını; kuru madde alımı, süt üretimi ve süt kompozisyonu açısından kıyaslayan; 1987-2015 yılları arasında yayımlanan makalelere meta analiz yapılmıştır. Kahverengi sorgum silajına kıyasla, geleneksel sorgum silajı ile beslenen hayvanlarda; süt üretimi, süt yağı konsantrasyonu, süt yağ verimi, süt proteini ve süt laktoz verimi azalma eğiliminde bulunmuştur. Kahverengi sorgum silajına kıyasla, mısır silajıyla beslenen hayvanların verimlerinde ise süt yağı konsantrasyonu artmış fakat süt protein içeriği ve süt laktoz verimi azalmıştır. İstatistiksel verilere göre; geleneksel sorgum silajı yerine, kahverengi sorgum silajı ile beslenme yapılırken kuru madde alımı ve süt üretimi olumlu etkilenmiştir. Aynı şekilde mısır silajı yerine, kahverengi sorgum silajı ile beslenme yapılırken yine kuru madde alımı olumlu etkilenmiştir. Genel olarak; geleneksel sorgum silajı yerine kahverengi sorgum silajıyla süt inekleri beslenince laktasyon performansı gelişmiş olduğu ancak mısır silajı veya kahverengi sorgum silajıyla beslemenin laktasyona etki etmediği bildirilmiştir. Gelecekte yüksek süt verimli ineklerin rasyonlarında düşük sindirilebilir nitelikteki silajların yerini daha az lignin içeriğine sahip kahverengi sorgum silajı alabileceği ifade edilmiştir (Sánchez-Duarte vd., 2019). Yapılan bir diğer çalışmada, şeker sorgumu silajı ve tam tahıllı mısır silajının; kuzuların büyüme performansı, karkas özellikleri ve et kalitesi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Şeker sorgumu silajı rasyonuyla beslenen kuzuların, tam tahıllı mısır silajı rasyonuyla beslenen kuzulardan daha yüksek beslenme kalitesine sahip olduğu bildirilmiştir. Şeker sorgum rasyonuyla beslenen kuzularda intramuscular yağ içeriği, et renk parlaklığı ve doymuş yağ asidi konsantrasyonu azalmıştır. Fakat insan sağlığına faydalı olan yağ asitlerinin içeriğinin arttığı ifade edilmiştir (Wu vd., 2021). Ran vd. (2021)'leri; mısır silajının %50'ye kadar şeker sorgumu ile ikame edilmesinin süt verimi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Deneme sürecinde laktasyondaki süt ineklerinin; besin alımında, süt üretiminde ve mikrobiyal fermantasyonunda önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Yüksek verimli laktasyondaki süt ineklerinin kısa süreli rasyonlarında

mısır silajının yerini tahıl ekmeden, şeker sorgumu alabileceği ifade edilmiştir (Ran vd., 2021).

Rasyona mısır silajı yerine ryegrass silajı ilavesinin; besin alımı, sindirimi, süt verimi ve süt kompozisyonu üzerine etkisini göstermek amacıyla Holstein ırkı sütçü ineklerde yapılan çalışmada ryegrass silajı, mısır silajının yerini alınca rasyondaki NDF ve ADF konsantrasyonları artmıştır. Kuru madde ve ham protein alımı benzer bulunmuş ancak ryegrass silajı mısır silajının yerini almasıyla kuru maddenin sindirilebilirliği doğrusal olarak azalırken, ham proteinin sindirilebilirliği doğrusal olarak artmıştır. Ryegrass silajının lifli içeriğinden dolayı retikülo-rumendeki mikrobiyal faaliyet arttığından, toplam süt verimi, süt yağ ve süt protein verimi artmıştır. Vücut ağırlığı, vücut kondisyon skoru ve serum üre nitrojen konsantrasyonu açısından hiçbir farklılık gözlenmemiş, ancak serum glikoz konsantrasyonunun arttığı izlenmiştir. Bu sonuçlara göre süt inekleri rasyonlarında mısır silajının bir kısmı veya tamamı için ryegrass silajıyla ikame edilmesinin süt verimi ve bileşenlerinin artırabileceğini göstermektedir (Bernard vd., 2002). Nem içeriği yüksek olan ryegrass ile mısır saplarının birlikte yapıldığı silajlarda nem içeriği azaltılarak, mısır saplarının zayıf fermantasyonu, düşük sindirilebilirliği ve tat gibi olumsuz özelliklerini ortadan kaldırdığı bildirilmiştir (Sakai vd., 2015). Mısır üretimi için koşulların uygun olmadığı yerlerde ryegrass yüksek enerjili bir yem bitkisi olabilir. Ryegrass'ın yıllık yağış ihtiyacı mısır silajına göre biraz daha fazla olsa da, yıllık ortalama ısı hassasiyeti daha düşüktür. Mısır tarımı mayıs ve eylül ayları aralığıyla sınırlı iken, ryegrass tarımının sonbahar veya ilkbahar aylarında da yapılabileceği bildirilmiştir (Baldinger vd., 2013).

SONUÇ

İklimsel nedenler yetiştiricilere taze kaba yem imkanını yıl boyu sunmaz. İyi yapılmış silajlar hayvan beslemede yem maliyetini düşürücü ve hayvan için sağlıklı beslenme imkanı sunabilir. Ayrıca silajlar kışları uzun geçen bölgelerde taze kaliteli kaba yeme ulaşmayı kolaylaştırmakta ve karla kaplı geçen sürenin uzaması neticesinde hayvanların kaliteli kaba yem ihtiyacını karşılamaktadır (Özkurt vd., 2022). Kaliteli silajda pH en önemli noktadır. Silajlarda pH seviyesinin 3.8-4.2 arasında olması arzu edilir. Ryegrass silajı yüksek enerji içeriği ve uygun yapısal karbonhidrat bileşimi nedeniyle kolayca sindirilebilirliğinden, rasyonlarda mısır silajının yerini alabilir. Mısır silajı rasyonları yerine ryegrass silajı tercih etmenin verim yönünden gözle görülür bir azalmaya neden olmaması güvenle tercih edilmesini sağlayabilir. Silajlık mısır hasadından sonra üretim yeri ryegrass silajı üretimi için kullanılabilir. Sorgum bitkisinin kuraklığa dayanıklılığı ve su tüketiminin azlığı dikkate alındığında sorgum

silajının önemi anlaşılmaktadır. Şeker sorgumu silajı üretimi ve hasadından sonra sonbahar aylarında üretim yeri tekrar ryegrass silajı üretimine hazırlanabilir. Böylelikle üretici kaba yemini silaj olarak yıl boyu tedarik edebilir. Üretim yeri yıl boyu hiç boş kalmayacağı için karlı, verim parametreleri yüksek ve sürdürülebilir hayvancılık faaliyeti yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Basmacıoğlu, H. & Ergül, M. (2002).** Silaj Mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*, **43**(1), 12-24. <http://dergipark.gov.tr/hayuretim/issue/7629/99936>
- Baldinger, L., Zollitsch, W. & Knaus, W. (2014).** Maize silage and Italian ryegrass silage as high-energy forages in organic dairy cow diets: Differences in feed intake, milk yield and quality, and nitrogen efficiency. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **29**(4), 378-387. DOI: [10.1017/S1742170513000252](https://doi.org/10.1017/S1742170513000252)
- Behling Neto, A., Reis, R.H.P.D., Cabral, L.D.S., Abreu, J.G.D., Sousa, D.D.P., & Sousa, F.G.D. (2017).** Nutritional value of sorghum silage of different purposes. *Ciência e Agrotecnologia*, **41**(3), 288-299. DOI: [10.1590/1413-70542017413038516](https://doi.org/10.1590/1413-70542017413038516)
- Bernard, J.K., West, J.W., & Trammell, D.S. (2002).** Effect of replacing corn silage with annual ryegrass silage on nutrient digestibility, intake and milk yield for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **85**(9), 2277-2282. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74307-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74307-5)
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J. & Muck, R.E. (2018).** Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, **101**(5), 3952-3979. DOI: [10.3168/jds.2017-13837](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837)
- Chaves, B., De Vlieghe, A., Van Waes, J., Carlier, L., & Marynissen, B. (2009).** Change in agronomic performance of *Lolium perenne* and *Lolium multiflorum* varieties in the past 40 years based on data from Belgian VCU trials. *Plant Breeding*, **128**(6), 680-690. DOI: [10.1111/j.1439-0523.2009.01621.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2009.01621.x)
- Chen, L., Dong, Z., Li, J. & Shao, T. (2019).** Ensiling characteristics, in vitro rumen fermentation, microbial communities and aerobic stability of low-dry matter silages produced with sweet sorghum and alfalfa mixtures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **99**(5), 2140-2151. DOI: [10.1002/jsfa.9406](https://doi.org/10.1002/jsfa.9406)
- Chiambiro, G., Madzimure, J. & Mpfu, I.D.T. (2022).** Constraints and opportunities of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) silage production and utilisation by smallholder milk production sector in Zimbabwe. *Tropical Animal Health and Production*, **54**(2), 105. DOI: [10.1007/s11250-022-03084-z](https://doi.org/10.1007/s11250-022-03084-z)

- Colombini, S., Galassi, G., Crovetto, G.M. & Rapetti, L. (2012).** Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, **95**(8), 4457-4467. DOI: [10.3168/jds.2011-4444](https://doi.org/10.3168/jds.2011-4444)
- Elferink, S.J.W.H.O., Driehuis, F., Gottschal, J.C., & Spoelstra, S.F. (2000).** Silage fermentation processes and their manipulation. *FAO Plant Production and Protection Papers*, 17-30.
- Ergün A., Tuncer Ş.D., Çolpan İ., Yalçın S., Yıldız G. vd. (2016).** *Yemler Yem Hijyeni ve Teknolojisi*. Genişletilmiş 6. Baskı, Kardelen Ofset, Ankara.0020
- FAO. (2021).** Faostat Analytical Brief 60 Agricultural Production Statistics 2000-2021 Faostat Analytical Brief 60 Faostat Crops And Livestock Production Introduction. *Agricultural Production Statistics 2000-2021*, **60**, 1-17.
- Getachew, G., Putnam, D.H., De Ben, C.M. & De Peters, E.J. (2016).** Potential of sorghum as an alternative to corn forage. *American Journal of Plant Sciences*, **07**(07), 1106-1121. DOI: [10.4236/ajps.2016.77106](https://doi.org/10.4236/ajps.2016.77106)
- Hadebe, S. T., Modi, A. T. & Mabhaudhi, T. (2017).** Drought tolerance and water use of cereal crops: A focus on sorghum as a food security crop in sub-Saharan Africa. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **203**(3), 177-191.
- Kaiser, A.G., Piltz, J.W., Burns, H.M. & Neil, W.G. (2004).** Successful silage. *Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries*, 405-467. DOI: [10.2134/agronmonogr42.c9](https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c9)
- Kaymak, G. , Gülümser, E. , Can, M. , Acar, Z. & Ayan, İ. (2021).** Yapraklı ve Yarı Yapraklı Yem Bezelyesi Çeşitleri ile Tek Yıllık Çim Karışımlarının Silaj Kalitesinin Belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **11**(2), 1595-1602. DOI: [10.21597/jist.867823](https://doi.org/10.21597/jist.867823)
- Khosravi, M., Rouzbehan, Y., Rezaei, M., & Rezaei, J. (2018).** Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **101**(12), 10953-10961. DOI: [10.3168/jds.2017-14350](https://doi.org/10.3168/jds.2017-14350)
- Kızılcımsık, M., Erol, A., Dönmez, R. & Katrancı, B. (2016).** Silaj mikro florasının birbirleri ile ilişkileri, silaj fermentasyonu ve kalitesi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, **19**(2), 136. DOI: [10.18016/ksujns.35488](https://doi.org/10.18016/ksujns.35488)
- Li, Y. & Nishino, N. (2013).** Effects of ensiling fermentation and aerobic deterioration on the bacterial community in italian ryegrass, guinea grass, and whole-crop maize silages stored at high moisture content. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **26**(9), 1304-1312. DOI: [10.5713/ajas.2013.13175](https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13175)
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. (1991).** *The Biochemistry of Silage*. 2nd Edition. Chalcombe Publications. Mallow, Bucks (UK), DOI: [10.1017/S0014479700023115](https://doi.org/10.1017/S0014479700023115)
- Miron, J., Zuckerman, E., Sadeh, D., Adin, G., Nikbachat, M., Yosef, E., Ben-Ghedalia, D., Carmi, A., Kipnis, T. & Solomon, R. (2005).** Yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, **120**(1-2), 17-32. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2005.01.008](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.01.008)
- Mohd-Setapar, S.H., Abd-Talib, N. & Aziz, R. (2012).** Review on crucial parameters of silage quality. *APCBEE Procedia*, **3**, 99-103. DOI: [10.1016/j.apcbee.2012.06.053](https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.06.053)
- Mut, H., Gülümser, E., Çopur Doğrusöz, M. & Başaran, U. (2020).** Koca Fiğ ile İtalyan Çimi Karışımlarının Silaj Kalitesinin Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **8**(2), 391-396. DOI: [10.33202/comuagri.753574](https://doi.org/10.33202/comuagri.753574)
- Okumuş, A. (2021).** İkinci ürün mısır silajına fındık zuruflu ilavesinin silaj fermentasyonu, aerobik stabilite ve in vitro gaz üretimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 5-7pp, 72s.
- Ozkurt, M., Tufan, Y. & Karadag, Y. (2022).** Feed Quality Parameters of Silage Corn Cultivars in Mus Ecological Conditions. *Levantine Journal of Applied Sciences*, **2**(1), 12-18).
- Öztürk, O. (2022).** Effects of different irrigation methods on yield, plant water consumption and some forage quality values of Italian grass (*Lolium multiflorum*). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **59**(2), 313-322. DOI: [10.20289/zfdergi.991023](https://doi.org/10.20289/zfdergi.991023)
- Partigöç, N.S. & Soğancı, S. (2019).** Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık.. *Resilience*, **3** (2), 287-299. DOI: [10.32569/resilience.619219](https://doi.org/10.32569/resilience.619219)
- Pino, F. & Heinrichs, A.J. (2017).** Sorghum forage in precision-fed dairy heifer diets. *Journal of Dairy Science*, **100**(1), 224-235. DOI: [10.3168/jds.2016-11551](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11551)
- Pond, W.G., Church, D.B., Pond, K.R. & Schoknecht, P.A. (2004).** *Basic animal nutrition and feeding*. John Wiley & Sons. New York.
- Ran, T., Tang, S.X., Yu, X., Hou, Z.P., Hou, F.J., Beauchemin, K.A., Yang, W.Z., & Wu, D.Q. (2021).** Diets varying in ratio of sweet sorghum silage to corn silage for lactating dairy cows: Feed

- intake, milk production, blood biochemistry, ruminal fermentation, and ruminal microbial community. *Journal of Dairy Science*, **104**(12), 12600-12615. DOI: [10.3168/jds.2021-20408](https://doi.org/10.3168/jds.2021-20408)
- Ranum, P., Peña-Rosas, J.P. & Garcia-Casal, M.N. (2014).** Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1312**(1), 105-112. DOI: [10.1111/nyas.12396](https://doi.org/10.1111/nyas.12396)
- Rotz, C.A., Ford, S.A. & Buckmaster, D.R. (2015).** Silages in farming systems. In *Silage Science and Technology*, 505-546. DOI: [10.2134/agronmonogr42.c11](https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c11)
- Sakai, T., Devkota, N.R., Oishi, K., Hirooka, H., & Kumagai, H. (2015).** Evaluation of total mixed ration silage with brewers grains for dairy buffalo in Tarai, Nepal. *Animal Science Journal*, **86**(10), 884-890. DOI: [10.1111/asj.12374](https://doi.org/10.1111/asj.12374)
- Samarappuli, D. & Berti, M. T. (2018).** Intercropping forage sorghum with maize is a promising alternative to maize silage for biogas production. *Journal of Cleaner Production*, **194**, 515-524. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.05.083](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.083)
- Sánchez-Duarte, J.I., Kalscheur, K.F., García, A.D., & Contreras-Govea, F.E. (2019).** Short communication: Meta-analysis of dairy cows fed conventional sorghum or corn silages compared with brown midrib sorghum silage. *Journal of Dairy Science*, **102**(1), 419-425. DOI: [10.3168/jds.2018-14552](https://doi.org/10.3168/jds.2018-14552)
- Şahin, A. (2019).** İtalyan çimi (*Lolium Multiflorum* Cv . *Caramba*) silajına farklı oranlarda melas katılmasının silaj kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye, 37s.
- Şahin, İ.F. & Zaman, M. (2010).** Hayvancılıkta önemli bir yem kaynağı: Silaj. *Doğu Coğrafya Dergisi*, **15**(23)1-18.
- Taş, T. & Uçak, A.B. (2020).** Yarı kurak iklim koşullarında yetiştirilen silaj mısır çeşitlerinin bazı agronomi ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *Eurasian Journal of Forest Science*, **8**(3), 171-180. DOI: [10.3195/ejefjs.770351](https://doi.org/10.3195/ejefjs.770351)
- Valente, M.E., Borreani, G., Peiretti, P.G. & Tabacco, E. (2000).** Codified morphological stage for predicting digestibility of Italian ryegrass during the spring cycle. *Agron. J.*, 967-973. DOI: [10.2134/agronj2000.925967x](https://doi.org/10.2134/agronj2000.925967x)
- Wang, T., Jiao, J., Wang, H., Allan Degen, A., Gou, N., Li, S., Bai, Y. & Shang, Z. (2020).** The effects of supplementing sweet sorghum with grapeseeds on dry matter intake, average daily gain, feed digestibility and rumen parameters and microbiota in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, November, 114750. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2020.114750](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114750)
- Wang, Z.Y., Nagel, J., Potrykus, I. & Spangenberg, G. (1993).** Plants from cell suspension-derived protoplasts in *Lolium* species. *Plant Science*, **94**(1-2), 179-193. DOI: [10.1016/0168-9452\(93\)90019-V](https://doi.org/10.1016/0168-9452(93)90019-V)
- Wilkinson, J.M. & Rinne, M. (2018).** Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science*, **73**(1), 40-52.
- Wu, P., Fu, X., Wang, H., Hou, M. & Shang, Z. (2021).** Effect of silage diet (Sweet Sorghum vs. whole-crop corn) and breed on growth performance, carcass traits, and meat quality of lambs. *Animals*, **11**(11), 3120. DOI: [10.3390/ani11113120](https://doi.org/10.3390/ani11113120)
- Yan, R., Chen, S., Zhang, X., Han, J., Zhang, Y. & Undersander, D. (2011).** Short communication: Effects of replacing part of corn silage and alfalfa hay with *Leymus chinensis* hay on milk production and composition. *Journal of Dairy Science*, **94**(7), 3605-3608. DOI: [10.3168/jds.2010-3536](https://doi.org/10.3168/jds.2010-3536)
- Yan, Y., Li, X., Guan, H., Huang, L., Ma, X., Peng, Y., Li, Z., Nie, G., Zhou, J., Yang, W., Cai, Y. & Zhang, X. (2019).** Microbial community and fermentation characteristic of Italian ryegrass silage prepared with corn stover and lactic acid bacteria. *Bioresource Technology*, **279**, 166-173. DOI: [10.1016/j.biortech.2019.01.107](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.107)
- Zhang, S.J., Chaudhry, A.S., Ramdani, D., Osman, A., GUO, X.F., Edwards, G.R. & Cheng, L. (2016).** Chemical composition and in vitro fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. *Journal of Integrative Agriculture*, **15**(1), 175-182. DOI: [10.1016/S2095-3119\(14\)60939-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60939-4)
- Zhao, J., Yin, X., Wang, S., Li, J., Dong, Z.H. & Shao, T. (2022).** Changes in the fermentation products, taxonomic and functional profiles of microbiota during high-moisture sweet sorghum silage fermentation. *Frontiers in Microbiology*, **13**(August), 1-12. DOI: [10.3389/fmicb.2022.967624](https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.967624)



Evaluation of the Water Quality of Kura-Aras River Basins, Transboundary Rivers of Türkiye, According to Some Biotic Indices

Hazel BAYTAŞOĞLU*

Recep Tayyip Erdogan University, Fisheries and Aquaculture Faculty, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 24.07.2023

Kabul/Accepted: 08.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Baytaşoğlu, H. (2023). Evaluation of the Water Quality of Kura-Aras River Basins, Transboundary Rivers of Türkiye, According to Some Biotic Indices. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 474-483. <https://doi.org/10.35229/jaes.1331904>

Atf yapmak için: Baytaşoğlu, H. (2023). Türkiye'nin Sınırşan Akarsularından Kura-Aras Nehir Havzaları Su Kalitesinin Bazı Biyotik İndekslere Göre Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 474-483. <https://doi.org/10.35229/jaes.1331904>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-9959-1829>

***Corresponding author:**

Hazel BAYTAŞOĞLU
Recep Tayyip Erdogan University, Fisheries
and Aquaculture Faculty, Rize, Türkiye
✉: gokbuluthazel@gmail.com

Abstract: In this study aimed in the Kura-Aras river basin, which is the transboundary system of Türkiye, to determine water quality by using some physicochemical parameters and macroinvertebrates. In the spring and autumn periods, benthic macroinvertebrates were collected by standard D-Frame Net and Ekman grab from stations. A total of 30 stations were selected along the basin. In this study, following Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score Per Taxon (ASPT), Simpson Diversity Index, Shannon-Weaver Diversity Index, Margalef Diversity Index. It was determined that the most dominant group was Insecta and the rarest group was Oligochaeta in the Kura- Aras River basin. As a result of the evaluation of the selected stations in the basin in terms of physicochemical parameters, it was determined that they showed 2nd and 3rd class water characteristics in terms of PO₄-P and NH₄-N. According to BMWP and ASPT biotic indexes, it has been determined that it has 3rd and 4th class quality properties.

Keywords: Benthic invertebrates, biotic indices, freshwater, physicochemical parameters.

Türkiye'nin Sınırşan Akarsularından Kura-Aras Nehir Havzaları Su Kalitesinin Bazı Biyotik İndekslere Göre Değerlendirilmesi

Öz: Bu çalışmada, Türkiye'nin sınır ötesi sistemi olan Kür-Aras havzasında bazı fizikokimyasal parametreler ve makroomurgasızlar kullanılarak su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlkbahar ve sonbahar dönemlerinde, istasyonlardan standart D-Frame Net ve Ekman kepeçesi ile benthik makroomurgasızlar toplanmıştır. Havza boyunca toplam 30 istasyon seçilmiştir. Bu çalışmada sırasıyla Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (BMWP), Her Taksonun Ortalama Değeri (ASPT), Simpson Çeşitlilik İndeksi, Shannon-Weaver Çeşitlilik İndeksi, Margalef Çeşitlilik İndeksi takip edilmiştir. Kura-Aras Nehri havzasında en baskın grubun Insecta, en nadir grubun Oligochaeta olduğu belirlenmiştir. Havzada seçilen istasyonların fizikokimyasal parametreler açısından değerlendirilmesi sonucunda PO₄-P ve NH₄-N açısından 2. ve 3. sınıf su özelliği gösterdikleri belirlenmiştir. BMWP ve ASPT biyotik indekslerine göre 3. ve 4. sınıf özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bentik omurgasızlar, biyotik indeks, içsu, fizikokimyasal parametreler.

***Sorumlu yazar:**

Hazel BAYTAŞOĞLU
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su
Ürünleri ve Su Ürünleri Fakültesi, Rize,
Türkiye
✉: gokbuluthazel@gmail.com

INTRODUCTION

Turkey has 25 river basins, including 5 transboundary river systems: Çoruh, Meriç, Kura, Aras, Euphrates, and Tigris rivers. The Kura and Aras river systems are vital for the Transcaucasia region's biodiversity hotspot due to their high species diversity and sensitive ecosystems (UNDP, 2007). The Kura-Aras basin, which

covers Azerbaijan, Georgia, Iran and a part of Turkey and the whole of Armenia, is the water resource that countries benefit from for agricultural products and industrial activities from the source to the downstream (Zeeb, 2010). However, since the second half of the 20th century, the amount and quality of water have deteriorated due to untreated wastewater, pesticides and fertilizers, industrial wastewater, climate change, population growth, mineral

deposits, and other polluting factors (Zeeb, 2010; FAO, 2017; Yeşilbaş & Kapan 2021).

Urban and industrial wastewater, as well as surface runoff from agricultural areas, have a negative impact on the physical, chemical, and biological processes of aquatic environments. This pollution can result in a decline or disappearance of aquatic organisms (Adalı, 2014). In order to assess water quality in lotic systems, hydromorphological and physicochemical analyses provide instant information, while biological data gives a medium to long-term information (Sukatkar et al., 2006). The use of bioindicators and the development of different indices for evaluating the ecological status of waters has increased in recent years, particularly in invertebrate groups. Invertebrate groups are commonly used in bioindicator studies due to their ease of sampling, wide availability, inexpensive equipment, pollution tolerance at different levels, and ease of diagnosis at the family level. This approach is recommended by the European Union Water Environment Directive (De Pauw & Hawkes, 1993; Zeybek et al., 2014).

There have been various studies conducted on water pollution, biodiversity, and water management in the Kura-Aras river systems (UNDP, 2007; Özbay & Kılınç, 2008; Zeeb, 2010; Kükürer et al., 2014; Çiçek & Sungur Birecikligil, 2016; Yıldız, 2017; Kılıç et al., 2018; Kırpık et al., 2019; Çelekli et al., 2019; Arslan & Mercan, 2020; Yeşilbaş & Kapan, 2021; Aliyev, 2022; Mercan et al., 2022). While most studies have focused on lotic systems, some have investigated invertebrate fauna and lake ecosystems using indices (Özbay & Kılınç, 2008; Kükürer et al., 2014; Kılıç et al., 2018; Çelekli et al., 2019; Kırpık et al., 2019; Arslan & Mercan, 2020; Mercan et al., 2022). There are many streams and a few lakes within the Turkish borders of the Kura-Aras basin. The aim of this study is to assess water quality in Kura-Aras basin rivers using physicochemical parameters and biotic indices, such as BMWP, ASPT, Shannon Wiener, and Simpson diversity indices.

MATERIAL AND METHOD

Study Area: The study area is focused on the Kura-Aras rivers, which are transboundary rivers passing through Turkey, Georgia, Armenia, and Azerbaijan, and eventually empty into the Caspian Sea. The Kura River originates from the "Erzurum-Kars" section of the Eastern Anatolia Region in Turkey and is separated from the Çoruh River basin and the Aras River basin by mountain ranges. The total length of the Kura River is 1515 km. The Aras River, on the other hand, rises from the Bingöl Mountains within the borders of Erzurum province and flows towards Armenia, collecting all the waters of Tekman Plateau and Hasankale (Pasinler) Stream. Approximately 548 km of the Aras River flows within Turkey (Coşkun, 2020). The sampling points for the

study are shown in Figure 1, which was created using the QGIS 2.18 software package.

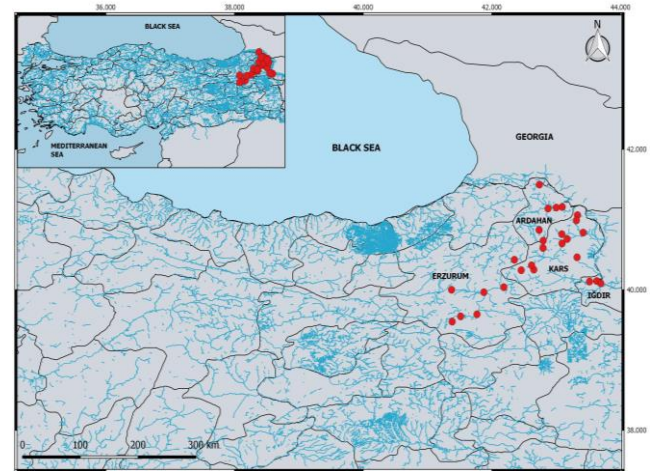


Figure 1. Map of sampling points

Sampling and Physicochemical Parameter Measurement:

In order to collect samples for the research, 30 distinct stations within the Kura-Aras river basin were chosen. Two sampling sessions were carried out in October 2020 and May 2021. The sampling process involved utilizing a hand net with size of 30x30 cm and a mesh size of 250 microns. This net was used to collect organisms from various habitats, following the flow of the stream. Some organisms were removed from stones using forceps and pipettes. Samples were fixed with 70% alcohol in the field and stored in alcohol again in the laboratory after separation. The samples were categorized and diagnosed using loop and Leica brand stereomicroscopes. Water temperature (°C), pH, and dissolved oxygen (DO) were measured in the field using an HQ 40D water meter. Concurrent with macroinvertebrate samplings, water samples were collected and analyzed for PO₄-P and NH₄-N parameters using a spectrophotometer. All analyses were conducted following standard methods (APHA, 1998).

Evaluation of Data: The sampling points were selected based on the criteria for choosing operational monitoring sites as specified in WFD Annex V 1.3.2. Water quality was assessed based on physicochemical parameters using SWQMR. Biotic indices such as Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score Per Taxon (ASPT), Simpson's Diversity Index, Shannon-Wiener Diversity Index, and Margalef Diversity Index were applied on benthic invertebrates. The Bray-Curtis similarity index was used to evaluate similarity among the samples. Canonical Correlation Analysis (CCA) was used to assess the relationship between environmental parameters and biological data.

Compliance with Ethical Standards: This article does not contain any studies with human participants performed by any of the authors. Ethics committee approval is not required for the article.

RESULTS AND DISCUSSION

Information on sampling points is given in Table 1.

Table 1. Location and coordinate information of sampling stations.

Station Names	Province/Town	Coordinates
K1 Süngütaşı Stream	Kars/Sarıkamış	40.2785 N 42.4561 E
K2 Kınavur Stream	Ardahan/Yalnızçam	41.197 N 42.612 E
K3 Kura River	Ardahan/Göle	40.8511 N 42.7341 E
K4 Gaziler Stream	Erzurum/ Şenkaya	40.4276 N 42.3505 E
K5 Bozkuş Stream	Kars/Selim	40.5948 N 42.7952 E
K6 Tuzluca (Aras River)	Iğdır/Tuzluca	40.1247 N 43.63 E
K7 Fehmiharabesi Stream (Susuz Waterfall)	Kars/Susuz	40.7920 N 43.0870 E
K8 Doğruyol Stream	Ardahan/Damal	41.063 N 43.3306 E
K9 Kars Stream	Kars/Çamçavuş	40.6601 N 43.0903 E
K10 Kızılgeçit Stream	Erzurum/Tekman	39.6213 N 41.5146 E
K11 Derinöz Stream	Kars/Digor	40.4622 N 43.3237 E
K12 Aras River	Iğdır/Tuzluca	40.1172 N 43.5182 E
K13 Çamçavuş Dam	Kars/ Çamçavuş	40.723 N 43.170 E
K14 Kaplıca Stream	Erzurum/Tekman	40 N 41.3733 E
K15 Endek Stream	Erzurum/Horasan	40.0375 N 42.1856 E
K16 Kars Stream	Kars/Sarıkamış	40.3487 N 42.6174 E
K17 Öleşek Stream	Ardahan/Altaş	41.1575 N 42.8739 E
K18 Carci Stream	Kars/Arpaçay	40.8141 N 43.4184 E
K19 Tozlukomu Stream	Erzurum/Karayazı	39.6512 N 41.7685 E
K20 B-20 Channel	Iğdır/ Tuzluca	40.0923 N 43.6926 E
K21 Karaman Stream	Ardahan/Posof	41.4976 N 42.7388 E
K22 Köprüköy Stream	Erzurum/Köprüköy	39.9656 N 41.8754 E
K23 Keklik Stream	Kars/Sarıkamış	40.2865 N 42.6517 E
K24 Karanlık Mağara Stream	Erzurum/Tekman	39.5464 N 41.3824 E
K25 Kara Stream (Devil's Castle Stream))	Ardahan/Çıldır	41.1790 N 43.0935 E
K26 Tavşan Stream	Kars/Arpaçay	40. 8496 N 43.3404 E
K27 Çığırğan Stream	Kars/Merkez	40.699 N 42.7977 E
K28 Toros Stream	Ardahan/Yalnızçam	41.095 N 42.505 E
K29 Çöt Stream	Ardahan/Hanak	41.1704 N 43 E
K30 Göldalı town Stream	Ardahan/Göldalı	40.987 N 43.313 E

Physicochemical Parameters: Temperature is a crucial factor for aquatic life as it can affect various physiological processes and nutrient requirements. While some invertebrate groups are more tolerant of high temperatures, there are also stenothermal groups like Plecoptera that have narrower temperature ranges (Wetzel, 2001; Tanyolaç, 2004). According to Burgmer et al. (2007), the average temperature increase caused by climate change can significantly impact benthic living assemblages in lentic systems. In this study, temperatures ranged between 9.4-17.85°C, with the highest values recorded at stations K20 (17.85°C) and K3 (15.7°C), and the lowest values at stations K19 (9.4°C) and K11 (10.2°C). These temperature

measurements fall within the appropriate ranges for seasonal conditions (Table 2).

The amount of oxygen in water can vary depending on factors such as temperature, salt levels, and biological events. A study conducted by Ertaş and Yorulmaz, (2021) in Kelebek Stream identified the species of Amphipoda present in areas with low pollution. Other studies have shown that Chironomidae species have high tolerance ranges and are not greatly affected by changes in factors such as temperature and dissolved oxygen (Moisan & Pelletier, 2008; Zeybek, 2017; Kalyoncu & Zeybek, 2011). Ephemeroptera, Plecoptera and Tricoptera taxa are known to be sensitive to changes in oxygen concentrations and are considered indicators of high water quality (Lenat, 1993; Merritt et al., 1978), while Diptera and Oligochaeta species can survive in low oxygen concentrations (Ode et al., 2005; Ertaş & Yorulmaz, 2021). In measurements taken in the Kura-Aras river system, dissolved oxygen levels ranged from 10.16-7.85 mg/L (Table 2). The pH levels in surface waters can range from 6 to 9, and pollutants can cause changes in pH. Different species have varying tolerances to pH levels. Certain invertebrate groups, such as Coleoptera, Chironomidae, Plecoptera, and Tricoptera, are resistant to high pH levels (Tanyolaç, 2004). However, Oligochaeta species have lower taxa richness, biomass, and density in acidic waters (Ilyashuk, 1999). In this study measuring pH levels between 7.73 and 8.85 at different stations (Table 2), there were no significant changes in pH. Some invertebrate families, such as Hydropsychidae, Rycophilidae, Taeniopterygidae, Culicidae, Chironomidae and Dytiscidae, were found at stations with pH levels greater than 8.4 in this study. Nitrogenous compounds can enter natural waters through allochthonous or autochthonous ways and their concentration increases due to domestic and industrial wastes (Tanyolaç, 2004). In this study found NH₄-N levels ranging from 1.11-0.24 mg/L in a basin where agriculture and animal husbandry are common, with the highest and lowest values at stations K30 and K8, respectively. PO₄-P levels also vary based on factors such as detergent, geological structure, and waste material (Tanyolaç, 2004), with maximum and minimum values ranging from 0.71-0.07 mg/L at stations K6 and K11, respectively. The study identified that nitrogen load primarily came from animal husbandry, cesspool effluent and agricultural fertilizers, while phosphorus load came from commercial fertilizers in high amounts and livestock activities (Yontar, 2009). It has been reported that the nitrogen load is higher in the provinces of Kars and Ardahan, where animal husbandry is more intense, and the phosphorus load is higher in the province of Iğdır, where agricultural activity is more intense (Yontar, 2009). Water quality classes in the stations were evaluated according to SWQMR, showing 2nd and 3rd Class water characteristics for NH₄-N concentration and 3rd and 4th

Class water characteristics for PO₄-P concentration (Table 2). The studies found a positive correlation between organic matter, ammonium, and phosphate levels and the abundance of Oligochaeta and Diptera (Rashid & Pandit, 2014;

Armendariz, 2011). In this study, the families Tipulidae, Chironomidae, and Culicidae were dense in stations with high PO₄-P concentration.

Table 2. Average measurements of physicochemical parameters (T: Temperature; DO: Dissolved oxygen; pH: Power of hydrogen; NH₄-N: Amonium; PO₄-P: Phosphate.

Station Code	Stations/Parameters	T °C	Class	DO (mg/L)	Class	pH	Class	NH ₄ -N (mg/L)	Class	PO ₄ -P (mg/L)	Class
K1	Süngütaşı Stream	11.75±1.9	1	9.1±0.56	1	7.91±0.26	1	0.535±0.13	2	0.285±0.02	3
K2	Kınavur Stream	11.5±0.7	1	8.15±0.35	1	7.75±0.49	1	0.335±0.1	2	0.655±0.23	4
K3	Kura River	15.7±3.2	1	7.915±0.4	2	8.07±0.52	1	0.585±0.06	2	0.375±0.06	3
K4	Gaziler Stream	12.1±0.1	1	9.15±0.35	1	8.05±0.21	1	1.02±0.25	3	0.37±0.05	3
K5	Bozkuş Stream	12.8±2.1	1	8.61±0.69	1	8.26±0.22	1	0.975±0.61	2	0.415±0.17	3
K6	Tuzluca Stream (Aras River)	13.5±0.1	1	8.5±0.14	1	8±0.28	1	0.975±0.14	2	0.71±0.24	4
K7	Fehmiharabesi Stream (Susuz Waterfall)	11.25±0.2	1	8.55±0.35	1	7.73±0.18	1	0.8785±0.46	2	0.34±0.16	3
K8	Doğruyol Stream	13.4±0.1	1	8.45±0.34	1	8.45±0.07	1	0.245±0.09	2	0.345±0.09	3
K9	Kars Stream	11.25±1.6	1	8.3±0.55	1	7.95±0.91	1	0.84±0.26	2	0.405±0.03	3
K10	Kuzilgeçit Stream	11.65±0.2	1	8.93±0.24	1	8.015±0.12	1	0.935±0.27	2	0.685±0.03	4
K11	Derinöz Stream	10.25±0.9	1	8.5±0.1	1	8.1±0.7	1	0.525±0.07	2	0.0705±0.05	2
K12	Aras River (Mainbody)	11.35±2.6	1	8.59±0.97	1	8.48±0.16	1	0.9±0.32	2	0.2355±0.007	3
K13	Çamçavuş Dam	12.7±0.1	1	8.4±0.28	1	8.25±0.63	1	0.85±0.57	2	0.675±0.09	4
K14	Kaplıca Stream (Tekman)	11.2±0.1	1	9.2±0.14	1	8.15±0.35	1	0.5±0.19	2	0.315±0.07	3
K15	Endek Stream	12.3±0.1	1	8.65±0.77	1	7.8±0.14	1	0.59±0.09	2	0.31±0.042	3
K16	Kars Stream (Sarıkamış)	10.8±0.1	1	8.1±0.42	1	8.25±0.21	1	0.305±0.04	2	0.135±0.03	2
K17	Ölçek Stream	11.9±0.5	1	8.58±0.25	1	8.365±0.61	1	1.095±0.04	3	0.575±0.19	3
K18	Carci Stream	10.75±0.07	1	8.75±0.21	1	8.75±0.07	1	0.385±0.1	2	0.28±0.09	3
K19	Tozlukomu Stream	9.4±0.1	1	9.05±0.35	1	8.05±0.21	1	0.3±0.04	2	0.335±0.13	3
K20	B-20 Channel	17.85±3.4	1	8.26±0.65	1	8.285±0.16	1	0.66±0.78	2	0.079±0.043	2
K21	Karaman Stream	11.4±0.1	1	8.8±0.56	1	7.95±0.21	1	0.585±0.1	2	0.39±0.042	3
K22	Köprüküy Stream	10.9±0.8	1	8.6±0.21	1	8.25±0.49	1	0.7±0.53	2	0.137±0.13	2
K23	Keklik Stream	11.2±1.2	1	10.16±2.21	1	8.195±0.007	1	0.389±0.06	2	0.11±0.08	2
K24	Karanlık Cave Stream	10.5±0.1	1	8±0.14	1	8.85±0.07	1	0.34±0.09	2	0.22±0.02	2
K25	Kara Stream	10.95±0.3	1	9.33±0.09	1	7.795±0.14	1	0.72±0.43	2	0.355±0.02	3
K26	Tavşan Stream	10.7±1.9	1	8.15±0.07	1	8.15±0.63	1	0.405±0.04	2	0.300.175±	3
K27	Çığrgan Stream (Kura River)	12.4±0.1	1	8.7±0.1	1	8.35±0.07	1	0.98±0.36	2	0.63±0.26	3
K28	Toros Stream (Çatalköprü Stream)	10.45±0.2	1	9.2±0.56	1	8.3±0.56	1	0.3±0.02	2	0.102±0.08	2
K29	Çöt Stream	11.8±0.7	1	8.95±0.49	1	8.85±0.07	1	0.585±0.07	2	0.39±0.08	3
K30	Göldalı Stream	12.4±0.1	1	7.85±0.07	2	8.45±0.49	1	1.11±0.32	3	0.515±0.007	3
	Class I	25		8		6.5-8.5		0.2		0.02	
	Class II	25		6		6.5-8.5		1		0.16	
	Class III	30		3		6-9		2		0.65	
	Class IV	>30		<3		Out of 6-9		>2		>0.65	

Bentic Invertebrates Data: This study aimed to investigate the zoobenthic invertebrate fauna of the Kura-Aras river systems, and a total of 4568 individuals belonging to 51 families were collected. The maximum number of individuals was found in the Ephemeroptera (1412), Diptera (1058) and Malacostraca (944) groups, respectively (Table 3). The number of individuals collected in the spring period was higher than in the fall period. Insecta was the most dominant group among the taxa, while Oligochaeta was the rarest. Within the Insecta group, Ephemeroptera individuals were the most common, accounting for 30.91% of the total, while Anisoptera individuals were the least encountered, accounting for only 0.04% (Figure 2). The text detailed the findings of a study conducted on water quality within the basin, utilizing two biotic indices: the BMWP and ASPT. The BMWP scores ranged from 5 to 126, and the ASPT scores ranged from 2.5 to 7.2. The highest BMWP scores were found at stations K28, K3, and K16, while the lowest BMWP scores were found at stations K20, K30, and K24. The water quality classification based on the BMWP scores mostly showed 3rd and 4th class water characteristics for the stations. The highest ASPT scores were found at K16 and K10, while the lowest ASPT scores were found at K20 and K21. The water quality classification based on ASPT

scores mostly showed 2nd and 3rd class water characteristics for the stations (Table 4). The previous studies that have used BMWP and ASPT indices to evaluate water quality in other basins (Kazancı et al., 2010; Kalyoncu & Zeybek, 2011; Kazancı et al., 2015; Zeybek, 2017; Serdar & Verap, 2018; Baytaşoğlu & Gözler, 2021; Yorulmaz & Ertaş, 2021; Ertaş & Yorulmaz, 2022; Ertaş et al., 2023;) and describes the lack of studies on invertebrate groups in the Kura-Aras basin, except for two studies on macrozoobenthic and Oligochaeta fauna in lakes (Arslan & Mercan, 2020; Mercan et al., 2022).

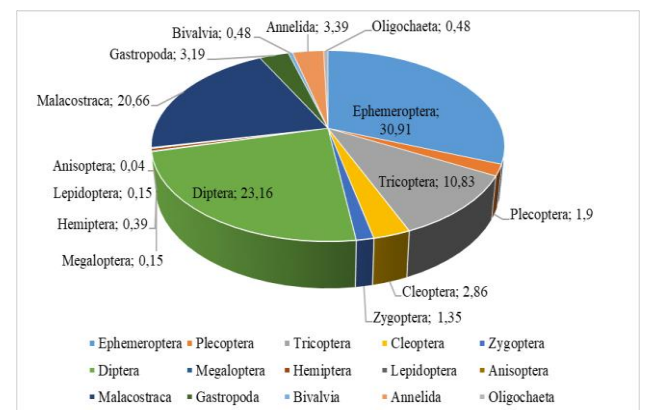


Figure 2. Dominance of taxon at the stations.

Table 3. List of families detected at stations.

Phylum	Ordo	Familiya	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30							
Arthropoda	Ephemeroptera	Heptageniidae	*	*	*			*	*	*			*	*		*	*							*			*		*										
		Baetidae		*	*	*	*	*	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	*								
		Leptophlebiidae						*										*										*											
		Caenidae			*			*			*		*				*																						
		Prosopistomidae						*																															
		Ephemerellidae												*																									
		Sphlonuridae																													*								
	Plecoptera	Taeniopterygidae									*																												
		Perlodidae								*								*														*							
		Perlidae														*		*													*								
		Pteronarcyidae																	*																				
		Nemouridae																	*																				
	Tricoptera	Lepidostomidae								*																													
		Hydropsychidae	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
		Psychomyiidae										*	*			*						*																	
		Sericostomatidae																						*															
		Leptoceridae																								*													
		Ryacophilidae			*						*									*													*						
		Goeridae																															*						
		Polycentropodidae			*																																		
	Coleoptera	Limnephilidae			*							*																				*							
		Hygrobiidae		*																																			
		Dytiscidae		*	*																*			*							*								
		Gyrinidae											*																										
		Elmidae		*	*				*								*		*			*				*		*		*	*	*	*	*	*	*	*		
		Hydraenidae																	*												*								
		Elminthidae																				*																	

Table 4. Evaluation of stations according to index score values.

	S	N	d	J'	H'(loge)	BMWP	ASPT	BMWP class	ASPT class
K1	5	121	0,8341	0,726	1,686	22	4,4	4	3
K2	15	258	2,521	0,7572	2,958	58	3,8	3	4
K3	17	306	2,795	0,7291	2,98	88	5,1	2	2
K4	4	80	0,6846	0,7169	1,434	16	4	4	3
K5	5	114	0,8446	0,534	1,24	19	3,8	4	4
K6	9	77	1,842	0,8973	2,844	47	5,8	3	2
K7	11	218	1,857	0,7242	2,505	61	5,5	3	2
K8	7	254	1,084	0,6127	1,72	38	5,4	4	2
K9	8	503	1,125	0,5669	1,701	32	4	4	3
K10	6	28	1,501	0,8453	2,185	37	6,1	4	2
K11	12	118	2,306	0,9212	3,303	53	4,4	3	3
K12	4	26	0,9208	0,8879	1,776	20	5	4	2
K13	5	101	0,8667	0,6503	1,51	18	4,5	4	3
K14	10	144	1,811	0,7304	2,426	51	5,1	3	2
K15	6	200	0,9437	0,5776	1,493	26	4,3	4	3
K16	9	76	1,847	0,8564	2,715	65	7,2	3	1
K17	9	157	1,582	0,7968	2,526	35	3,8	4	4
K18	9	165	1,567	0,7125	2,259	35	3,8	4	4
K19	9	97	1,749	0,7792	2,47	42	4,6	3	3
K20	2	11	0,417	0,9457	0,9457	5	2,5	5	4
K21	8	298	1,229	0,5624	1,687	27	3,3	4	4
K22	8	202	1,319	0,727	2,181	30	3,7	4	4
K23	8	147	1,403	0,693	2,079	45	5,6	3	2
K24	4	46	0,7836	0,7919	1,584	15	3,7	5	3
K25	10	108	1,922	0,8946	2,972	41	4,1	3	3
K26	8	121	1,46	0,6783	2,035	42	5,2	3	2
K27	4	46	0,7836	0,9322	1,864	15	3,7	4	4
K28	22	381	3,534	0,7771	3,465	126	5,7	1	2
K29	9	151	1,594	0,7484	2,372	38	4,2	4	3
K30	4	14	1,137	0,9212	1,842	13	4,3	4	3

The highest number of families was found at K28, K3, K2 while the lowest number of families was found at K20. The stations with the highest diversity, based on the Shannon index, were K28, K11, and K5, while the stations with the highest regularity index was K20 (Table 4). The Shannon–Weaner index value ranges from >3 it indicates clean water, 1–3 indicates moderate pollution, <1 indicates heavy pollution (Wilhm & Dorris, 1968). Shannon diversity index value in the basin was between 1-3. This indicates that the stations in Kura-Aras basin have moderate pollution. The cluster analysis showed that mostly İğdır and Kars stations were grouped and Ardahan stations were grouped together (Figure 3).

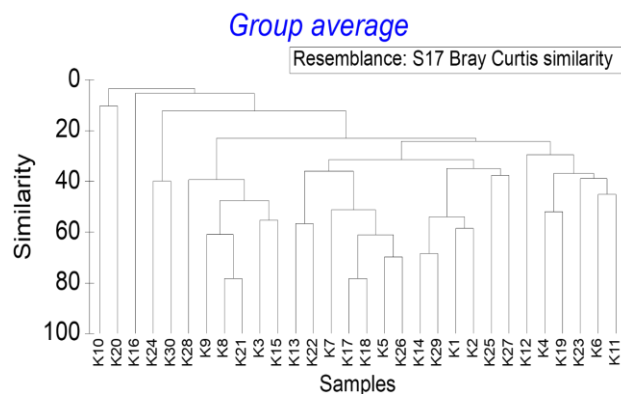


Figure 3. Bray Curtis similarity diagram

The CCA analysis revealed that certain families, such as Prosopistomidae, Sialidae, Hygrobiidae, Drosophiidae, and Gyrinidae, showed a positive correlation with PO₄-P in the studied lakes in the Kura-Aras river basin (Figure 4). However, previous research (Minaya et al., 2013; Kaboré et al., 2016) has shown that families like Ephemeroptera, Trichoptera, and Plecoptera are good indicators of uncontaminated waters, while families such as Baetidae, Caenidae, and Hydropsychidae are more tolerant to changes in environmental conditions. The presence of Baetidae, Caenidae, and Hydropsychidae in polluted stations in the studied area suggests their resistance to current conditions. Furthermore, previous studies (Mauricio da Rocha et al., 2010) have suggested that families such as Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, and Notonectidae reflect ecological and geological changes. In this study, the families of Gyrinidae and Dytiscidae were found to be positively correlated with PO₄-P and potentially more resistant to increased concentrations. Mercan et al. (2022), in their study in 3 different lakes in the Aras river basin, identified 47 taxa belonging to macrozoobenthic fauna and reported the dominant group in these lakes as Chironomidae and Oligochaeta. Arslan and Mercan (2020), recorded 22 species in the study in which they determined the Oligochaeta fauna of Çıldır Lake and emphasized that

these species are new records for the lake. Chironomidae and Oligochaeta, which are known to have high ecological tolerance, were detected in a total of 23 stations during this study, stations with both clean and polluted water characteristics.

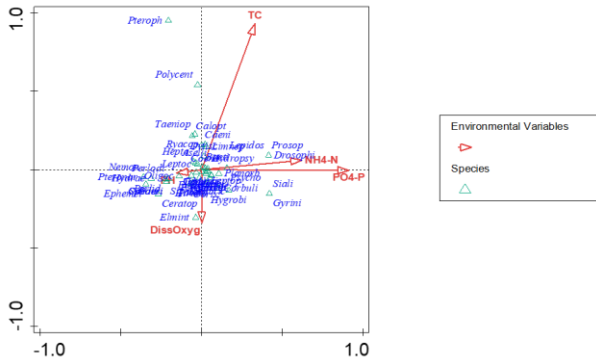


Figure 4. CCA dendrogram in which families and environmental parameters are evaluated together.

CONCLUSION

In this study, benthic invertebrate fauna of the Kura-Aras basin were identified at the family level and stations were evaluated according to biotic indices. Physicochemical parameters were measured simultaneously with invertebrate groups and evaluated according to SWQMR classes. Both physicochemical parameters and biotic index score values showed that the quality of the basin was moderately polluted.

ACKNOWLEDGEMENTS

I thanks to Prof. Dr. Ahmet Mutlu GÖZLER for his literature and assistance in the identification of taxa belonging to Mollusca and Ephemeroptera.

Funding

The Isopoda and Amphipoda samples used in this study were collected with the project coded RTEU-BAP FBA-2021-1211. However, the entire study was not funded by any institution.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

REFERENCES

Adalı, N. (2014). *Su kirliliği açısından hassas alanların ve su kalitesi hedeflerinin belirlenmesi ile hassas alanların yönetimine ilişkin esaslar*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 170.

- Aliyev, S.I. (2022).** The environment of macrozoobenthos of Kura-Aras basin rivers. *Advances in Biology & Earth Sciences*, *7*, 152-167.
- APHA, (1998).** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- Armendariz, L.C., Capitulo, A.R. & Ambrosio, E.S. (2011).** Relationships between the spatial distribution of oligochaetes (Annelida, Clitellata) and environmental variables in a temperate estuary system of South America (Rio de la Plata, Argentina). *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research*, *45*, 263-279.
- Arslan, N. & Mercan, D. (2020).** The aquatic oligochaete fauna of Lake Çıldır, Ardahan-Kars, Turkey, including an up-dated checklist of freshwater annelids known to occur in the country. *Zoosymposia*, *17*, 53-76. DOI: [10.11646/zoosymposia.17.1.8](https://doi.org/10.11646/zoosymposia.17.1.8)
- Baytaşoğlu, H. & Gözler, A.M. (2021).** Evaluation of water quality of Çoruh River Basin (Turkey) using some biotic indices. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *38*, 399-409. DOI: [10.12714/egejfas.38.4.01](https://doi.org/10.12714/egejfas.38.4.01)
- Burgmer, T., Hillebrand, H. & Pfenninger, M. (2007).** Effects of climate-driven temperature changes on the diversity of freshwater macroinvertebrates. *Oecologia*, *151*, 93-103.
- Coşkun, S. (2020).** Aras-Kura Kapalı Havzasının Ortalama Sıcaklık, Yağış ve Akım Verilerinin Trend Analizi (Türkiye), *The Journal of International Social Sciences*, *30*, 29-42
- Çelekli, A., Kayhan, S., Lekez, Ö., Toudjani, A.A. & Çetin, T. (2019).** Limno-ecological assessment of Aras River surface waters in Turkey: application of diatom indices. *Environment Science & Pollution Research*, *26*, 8028-8038.
- Çiçek, E. & Sungur, S. (2016).** Ichthyofauna of the Turkish parts of Kura-Aras River Basin. *FishTaxa*, *1*, 14-26.
- De Pauw, N. & Hawkes, H.A. (1993).** Biological Monitoring of River Water Quality. in: Walley, W.J., Judd, S. (Eds.), *River Water Quality Monitoring and Control*. 87-112 Aston University, Birmingham.
- Ertaş, A. & Yorulmaz, B. (2021).** Assessing water quality in the Kelebek Stream branch (Gediz River Basin, West Antolia of Turkey) using physicochemical and macroinvertebrate-based indices. *Aquatic Research*, *4*, 260-278. DOI: [10.3153/AR21020](https://doi.org/10.3153/AR21020)
- Ertaş, A., Öztürk, S., Yaşartürk, M. & Yorulmaz, B. (2023).** Biological Assessment of Demirci Stream in Gediz River Basin (West Anatolia of Turkey) and Comparative Performance of Benthic Macroinvertebrate-Based Metrics, *Biologia*, *78*, 1103-1112
- Ertaş, A. & Yorulmaz, B. (2022).** Comparative Performance of the Indices Used for Bioassessment of Water Quality of Sangı Stream

- (West Anatolia, Turkey). *Russian Journal of Ecology*, **53**, 312-327
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2017)**. *Water pollution from agriculture: A global review (executive summary)*. Food and Agriculture Organization of the UN. <http://www.fao.org/3/a-i7754e.pdf>.
- Ilyashuk, B.P. (1999)**. Littoral Oligochaeta (Annelida: Oligochaeta) communities in neutral and acidic lakes in the Republic of Karelia, Russia. *Boreal Environmental Research*, **4**, 277-284.
- Kaboré, I., Moog, O., Alp, M., Guenda, W. & Koblinger, T. (2016)**. Using macroinvertebrates for ecosystem health assessment in semi-arid streams of Burkina faso. *Hydrobiologia*, **766**, 57-74. DOI: 10.1007/s10750-015-2443-6
- Kalyoncu, H. & Zeybek, M. (2011)**. An application of different biotic and diversity indices for assessing water quality: A case study in the Rivers Çukurca and Isparta (Turkey). *African Journal of Agricultural Research*, **6**, 19-27.
- Kazancı, N., Ekingen, P., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Dügel, M. & Gültutan, Y. (2010)**. Assessment of ecological quality of Aksu Stream (Giresun, Turkey) in Eastern Black Sea Region by using Water Framework Directive (WFD) methods based on benthic macroinvertebrates. *Review of Hydrobiology*, **3**, 165-184.
- Kazancı, G. N, Türkmen, G. & Başören, Ö. (2015)**. Application of BMWP and using benthic macroinvertebrates to determine the water quality of a transboundary running water Çoruh River Turkey. *Review of Hydrobiology*, **8**, 119-130.
- Kılıç, N.K, Caner, H, Erginal, A.E, Ersin, S., Selim, H.H. & Kaya, H. (2018)**. Environmental changes based on multi-proxy analysis of core sediments in Lake Aktaş, Turkey: preliminary results. *Quaternary International*, **486**, 89-97.
- Kırpık, M.A, Tanrıku, D. & Altunoğlu, M.K. (2019)**. Aktaş (Ardahan) Gölü ve Çevresinin Faunistik Yapısı. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **12**, 89-95.
- Kükrer, S., Seker, S., Abacı, Z.T. & Kutlu, B. (2014)**. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan. Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*, **186**, 3847-3857.
- Lenat, D. (1993)**. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, **12**, 220-222. DOI: 10.2307/1467358
- Mauricio Da Rocha, J.R, Almeida, J.R., Lins, G.A. & Durval, A. (2010)**. Insects as Indicators of Environmental Changing and Pollution: A Review of Appropriate Species and Their Monitoring. *Holos environment*, **10**, 250-262.
- Mercan, D., Arslan, N., Çamur-Elipek, B., Ertorun, N. & Odabaşı, D.A. (2022)**. Aras Nehri havzasındaki (Kuzeydoğu Türkiye) üç gölün (Çıldır, Aktaş ve Aygır) makrozoobentik fauna yapısının ilk değerlendirilmesi. *Aquatic Research*, **5**, 307-318. DOI: 10.3153/AR22030
- Merritt, R., Cummins, K. & Berg, M., (1978)**. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 1st ed.; Kendall/Hunt Publishing Company: Dubuque, Iowa, U.S.A.
- Minaya, V., McClain, M.E., Moog, O., Omengo, F.S. & Gabriel, A. (2013)**. Scale-dependent effects of rural activities on benthic macroinvertebrates and physico-chemical characteristics in headwater streams of the Mara River, Kenya. *Ecological Indicators*, **32**, 116-122. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.03.011
- Moisan, J. & Pelletier, L. (2008)**. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec-cours d'eau peu profonde à substrat grossier. Direction de Suivi de l'Etat de l'Environnement, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs. 86p.
- Ode, P.R, Rehn, A.C. & May, J.T. A. (2005)**. Quantitative tool for assessing the integrity of southern coastal California streams. *Environmental Management*, **35**, 493-504. DOI: 10.1007/s00267-004-0035-8.
- Özbay, H. & Kılınc, S. (2008)**. Limnological studies on the transboundary Turkish soda lake: Lake Aktaş. *Fresenius Environmental Bulletin*, **17**, 722-731.
- Rashid, R. & Pandit, A.K. (2014)**. Macroinvertebrates (Oligochaetes) as indicators of pollution: A review. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, **6**, 140-144. DOI: 10.5897/JENE2014.0443
- Serdar, O & Verep, B. (2018)**. The Investigation of Water Quality of İyidere and Çiftekavak Streams Using Physico-Chemical and Biotic Indexes. *Int. J. Pure Appl. Sci.*, **4**, 61-71.
- Sukatar, A, Yorulmaz, B., Ayaz, D. & Barlas, M. (2006)**. Emiralem Deresi'nin (İzmir-Menemen) Bazı Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik (Bentik Makroomurgasızlar) Özelliklerinin İncelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **10**, 328-333.
- Tanyolac, J. (2004)**. *Limnology* (3rd edition) (in Turkish), Ankara: Hatipoğlu Press. ISBN: 975-752-746-6
- UNDP/GEF. (2007)**. *Kura-Aras River Basin Transboundary Diagnostic Analysis*. TDA report.
- Wetzel, R.G. (2001)**. *Limnology Lake and Reservoir Ecosystems*. Academic Press, San Diego. Third Edition. Academic Press, San Diego. DOI: 10.1016/C2009-0-02112-6
- Wilhm, J.L. & Dorris, T.C. (1968)**. Biological parameters for water quality criteria. *BioScience*, **18**, 477-81. DOI: 10.2307/1294272
- Yeşilbaş, N. & Kapan, K. (2021)**. Kura ve Aras Nehirlerinin Azerbaycan Aran (Kür-Araz) Bölgesi Açısından Jeoekonomik Önemi. *Avrasya İncelemeleri Dergisi*, **10**, 167-192
- Yıldız, D. (2017)**. Transkafkasya'nın Sımsarı Su Sorunları. *World Water Diplomacy & Science News*, 10001, 1-25.

- Yontar, B. (2009).** *Aras Havzası'nda yayılı kirletici kaynakların belirlenmesi ve yönetim önerileri.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 116s.
- Yorulmaz, B. & Ertaş, A. (2021).** Water quality assesment of Selendi stream and comparative performance of the indices based on benthic macroinvertebrates and physical parameters. *Biologia*, **76**, 2599-2607.
- Zeeb, S. (2010).** Adaptation to Climate Change in the Kura-Aras River Basin, River Basin Snapshot Draft for Discussion, Competence Center Water and Waste Management, 46.
- Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakaş, B. & Özgül, S. (2014).** The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). *Turkish journal of Zoology*, **38**, 603-613
- Zeybek, M. (2017).** Macroinvertebrate-based biotic indices for evaluating the water quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, **41**, 476-486. DOI: [10.3906/zoo-1602-10](https://doi.org/10.3906/zoo-1602-10)



Farklı Işık Yoğunluğunun Diploid ve Triploid Çoruh Alabalığı (*Salmo coruhensis*) Larvalarının Besin Kesesi Tüketimi Üzerine Etkisi ^[*]

Mete TUZCU Fatma DELİHASAN SONAY*

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 53100 Fener, Rize

Geliş Tarihi: 26.07.2023

Kabul Tarihi: 13.09.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atf yapmak için: Tuzcu, M. & Delihasan Sonay, F. (2023). Farklı ışık yoğunluğunun diploid ve triploid Çoruh alabalığı (*Salmo coruhensis*) larvalarının besin kesesi tüketimi üzerine etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 484-491. <https://doi.org/10.35229/jaes.1333133>
How to cite: Tuzcu, M. & Delihasan Sonay, F. (2023). Effect of different light intensity on yolk sac consumption of diploid and triploid larvae of Coruh trout (*Salmo coruhensis*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 484-491. <https://doi.org/10.35229/jaes.1333133>

*ID: <http://orcid.org/0000-0002-0511-4782>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1059-452X>

*Sorumlu yazarın:

Fatma DELİHASAN SONAY
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 53100 Fener,
Rize, Türkiye
✉: fatma.delihasan@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışmada triploid ve diploid Çoruh alabalığı (*Salmo coruhensis*) larvalarının besin kesesi tüketimi üç farklı ışık yoğunluğunda, gün-derece ile boy (L), toplam yaş larva ağırlığı (W_{TYA}), kuru larva ağırlığı (W_{KLA}), kuru kese ağırlığı (W_{KKA}), kuru besin kesesi tüketimi (BKT), günlük ağırlıkça büyüme oranı (ABO) ve gelişim indeksi (K_D) değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Yumurtadan yeni çıkan larvalar normal gün uzunluğu (N), 24 saat aydınlık (24A) ve 24 saat karanlık (24K) ortamda kese tükeninceye kadar tutulmuştur. Araştırma sonucunda boy, toplam yaş larva ve kuru larva ağırlıkları ile gün-derece arasında artan, kuru besin kesesi için azalan lineer ilişkiler belirlenmiştir. En iyi büyüme ve gelişim indeksi triploid 24A ve N gruplarında tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu sonuçlar, triploid ve diploid alabalık yavru yetiştiriciliği yapan kuluçkahanelerin verimliliğini artırmak için kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Besin kesesi tüketimi, diploid, ışık, larva büyüme, Salmonidae, triploid.

Effect of Different Light Intensity on Yolk Sac Consumption of Diploid and Triploid Larvae of Coruh Trout (*Salmo coruhensis*)

Abstract: In this study, the relationships between yolk sac consumption of triploid and diploid Coruh trout (*Salmo coruhensis*) larvae at three different light intensities, day-degrees and length (L), total wet larvae weight (W_{TYA}), dry larvae weight (W_{KLA}), dry yolk sac weight (W_{KKA}), dry yolk sac consumption rate (BKT), daily weight growth rate (ABO) and development index (K_D) were investigated. Newly hatched larvae were kept in a normal day length (N), 24-hour dark (24K) and 24-hour light (24A) environment until the yolk sac was consumed. As a result of the research, linear relationships were determined between length, total wet larvae weight and dry larvae weights and day-degree increased while dry yolk sac decreased. The best growth and development index was found in triploid 24-hour light and normal day length ($P<0.05$). These results can be used to increase the productivity of hatcheries breeding triploid and diploid trout fry.

*Corresponding author:

Fatma DELİHASAN SONAY
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of
Fisheries, Department of Aquaculture, 53100
Fener, Rize, Türkiye.
✉: fatma.delihasan@erdogan.edu.tr

Keywords: Yolk sac consumption, diploid, light, larvae growth, Salmonidae, triploid.

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde kültür balıkçılığı gıda üretiminde en hızlı büyüyen sektörler arasında (Yıldırım, & Çantaş, 2022) ve geleceğin protein kaynağı olarak kabul edilmektedir. Diğer tarım ürünlerinde olduğu gibi kültür balıkçılığında ürün miktarını artırmak ve üretim maliyetini

düşürmek için birçok biyoteknolojik uygulamalar kullanılmaktadır (Bromage & Roberts, 1996; Sonay, 2013; Tuzcu, 2017; Sonay & Kavuk, 2023). Kültür balıkçılığında triploid balık üretimi bireylerin kısır olması, daha iyi büyüme performansı, yaşama oranı, yem dönüşüm oranı göstermesi, daha kaliteli balık eti üretimi, doğal popülasyona kaçması durumunda genetik ve ekolojik etkiye zarar

[*] Bu makale, Mete TUZCU'nun yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from Mete TUZCU's master thesis..

vermemesi sebebiyle yoğun olarak uygulanmaktadır (Sonay, 2013; Sonay vd., 2021). Ayrıca, Avrupa Birliği mevzuatına göre (90/220/CEE 23 Nisan 1990) (URL-2) genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) olarak kabul edilmemesi triploidizasyon uygulamasını artırmıştır (Piferrer vd., 2009; Yılmaz vd., 2017).

Yüksek yumurta ve larva kalitesine sahip olan alabalıklarda (Bromage vd., 1992), yumurta, larva kalitesi ve büyümeyi etkileyen birçok faktör (su sıcaklığı, tuzluluk, çözülmüş oksijen, balık büyüklüğü, cinsi gelişme, ışık, stoklama yoğunluğu, besin gereksinimlerinin karşılanması, balığın sağlık durumu ve sosyal hiyerarşi, dinamiklik, biyoteknolojik uygulamalar vb.) bulunmaktadır (Başçınar, 2001; Kocabaş, 2009; Tuzcu, 2017). Ayrıca, bu faktörlerden birçoğu larvanın besin kesesi tüketimi ve ilk yemleme zamanı üzerinde de etkilidir.

Farklı alabalık türlerinin farklı çevresel faktörler altında besin kesesi tüketimi çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır: Abant alabalığı (*Salmo abanticus*) (Kocabaş vd., 2011), Atlantik somonu (*Salmo salar*) (Hansen & Møller, 1985; Peterson & Martin-Robichaud, 1995), chinook somonu (Beer & Anderson, 1997), Çoruh alabalığı (*S. coruhensis*) (Tuzcu, 2017), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Başçınar, 2010; Golchinfar vd., 2011; Başçınar & Sonay, 2016), gökkuşağı alabalığı (*Salmo gairdneri*) (Hodson & Blunt, 1986), kahverengi alabalık (*Salmo trutta caspius*) (Kocabaş vd., 2012), deniz alabalığı (*Salmo trutta*) (Hansen, 1985), Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*) (Başçınar vd., 2005; Başçınar vd., 2008; Civelek, 2012; Kocabaş vd., 2016), kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) (Başçınar vd., 2003; Başçınar & Okumuş, 2004; Önder, 2013; Önder vd., 2014; Önder vd., 2016). Ayrıca, Karadeniz alabalığı, kaynak alabalığı ve hibridlerinde (Başçınar vd., 2010) ve Abant alabalığı, kaynak alabalığı ve hibridlerinde (Sonay & Kavuk, 2023) besin kesesi tüketimi çalışmaları yapılmıştır.

Çoruh alabalığı (*S. coruhensis*) Turan vd. (2009) tarafından Karadeniz'in Güneydoğu kıyılarına dökülen akarsu ve nehirlerle (batıda Yeşilirmak, doğuda Çoruh nehri) ait yeni bir tür olarak bildirilmiştir (URL-1). Bölgede bulunan birçok işletmede yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Bu çalışmamızda, yumurtadan çıkışa kadar kaynak suyunda kuluçkalan triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarının üç farklı aydınlatma ortamında serbest yüzme anına kadar olan besin kesesi tüketimi ve büyüme oranları belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Damızlık Balık Materyali ve Triploidizasyon: Bu çalışmada ortalama boyu 49,5 ± 10,3 cm, ağırlığı 1769,8 ± 835,8 g olan 10 adet dişi ve ortalama boyu 48,3±5,0 cm, ağırlığı 1459,0±101,1 g olan 5 adet erkek damızlık Çoruh alabalığı kullanılmıştır. Damızlık balıklar Recep Tayyip

Erdoğan Üniversitesi İyidere Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden temin edilmiştir.

Damızlık balıklardan elde edilen yumurtalardan ortalama 5000 adedi döllenikten sonra kuluçka dolabına yerleştirilmiştir. Triploid balık üretimi için ortalama 15000 adet yumurtaya, döllenme işleminden 10 dakika sonra 10 dakika süre ile 28°C sıcaklıkta şok uygulanmıştır. Triploidizasyon uygulaması için 28°C sıcaklık şoku kahverengi alabalıklarda (Crozier & Moffett, 1989; Liu & Quillet, 1989; Quillet vd., 1991; Kalbassi vd., 2009; Kızak vd., 2013; Sonay, 2013; Çakmak vd., 2019; Sonay vd., 2021) farklı çalışmalarla belirlenmiştir. Sıcaklık şoku uygulamasından sonra elde edilen triploid döllenmiş yumurtalar da 40 cm çaplı alüminyum tablaların bulunduğu kuluçka dolaplarına yerleştirilmiştir.

Çoruh alabalığının yumurta çapı 5,4±0,8 mm ve çalışma süresince su sıcaklığı ortalama 11,76± 0,65°C olarak ölçülmüştür.

Triploid Oranının Belirlenmesi: Yumurtadan çıkan diploid ve triploid prelarvaların bir bölümü triploid oranını belirlemek için büyütülmüştür. Triploid oranını belirlemede eritrosit çap ve çekirdek ölçümü yapılmıştır. Ortalama boy ve ağırlıkları diploidlerde 8,6±0,49 cm, 5,46±0,44 g, triploidlerde 8,1±0,99 cm ve 5,21±1,75 g olan yavrulardan kan alınarak froti hazırlanmıştır. Giemsa boyama işleminden sonra eritrosit ölçümleri yapılmıştır (Akhan vd., 2011a; Akhan vd., 2011b). Ploidi oranını belirlemek amacıyla 50 adet diploid ve 50 adet triploid yavru balık kullanılmıştır. Her balık için üç paralel froti hazırlanmış ve her preparattan 50 eritrosit hücresinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık şoku ile triploid uygulaması sonucunda %75,25±0,46'lik triploid oranı belirlenmiştir.

Besin Kesesi Tüketiminin Belirlenmesi: Besin kesesi tüketim araştırması yumurtaların %90'nın açıldığı gün başlatılmıştır. Triploid ve diploid her grupta 500 prelarva olacak şekilde, üç farklı aydınlatmada (normal gün uzunluğu (N), 24 saat aydınlık grubu (24A) ve 24 saat karanlık (24K)), üç tekerrürlü olacak şekilde 10 litre hacme sahip cam akvaryumlara konularak deneme kurulmuştur. 24K için tamamen karanlık ortam oluşturulurken, 24A için florasan lamba kullanılmıştır. Larva örneklemeleri her hafta (477, 545, 625, 704, 782, 864 Gün-Derecelerde) ve rastgele onar adet olarak yapılmıştır. Örneklenen larvalar %10'luk formaldehit içerisinde koyu renk cam şişelerde muhafaza edilmiştir. Örneklemeler larvaların besin keseleri tamamen tükeninceye kadar devam etmiştir. Üç hafta %10'luk formaldehitte fikse edilen larvaların besin keseleri ile vücutları pens ve neşter yardımı ile ayrıştırılarak ayrı ayrı ağırlıkları ölçülmüştür. Kese ve larva vücutları 60 °C sıcaklıkta etüvde 48 saat boyunca kurutulmuştur (Hansen, 1985; Hansen & Møller, 1985; Hodson & Blunt, 1986). Kurutulan kese ve larva vücut ağırlıkları ayrı ayrı tekrar

ölçülmüştür. Elde edilen ölçümler sonucunda; boy (L), toplam yaş ağırlık (W_{TYA}), kuru larva ağırlığı (W_{KLA}) ve kuru kese ağırlık (W_{KKA}) değerleri belirlenmiştir (Tablo 1). Kuru besin kesesi tüketimi (BKT; mg/gün), günlük ağırlıkça büyüme oranı (ABO; mg/gün) ve gelişim indeksi (K_D) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Hodson & Blunt, 1986; Peterson & Martin-Robichaud, 1995; Başçınar, 2008; Başçınar & Sonay, 2016):

$$BKT = (K_0 - K_t) / t$$

$$ABO \text{ (mg/gün)} = (A_t - A_0) / t$$

$$K_D = 10 \times A^{1/3} / B$$

Burada; t: süre (gün), K_0 ve K_t : başlangıç ve t anındaki kesenin kuru ağırlıkları (mg), A_t ve A_0 : başlangıç ve t anındaki larva ağırlıkları, B: Boy (mm), A: Ağırlık (mg)'dir.

Larvaların boy ve toplam yaş ağırlık verileri alındıktan sonra besin kesesi ve larva birbirinden ayrılmaktadır, bu ayırma işlemi esnasında bir miktar sıvı açığa çıkmaktadır. Bu sıvının miktarı tam olarak belirlenememesinden dolayı bazı hesaplamalar için kuru ağırlıklar tercih edilmektedir (Hansen & Møller, 1985; Başçınar vd., 2005; Başçınar & Sonay, 2016).

İstatistiksel Analizler: Çalışma sonunda verilerin değerlendirilmesinde ve analizler için Excel ve SigmaPlot 11.0 paket programları kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde parametrelerinin karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ve Duncan testi, ilişkilerin belirlenmesinde ise regresyon analizi, regresyon katsayılarının karşılaştırılmasında kovaryans analizi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yumurtalar 251,02 Gün-Derecede gözlenmiş ve 411,84 Gün-Derecede çıkmıştır. Gözlenme ve çıkış süreleri yönünden triploid ve diploid gruplar arasında istatistiksel fark görülmemiştir ($P>0,05$).

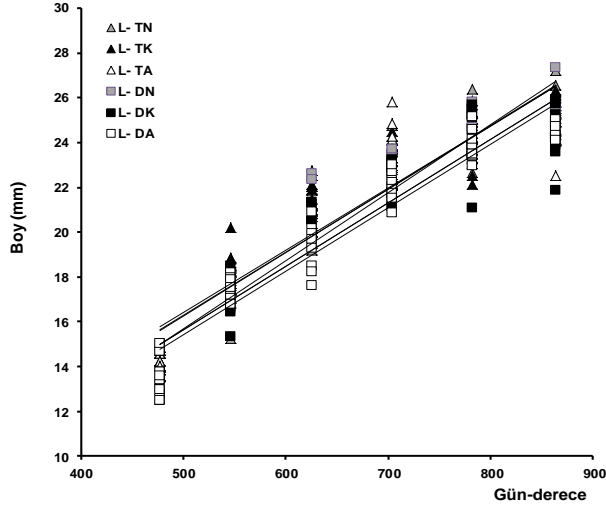
Triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarında Gün-Derece ile boy (Şekil 1), toplam yaş larva ağırlığı (Şekil 2), kuru larva ağırlığı (Şekil 3) ve kuru kese ağırlığı (Şekil 4) belirlenmiştir. Triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarının ortalama boy değerlerinde çalışma başında ve sonunda istatistiksel fark ortaya konulmamıştır. Larvaların başlangıç ortalama boy değerleri triploidlerde $14,15 \pm 0,44$ mm, diploidlerde $13,61 \pm 0,75$ mm olarak ölçülürken, çalışma sonunda (864 Gün-Derece) triploidlerde N grubunda $25,38 \pm 1,01$ mm, 24K grubunda $25,33 \pm 0,69$ mm, 24A grubunda $24,76 \pm 0,97$ mm; diploidlerde ise N grubunda $25,33 \pm 0,81$ mm, 24K grubunda $24,65 \pm 1,24$ mm ve 24A grubunda $24,60 \pm 0,33$ mm olarak ölçülmüştür (Şekil 1; Tablo 1; 2).

Çalışma başlangıcında toplam yaş larva ağırlığı triploidlerde $87,54 \pm 10,98$ mg ve diploidlerde $83,47 \pm 10,28$ mg olarak ölçülürken, çalışma sonunda diploid 24K ve 24A

gruplar ile triploid N ve 24A grupları arasında istatistiksel fark ortaya konulurken ($P<0,05$) diğer gruplar benzerlik göstermiştir. En hızlı büyüme $131,70 \pm 12,62$ mg toplam yaş larva ağırlığı ile triploid 24A grupta belirlenmiştir (Şekil 2) (Tablo 1; 2). Elde edilen kuru larva ağırlığı ve kuru kese ağırlık değerleri üzerinde N, 24A ve 24K gruplar içerisinde etkili olmadığı ancak triploid ve diploid larvaların istatistiksel fark ortaya koyduğunu göstermiştir. Triploid larvalar diploidlerden kuru larva ağırlığı yönünden daha yüksek değerlere sahipken, kese ağırlığı olarak daha düşüktür. Triploid larvalar keseyi daha çabuk tüketmiştir ($P<0,05$). Besin kesesi tüketimi ile ilgili benzer çalışmalarda olduğu gibi zamana bağlı olarak larva ağırlığı pozitif yönde (Şekil 3), besin kesesi tüketimi ise negatif yönde (Şekil 4) ilişki ortaya koymuştur (Tablo 1) (Başçınar vd., 2003; Başçınar, 2010; Kocabaş vd., 2011; Kocabaş vd., 2012; Civelek, 2012; Başçınar & Sonay, 2016; Önder vd., 2016; Sonay ve Kavuk, 2023). Ayrıca, zamana bağlı olarak boy, toplam yaş ağırlık, kuru larva ağırlığı ve kuru kese ağırlığı değerleri arasında önemli ilişkiler ve bu ilişkilerle ilgili modeller Tablo 2'de verilmiştir. Triploid ve diploid gruplarda karanlık ışık ortamında tutulan larvalar en düşük ağırlık artışı göstermiştir. Önder vd., (2016) kaynak alabalığında (*S. fontinalis*) en iyi ağırlık artışının 24 saat aydınlık, en düşük ağırlık artışının 24 saat karanlıkta tutulan ortamlarda elde ederken, bu çalışmaların aksine Başçınar & Sonay (2016) gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) larvalarında 24 saat karanlık uygulamasında larvaların daha iyi büyüme ortaya koyduğunu bildirmiştir. Ayrıca farklı türlerin; levrek (*Dicentrarchus labrax*) (Barahona-Fernandes, 1979; Villamizar vd., 2009), Barramundi (Asya levreği) (*Lates calcarifer*) (Barlow vd., 1995), Atlantik morinası (*Gadus morhua*) (Puvanendran & Brown, 2002) farklı ışık şiddetinde besin kesesi tüketimlerinde farklılıklar oluşmuştur.

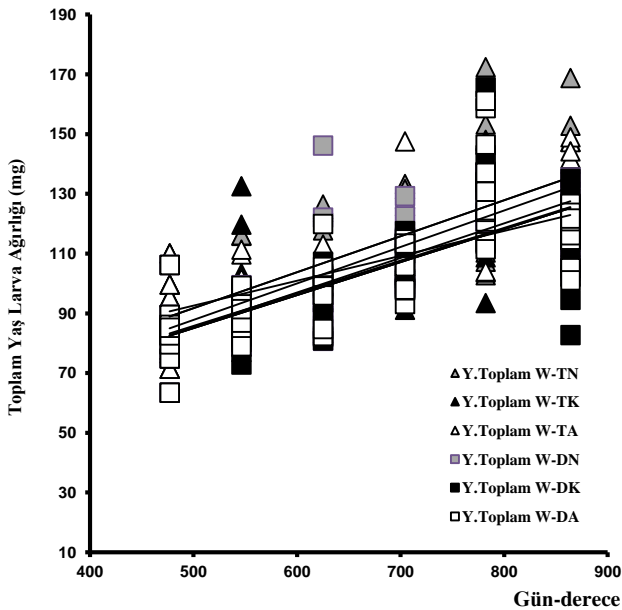
Balık çiftliklerinde kuluçkahanelerin en kritik dönemleri larvanın besin kesesi tüketimi, ilk yemleme zamanı, yeme alıştırma ve çevresel faktörlerdir. Larvaların ilk beslenme zamanı maximum larva ağırlığına ulaştıkları andır (Başçınar, 2010). Bu dönemde büyüme oranı sıfır, yani anabolik ve katabolik oranlar birbirine eşit hale gelmektedir (Beer & Anderson, 1997; Başçınar vd., 2008). Bu dönemden sonra larvanın besin kesesi absorpsiyonu ile elde ettiği enerji, ihtiyacı karşılamadığından larvanın ağırlığında azalma meydana gelmekte, gelişim indeksi değeri düşmekte ve canlının su içeriği artmaktadır (Başçınar vd., 2008). Literatürde larvanın maksimum ağırlığa ulaştığında gösterdiği gelişim indeksi değeri "2" civarında olduğu bildirilmiştir (Peterson & Martin-Robichaud, 1995). Bu çalışmaya ait gelişim indeksi değerleri Tablo 1'de belirtilmiştir. En yüksek gelişim indeksi triploid 24A grupta meydana gelmiştir ($p<0,05$). Daha önce yapılan çalışmalarda farklı Salmonid türlerine ait gelişim indeksi değerleri

belirlenmiştir: Atlantik salmon (*S. salar*) 1,98 (Peterson & Martin-Robichaud, 1995), gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) 2,15 (Başçınar, 2010), 1,92 (Başçınar & Sonay, 2016), Abant alabalığı (*S. abanticus*) 2,09 (Kocabaş vd., 2011), 2,15 (Sonay & Kavuk, 2023), Karadeniz alabalığı (*S. t. labrax*) 1,85-1,89 (Başçınar vd., 2008), 2,34 (Civelek, 2012), *S. t. caspius*' da 2,05 (Kocabaş vd., 2012), kaynak alabalığı (*S. fontinalis*) 2,27 (Önder vd., 2013), 1,96-2,02 (Önder vd., 2014), 1,88-1,94 (Önder vd., 2016), 2,24 (Sonay & Kavuk, 2023).



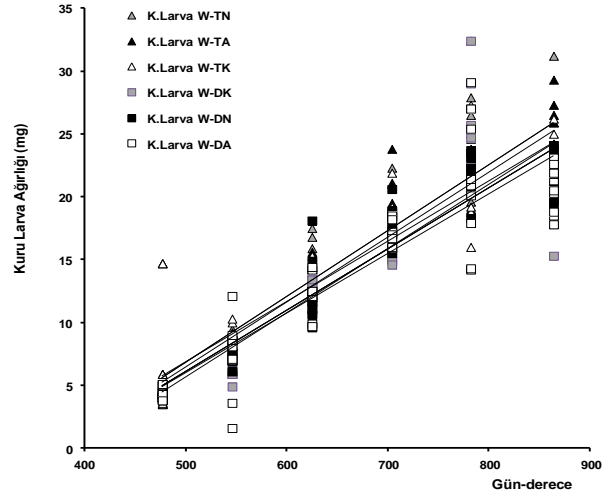
Şekil 1. Triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarında boy - gün-derece ilişkisi (Boy (L), Triploid (T), Diploid (D), Normal gün uzunluğu (N), 24 saat karanlık (K), 24 saat aydınlık (A)).

Figure 1. Relationship between length - day-degree in triploid and diploid Çoruh trout larvae. (Length (L), Triploid (T), Diploid (D), Normal day length (N), 24 hours dark (K), 24 hours light (A)).



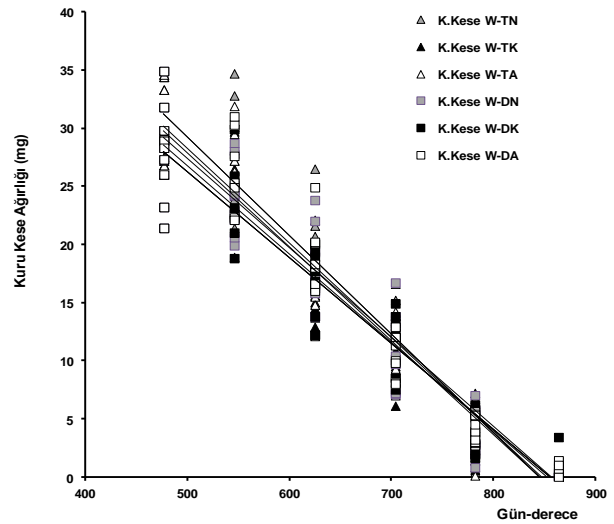
Şekil 2. Triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarında toplam yaş larva ağırlık - gün-derece ilişkisi (Yaş (Y), Ağırlık (W), Triploid (T), Diploid (D), Normal gün uzunluğu (N), 24 saat karanlık (K), 24 saat aydınlık (A)).

Figure 2. Relationship between total wet larval weight - day-degree in triploid and diploid Çoruh trout larvae (Wet (Y), Weight (W), Triploid (T), Diploid (D), Normal day length (N), 24 hours dark (K), 24 hours light (A)).



Şekil 3. Triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarında kuru larva ağırlığı - gün-derece ilişkisi (Kuru (K), Ağırlık (W), Triploid (T), Diploid (D), Normal gün uzunluğu (N), 24 saat karanlık (K), 24 saat aydınlık (A)).

Figure 3. Relationship between dry larval weight - day-degree in triploid and diploid Çoruh trout larvae (Dry (K), Weight (W), Triploid (T), Diploid (D), Normal day length (N), 24 hours dark (K), 24 hours light (A)).



Şekil 4. Triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarında kuru kese ağırlığı - gün-derece ilişkisi (Kuru (K), Ağırlık (W), Triploid (T), Diploid (D), Normal gün uzunluğu (N), 24 saat karanlık (K), 24 saat aydınlık (A)).

Figure 4. Relationship between dry yolk sac weight - day-degree in triploid and diploid Çoruh trout larvae (Dry (K), Weight (W), Triploid (T), Diploid (D), Normal day length (N), 24 hours dark (K), 24 hours light (A)).

SONUÇ

Alabalık yetiştiriciliğinde en yaygın kullanılan biyoteknolojik uygulama triploidizasyon işlemidir. Triploidizasyon uygulaması balıkların farklı dönemlerinde gelişim üzerinde etkili olmaktadır. Bu etkiler daha çok gonadal gelişim ve büyüme üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak, balıkların gelişiminde en önemli dönemlerden biri besin keseli dönemdir. Bu dönemde su sıcaklığı, tuzluluk, çözülmüş oksijen, ışık vb. birçok çevresel faktör kese tüketimi üzerinde etkilidir. Bu çalışmada üç farklı ışık ortamında triploid ve diploid larvaların büyümeleri ve besin kesesi tüketimleri takip edilerek triploid ve diploid Çoruh

alabalığı larvalarının larval gelişimleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda triploid ve diploid Çoruh alabalığı larvalarının toplam yaş ağırlık, kuru larva ağırlığı ve gelişim indeksi değerleri en iyi triploid 24A grupta, daha sonra triploid N grubunda belirlenmiştir.

Bu araştırma sonuçları, alabalık kuluçkahaneleri açısından önemli bilgileri ve uygulamaları ortaya koymakta, teknik uzmanlara tecrübe potansiyeli taşımaktadır. Özellikle triploid ve diploid *S. coruhensis* larvalarının erken yaşam evrelerini optimize etmeye yardımcı olacaktır.

Tablo 1. Çalışma başlangıcı ve sonu boy (L; mm), toplam yaş larva ağırlığı (W_{TYA} ; mg), kuru larva ağırlığı (W_{KLA} ; mg), kuru kese ağırlığı (W_{KKA} ; mg), kuru besin kesesi tüketimi (BKT; mg/gün), günlük ağırlıkça büyüme oranı (ABO; mg/gün) ve gelişim indeksi (K_D) değerleri.

Table 1. Length (L; mm), total wet larvae weight (W_{TYA} ; mg), dry larvae weight (W_{KLA} ; mg), dry yolk sac weight (W_{KKA} ; mg), dry yolk sac consumption rate (BKT; mg/gün), daily weight growth rate (ABO; mg/gün) and development index (K_D) values at the beginning and end of the study.

Çalışma Başlangıcı		Çalışma Sonu		F	P			
Diploid	Triploid	Diploid	Triploid					
L (mm)	13,61±0,75	14,15±0,44		1,98	*			
W_{TYA} (mg)	83,47±10,28	87,54±10,98		0,40	*			
W_{KLA} (mg)	4,34±0,41	5,32±3,20		0,51	*			
W_{KKA} (mg)	28,07±3,72	29,63±3,17		0,55	*			
Çalışma Sonu		Çalışma Sonu		F	P			
Diploid	Triploid	Diploid	Triploid					
L (mm)	25,33±0,81	24,65±1,24	24,60±0,33	25,38±1,01	25,33±0,69	24,76 ±0,97	1,64	*
W_{TYA} (mg)	119,32±8,87 ^{ab}	113,98±15,02 ^a	115,70±9,00 ^a	130,91±19,75 ^b	117,28±10,83 ^a	131,70±12,62 ^b	3,14	**
W_{KLA} (mg)	21,44±1,55 ^a	21,07±2,77 ^a	20,67±1,72 ^a	23,23±3,54 ^b	23,36±2,29 ^b	24,08±3,03 ^b	2,38	**
W_{KKA} (mg)	0,56±0,14 ^a	0,55±0,99 ^a	0,60±0,50 ^a	0,10±0,27 ^b	0,06±0,02 ^b	0,27±0,18 ^b	2,44	**
BKT (mg/gün)	0,80±0,11	0,79±0,12	0,79±0,11	0,84±0,09	0,85±0,09	0,84±0,09	0,71	*
ABO (mg/gün)	1,02±0,38	0,87±0,59	0,92±0,29	1,24±0,70	0,85±0,46	1,26±0,43	1,24	*
K_D	1,94±0,08 ^a	1,96±0,09 ^a	1,98±0,06 ^a	1,99±0,06 ^{ab}	1,93±0,07 ^a	2,05±0,06 ^b	3,51	**

*P>0,05; **P<0,05; ***P<0,001

Tablo 2. Boy, toplam yaş larva ağırlığı, kuru larva ağırlığı ve kuru kese ağırlığı ile zaman (Gün-Derece) arasındaki ilişkiler (Triploid (T), Diploid (D), Normal gün uzunluğu (N), Aydınlık (A), Karanlık (K)).

Table 2. Relationships between length, total wet larvae weight, dry larvae weight and dry yolk sac weight and time (Day-Degree) (Triploid (T), Diploid (D), Normal day length (N), 24 hours light (A), 24 hours dark (K)).

Gruplar	a		R ²
	Boy-Zaman	b	
Boy-DN	0,489	0,030	0,905
Boy-DA	1,259	0,028	0,923
Boy-DK	1,469	0,028	0,871
Boy-TN	2,052	0,028	0,885
Boy-TA	2,260	0,028	0,860
Boy-TK	2,562	0,027	0,875
Toplam yaş larva ağırlığı - Zaman			
Yaş toplam ağırlık-DN	27,365	0,112	0,593
Yaş toplam ağırlık-DA	29,933	0,110	0,529
Yaş toplam ağırlık-DK	31,073	0,109	0,538
Yaş toplam ağırlık-TN	31,544	0,120	0,531
Yaş toplam ağırlık-TA	50,900	0,083	0,432
Yaş toplam ağırlık-TK	26,626	0,122	0,632
Kuru larva ağırlığı - Zaman			
Kuru larva ağırlığı-DN	-18,202	0,049	0,903
Kuru larva ağırlığı-DA	-19,915	0,051	0,828
Kuru larva ağırlığı-DK	-17,703	0,047	0,808
Kuru larva ağırlığı-TN	-19,455	0,053	0,825
Kuru larva ağırlığı-TA	-17,133	0,048	0,857
Kuru larva ağırlığı-TK	-19,471	0,052	0,877
Kuru kese ağırlığı - Zaman			
Kuru kese ağırlığı-DN	64,742	-0,076	0,929
Kuru kese ağırlığı-DA	63,236	-0,074	0,928
Kuru kese ağırlığı-DK	65,875	-0,077	0,934
Kuru kese ağırlığı-TN	71,567	-0,085	0,928
Kuru kese ağırlığı-TA	68,285	-0,081	0,939
Kuru kese ağırlığı-TK	69,067	-0,082	0,931

Regresyon: $Y = a + bx$, a: sabit değer, b: eğim

TEŞEKKÜR

Bu çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiş ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi BAP tarafından 2014.103.02.01 nolu proje ile desteklenmiştir. Bu verilerin küçük bir bölümü II. Ulusal Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Gamet Biyolojisi Çalıştayı (19-21 Nisan 2016, Muğla)'nda sözlü olarak sunulmuştur. Bu çalışmada, laboratuvar çalışmalarında ve verilerin analizinde bana

yardımcı olan Prof. Dr. Nadir BAŞÇINAR ve Doç. Dr. İlker Zeki KURTOĞLU'na teşekkür ederim

ETİK ONAY

Bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Hayvan Denepleri Yerel Etik Kurulu onayı (Karar No: 2014/30) ile gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akhan, S., Serezli, R. & Delihasan Sonay, F. (2011a).** Hematology of diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Black Sea trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814) and their F1 hybrids. *The Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgeh*, **63**, 4. DOI: [10.1111/j.1365-2109.2010.02755.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02755.x)
- Akhan, S., Delihasan Sonay, F., Okumus, I., Köse, Ö. & Yandi, I. (2011b).** Inter-specific hybridization between Black Sea trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Aquaculture Research*, **42**, 1632-1638. DOI: [10.1111/j.1365-2109.2010.02755.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02755.x)
- Barahona-Fernandes, M.H. (1979).** Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax* (L.) reared at the Centre Oceanologique de Bretagne. *Aquaculture*, **17** (4), 311-321. DOI: [10.1016/0044-8486\(79\)90086-3](https://doi.org/10.1016/0044-8486(79)90086-3)
- Barlow, C.G., Pearce, M.G., Rodgers, L.J. & Clayton, P. (1995).** Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*, **138**(1-4), 159-168. DOI: [10.1016/0044-8486\(95\)01073-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01073-4)
- Başçınar, N. (2001).** *Kaynak Alabalığının (Salvelinus fontinalis Mitchell, 1814) Doğu Karadeniz Koşullarında Tatlısu ve Deniz Suyunda Kültür Potansiyelinin İrdelenmesi: Optimum Çevre İstekleri, Döl Verimi, Beslenme ve Büyüme Özellikleri*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 113s.
- Başçınar, N., Okumuş, I. & Serezli, R. (2003).** The development of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) embryos during the yolk sac period. *Turkish Journal of Zoology*, **27**, 227-230. DOI: [journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol27/iss3/8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90355-O)
- Başçınar, N. & Okumuş, I. (2004).** The early development of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill): survival and growth rates of alevins. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* **28**, 297-301. DOI: [journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol28/iss2/8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90355-O)
- Başçınar, N., Aksungur, N. & Çakmak, E. (2005).** Yolk sac consumption and growth rates of Black Sea trout alevins (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) at three different water temperature regimes. *Ege University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **22**(3-4), 403-406. (In Turkish). DOI: [10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942](https://doi.org/10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942)
- Başçınar, N., Çakmak, E. & Aksungur, N. (2008).** Length increasing, maximum alevin weight, and development indices of Black Sea trout alevins (*Salmo trutta labrax* PALLAS 1811) in three different water temperature regimes. *Journal of Eğirdir Fisheries Faculty of Süleyman Demirel University*, **4**, 1-2. DOI: [10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942](https://doi.org/10.12714/egejfas.2005.22.3.5000156942)
- Başçınar, N. (2010).** Effect of low salinity on yolk sac absorption and alevin wet weight of rainbow trout larvae (*Oncorhynchus mykiss*). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, **62**(2), 116-121. DOI: [10.46989/001c.20581](https://doi.org/10.46989/001c.20581)
- Başçınar, N., Atasaral, Ş.Ş., Kocabaş, M. & Okumuş, I. (2010).** Comparison of hatching performances and yolk sac absorptions of Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811), brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) and their hybrid. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **16**(Suppl-B): S205-S209. DOI: [10.9775/kvfd.2009.1226](https://doi.org/10.9775/kvfd.2009.1226)
- Başçınar, N. & Sonay, F.D. (2016).** Effects of photoperiod regime on growth and efficiency of yolk utilization in yolk-sac fry of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pakistan Journal of Zoology*, **48**(6), 1757-1761.
- Beer, W.N. & Anderson, J.J. (1997).** Modelling the growth of Salmonid embryos. *Journal of Theoretical Biology*, **189**, 297-306. DOI: [10.1006/jtbi.1997.0515](https://doi.org/10.1006/jtbi.1997.0515)
- Bromage, N., Jones, J., Randall, C., Thrush, M., Davies, B., Springate, J., Duston, J. & Barker, G. (1992).** Broodstock management, fecundity, egg quality and timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture*, **100**, 141-166. DOI: [10.1016/0044-8486\(92\)90355-O](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90355-O)
- Bromage, N.R. & Roberts, R.J. (1996).** *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science, Oxford, UK, 436.
- Civelek, R.O. (2012).** *Karadeniz Alabalığı (Salmo trutta labrax Pallas, 1811) Larvalarının Düşük Tuzluluklarda Besin Kesesi Tüketimi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 54 s.
- Crozier, W.W. & Moffett, I.J.J. (1989).** Experimental production of triploid brown trout, *Salmo trutta* L., using heat shock. *Aquaculture & Fisheries Management*, **20**, 343-353. DOI: [10.1111/j.1365-2109.1989.tb00362.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1989.tb00362.x)
- Çakmak, E., Çankırılıgil, E.C., Düzgüneş, Z.D., Özel, O.T., Eroğlu, O. & Firdin, Ş. (2019).** Triploid Black Sea trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814) induced by heat shock and evaluation of triploidy

- with different techniques. *Genetics of Aquatic Organisms*, 3(1), 01-07. DOI: 10.4194/2459-1831-v3_1_01
- Golchinfar, F., Zamani, A., Hajimoradloo, A. & Madani, R. (2011).** Assessment of digestive enzymes activity during the fry development of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: from hatching to primary stages after yolk sac absorption. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10(3), 403-414. DOI: 20.1001.1.15622916.2011.10.3.4.7
- Hansen, T. (1985).** Artificial hatching substrate: Effect on yolk absorption, mortality and growth during first feeding of sea trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 46(1985), 275-285. DOI: 10.1016/0044-8486(85)90105-X
- Hansen, T.J. & Møller, D. (1985).** Yolk absorption, yolk sac constrictions, mortality, and growth during first feeding of atlantic salmon (*Salmo salar*) Incubated on Astro-turf. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42, 1073-1078. DOI: 10.1139/f85-133
- Hodson, P.V. & Blunt, B.R. (1986).** The effect of time from hatch on the yolk conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Fish Biology*, 29, 37-46. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1986.tb04924.x
- Kalbassi, M.R., Dorafshan, S., Pourkazemi, M. & Amiri, B.M. (2009).** Triploidy induction in the Caspian Salmon, *Salmo trutta caspius*, by heat shock. *Journal of Applied Ichthyology*, 25, 104-107. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2008.01177.x
- Kızak, V., Güner, Y., Türel, M. & Kayım, M. (2013).** Comparison of growth performance, gonadal structure and erythrocyte size in triploid and diploid brown trout (*Salmo trutta fario* L, 1758). *Turkish Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 13, 571-580. DOI: 10.4194/1303-2712-v13_4_02
- Kocabaş, M. (2009).** *Türkiye Doğal Alabalık (Salmo trutta) Ekotiplerinin Kültür Şartlarında Büyüme Performansı ve Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 203s.
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Şahin, S.A., Kutluyur, F. & Aksu, O. (2011).** Hatching performance and yolk sac absorption of Abant trout (*Salmo abanticus*, T., 1954). *Scientific Research and Essays*, 6(23), 4946-4949. DOI: 10.5897/SRE11.677
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Şahin, Ş.A. & Kutluyur, F. (2012).** Hatching performances and yolk sac absorptions of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* T., 1954). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(1), 88-92. ISSN:1018-7081
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Şahin, S.A. & Kutluyur, F. (2016).** Determination of hatching performances and yolk sac absorptions in Black Sea Trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811). *Austin Biology*, 1(1), 1003.
- Liu, F.G. & Quillet, E. (1989).** Preliminary results on triploidy induced by heat shocks in the brown trout (*Salmo trutta*). *Journal of the Fisheries Society of Taiwan (JFST)*, 16(2), 91-95.
- Önder, M.Y. (2013).** *Kaynak Alabalığı (Salvelinus fontinalis Mitchell, 1814) Larvalarının Aydınlik ve Karanlıkta Besin Kesesi Tüketimi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 63s.
- Önder, M.Y., Başçınar, N. & Sonay, F.D. (2014).** Effect of feeding to yolk sac consumption in brook trout (*Salvelinus fontinalis*, Mitchell, 1814) Alevin. *Menba Journal of Fisheries Faculty*, 3, 1-7. SSN: 2147-2254.
- Önder, M.Y., Başçınar, N., Khan, U. & Sonay, F.D. (2016).** Effect of photoperiod on growth and efficiency of yolk-sac utilization in alevins of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Pakistan Journal of Zoology*, 48(2), 533-537.
- Peterson, R.H. & Martin-Robichaud, D.J. (1995).** Yolk utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) alevins in response to temperature and substrate. *Aquacultural Engineering*, 14, 85-99. DOI: 10.1016/0144-8609(94)P4428-E
- Piferrer, F., Beaumont, A., Falguière, J.C., Flajšhans, M., Haffray, P. & Colombo, L. (2009).** Polyploid fish and shellfish: Production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. *Aquaculture*, 293, 125-156. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.04.036
- Puvanendran, V. & Brown, J.A. (2002).** Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture*, 214, 131-151. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00045-5
- Quillet, E., Foisil, L., Chevassus, B., Chourrout, D. & Liu, F.G., (1991).** Production of all-triploid and all-female brown trout for aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 4, 27-32. DOI: 10.1051/alr:1991002
- Sonay, F.D. (2013).** *Triploid Karadeniz Alabalığı (Salmo trutta labrax Pallas,1811) Üretimi ve Büyüme Potansiyeli ve Et Kalitesinin Belirlenmesi*.

Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 154s.

- Sonay Delihasan, F., Başçınar, N. & Akhan, S. (2021).** Triploid Black Sea Trout (*Salmo trutta labrax*) Production by Using Heat Shocks and Determination of Incubation Performance. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **6**(4), 635-641. DOI: [10.35229/jaes.957507](https://doi.org/10.35229/jaes.957507)
- Sonay, F. & Kavuk, Z. (2023).** Determination of hatching performance, yolk-sac absorption, and larval growth rates in Abant trout (*Salmo trutta abanticus*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*), and their hybrids. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, **74**(1), 5177–5184. DOI: [10.12681/jhvms.28082](https://doi.org/10.12681/jhvms.28082)
- Turan, D., Kottelat, M. & Engin, S. (2009).** Two new species of trouts, resident and migratory, sympatric in streams of northern Anatolia (Salmoniformes: Salmonidae). *Ichthyol. Explor. Freshwat.* **20**(4), 333-364.
- Tuzcu, M. (2017).** *Diploid Ve Triploid Çoruh Alabalığı (Salmo coruhensis) Larvalarının Farklı Işık Şiddetinde Besin Kesesi Tüketiminin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, 90s.
- URL-1.** <https://www.fishbase.se/summary/Salmo-coruhensis.html> (12.07.2023).
- URL-2.** <https://faolex.fao.org/docs/pdf/eur18656.pdf> (08.09.2023).
- Villamizar, N., García-Alcazar, A. & Sánchez-Vázquez, F. (2009).** Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, **292**, 80-86. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2009.03.045](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.03.045)
- Yıldırım, Ö. & Çantaş, İ. B. (2022).** Türkiye’de Gökkuşluğu Alabalığı yetiştiriciliğinin üretim ve ekonomik göstergelerinin incelenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, **18**(4), 461-474. DOI: [10.22392/actaquatr.1101098](https://doi.org/10.22392/actaquatr.1101098)
- Yılmaz, S., Çelik, E.Ş., Kenanoğlu, O.N. & Ergün, S. (2017).** Asidik stresin triploid ve diploid gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nin hematolojik, immunolojik ve biyokimyasal kan parametreleri üzerine etkileri. *Alinteri Journal of Agricultural Sciences*, **32**(2),17-24. DOI: [10.28955/alinterizbd.320262](https://doi.org/10.28955/alinterizbd.320262)



An Empirical Comparison of Sex Ratio, Condition Factor, and Length–Weight Relationships in Commercial Catch of Mediterranean Horse Mackerel from the Sea of Marmara, the Middle and Eastern Black Sea

Ömerhan DÜRRANİ*

Institute of Marine Sciences and Technology, Karadeniz Technical University, Trabzon 61080 Türkiye

Geliş/Received: 23.08.2023

Kabul/Accepted: 11.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Dürüani, Ö. (2023). An empirical comparison of sex ratio, condition factor, and length–weight relationships in commercial catch of Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara, the Middle and Eastern Black Sea. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 492-499. <https://doi.org/10.35229/jaes.1348554>

Atf yapmak için: Dürüani, Ö. (2023). Marmara Denizi, Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz'den ticari av kompozisyonundan örneklenen istavrit balığı (*Trachurus mediterraneus*)'nın cinsiyet oranı, kondisyon faktörü ve boy–ağırlık ilişkisinin ampirik karşılaştırması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 492-499. <https://doi.org/10.35229/jaes.1348554>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-1775-8662>

***Corresponding author:**

Ömerhan DÜRRANİ
Institute of Marine Sciences and Technology,
Karadeniz Technical University, Trabzon
61080 Türkiye
✉: ukhan@ktu.edu.tr
omerhandurrani@gmail.com

Abstract: Fish length–weight relationships are essential for estimating biomass and assessing fish population health, typically showing low variation within and between neighbouring stocks. This study investigates the length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) collected from the Sea of Marmara, the Middle Black Sea, and the Eastern Black Sea during 2022. In addition, the study assessed the sex ratio and Fulton's condition factor (*kc*) of Mediterranean horse mackerel at each station, alongside an examination of length–frequency samples, providing a comprehensive analysis. The one-way ANCOVA analysis showed no significant differences in length–weight regression between the sexes. However, it identified a considerable area effect, with samples from the Sea of Marmara significantly differing from those in the Middle Black Sea and Eastern Black Sea. The fish samples from the latter areas displayed moderate length–weight variation, which was close to the significance threshold with a *P*-value of 0.069. The growth pattern of Mediterranean horse mackerel consistently exhibited negative allometry across all sampled areas for both males and females, except for female Mediterranean horse mackerel from the Middle Black Sea, which tended to follow an isometric growth pattern. This study revealed consistent results within neighbouring areas (Middle Black Sea and Eastern Black Sea) and significant variations when comparing the Black Sea and Sea of Marmara Mediterranean horse mackerel, highlighting notable large-scale spatial trends.

Keywords: Growth, pelagic fish, simple power function, stock identification, Türkiye.

Marmara Denizi, Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz'den ticari av kompozisyonundan örneklenen istavrit balığı (*Trachurus mediterraneus*)'nın Cinsiyet Oranı, Kondisyon Faktörü ve Boy–Ağırlık İlişkisinin Ampirik Karşılaştırması

Öz: Balıklarda boy–ağırlık ilişkileri balık popülasyonlarının değerlendirilmesi ve biyokütle tahmininde kullanılan bir parametre olup, genellikle yakın bölgelerde yaşayan balık stokları arasında düşük varyasyon gösterir. Bu çalışma, 2022 yılında Türkiye'den Marmara Denizi, Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz'den avlanan istavrit (*Trachurus mediterraneus*) örneklerinin boy–ağırlık ilişkilerini incelenmiştir. Ayrıca, bu çalışma, her istasyondaki istavrit balığının cinsiyet oranını ve kondisyon faktörünü değerlendirerek boy–frekans analizleri yapılmıştır. Tek yönlü ANCOVA analizi, cinsiyetler arasında boy–ağırlık regresyonunda anlamlı farklılıklar olmadığını göstermiştir. Ancak, bu çalışmada Marmara Denizi'nden alınan örneklerin Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz'den alınan örneklerle göre farklı olduğu tespit edilmiştir. İkincil bölgelerden alınan balık örnekleri, anlamlılık eşliğine yakın olan 0,069 ile orta düzeyde boy–ağırlık varyasyonu sergilemiştir. İstavrit balığının büyüme deseni, erkekler ve dişiler için tüm örnek bölgelerinde tutarlı bir şekilde negatif alometrik olduğu tespit edilmiştir. Ancak Orta Karadeniz'den avlanan dişi örnekler izometrik bir büyüme tipinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, komşu bölgelerde (Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz) tutarlı sonuçlar ortaya koyarken, Karadeniz ve Marmara Denizi istavritleri karşılaştırıldığında önemli farklılıklar olduğunu göstermiş ve kayda değer büyük ölçekli mekansal eğilimleri vurgulamıştır.

Anahtar kelimeler: Basit üssi fonksiyon, büyüme, pelajik balık, stok belirleme, Türkiye.

***Sorumlu yazar:**

Ömerhan DÜRRANİ
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü,
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon 61080
Türkiye
✉: ukhan@ktu.edu.tr
omerhandurrani@gmail.com

INTRODUCTION

Deoxygenation, the reduction of oxygen levels in the marine environment, directly affects the survival, growth, and reproduction of aquatic organisms, posing significant challenges to their long-term sustainability (Brander, 2010; Cheung et al., 2013; Poloczanska et al., 2016; Froese et al., 2022). This alarming global pattern, involving a 2% decline in oceanic oxygen levels since the mid-20th century (Schmidtko et al., 2017), is expected to persist over the coming centuries, with potential adverse consequences for marine organisms and ecosystem dynamics (Bopp et al., 2013; Oschlies, 2021; Kim et al., 2023). Likewise, within Turkish marine waters, there has been a noticeable warming trend in surface temperatures in recent decades. This trend encompasses various regions, including the Mediterranean, Aegean, Marmara, and Black Seas (Bricaud et al., 2002; Ginzburg et al., 2004; Mel'nikova et al., 2023), indicating the widespread impact of rising temperatures in these waters. The Black Sea experienced particularly pronounced warming between 1980 and 2000, with temperatures increasing at a rate of 0.09° C per year (Ginzburg et al., 2004). Furthermore, a massive marine mucilage outbreak in the Sea of Marmara from November 2020 to July 2021 led to oxygen depletion, resulting in widespread mortality events including fish and invertebrates (Karadurmuş, 2022; Karadurmuş & Sari, 2022).

Several studies have emphasised the importance of determining length–weight relationships in fish, providing valuable insights into various aspects of fish biology, not only about the general health of fish but also provide information about the morphological characteristics of the fish, growth pattern, habitat conditions, life history, and fish fatness and condition (Schneider et al., 2000; Froese, 2006; Gerritsen & McGrath, 2007; Cilbiz & Yabim, 2017). This concept derives from the empirical observation that fish inhabiting more favourable ecological conditions tend to exhibit higher body weights relative to their length measurements (Froese, 2006; Nguyen et al., 2023). The Fulton's condition factor (kc) can also assess fish health and growth, where high values indicate good health and ample food, whereas low values indicate stress or competition for resources (Cren, 1951; Froese, 2006). The length–weight relationship of fish has exhibited minimal variation within or between neighbouring stocks (Gerritsen & McGrath, 2007), and hence occasionally leads to the use of data from nearby stocks when data on length–weight relationship for a specific fish stock are sparse (ICES, 2004). However, several studies have demonstrated that fish length–weight relationships and condition indices vary significantly across large-scale spatial distances (Brodziak & Mikus, 2000; Gerritsen & McGrath, 2007).

Mediterranean horse mackerel (Carangidae: *Trachurus mediterraneus*, Steindachner, 1868) is a commercially important migratory semi-pelagic carnivorous fish with a wide distribution encompassing the Eastern Central and Northeastern regions of the Atlantic Ocean, the Black Sea, the Sea of Marmara, and the Mediterranean (Wheeler, 1987; Yankova, 2011; FAO, 2023). Türkiye accounted for up to 63% of the global yield of this fish from the Black Sea and Mediterranean Sea, followed by Spain with a contribution of around 11% (FAO, 2023). The highest Turkish landing of Mediterranean horse mackerel in the last decade was reported at 24,625 tonnes in 2012 (TurkStat, 2022; FAO, 2023). Türkiye reported its lowest catches of Mediterranean horse mackerel in 2020 at 7,495 tonnes, although it saw a significant increase to 19,590 tonnes next year (TurkStat, 2022).

Several studies have parameterised the length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel using a simple power function (Kasapoğlu, 2006; Bostanci, 2009; Özdemir et al., 2010; Samsun et al., 2018; Koç & Erdoğan, 2019; Şahin & Ceylan, 2023). However, previous studies have generally focussed on obtaining Mediterranean horse mackerel from a single study area, and none of them have investigated the length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel from various locations within Turkish marine waters during the same period. Consequently, the main objectives of this study were to determine the length–weight relationships and Fulton's condition factor (kc) for Mediterranean horse mackerel acquired from the Sea of Marmara, Middle Black Sea, and Eastern Black Sea during the same period. Secondly, the study investigated the assumption that the length–weight relationship and Fulton's condition factor (kc) exhibit minimal variation between neighbouring stocks (e.g., Middle Black Sea vs. Eastern Black Sea), and that this variation becomes more pronounced as the spatial distance increases (e.g., Black Sea vs. Sea of Marmara). Thirdly, this study aimed to assess the utility of the length–weight relationship as a potential marker for fish stock identification.

MATERIAL AND METHOD

Fish acquisition: Specimens of Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara, the Middle and Eastern Black Sea were obtained directly from local fishing vessels from September 12 to 22, 2022 (Figure 1). The specimens were then transferred to the laboratory in well-insulated Styrofoam containers, which were maintained under ice cover during transport. In the laboratory, the total length (L_T) of each individual fish was measured to the nearest 0.1 cm, and their total weight (T_W) was recorded to the nearest 0.01 g. Subsequently, the fish were dissected to

determine its sex through the examination of gonads with the naked eye (Anna et al., 2022).



Figure 1. Study area map with sampling locations marked as solid circles (Sources: Esri, HERE, Garmin, FAO, NOAA, USGS).

Length–weight relationship: The relationship between length and weight was established by applying a simple power function (Mazlum & Turan, 2018).

$$T_W = \alpha L_T^\beta \quad (1)$$

In this equation, α denotes the intercept, while β represents the slope. The slope value β is an indicative of the fish's growth pattern:

- When β equals 3, it signifies isometric fish growth.
- β values below 3 denote negative allometric growth, where fish become slimmer as they grow.
- Conversely, β values exceeding 3 suggest positive allometric growth, indicating that fish become heavier relative to their length, generally reflecting optimal growth conditions.

Fulton's condition factor (kc): The Fulton's condition factor (kc) was determined using the following equation (Fulton, 1911):

$$C_F = \frac{W \cdot 100}{L_T^3} \quad (2)$$

Statistical analysis: The chi-square test (χ^2) was used to evaluate the sex ratio and determine whether it deviated from the hypothetical distribution of 1:1 ratio. The size–frequency distributions of males and females were compared in each sampling area using a two-sample Kolmogorov–Smirnov test. In addition, this test was used to assess variations in length–frequency distributions within pairs of stations.

To assess fish isometry, Student's t -test was used to measure the deviation of β from the isometric value of 3.0. The one-way analysis of covariance (ANCOVA) was used to examine how gender (male and female) and sampling stations affect the length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel. In this analysis, fish weight served as the response variable.

The non-parametric Kruskal–Wallis test was used to evaluate significant differences in the Fulton's condition factor (kc) of Mediterranean horse mackerel among the Sea

of Marmara, the Middle Black Sea, and the Eastern Black Sea. Sexual dimorphism in Fulton's condition factor (kc) for each station was assessed using the Mann–Whitney U test. All statistical analyses were performed using R, version 4.2 (R Core Team, 2020) with the inclusion of packages like 'FSA,' 'ggplot2,' 'HH,' 'SP,' and 'Tidyverse'.

RESULTS

Sex ratio and length–frequency distribution: The sex ratio was (M:F) 1.0:1.0 for the Mediterranean horse mackerel sample from the Sea of Marmara, 1.0:1.1 for the Middle Black Sea, and 1.0:1.0 for the Eastern Black Sea. These ratios did not significantly deviate from the hypothetical distribution of 1:1 ($\chi^2=0.010$, $P = 0.922$ for the Sea of Marmara; $\chi^2 = 0.155$, $P = 0.694$ for the Middle Black Sea; $\chi^2 = 0.003$, $P = 0.960$ for the Eastern Black Sea).

The length–frequency distribution of male and female Mediterranean horse mackerel did not differ significantly at each sampling area (2-sample Kolmogorov–Smirnov test, $Z = 1.191$, $P = 0.117$ for the Sea of Marmara; $Z = 1.065$, $P = 0.206$ for the Middle Black Sea; $Z = 0.569$, $P = 0.902$ for the Eastern Black Sea). However, the length–frequency distributions between pairs of stations exhibited significant differences (2-sample Kolmogorov–Smirnov test, $Z = 4.286$, $P < 0.001$ for the Sea of Marmara vs. the Middle Black Sea; $Z = 7.795$, $P < 0.001$ for the Sea of Marmara vs. the Eastern Black Sea; $Z = 3.111$, $P < 0.001$ for the Eastern Black Sea vs. the Middle Black Sea). The dominant size classes of Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara were 11.0–11.5 cm and 11.5–12.0 cm, followed by 10.5–11.0 cm. In the Middle Black Sea, the dominant size classes were 13.0–13.5 cm and 13.5–14.0 cm, followed by 11.0–11.5 cm, whereas in the Eastern Black Sea, the dominant size classes were 13.0–13.5 cm and 12.5–13.0 cm, followed by 13.5–14.0 cm (Figure 2).

Length–weight relationship: The minimum and maximum total lengths of the Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara were 9.2 cm and 13.4 cm, respectively. In the Middle Black Sea, these measurements ranged from 9.6 cm to 16.5 cm, whereas in the Eastern Black Sea, they varied between 8.0 cm and 14.8 cm. The estimated β values of $W = \alpha L_T^\beta$ were 2.5 for females and 2.9 for male Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara. In the Middle Black Sea, the estimates were 3.0 for females and 2.9 for males, whereas in the Eastern Black Sea, females had an estimated value of 2.7, and males had an estimated value of 2.7 (Table 1). The growth pattern of Mediterranean horse mackerel consistently displayed negative allometry across all sampled areas for both males and females, except for female Mediterranean horse mackerel from the Middle Black Sea, which tended to follow an isometric growth pattern.

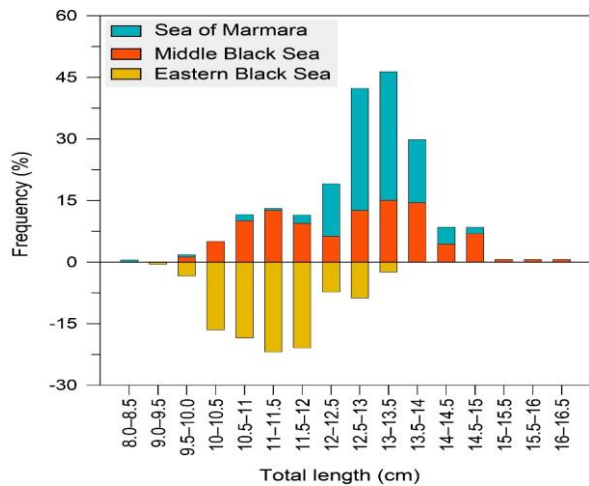


Figure 2. Length–frequency distribution of the Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) from the Sea of Marmara, the Middle Black Sea, and the Eastern Black Sea.

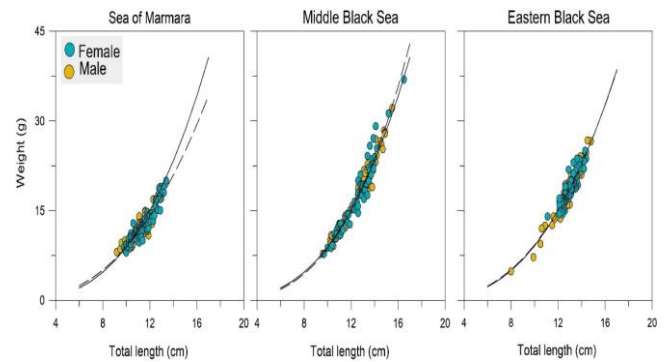


Figure 3. Length–weight relationships for the Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) sampled from the Sea of Marmara, Middle Black Sea, and Eastern Black Sea. The solid lines depict the curve for male fish, whereas the dashed lines represent the curve for female fish. These curves were obtained using a simple power function with the estimated values provided in Table 1.

Table 1. Summary statistics (mean ± 95% CI) of length–weight relationships $T_w = \alpha L_T^{\beta^*}$ for Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) sampled from the Sea of Marmara, Middle Black Sea, and Eastern Black Sea.

	n	Length (cm)		Total weight (g) T_w	Length-Total Weight Relationship			Student's <i>t</i> -test for β		
		Min – Max	L_T		α	β	Adj. R^2	<i>t</i>	<i>P</i>	Growth
SEA OF MARMARA										
Overall	206	9.2 ± 13.4	11.3 ± 0.1	12.2 ± 0.3	0.027 ± 0.009	2.521 ± 0.142	0.851	-6.624	<0.001	Negative allometric
Female	104	9.8 ± 13.4	11.4 ± 0.2	12.6 ± 0.5	0.025 ± 0.012	2.544 ± 0.190	0.867	-4.709	<0.001	Negative allometric
Male	102	9.2 ± 13.0	11.1 ± 0.2	11.9 ± 0.5	0.012 ± 0.004	2.860 ± 0.125	0.968	-2.203	0.029	Negative allometric
MIDDLE BLACK SEA										
Overall	159	9.6 ± 16.5	12.5 ± 0.2	17.5 ± 0.9	0.010 ± 0.003	2.930 ± 0.108	0.951	-1.281	0.201	Isometric
Female	83	9.7 ± 16.5	12.5 ± 0.3	17.5 ± 1.2	0.008 ± 0.004	3.022 ± 0.176	0.934	0.242	0.809	Isometric
Male	76	9.6 ± 15.5	12.5 ± 0.3	17.5 ± 1.4	0.012 ± 0.004	2.860 ± 0.125	0.968	-2.203	0.029	Negative allometric
EASTERN BLACK SEA										
Overall	195	8.0 ± 14.8	13.0 ± 0.1	18.6 ± 0.4	0.018 ± 0.007	2.698 ± 0.155	0.878	-3.820	<0.001	Negative allometric
Female	97	11.1 ± 14.4	13.0 ± 0.1	18.9 ± 0.5	0.020 ± 0.013	2.677 ± 0.265	0.804	-2.389	0.018	Negative allometric
Male	98	8.0 ± 14.8	12.9 ± 0.2	18.5 ± 0.7	0.018 ± 0.008	2.717 ± 0.187	0.917	-2.972	<0.001	Negative allometric

The one-way ANCOVA analysis revealed no significant sexual dimorphism in the length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel as determined for the Sea of Marmara, Middle Black Sea, and Eastern Black Sea (Table 2). However, it is worth noting that in the case of Mediterranean horse mackerel sampled from the Middle Black Sea, the absence of sexual dimorphism in the length–weight relationships was found to be marginally significant, with a *P*-value of 0.07, approaching the conventional threshold for significance. In addition, Student's *t*-test revealed evidence of sexual dimorphism in the growth patterns of Mediterranean horse mackerel sampled from the Middle Black Sea. This suggests that although the one-way ANCOVA analysis did not find significant differences in length–weight relationships, there may still be distinctions in growth between male and female Mediterranean horse mackerel from the Middle Black Sea.

In contrast to the absence of sexual dimorphism, one-way ANCOVA revealed a significant regional effect, particularly distinguishing samples from the Sea of Marmara from those collected in the Middle and Eastern Black Sea (Table 3). The length–weight relationships for Mediterranean horse mackerel samples from the Middle

and Eastern Black Sea were notably similar. This resemblance between the Middle and Eastern Black Sea samples was supported by a *P*-value of 0.07, which closely approached the conventional significance threshold.

Table 2. One-way analysis of covariance (ANCOVA) results testing the effects of gender on (log-transformed) length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) from the Sea of Marmara, Middle Black Sea, and Eastern Black Sea, with fish weight (g) as the response variable.

Source of variation	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SEA OF MARMARA					
Total length (cm)	1	1.26	1.26	1082.88	<0.001
Sex	1	0.00	0.00	0.67	0.410
Total length:Sex	1	0.00	0.00	0.14	0.710
Residuals	202	0.24	0.00		
MIDDLE BLACK SEA					
Total length (cm)	1	3.16	3.16	3666.10	<0.001
Sex	1	0.00	0.00	0.00	0.970
Total length:Sex	1	0.00	0.00	3.22	0.070
Residuals	155	0.13	0.00		
EASTERN BLACK SEA					
Total length (cm)	1	1.20	1.20	1825.95	<0.001
Sex	1	0.00	0.00	1.37	0.240
Total length:Sex	1	0.00	0.00	0.82	0.370
Residuals	191	0.13	0.00		

Table 3. One-way analysis of covariance (ANCOVA) results analysing the effect of sampling stations on (log-transformed) length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) in the Sea of Marmara, Middle Black Sea, and Eastern Black Sea.

Source of variation	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SEA OF MARMARA vs. MIDDLE BLACK SEA					
Total length (cm)	1	6.12	6.12	5923.91	<0.001
Station	1	0.03	0.03	32.49	<0.001
Total length:Station	1	0.04	0.04	37.55	<0.001
Residuals	361	0.37	0.00		
SEA OF MARMARA vs. EASTERN BLACK SEA					
Total length (cm)	1	5.81	5.81	6334.17	<0.001
Station	1	0.05	0.05	49.52	<0.001
Total length:Station	1	0.01	0.01	14.33	<0.001
Residuals	397	0.36	0.00		
MIDDLE BLACK SEA vs. EASTERN BLACK SEA					
Total length (cm)	1	4.53	4.53	6009.49	<0.001
Station	1	0.00	0.00	3.04	0.082
Total length:Station	1	0.00	0.00	3.34	0.069
Residuals	350	0.26	0.00		

*Fish weight (g) as the response variable.

Fulton's condition factor (*kc*): The estimated minimum and maximum Fulton's condition factor (*kc*) of Mediterranean horse mackerel in the Sea of Marmara ranged from 0.7 to 1.1 for females and 0.6 to 1.1 for males. In the Middle Black Sea, these values were between 0.7 and 1.0 for females and 0.7 and 1.0 for males, whereas in the Eastern Black Sea, the Fulton's condition factor (*kc*) ranged from 0.8 to 1.0 for females and 0.7 to 1.0 for males (Figure 4). These Fulton's condition factor (*kc*) values were subjected to the Kruskal–Wallis test, which revealed statistically significant differences among the sampling stations ($H_5 = 14.433$, $P = 0.013$). However, upon further analysis using Dunn's test for multiple comparisons, no significant differences were observed within the pairs of stations for Mediterranean horse mackerel.

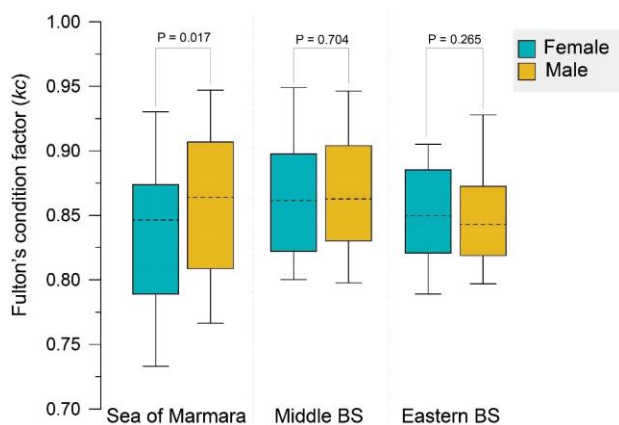


Figure 4. Boxplots of Fulton's condition factor (*kc*) for Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara, Middle and Eastern Black Seas. Dashed lines indicate the mean values. The statistical significance of the differences between males and females was assessed using the Mann–Whitney U Test. 'BS' in the figure represents the Black Sea.

The estimated Fulton's condition factor (*kc*) for male and female Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara exhibited significant variations (Mann–Whitney U Statistic= 4281.5, $P = 0.017$). However, no such significant variations in Fulton's condition factor (*kc*) between male and female Mediterranean horse mackerel

were observed in the samples from the Middle and Eastern Black Sea (Figure 4).

DISCUSSION

This study revealed a consistent negative allometric growth pattern in Mediterranean horse mackerel across all sampled areas for both males and females, except female Mediterranean horse mackerel from the Middle Black Sea, which tended to exhibit an isometric growth pattern. The results regarding the negative allometric pattern of Mediterranean horse mackerel in the Sea of Marmara are in line with previous studies (Bostanci, 2009; Koç & Erdoğan, 2019). However, the negative allometric pattern observed in Mediterranean horse mackerel from the Middle and Eastern Black Sea is inconsistent with earlier studies that generally reported an isometric growth pattern for Mediterranean horse mackerel in the Black Sea (Table 4). Furthermore, Santic et al. (2006) demonstrated seasonal variation in the length–weight relationship of Mediterranean horse mackerel in the Eastern Adriatic Sea: positive allometric growth in late spring and summer (May, June, and July), negative allometric growth in autumn (September and October), while isometric growth in other months. The observed seasonal variation in the length–weight relationship of a fish species has been attributed to its reproductive cycle, which is correlated with the gonadosomatic index (GSI) (Santic et al., 2006; Nguyen et al., 2023).

The Fulton's condition factor (*kc*) is a commonly employed measure for assessing the overall health of fish: a Fulton's condition factor (*kc*) of 1 generally indicates good condition, while <1 suggests slimness in fish, and more than 1 indicates fatness of fish (Piper, 1972; Joergensen, 2017). In this study, the mean Fulton's condition factor (*kc*) of Mediterranean horse mackerel ranged from 0.84 to 0.87. These lower Fulton's condition factor (*kc*) values are likely the result of the fish predominantly completing their spawning activities in September, an assumption supported by Santic et al. (2006). They noted that the Fulton's condition factor (*kc*) of Mediterranean horse mackerel in the Eastern Adriatic Sea remained constant during the pre-spawning period, declined during spawning (in August), reached its lowest point in September immediately after spawning, and then increased during the gonadal recovery phase, ultimately peaking in December.

In this study, the length–weight relationship did not differ between male and female Mediterranean horse mackerel sampled from the Sea of Marmara, Middle and Eastern Black Sea (one-way ANCOVA, $P > 0.05$), consistent with previous findings (Santic et al., 2006; Şahin & Ceylan, 2023). However, sexual dimorphism in the

length–weight relationship of the Mediterranean horse mackerel may become obvious during the summer months (e.g., June and July) when the GSI of the Mediterranean horse mackerel reaches its peak (Santic et al., 2006).

This study observed significant differences in the length–weight relationship of Mediterranean horse mackerel among the Sea of Marmara, Middle, and Eastern Black Sea (one-way ANCOVA, $P < 0.05$). The variation in the length–weight relationship increased with greater geographical distances, leading to a considerable distinction between the Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara and those from the Black Sea in terms of their length–weight relationships. These results reaffirmed the general assumption of minimal variation within or between neighbouring stocks that vary

significantly across large-scale spatial distances (Brodziak & Mikus, 2000; ICES, 2004; Gerritsen & McGrath, 2007). Several studies have proposed that fish populations may exhibit heightened morphological variation in response to increasing environmental diversity (Dürrani et al., 2022). This implies that as environmental heterogeneity grows, intra-population differences in body shape and size become more prominent (Griffiths et al., 2000; Lázaro-Nogal et al., 2015; Malinich, 2019; Dürrani et al., 2022). Consequently, the relatively similar environmental conditions found in the Eastern Black Sea and Middle Black Sea, compared to the Sea of Marmara, might result in less noticeable body shape variation among Mediterranean horse mackerel within the Black Sea (Dürrani et al., 2022).

Table 4. Literature data on total length and parameters of the length–weight relationship (LWR) for Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) from the Sea of Marmara, Middle Black Sea, and Eastern Black Sea.

REGION	Sampling periods	n	Length (cm)		Parameters of the LWR		REFERENCE
			Min	Max	α	β	
Eastern Black Sea	Oct. 2010 - Mar. 2011	690	6.2	20.4	0.0067	3.165	Kasapoğlu (2006)
Sea of Marmara	01 - 28 Apr. 2006	158	7.9	16.5	0.0115	2.9367	Bostanci (2009)
Middle Black Sea	2008 - 2009	902	7.8	18.0	0.0074	3.0445	Özdemir et al. (2010)
Middle Black Sea	Sep. 2016 - Mar. 2017	1467	7.1	20.3	0.0067	3.0848	Samsun et al. (2018)
Sea of Marmara	Sep. 2013 - Dec. 2015	1232	9.7	17.6	0.0440	2.4700	Koç and Erdoğan (2019)
Eastern Black Sea	Sep. 2019 - Aug. 2020	1533	8.5	18.4	0.0063	3.0980	Şahin and Ceylan (2023)
Sea of Marmara	19 Sep. 2022	206	9.2	13.4	0.0270	2.5210	
Middle Black Sea	22 Sep. 2022	159	9.6	16.5	0.0100	2.9300	This study
Eastern Black Sea	12 Sep. 2022	195	8.0	14.8	0.0180	2.6980	

CONCLUSIONS

This study revealed considerable variations in the length–weight relationships of Mediterranean horse mackerel from the Middle and Eastern Black Sea, signifying a trend of negative allometric growth, whereas previous literature on Mediterranean horse mackerel from the Middle and Eastern Black Sea documented isometric growth. However, both the literature data and the findings of this study for Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara remained consistent, showing negative allometric growth. This study further validated the general assumption of minimal variation within or between neighbouring stocks in the length–weight relationship, whereas significant differences were observed as spatial distances increased. Consequently, these findings support the potential utility of such relationships as a method for identifying fish stocks, which require further confirmation through future studies. Moreover, it is imperative for future studies to elucidate the factors contributing to the substantial difference in the Fulton's condition factor (k_c) between the sexes of Mediterranean horse mackerel from the Sea of Marmara. It should be noted that length–weight relationships are greatly influenced by fish reproductive activities and their surrounding habitat. Therefore, their use for stock identification should be supplemented by a

secondary method to evaluate phenotypic differences between subpopulations to achieve sound conclusions.

Declaration of Competing Interest

The author declare no conflicts of interest.

Data availability statement

Data is available upon request from the corresponding author.

REFERENCES

- Anna, L. M., Sauger, C. & Dubroca, L. (2022).** *Fish gonads' photography protocol*. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, IFREMER, Laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin, 14520 Port-en-Bessin-Huppain, France., 1-11.
- Bopp, L., Resplandy, L., Orr, J. C., Doney, S. C., Dunne, J. P., Gehlen, M., Halloran, P., Heinze, C., Ilyina, T., Seferian, R., Tjiputra, J. & Vichi, M. (2013).** Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models. *Biogeosciences*, **10**(10), 6225-6245. DOI: [10.5194/bg-10-6225-2013](https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013)
- Bostanci, D. (2009).** Sarıkuyruk İstavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)'un Otolit Özellikleri ve Bazı Populasyon Parametreleri. *Firat University Journal of Science*, **21**(1).

- Brander, K. (2010).** Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, **79**(3-4), 389-402. DOI: [10.1016/j.jmarsys.2008.12.015](https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.12.015)
- Bricaud, A., Bosc, E. & Antoine, D. (2002).** Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean Basin - Intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates. *Remote Sensing of Environment*, **81**(2-3), 163-178. DOI: [10.1016/S0034-4257\(01\)00335-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00335-2)
- Brodziak, J. & Mikus, R. (2000).** Variation in life history parameters of Dover sole, *Microstomus pacificus*, off the coasts of Washington, Oregon, and northern California. *Fishery Bulletin*, **98**(4), 661-673.
- Cheung, W.W., Watson, R. & Pauly, D. (2013).** Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, **497**(7449), 365-368. DOI: [10.1038/nature12156](https://doi.org/10.1038/nature12156)
- Cilbiz, M. & Yabim, F. B. (2017).** Growth, Mortality, Recruitment and Yield of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792 in Karacaoren-I Dam Lake, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, **49**(3), 825-832. DOI: [10.17582/journal.pjz/2017.49.3.825.832](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.3.825.832)
- Cren, E.D.L. (1951).** The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *The Journal of Animal Ecology*, **20**(2), 201-219. DOI: [10.2307/1540](https://doi.org/10.2307/1540)
- Dürrani, Ö., Ateşşahin, T., Eroğlu, M. & Düşükcan, M. (2022).** Morphological variations of an invasive cyprinid fish (*Carassius gibelio*) in lentic and lotic environments inferred from the body, otolith, and scale shapes. *Acta Zoologica*, **104**(3), 458-472. DOI: [10.1111/azo.12431](https://doi.org/10.1111/azo.12431)
- Durrani, O., Bal, H., Battal, Z.S. & Seyhan, K. (2022).** Using otolith and body shape to discriminate between stocks of European anchovy (Engraulidae: *Engraulis encrasicolus*) from the Aegean, Marmara and Black Seas. *Journal of Fish Biology*, **101**(6), 1452-1465. DOI: [10.1111/jfb.15216](https://doi.org/10.1111/jfb.15216)
- FAO. (2023).** Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2019 (FishstatJ). In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. Updated 2021. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en.
- Froese, R. (2006).** Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, **22**(4), 241-253. DOI: [10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x)
- Froese, R., Papaioannou, E. & Scotti, M. (2022).** Climate change or mismanagement? *Environmental Biology of Fishes*, **105**(10), 1363-1380. DOI: [10.1007/s10641-021-01209-1](https://doi.org/10.1007/s10641-021-01209-1)
- Fulton, T.W. (1911).** In: The sovereignty of the sea: An historical account of the claims of England to the dominion of the British seas, and of the evolution of the territorial waters (p. 799). Edinburgh, London: W. Blackwood.
- Gerritsen, H.D. & McGrath, D. (2007).** Significant differences in the length-weight relationships of neighbouring stocks can result in biased biomass estimates: Examples of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*, L.) and whiting (*Merlangius merlangus*, L.). *Fisheries Research*, **85**(1-2), 106-111. DOI: [10.1016/j.fishres.2007.01.004](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.01.004)
- Ginzburg, A.I., Kostianoy, A.G. & Sheremet, N.A. (2004).** Seasonal and interannual variability of the Black Sea surface temperature as revealed from satellite data (1982-2000). *Journal of Marine Systems*, **52**(1-4), 33-50. DOI: [10.1016/j.jmarsys.2004.05.002](https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.05.002)
- Griffiths, A., Miller, J., Suzuki, D., Lewontin, R. & Gelbart, W. (2000).** An Introduction to Genetic Analysis. Seventh Edition. New York: W. H. Freeman.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). (2004).** Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Demersal Stocks (WGSSDS). ICES, Oostende.
- Joergensen, M. (2017).** Fulton's condition factor calculator: A simple tool to calculate trout condition (K-factor), length or weight from the two other numbers. <https://globalflyfisher.com/fish-better/fultons-condition-factor-calculator> (Last accessed on 19 June 2023).
- Karadurmuş, U. (2022).** Length-Weight Relationship and Condition Factor of Sixteen Demersal Fish Species from the Southern part of the Marmara Sea, Turkey. *Journal of Ichthyology*, **62**(4), 543-551. DOI: [10.1134/s0032945222040105](https://doi.org/10.1134/s0032945222040105)
- Karadurmuş, U. & Sari, M. (2022).** Marine mucilage in the Sea of Marmara and its effects on the marine ecosystem: mass deaths. *Turkish Journal of Zoology*, **46**(1), 93-102.
- Kasapoğlu, N. (2006).** Doğu Karadeniz'deki İstavrit (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) Balığının Stok Yapısı ve Populasyon Parametreleri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Kim, H., Franco, A.C. & Sumaila, U.R. (2023).** A Selected Review of Impacts of Ocean Deoxygenation on Fish and Fisheries. *Fishes*, **8**(6), 316. DOI: [10.3390/fishes8060316](https://doi.org/10.3390/fishes8060316)
- Koç, H.T. & Erdoğan, Z. (2019).** Marmara Denizi, Bandırma Körfezi sarıkuşuk istavrit [*Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)]'in bazı populasyon parametreleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **21**(1), 265-277.
- Lázaro-Nogal, A., Matesanz, S., Godoy, A., Pérez-Trautman, F., Gianoli, E. & Valladares, F. (2015).** Environmental heterogeneity leads to higher plasticity in dry-edge populations of a semi-arid Chilean shrub: insights into climate change responses. *Journal of Ecology*, **103**(2), 338-350.

- Malinich, T.D. (2019).** *Intraspecific Variation in Freshwater Fishes; Insights into Trophic Relationships, Morphology and Bioaccumulation.* Purdue University Graduate School.
- Mazlum, R.E. & Turan, D. (2018).** Length-Weight Relationship for Twelve Species of the Genus *Salmo* L., 1758 (Actinopterygii: Salmonidae) from Inland Waters of Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, **70**(3), 407-413.
- Mel'nikova, E.B., Kuzminova, N.S. & Melnikov, A.V. (2023).** Changes in the Reproductive Period of Mediterranean Horse Mackerel and Blunt-Snouted Mullet Living in the South-Western Crimean Shelf in 2016–2021. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*. DOI: [10.1007/s41208-023-00568-z](https://doi.org/10.1007/s41208-023-00568-z)
- Nguyen, N.T., Ha, L.M., Nguyen, A.T., Chu, N.H., Tran, H.D., Nguyen, H.P. & Ta, T.T. (2023).** Variation in the Allometry of Morphometric Characteristics, Growth, and Condition Factors of Wild *Bostrychus sinensis* (Butidae) in Northern Vietnam. *Pakistan Journal of Zoology*, **55**(2), 809-818. DOI: [10.17582/journal.pjz/20200917140936](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20200917140936)
- Oschlies, A. (2021).** A committed fourfold increase in ocean oxygen loss. *Nature Communications*, **12**(1), 2307. DOI: [10.1038/s41467-021-22584-4](https://doi.org/10.1038/s41467-021-22584-4)
- Özdemir, S., Erdem, E., Aksu, H. & Özdemir, Z.B. (2010).** Determination of catch composition and length-weight relationship of some pelagic fishes caught by pairly midwater trawl. *Journal of FisheriesSciences. com*, **4**(4), 427-436. DOI: [10.3153/jfscom.2010046](https://doi.org/10.3153/jfscom.2010046)
- Piper, R.G. (1972).** Managing hatcheries by the numbers. *American Fishes and US Trout News*, **17**(3), 10-25.
- Poloczanska, E.S., Burrows, M.T., Brown, C.J., Molinos, J.G., Halpern, B.S., Hoegh-Guldberg, O., Kappel, C.V., Moore, P.J., Richardson, A.J., Schoeman, D.S., & Sydeman, W.J. (2016).** Responses of Marine Organisms to Climate Change across Oceans. *Frontiers in Marine Science*, **3**, 62. DOI: [10.3389/fmars.2016.00062](https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00062)
- R Core Team. (2020).** A language and environment for statistical computing. 2015. R foundation for statistical computation, Vienna, Austria. In.
- Şahin, C. & Ceylan, Y. (2023).** Doğu Karadeniz'de İstavrit (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868)) Balığının Yaş, Büyüme Parametreleri ve İlk Eşeyssel Olgunluk Boyunun Belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **8**(1), 69-79. DOI: [10.35229/jaes.1218067](https://doi.org/10.35229/jaes.1218067)
- Samsun, O., Akyol, O. & Ceyhan, T. (2018).** Mortalities and exploitation rate of mediterranean horse mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) in the Central Black Sea. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, **4**(2), 139-145.
- Santic, M., Pallaoro, A. & Jardas, I. (2006).** Co-variation of gonadosomatic index and parameters of length-weight relationships of Mediterranean horse mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868), in the eastern Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, **22**(3), 214-217. DOI: [10.1111/j.1439-0426.2006.00735.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00735.x)
- Schmidtke, S., Stramma, L. & Visbeck, M. (2017).** Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, **542**(7641), 335-339. DOI: [10.1038/nature21399](https://doi.org/10.1038/nature21399)
- Schneider, J.C., Laarman, P. & Gowing, H. (2000).** Length-weight relationships. *Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report*, **25**, 411-429.
- TurkStat. (2022).** Production quantity of sea fish, 2019, 2020. <https://www.tuik.gov.tr/>.
- Wheeler, A. (1987).** Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean. *Nature*, 326, p. 554. In: Nature Publishing Group Macmillan Building, 4 Crinan St, London N1 9xw, England.
- Yankova, M. (2011).** An overview on the distribution of horse mackerel *Trachurus mediterraneus* in the Black Sea. *Proceedings of the Union of Scientists-Varna, Series, Technical Sciences*.



Examining the Relationship Between the Socio-Demographic Characteristics of Park Visitors and Park Use by Nonlinear Canonical Correlation Analysis: The Case Study of Konya [*]

Nurgül ARISOY*

Department of Landscape Architecture, Faculty of Architecture and Design, Selçuk University, 42130 Konya, Türkiye

Geliş/Received: 29.08.2023

Kabul/Accepted: 13.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Arsoy, N. (2023). Examining the Relationship Between the Socio-Demographic Characteristics of Park Visitors and Park Use by Nonlinear Canonical Correlation Analysis: The Case Study of Konya. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 500-506. <https://doi.org/10.35229/jaes.1351718>

Atf yapmak için: Arsoy, N. (2023). Park Ziyaretçilerinin Sosyo-Demografik Özellikleri ile Park Kullanımı Arasındaki İlişkinin Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi ile İncelenmesi: Konya Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 500-506. <https://doi.org/10.35229/jaes.1351718>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8811-2215>

***Corresponding author:**

Nurgül ARISOY

Department of Landscape Architecture, Faculty of Architecture and Design, Selçuk University, 42130 Konya, Türkiye

✉: nurgul@selcuk.edu.tr

Abstract: Modern cities have seen urban parks evolve from mere green spaces into integral components supporting human well-being and environmental sustainability. These parks offer individuals serene settings to unwind and reconnect with nature, promoting mental health by alleviating stress. However, as urbanization increases and public park demand surges, designing and planning these spaces becomes more challenging. To optimize park design, understanding user profiles and utilization patterns is crucial. By examining how visitor demographics intertwine with park usage, policymakers and planners can make informed decisions for future development.

This study employs Nonlinear Canonical Correlation Analysis (NLCC), a robust statistical tool, to explore the intricate connections between socio-demographic attributes of urban park visitors and their usage patterns. Focused on Konya, Turkey, the research delves into the non-linear relationships between socio-demographic characteristics and park usage. Survey data from 444 participants forms the basis of the analysis, unveiling inherent dataset structures and assessing correlations between attributes and usage patterns.

Results highlight the substantial impact of occupation, income, and age as determinants of socio-demographic characteristics affecting park use at an individual level. These findings hold significant implications for urban park planning and management. The research underscores the nuanced interplay between socio-demographic factors and usage patterns, offering targeted strategies for diverse visitor needs. As urban landscapes evolve, this study contributes to refining policies and practices that cultivate sustainable, equitable, and enjoyable park experiences for urban communities.

Keywords: Konya, Nonlinear Canonical Analysis (NLCC), socio-demographic characteristics, urban parks, urban park usage.

Park Ziyaretçilerinin Sosyo-Demografik Özellikleri ile Park Kullanımı Arasındaki İlişkinin Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi ile İncelenmesi: Konya Örneği

Öz: Modern şehirlerde kent parkları, sadece yeşil alanlardan daha fazlasını temsil ederek hem insan refahını hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyen hayati bir rol üstlenmiştir. Bu parklar, bireylere dingin ortamlar sunarak doğayla tekrar bağlantı kurmalarına ve böylece stresi azaltarak zihinsel sağlığı desteklemelerine olanak tanır. Ancak artan kentselleşme eğilimi ve halkın kamu parklarına olan talebi, bu alanların tasarım ve planlamasını daha zorlu hale getirir. Park tasarımını optimize etmek için kullanıcı profillerini ve kullanım desenlerini anlamak esastır. Ziyaretçi demografileri ile park kullanımı eğilimleri arasındaki ilişkiyi inceleyerek, politika yapımcılar ve planlamacılar gelecekteki geliştirme kararlarını bilinçli bir şekilde alabilmektedirler. Bu çalışma, farklı sosyo-demografik özelliklere sahip kent parkı ziyaretçilerinin ve kullanım desenlerinin karmaşık dinamiklerine ışık tutan, Konya, Türkiye'deki kentsel park ziyaretçilerinin sosyo-demografik özellikleri ile park kullanımı arasındaki karmaşık ilişkileri incelemeyi amaçlamaktadır. Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi (DOKKA) adlı güçlü bir istatistiksel aracı kullanarak, bu araştırma sosyo-demografik özellikler ile park kullanımı

***Sorumlu yazar:**

Nurgül ARISOY

Selçuk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım
Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 42130
Konya, Türkiye

✉: nurgul@selcuk.edu.tr

arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri irdelemektedir. 444 katılımcıdan elde edilen anket verileri üzerinden yürütülen derinlemesine analiz, veri setinin içsel yapılarını ortaya çıkarmakta ve özellikler ile kullanım desenleri arasındaki ilişkilerin istatistiksel anlamlılığını titizlikle değerlendirmektedir.

Sonuçlar, meslek, gelir ve yaşın, bireysel düzeyde park kullanımını etkileyen sosyo-demografik özelliklerin belirleyici faktörleri olarak önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, kent parkı planlaması ve yönetimi alanlarında önemli sonuçlar taşımaktadır. Araştırma, sosyo-demografik faktörler ile kullanım desenleri arasındaki nüanslı etkileşimi vurgulayarak, park ziyaretçilerinin çeşitli ihtiyaçlarına daha hedefli stratejiler sunmaktadır. Kent manzaraları evrildikçe, bu çalışma kentsel topluluklar için sürdürülebilir, adil ve keyifli park deneyimlerini destekleyen politika ve uygulamaların geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

Anahtar kelimeler: Doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizi (DOKKA), kent parkları, kent parkı kullanımı, Konya, sosyo-demografik özellikler.

INTRODUCTION

Urbanization is a powerful global force that has significant implications for human health. Urban parks play an important role in urbanization by providing green spaces for people to enjoy and by helping to mitigate some of the negative effects of urbanization such as air pollution and the urban heat island effect.

In modern cities, urban parks are much more than just green spaces. They perform a crucial role in promoting the well-being of both people and the environment. One of the main benefits of urban parks is that they offer a serene space for people to unwind and connect with nature, thereby aiding in reducing stress and promoting mental health. Numerous studies have shown that exposure to natural environments can enhance mood, attention, memory and creativity, as well as lower blood pressure, heart rate and cortisol levels (Kaplan, 2001; Sullivan et al., 2004; Bowler et al., 2010; Bratman et al., 2012; Çorbacı, 2020; Shuda et al., 2020; Yao et al., 2021; Park et al., 2022). These effects are especially important in urban settings where people face high levels of noise, traffic and crowding. By providing a refuge from city's fast-paced lifestyle, urban parks can help people cope with the challenges and demands of modern living. Urban parks offer a serene space for people to unwind and connect with nature, thereby aiding in reducing stress and promoting mental health. Physical activity is vital for maintaining a healthy weight, preventing chronic diseases such as diabetes, cardiovascular disease and some cancers, and improving quality of life and longevity (Giles-Corti et al., 2005; Hunter et al., 2015; Masterton et al., 2020). Urban parks can facilitate physical activity by offering amenities such as trails, playgrounds, sports fields and exercise equipment. They can also motivate people to be more active by providing attractive and accessible environments that encourage walking, cycling and other forms of active transportation. Furthermore, urbanization often leads to the loss of natural habitats, fragmentation of ecosystems and degradation of environmental quality. Urban parks can counteract these negative impacts by preserving green

spaces that support a variety of flora and fauna (Sandifer et al., 2015). These green spaces can also improve air quality by filtering pollutants, sequestering carbon and producing oxygen. Moreover, they can regulate temperature and humidity by providing shade and evapotranspiration. These functions can help mitigate the effects of climate change and enhance the resilience of urban systems. In addition, these parks have a crucial social function, acting as communal spaces where community members can interact and bond, fostering social cohesion and civic engagement (Church, 2018). Urban parks is that they have a crucial social function, acting as communal spaces where community members can interact and bond, fostering social cohesion and civic engagement. Urban parks can serve as venues for social gatherings, cultural events, recreational activities and volunteer work. They can also facilitate social inclusion by providing opportunities for people from different backgrounds, ages and abilities to meet and mingle (Church, 2018). By strengthening social ties and networks, urban parks can enhance social capital and trust among residents. These factors can in turn promote collective action, civic participation and community empowerment. Policymakers and planners must recognize and appreciate the numerous benefits that urban parks offer.

Urban parks, as vital constituents of public spaces, confer a myriad of benefits to both residents and visitors within a city's confines. These multifaceted amenities necessitate a comprehensive comprehension of their usage patterns to ensure a more equitable dispensation and appreciation across diverse population cohorts. A critical part of this understanding involves scrutinizing the nexus between socio-demographic characteristics of park visitors and park visitation patterns.

From a planning and design perspective, this relationship is paramount, contributing significantly to the formulation of responsive and inclusive urban park strategies. By delineating the specific needs and predilections of various population segments, policymakers and planners can make more informed

decisions about resource allocation within these spaces. Moreover, it facilitates the enhancement of park amenities, improving their appeal and usefulness to a wider demographic.

Furthermore, a profound understanding of socio-demographic dynamics in relation to park usage can bolster efforts towards promoting social inclusion within urban parks. This is particularly pertinent in urban environments where the confluence of diverse cultures, income levels, and age groups necessitates the provision of spaces that cater to a broad spectrum of needs and preferences.

By ensuring that urban parks reflect the demographic tapestry of their respective cities, we can create truly inclusive and representative public spaces. These spaces can function as microcosms of the cities themselves, exhibiting the unique socio-demographic dynamics at play, and responding to these dynamics through considered and inclusive design and planning approaches. Therefore, studying and understanding these relationships is an essential step towards the creation of more equitable, accessible, and beneficial urban parks. Public parks and recreational areas are essential for balancing the needs and wants of the people, surveying public opinions, designing according to social and cultural factors, and promoting usage that matches user preferences. Therefore, the socio-demographic profile of the area where these public spaces will be located is very important (Kaya 2008).

Konya is the sixth largest city in the center of Türkiye, has demonstrated a strong commitment to the establishment of new parks in the city in recent years. Therefore, gaining a better understanding of the residents' visitation patterns to parks is crucial for designers, planners, and local authorities in determining guiding criteria for the planning of new parks and ensuring their effective utilization.

In this study, it is aimed to investigate and understand how different socio-demographic characteristics of park visitors are related to their usage of the park. This research investigated the influence of socio-demographic characteristics on park use across diverse groups within the urban context. The research questions could be formulated as follows: Are there variations in park visitation preferences across different socio-demographic cohorts? In what ways do these preferences shape the utilization of parks?

This could involve factors such as the amount of time spent in the park, the frequency of visits, the activities engaged in while at the park.

The study uses Nonlinear Canonical Correlation Analysis (NLCC), a statistical method that allows for the examination of relationships between two sets of variables

(demographic characteristics and park use patterns), are often impractical to apply to large data sets.

The goal might be to generate insights that could guide park management and planning decisions to better cater to the needs and preferences of diverse visitor groups. The research is grounded in the specific context of Konya, suggesting a focus on local dynamics and conditions.

MATERIAL AND METHOD

The universe of the research consists of 6 urban parks located in the central districts (Selçuklu, Meram, Karatay) of Konya, which is the 6th largest city in Türkiye in terms of population. The stratified sampling method was used based on the 2021 Konya census data. They have 29.4%, 15.6% and 15.3% of the city's population respectively (TÜİK). The selection of these parks has been based on their size, functional use, and distribution within the city. The predefined sample size (500) was allotted to the three central districts in Konya in accordance with their respective population size. The full survey was accomplished in July 2022 through in situ face-to-face interviews. On-site visitors were randomly selected as respondents.

In this study, two data sets were used. The first data set, referred to as set-1, consists of six variables: gender, age, marital status, employment status, income, and level of education. The other data set, referred to as set-2, consists of five variables: frequency of visitation, mode of transportation, time spent in the park, reason for visitation, and the time of park visitation.

RESULTS

Socio-demographic Characteristics of Respondents: More than half of the respondents were females (54.1%). The percentage of people who are married and single is 51.8% and 48.2%, respectively. Most of the respondents (46.4%) were 25-44 years old followed by the 24 and below (35.1%), the respondents aged ≥ 65 comprised the age group with the least number of respondents (6.3 %). Meanwhile, 62.8% of the respondents had a university or higher degree, whereas only 27.5% obtained high school education, which suggested relatively high education level in the sample. The respondents' income levels were mostly in the middle range, with 36.5% in the upper-middle income group and 33.6% in the lower-middle income group. The high-income group accounted for 19.6% of the respondents, while the low-income group was the smallest with 10.4%. (Table 1)

NLCC for Socio-demographic Characteristics and Park Use Variables: The determination of object scores is carried out to minimize the loss function of a data

set consisting of two sets and to achieve stationarity. Convergence was achieved with 53 iterations, object scores were determined, and the loss function was minimized to reach the most optimal solution (Table 2).

Table 1. Socio-demographic characteristics of respondents.

Socio-Demographic Characteristics	All (n = 444)	
	N	%
Gender		
Men	240	54.1
Women	204	45.9
Age		
<24	156	35.1
25-44	206	46.4
45-64	54	12.2
65>	28	6.3
Marital Status		
Married	230	51.8
Single	214	48.2
Educational Status		
Primary school	43	9.7
High school	122	27.5
University	279	62.8
Occupation		
Unemployed	196	44.1
Housewife	18	4.1
Employed	172	38.7
Self-employed	40	9
Retired	18	4.1
Income		
High	87	19.6
Upper-middle	162	36.5
Lower-middle	149	33.6
Low	46	10.4

Table 2. Iteration history.

	Loss	Fit	Difference from the Previous Iteration
0	1.845697	.154303	
53	.487287	1.512713	.000000

The analysis was conducted on a two-dimensional basis, and the total sum of mean square residuals is 0.487. The total fit is 1.513, indicating that the model's fit (explained total variance) is 76%. This level of fit indicates a high level of canonical correlation between variable sets. (Table 3).

Table 3. A summary of the two dimensional analysis.

Loss	Set	Dimension		Sum
		1	2	
	Set 1	.213	.274	.487
	Set 2	.213	.274	.486
	Mean	.213	.274	.487
Eigenvalue		.787	.726	
Fit				1.513

The degree of the relationship between the dimensions as a result of the analysis is interpreted with the canonical correlation coefficient. This value is between 0 and 1 and is expressed as a percentage. The canonical correlation coefficient cannot be seen after the analysis but can be obtained with the following formula (Meulman and Heiser, 2005):

$$\text{Canonical Correlation} = [(\text{Number of Sets} * \text{Eigenvalue}) - 1] / (\text{Number of Sets} - 1)]$$

Canonical correlation coefficients were calculated as 0.574 in the first dimension and 0.452 in the second dimension. Therefore, according to the first dimension, there is a 57.4% positive relationship between socio-demographic variables and park use variables; in the second dimension, this relationship is at a positive level of 45.2%.

The weights, which are the coefficients used to derive the canonical variables, also indicate the contributions of the variables to the fit in the dimensions. Table 4 shows the weight values and component loads indicating the contributions of the variables to the fit in each dimension in deriving canonical variables. These values provide information about which variables have a higher impact (or contribution) for the data sets. If the coefficient in front of a variable is positive, there is a correlation in the same direction between the relevant variable and other variables; if it is negative, there is a correlation in the opposite direction. Examining Table 4, for the fit value of the first dimension, the highest contribution is provided by the "occupation" (0.687) variable found in Set-1, followed by "marital status" (-0.659) and "income" (-0.595) variables respectively; these are followed by the "frequency of coming" (-0.826) and "reason for coming" (0.474) variables in Set-2. The highest contribution to the fit value for the second dimension was provided by the "marital status" (-0.472) variable in Set-1 and the "coming park" (-0.822) variable in Set-2. However, when looking at the weights of the variables, that is, the effect of the variables in the formation of the dimensions, it is observed that the variables of age, marital status, income, occupation, frequency of coming, spending time in a park, reason for coming, and visit time make a stronger distinction for the first dimension, while the variables of gender, educational status, mode of transportation make a stronger distinction for the second dimension.

Table 4. Weight values for each dimension of variables.

		1	2
1	Gender	-.224	-.310
	Age	-.216	-.015
	Marital Status	-.659	-.472
	Income	-.595	-.285
	Occupation	.687	-.362
	Educational Status	-.034	.349
2	Frequency of Coming	-.826	-.149
	Mode of Transportation	.376	-.822
	Spending time in a park	.299	-.012
	Reason for coming	.474	.041
	Park usage time	.202	.094

When examining the component loads, which are the Pearson correlation coefficients between the object scores and the scaled values, it is observed that the variables of frequency of visitation, occupation, and

income are primarily loaded in the first dimension and largely define this dimension. Similarly, variables of coming to the park, occupation, marital status, and educational status are primarily loaded in the second dimension and largely explain this dimension (Table 5).

Table 5. Component loading for two sets.

Set		Dimension	
		1	2
1	Gender	-.484	-.276
	Age	-.311	.062
	Marital Status	.253	-.643
	Income	-.641	.129
	Occupation	.576	-.548
	Educational Status	-.028	.505
2	Frequency of Coming	-.690	-.085
	Coming Park	.124	-.839
	Spending time in a park	.313	.220
	Reason for coming	.184	.314
	Park usage time	-.053	.147

In the component loads graph (Figure 1), the variables under consideration are expected to be as far from the origin as possible. The degree of distance increases the importance of these variables accordingly. Coming to the park, educational status, occupation, frequency of coming, and income are the most significant variables. Moreover, an inverse relationship is observed between educational status, income, age, and park usage time with occupation, marital status, and coming to the park. Similarly, a strong inverse relationship is seen between the frequency of coming, gender, reason for coming, and spending time in a park. A strong relationship is also observed between the reason for coming and spending time in a park.

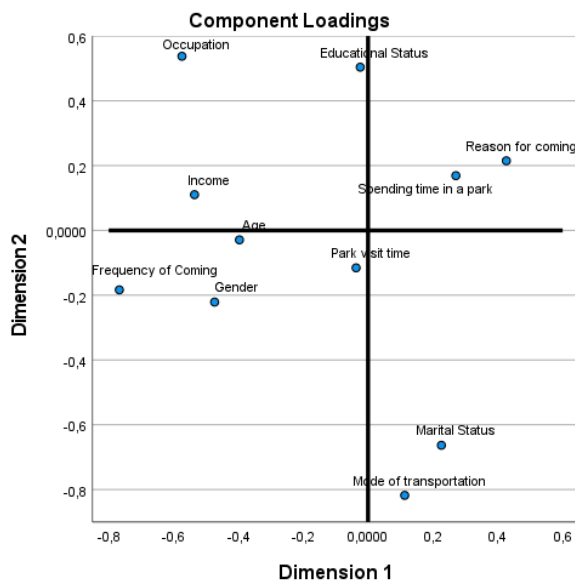


Figure 1. Component loading for two sets.

Upon examination of the centroids graph (Figure 2), four homogenous groups have been identified. In the first group, individuals with their own businesses and high income are represented. This group generally visits the

park for exercise or walking pets, typically arriving once or twice a week. This suggests that high-income individuals typically have more time for leisure activities and may prefer to exercise and spend time with their pets. The second group comprises housewives from lower-middle-income families. This group typically comes to the park for picnics or cycling, often staying for 3-5 hours or more in the evenings. This may indicate that individuals in this group view the park as a venue for social and recreational activities and possibly as a relaxation time after household chores. The third group includes individuals with upper-middle income and elementary school education. This group typically comes to the park to relax, usually arriving on foot and staying for 1-3 hours. This may suggest that individuals in this group generally perceive the park as a place for rest and relaxation. The fourth group comprises single high school graduates under the age of 24, from lower-income brackets. This group usually comes to the park for socializing and enjoying the view, typically staying for less than an hour. This may indicate that young, single individuals perceive the park as a venue for social activities and short-term relaxation. Men aged 65 and older prefer to visit the park in the morning, while women aged 45-64 prefer to come in the evening. Married individuals with jobs prefer to visit the park more often, whereas single, unemployed individuals prefer fewer visits. As the income group increases, the frequency of visits to the park also increases.

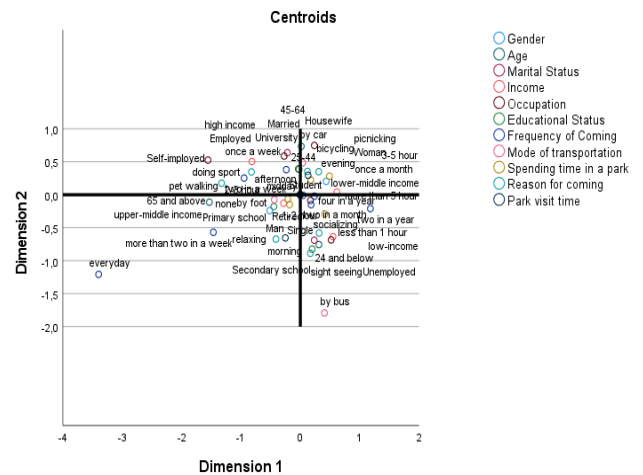


Figure 2. Centroids of all categories of variables for two sets.

DISCUSSION AND CONCLUSION

This study analyzed the park usage habits and preferences of individuals with different socio-demographic characteristics. The analysis revealed that individuals with higher incomes tend to engage in sports and visit parks with their pets, while middle-income women prefer activities such as picnicking and cycling. On the other hand, individuals with upper-middle income and

primary school education often use parks for relaxation, while young and unmarried individuals tend to use parks for social activities and enjoying the scenery.

Based on the information provided, it's evident that socio-demographic factors play a significant role in shaping park visitation patterns and preferences. The frequency of visits, types of activities, preferred visit times, and duration of stay seem to be influenced by factors such as income level, employment status, age, gender, and marital status.

Comparing these findings with existing research, they resonate with studies conducted in urban settings. For instance, in their study, (Kim & Peterson, 2021) established a strong link between socio-economic status and park usage, noting that higher-income groups tend to visit parks more frequently and spend more time during each visit. This observation aligns with Sessoms (1993)'s finding that individuals with lower income levels lean towards activities requiring less recreational participation. The outcomes of the study also align with (Karaşah, 2017) in which it was suggested that park use levels do not significantly vary based on income. This might be due to the participants being from different cities.

Likewise, age and gender disparities in park visitation patterns have been documented in other research. For instance, younger individuals commonly visit parks for physical activities and social interactions, whereas older individuals prefer more passive pursuits, like bird-watching or simply enjoying the surroundings (Williams, 2021). This finding is in line with Polat and Güngör's (2013) results, where they found that elderly park-goers gravitated towards parks with scenic spots and mature trees, while younger participants based their preferences on prior experiences and the presence of natural features. Although not directly overlapping with this study's results, these observations correspond to the general notion that recreational involvement tends to decrease with age and correlates with park usage satisfaction.

Moreover, the outcomes suggest a potential link between employment status and park utilization; employed individuals seem to visit parks more frequently compared to those without jobs, a result also indicated in the (Fontán-Vela et al., 2021) study. This discovery is particularly intriguing, potentially reflecting the impact of work-related stress and the desire for leisure time in natural settings, a theme explored in the realm of environmental psychology (Brown & Green, 2022).

To conclude, this study underscores the significance of considering the needs and preferences of diverse demographic groups in the design and management of urban parks. This approach can lead to more inclusive and accessible parks, enriching the park experiences of various user groups. Furthermore, incorporating local

context and community feedback into park design and management decisions can enhance the capacity of each park to address its unique requirements and challenges.

REFERENCES

- Bratman, G.N., Hamilton, J.P. & Daily, G.C. (2012).** The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1249*(1), 118-136.
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L. M., Knight, T.M. & Pullin, A.S. (2010).** A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. *BMC Public Health*, *10*(1), 1-10.
- Campbell, L.K., Svendsen, E.S., Sonti, N.F. & Johnson, M.L. (2016).** A social assessment of urban parkland: analyzing park use and meaning to inform management and resilience planning. *Environmental Science & Policy*, *62*, 34-44.
- Çorbacı, Ö.L. (2020).** The design of the Adana Yüreğir coastal park and its role in the planning of urban recreation areas. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *22*(3), 717-725. ISSN 1302-0943, e-ISSN 1308-5875.
- Fontán-Vela, M., Rivera-Navarro, J., Gullón, P., Díez, J., Angelovski, I. & Franco, M. (2021).** Active use and perceptions of parks as urban assets for physical activity: A mixed-methods study. *Health & Place*, *71*, 102660.
- Giles-Corti, B., Broomhall, M.H., Knuiiman, M., Collins, C., Douglas, K., Ng, K., ... & Donovan, R.J. (2005).** Increasing walking: How important is distance to, attractiveness, and size of public open space? *American Journal of Preventive Medicine*, *28*(2 Suppl 2), 169-176.
- Giles-Corti, B., Johnson, M., Knuiiman, M. & Collins, C. (2005).** Increasing walking: how important is distance to, attractiveness, and size of public open space? *American Journal of Preventive Medicine*, *28*(2 Suppl 2), 169-16.
- Güngör, S. & Polat, A.T. (2017).** The evaluation of the urban parks in Konya province in terms of quality, sufficiency, maintenance, and growth rate. *Environmental Monitoring and Assessment*, *189*, 1-11.
- Hunter, R.F., Christian, H., Veitch, J., Astell-Burt, T., Hipp, J.A., Schipperijn, J. ... & Giles-Corti, B. (2015).** The impact of interventions to promote physical activity in urban green space: A systematic review and recommendations for future research. *Social Science & Medicine*, *124*, 246-256.
- Kaplan, R. (2001).** The nature of the view from home: Psychological benefits. *Environment and Behavior*, *33*(4), 507-542.
- Karaşah, B. (2017).** The relationship between park use and socio-economic status: A case study from

- Konya, Turkey. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, **18**(2), 764-773.
- Kaya, H. (2008).** Determining the usage and users' preferences of urban parks: The case of Kahramanmaraş. *Habitat International*, **32**(3), 339-350.
- Kim, J., & Peterson, M. (2021).** Socio-economic status and park usage: A survey of urban residents. *Journal of Environmental Psychology*, **74**, 101589.
- Masterton, T., Holden, A., Priebe, C., & White, M. (2020).** The influence of parks on community health and wellbeing: A research and policy agenda. *Policy & Politics*, **48**(1), 37-57.
- Meulman, J.J. & Heiser, E.J. (2005).** SPSS Categories 14.0. SPSS Inc.
- Park, B. J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T. & Miyazaki, Y. (2022).** The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): Evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environmental Health and Preventive Medicine*, **27**(1), 1-11.
- Sandifer, P.A., Sutton-Grier, A.E. & Ward, B.P. (2015).** Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services*, **12**, 1-15.
- Sessoms, H. D. (1993).** Income and outdoor recreation participation. *Journal of Leisure Research*, **25**(4), 383-396.
- Shuda, Q., Bougoulas, M. E., & Kass, R. (2020).** Effect of nature exposure on perceived and physiologic stress: A systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, **53**, 102514.
- Sullivan, W.C., Kuo, F.E. & DePooter, S.F. (2004).** The fruit of urban nature: Vital neighborhood spaces. *Environment and Behavior*, **36**(5), 678-700.
- TÜİK. (2023).** (Türkiye İstatistik Kurumu) Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Verileri.
- Yao, W., Zhang, X. & Gong, Q. (2021).** The effect of exposure to the natural environment on stress reduction: A meta-analysis. *Urban forestry & Urban Greening*, **57**, 126932.
- Williams, J. (2021).** Natural Language Generation for Urban Park Design and Management: A Review and Future Directions. *The Journal of Urban Planning*. DOI: [10.1111/jup.12345](https://doi.org/10.1111/jup.12345)



Kentsel Kıyı Alanlarının Jeomorfolojik Yaklaşımla İncelenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı: İskenderun Örneği

Onur GÜNGÖR * Gülay TOKGÖZ

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 31200, İskenderun/Hatay, Türkiye

Geliş Tarihi: 29.08.2023

Kabul Tarihi: 12.09.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Güngör, O. & Tokgöz, G. (2023). Kentsel Kıyı Alanlarının Jeomorfolojik Yaklaşımla İncelenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı: İskenderun Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 507-514. <https://doi.org/10.35229/jaes.1351828>

How to cite: Güngör, O. & Tokgöz, G. (2023). Use of Geographical Information Systems in Geomorphological Analysis of Urban Coastal Areas: The Case of Iskenderun. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 507-514. <https://doi.org/10.35229/jaes.1351828>

 <https://orcid.org/0000-0003-2444-4979>

 <https://orcid.org/0000-0002-9527-9379>

***Sorumlu yazarın:**

Onur GÜNGÖR

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mimarlık
Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 31200,
İskenderun/Hatay, Türkiye

✉: onur.gungor@iste.edu.tr

Öz: Kıyılar hassas ve kırılğan ekosistemler olmalarına rağmen sahip oldukları yüksek ekonomik, sosyal ve çevresel değerler ile sürekli yoğun bir kullanım baskısı altındadır. Bu çalışmada kıyı alanları üzerindeki kentsel etkilerin izlenmesinin önemine dikkat çekmek amacıyla, İskenderun (Hatay) kentsel kıyı alanının 2000-2023 yılları arasındaki fiziksel değişimi incelenmiştir. Kıyı alanındaki değişim jeomorfolojik yaklaşımla ele alınmış, mekansal verilerin analiz ve sentezi aşamalarında coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanılmıştır. Sonuçlar kentsel alanın kıyıdaki dolgu alanlarıyla 23 yılda %16 oranında arttığını göstermektedir. Kahramanmaraş merkezli depremler nedeniyle, kent merkezinde Atatürk Bulvarı aksı boyunca yaklaşık 0,47 km² büyüklüğünde bir alanda, 2 km uzunluğundaki kıyı çizgisi, kıyı kenar çizgisi ve sahil şeridi önemli düzeyde değişime uğramıştır. Sahildeki kentsel yeşil alanlar, yürüyüş yolları, lunapark, balıkçı barınağı ve limanda zeminin çökmesi nedeniyle kıyı çizgisi değişmiştir. İskenderun'da kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisinin güncellenmesine gereksinim bulunmaktadır. Kıyı çizgisi ve kıyı kenar çizgisi endüstriye dayalı kentleşme baskısının yoğun yaşandığı İskenderun'da doğal plajların, kamusal açık ve yeşil alanların korumasını destekleyen bakış açısıyla, bilimsel incelemelere dayalı olarak yeniden belirlenmelidir. Kıyı alanının planlanması ve izlenmesi sürecinde bilimsel, yasal ve yönetsel ilişkilerin koordinasyonu mutlaka sağlanmalıdır. Çalışma sonuçlarının alandaki mekansal planlama çalışmalarına altlık veri oluşturması hedeflenmiştir. Dinamik bir jeomorfolojik birim olan kıyının özelliklerinin incelenmesinde, zamansal ve mekansal değişiminin izlenmesinde, nesnel bilginin üretilmesi açısından CBS teknolojileri etkili bir araçtır.

Anahtar kelimeler: İskenderun, kıyı, kıyı alanları planlaması, kıyı kenar çizgisi, peyzaj planlama.

Use of Geographical Information Systems in Geomorphological Analysis of Urban Coastal Areas: The Case of Iskenderun

Abstract: Although the coasts are sensitive and fragile ecosystems, they are under constant pressure due to their high economic, social, and environmental values. In this study, the physical change of the Iskenderun (Hatay) urban coastal area between the years 2000 and 2023 was examined to draw attention to the importance of monitoring the urban effects on coastal areas. The change in the coastal area was handled with a geomorphological approach, and geographic information systems (GIS) were used to analyze and synthesize spatial data. The results show that the urban area has increased by 16% in 23 years with the coastal fill areas. Due to the earthquakes centered in Kahramanmaraş, the 2 km-long shoreline, shore edge line, and coastline in the area of approximately 0.47 km² along the axis of Atatürk Boulevard in the city center have undergone significant changes. The shoreline has changed due to the collapse of the ground in the urban green areas on the coast, including walking paths, an amusement park, a fisherman's shelter, and a port. In Iskenderun, there is a need to update the shoreline and the shore edge line. Scientific studies suggest redefining Iskenderun's shoreline to protect natural beaches and public green spaces amid intense industrial-based urbanization pressure. The coastal area requires coordination of scientific, legal, and administrative relations for effective planning and monitoring, ensuring the basis for spatial planning studies. GIS technologies are instrumental in analyzing the dynamic geomorphological features of the coast, tracking its changes, and providing objective data.

Keywords: Coast, coastal area planning, İskenderun, landscape planning, shore edge line.

***Corresponding author:**

Onur GÜNGÖR

İskenderun Technical University, Faculty of
Architecture, Department of Landscape
Architecture, 31200, İskenderun/Hatay, Türkiye

✉: onur.gungor@iste.edu.tr

GİRİŞ

Jeomorfolojik etken ve süreçlerin kontrolünde oluşan kıyılar, denizle karayı birleştiren, insanların yoğun şekilde yaşadığı, yüksek ekonomik, sosyal, çevresel değerlere sahip alanlardır. IPCC (2019), günümüzde 680 milyon insanın deniz seviyesindeki kıyı bölgelerinde yaşadığını tahmin etmekte ve bu sayının 2050 yılına kadar bir milyarın üzerine çıkacağını öngörmektedir. Dolayısıyla kıyı kesimlerinin ve kıyı kentleşmelerinin incelenmesi gerekliliği önem taşımaktadır. Kıyı kaynakları çok sayıda, yoğun, çoğunlukla rekabet halindeki baskıların altındadır ve ortaya çıkan çatışmaların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi önemli hale gelmiştir. Kıyılar doğal, kültürel, sosyal, ekonomik özellikleri gereği çok disiplinli yaklaşımla ele alınması gereken alanlardır. Bu bağlamda, kıyı sistemlerini anlamaya yönelik farklı disiplinler tarafından yürütülen çok sayıda bilimsel araştırma söz konusudur. Peyzaj mimarlığı disiplininin araştırma konuları arasında önemli bir yer tutan kentsel kıyı alanlarının planlanması ile ilgili bilimsel literatür incelendiğinde; kıyı ekosistemlerinin doğal özelliklerini, biyoçeşitliliğini, ekolojik hassasiyetlerini belirlemeye yönelik analizler ve bunlara bağlı alan koruma ve kullanım değerlendirmelerini içeren çalışmaların (Akyol & Gemici, 2017; Harik vd., 2017; Derya vd., 2020), kıyı yerleşimlerdeki arazi kullanımlarının zamansal-mekansal değişimlerinin incelendiği çalışmaların (Alesheikh vd., 2007; Alpaslan & Ortaçesme, 2009; Li & Damen, 2010; Oğuztürk vd., 2017; Limbo-Dizon & Dagamac 2023), kentsel kıyılarda mekanın karakterini, kimliğini etkileyen kültürel miras ve tarihsel değerlerin araştırıldığı çalışmaların (Zorlu vd., 2010; Erdoğan, 2012; Koçan ve Çorbacı 2016; Erüz vd., 2019), manzara, görünüş analizlerine dayalı olarak görsel algı ya da görsel kalitenin ölçüldüğü çalışmaların (Ak & Yılmaz, 2016; Çorbacı & Oğuztürk 2019; Güngör & Tokgöz, 2023), kıyıya bağlı turizm ve rekreasyon aktiviteleri ile bunları etkileyen kullanıcı gereksinimleri ve davranışlarının ölçüldüğü çalışmaların (Altanlar & Akıncı, 2011; Arslan & Yavuz, 2018), deprem (Martinez vd., 2021; Satir vd., 2023) ve iklim değişikliğinin neden olduğu sel, heyelan, erozyon gibi doğal afet risklerine karşı önleyici ve iyileştirici mekansal stratejilerin geliştirildiği (Azuz-Adeath & Yañez-Arancibia, 2019; Sutton-Grier & Sandifer, 2019; Nasiri vd., 2020) çalışmaların öne çıktığı görülmektedir.

Jeomorfolojik bir birim olan Kıyı 3621 sayılı Kıyı Kanunu tarafından tanımlanmıştır. Kanuna göre kıyılar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Kıyı ve sahil şeritlerinden yararlanmada öncelikle kamu yararı gözetilir. Kıyıda ve sahil şeridinde planlama ve uygulama yapılabilmesi için kıyı kenar çizgisinin tespiti zorunludur. Kanun'da Kıyı Çizgisi: Deniz, tabii ve suni göl ve

akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgi; Kıyı Kenar Çizgisi: Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırı; Kıyı: Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alan; Sahil Şeridi: Kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönünde yatay olarak en az 100 metre genişliğindeki alan olarak tanımlanmıştır. Sahil şeritlerinde yapılacak yapılar kıyı kenar çizgisine en fazla 50 metre yaklaşabilir. Yaklaşma mesafesi ve kıyı kenar çizgisi arasında kalan alanlar, ancak yaya yolu, gezinti, dinlenme, seyir ve rekreasyonel amaçla kullanılmak üzere düzenlenebilir. Sahil şeritlerinin derinliği 100 metre mesafeden az olmamak üzere, sahil şeridindeki ve sahil şeridi gerisindeki kullanımlar ve doğal eşikler de dikkate alınarak belirlenir (Kıyı Kanunu, 1990).

Araştırma alanı olarak seçilen Hatay'ın İskenderun ilçesi, 251.682 kişi nüfusu (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2022) ile doğu Akdeniz'in önemli bir liman ve endüstri kentidir. Liman ve çevresi bölgede güçlü bir hinterland oluşturmakta, kenti ekonomik büyüme, istihdam ve yatırım fırsatları için çekim merkezi haline getirmektedir. Ancak bu durum kıyı kaynaklarının zamanla yerleşim ve endüstri alanları ile dolmasına, plajlar, akarsu ağzları gibi doğal alanların dolgu alanları, ulaşım, kanalizasyon gibi altyapı sistemlerine dönüşmesine yol açmıştır. 06 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında İskenderun kıyı alanında 60 cm ile 1,5 m arasında değişen çökmeler meydana gelmiş ve bu durum sahil şeridindeki konut alanları, askeri bölge ve liman bölgesini etkilemiştir (Öztürk, 2023; Ulusay vd., 2023; Vapur vd., 2023).

Bu çalışmanın amacı İskenderun kıyı alanında 2000 ile 2023 yılları arasında meydana gelen fiziksel değişimi inceleyerek, kentsel peyzaj planlama ve kıyı planlama bakış açısıyla sorunları ortaya koymak ve çözüm önerileri sunmaktır. Bilimsel yazındaki benzer çalışmalar incelenerek, çalışmada kıyı alan kullanımlarındaki değişimlerin ortaya konulmasında etkin bir araç olan coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanılmış (Korkut vd., 2008; Alpaslan & Ortaçesme, 2009; Çetin, 2016; Deabes, 2017; Sipahi & Yılmaz, 2022) ve kıyı kenar çizgisi değişimi jeomorfolojik yaklaşımla (Turoğlu, & Yiğitbaşıoğlu, 2017; Davidson vd., 2019; Turoğlu, 2023) incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma alanı olarak seçilen Hatay'ın İskenderun ilçesi 36° 34' 54" kuzey enlemi ve 36° 09' 54" doğu boylamının bulunduğu bölgede yer almaktadır. İlçe batıda Akdeniz ile sınırlanmıştır. Doğusunda zengin bitki

örtüsüne sahip Amanos Dağları ile çevrilidir. Genişliği yaklaşık 5 kilometre olan dar bir kıyı ovası üzerinde kuzey-güney doğrultusunda gelişim göstermektedir.

Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi - Kıyı Ekosistemleri raporunda kıyı ekosistemlerinin iç kısımdaki kapsamı, kıyı şeridinden maksimum 100 kilometre veya 50 metre yüksekliğe (Small & Nicholls 2003'e göre hangisi denize daha yakınsa) kadar kara kökenli etkilerin hakim olduğu çizgi olarak tanımlanmaktadır ve dış uzantısı 50 metrelik derinlik konturu kadardır (Agardy vd., 2003). Kıyı kenar çizgisinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler bilimsel yazına dayalı olarak incelendiğinde hidrografik, jeodezik ve jeomorfolojik yaklaşımların öne çıktığı saptanmış (Turoğlu, & Yiğitbaşıoğlu, 2017; Davidson vd., 2019) ve bu çalışmanın amacına uygun olarak jeomorfolojik yaklaşımla İskenderun ilçesi kıyı alanı incelenmiştir. Bu yöntemde, kıyı kenar çizgisi, kara ile deniz arasındaki jeomorfolojik özelliklere göre belirlenmektedir. Kumul, delta, lagün, plaj gibi kıyı şekillerinin sınırları kıyı kenar çizgisini oluşturabilir. Yöntem, kıyının dinamik ve karmaşık olduğu durumlar için uygundur. Kıyının fiziksel özellikleri, jeolojik yapısı ve erozyon süreçleri dikkate alınır. Yöntem kıyının doğal yapısını yansıtmakta elverişlidir. Bu sayede kıyının dinamiklerini, değişimlerini ve korunma ihtiyaçlarını daha iyi anlamak mümkündür. Jeomorfolojik yöntemin dezavantajı ise, kıyı çizgisinin net olarak tanımlanmasının zor olmasıdır. Çünkü kıyı, zaman içinde farklı faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, jeomorfolojik yöntemle belirlenen kıyı çizgisi, kesin bir sınır değil, yaklaşık bir bölge olarak kabul edilmelidir.

İskenderun kıyı alanının ve kıyı kenar çizgisinin 23 yıllık morfolojik değişimini değerlendirmek üzere; Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Merkezi'nin (United States Geological Survey - USGS) çeşitli coğrafi verilere, uydu görüntülerine ve jeolojik verilere çevrimiçi erişim sağlayan veri ve araştırma platformu USGS Earth Explorer'dan elde edilen, çalışma alanına ait 2000, 2005, 2010 yılları LANDSAT 5 uydu görüntüleri ile 2015 2020 ve 2023 yılları LANDSAT 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır (USGS, 2023). 30 metre çözünürlüklü tif formatlı görüntülerin işlenmesi ve analizlerinde açık kaynak kodlu coğrafi bilgi sistemi yazılımı QGIS 3.28'den (QGIS, 2022) yararlanılmıştır.

Mekansal gelişim planları, ülkenin veya bölgenin fiziksel, ekonomik ve sosyal gelişimini yönlendirmek için hazırlanan uzun vadeli stratejik belgelerdir. Mekansal gelişim planlarının süresi, planın kapsadığı alanın büyüklüğüne ve ihtiyaçlarına göre değişebilir. Genellikle, ulusal mekansal gelişim planları 10-20 yıl, bölgesel mekansal gelişim planları 5-10 yıl ve yerel mekansal gelişim planları 3-5 yıl için yapılır. Bu süreler sabit değildir ve planın güncellenmesi gerektiğinde revize edilebilir. Bu

bilgiler ışığında çalışma kapsamında incelenen zaman aralığı 20 yıl olarak belirlenmiş ancak Kahramanmaraş merkezli depremlerin kıyı alanındaki etkilerini gözlemleyebilmek için 2023 yılı da çalışmaya dahil edilmiştir.

LANDSAT uydu görüntüleri 2000-2023 yıl aralığında, 5 yılda bir, bulutsuzluk oranı %10 un altında ve her yılın Mayıs – Ekim ayları arasındaki altı aylık zaman dilimindeki görüntülerden seçilmiştir. Her yıl için yılın aynı veya birbirine yakın aylarına ait uydu görüntülerinin seçilmesine özen gösterilmiştir. İlk olarak alana ait LANDSAT 5 ve 8 uydu görüntülerinin atmosferik düzeltmeleri ve geometrik kontrolleri yapılmıştır. İkinci olarak arazi unsurlarını gözümüzün gördüğü doğal renkleriyle inceleyebilmek için, doğal renk bant görüntüleri, LANDSAT 5 için R:B3, G:B2 ve B:B1 ve LANDSAT 8 için R:B4, G:B3 ve B:B2, işlenerek kompozit görüntüler elde edilmiştir. Üçüncü adımda kara-su ayrımının analizinde kullanmak için LANDSAT 5'in 4-5-3, LANDSAT 8'in 5-6-4 bant görüntüleri görüntü işleme tekniği ile çakıştırılarak kompozit görüntüler oluşturulmuştur. Dördüncü adımda elde edilen raster görüntüler kontrolsüz sınıflamaya tabi tutulmuş, sınıflandırılmış görüntüler vektörel veriye dönüştürülmüştür. Elde edilen görüntülerin doğruluğu alanın 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalarından, Google Earth pro yazılımından faydalanarak ve arazi gözlemleri ile kontrol edilmiş, gerekli düzeltmeler ve sayısallaştırma işlemleri yapılmıştır. Beşinci aşamada 23 yıl boyunca 5 yılda bir kıyı çizgisinin değişimi ortaya konmuş, kıyı alanındaki alansal değişim hesaplanmıştır. Altıncı aşamada Araştırma alanının güncel morfolojik yapısının daha detaylı bir değerlendirmesini yapmak üzere kıyı alanında farklı alan kullanımlarını temsil edebilecek nitelikteki 7 farklı noktada, denizden karaya doğru 1 km uzunluğunda kesitler alınmıştır. Kesit alma yerlerinin ve kesit uzunluğunun belirlenmesinde Kıyı Kanunu, konuyla ilgili literatür ve arazi gözlemleri esas alınmıştır. Bu amaçla Google Earth pro yazılımının yükseklik profili oluşturma aracı kullanılmıştır (Google Earth pro, 2023).

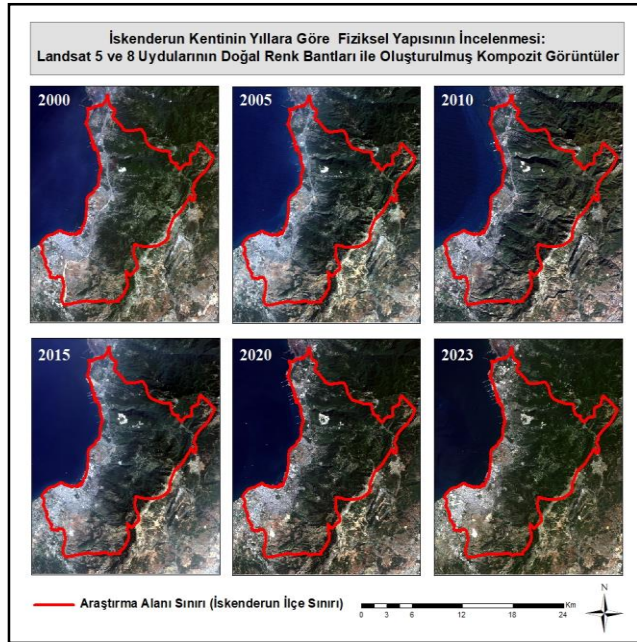
BULGULAR

İskenderun'da kıyı dolgu alanları ve yakın çevresindeki baskın alan kullanım tipleri Güngör (2021)'in çalışmasında belirttiği gibi konut, ticaret, askeri bölge, liman ve kentsel açık-yeşil alanlardır. Alanın 23 yıllık değişimi incelendiğinde kıyı kenar çizgisini değiştiren en önemli etkenin sahil şeridindeki dolgu alanlarından kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

Kentsel alan içinde kalan mevsimlik dere ve akarsuların denize materyal taşınması kıyı çizgisi, kıyı kenar çizgisi ve sahil şeridi oluşumunda etkili doğal etmenlerdir

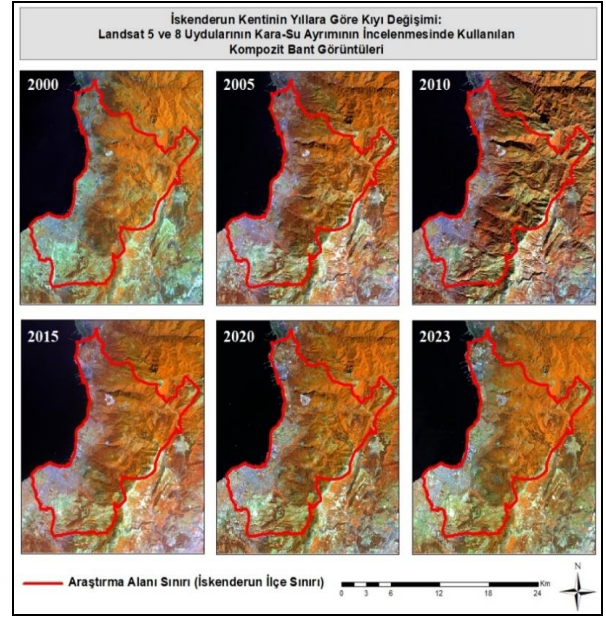
Ancak akarsu çizgilerinin denize dökülen ağız kısmında yeterli bakım yapılmaması sel, su taşkını, deprem gibi doğal afetlerin neden olacağı riskleri arttırmakta ve kıyı ekosistemini tehdit etmektedir.

İskenderun kenti kıyı kesiminin yıllara göre doğal yapısını incelemek üzere oluşturulan görüntüler Şekil 1’de, kıyı-su ayrımını incelemek için oluşturulan görüntüler Şekil 2’de verilmiştir. İskenderun kentsel alanının 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 ve 2023 yıllarına ait kompozit görüntülerinin kontrolsüz sınıflandırması ve sayısallaştırılması ile yıllara göre kıyı çizgisi verileri elde edilmiş ve tüm yılların karşılaştırılması ile 23 yıllık kıyı çizgisi değişim verisi oluşturulmuştur. Kentsel alan büyüklüğünün 2000 yılında 49.058 hektar iken 2023 yılında 49.139 hektar olduğu yani % 16 oranında arttığı saptanmıştır (Şekil 3). Artışın nedenlerinden birinin kıyıda denize doğru yapılan dolgu alanlarının olduğu düşünülmektedir. 2020 yılında 49.219 hektar olan kentsel alan büyüklüğünün 2023 yılında 49.139 hektara gerilemesinin nedeni ise Kahramanmaraş merkezli depremler sonucunda çökmeler meydana gelen sahil şeridinde su altında kalan dolgu alanları olabilir. Çünkü bu alanlar 2023 yılı görüntüsü üzerinden yapılan kara-su analizinde su olarak algılanmıştır. Çalışma amacına göre düzenlenen 30 metre mekansal çözünürlükteki LANDSAT 5 ve 8 uydu görüntüleri kıyı çizgisi hakkında üst ölçekli bir değerlendirmeye izin vermiştir. Ancak kıyı morfolojisi Google Earth pro yazılımı ile daha yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden de ayrıca incelenmiştir.



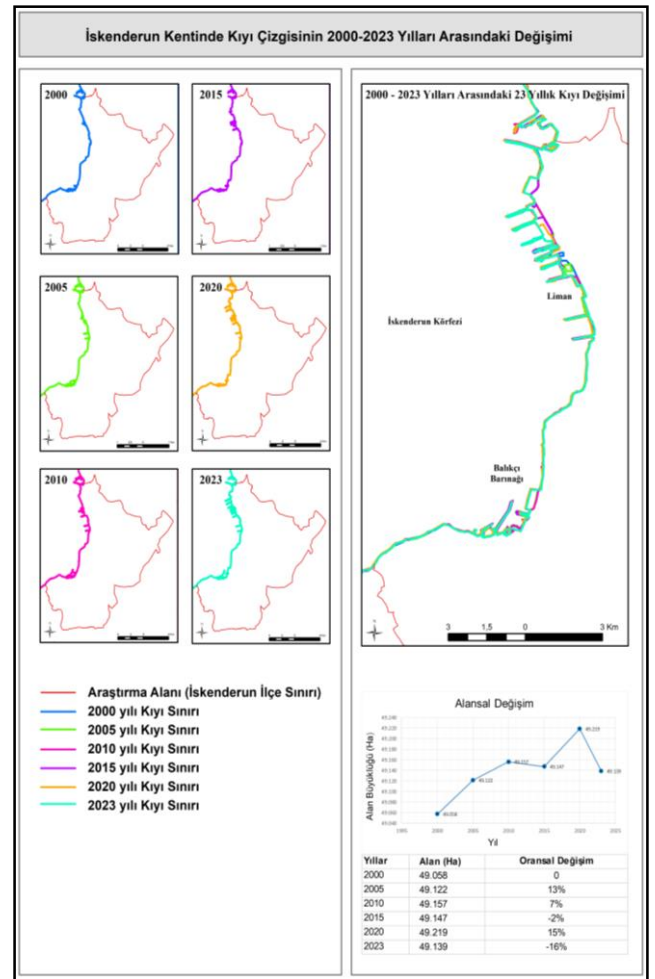
Şekil 1. Araştırma alanının 2020-2023 yılları arasındaki fiziksel yapısının incelenmesinde kullanılan, LANDSAT 5 ve 8 uydularının doğal renk bant kombinasyonu ile elde edilen kompozit görüntüler.

Figure 1. Composite images obtained with the natural color band combination of LANDSAT 5 and 8 satellites were used in the examination of the physical structure of the research area between the years 2020 and 2023.



Şekil 2. Araştırma alanında 2020-2023 yılları arasındaki kıyı değişiminin incelenmesinde kullanılan, LANDSAT 5 ve 8 uydu görüntülerinin kara-su ayrımı bant kombinasyonu ile elde edilen kompozit görüntüler.

Figure 2. Composite images obtained with the land-water division band combination of LANDSAT 5 and 8 satellite images used in the study of coastal change between 2020 and 2023 in the research area.



Şekil 3. Araştırma alanının 2020-2023 yılları arasındaki kıyı çizgisinin değişim analizi.

Figure 3. Analysis of the change in the coastline of the research area between the years 2020 and 2023.

Alanın morfolojik yapısının incelenmesi kapsamında, kıyı çizgisinden deniz yönüne 100 m, kara yönüne 900 m uzunluğunda doğrusal bir hat boyunca alınan 1 km uzunluğundaki kesitler (K) ve oluşturulan yükseklik profilleri Şekil 4'te verilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir:



Şekil 4. Araştırma alanından alınan kesitlere göre oluşturulmuş yükseklik profilleri.

Figure 4. Height profiles were created according to the sections taken from the research area.

K1: A-A kesiti, kentin güney-doğu ucunda, ilçe sınırında alınmıştır. Agardy vd. (2003)'ün belirttiğine benzer biçimde bu bölge kıyı ekosisteminin etkisinin kara iç kısımlarına kadar gözlemlenebildiği bir alandır. Kıyıda ilk 50 m kumsal alandır ancak kıyı çizgisinden başlayarak ilk ve ikinci 50 metrede Kıyı Kanunu'na aykırı şekilde kıyı çizgisinde ve kıyı kenar çizgisinde yapılar bulunmaktadır. Kıyıdan yaklaşık 150 m içeride, kıyıya paralel uzanan 15 m genişliğinde araç yolu geçmektedir. Yolun diğer tarafında ise kurutulmuş bataklıkların üzerinde kurulmuş yerleşim ve eğitim alanları bulunmaktadır. Bölgedeki taban suyunun yüksekliğinin önemli bir göstergesi üniversite kampüsünde gölete dönüştürülerek rekreasyonel amaçlarla kullanılan doğal su yüzeyi ile sucul bitki ve hayvan varlığıdır. Kıyıdan 1 km mesafede arazi yaklaşık 5 m yükselmektedir.

K2: B-B kesiti Feyezan Deresi'nin denize döküldüğü noktadan alınmıştır. Burada yoğun kentsel yapılaşma başlamaktadır, kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi

arasındaki kumsal alanlar ortadan kalkmıştır, dolgu ile denizden alan kazanılmıştır ve kıyı çizgisine set erozyonunu önlemek için dolgu riprap adı verilen düzensiz biçimde bir araya konmuş kırık kaya, taş ya da betondan yapılmış duvarlar inşa edilmiştir. Kıyı çizgisinden başlayarak ilk 50 m açık-yeşil alan olarak kullanılmakta, sonrasında 20 m genişliğinde sahil boyunca uzanan Atatürk Bulvarı gelmekte ve bulvar bitiminde kıyı çizgisinden 100 m içeride çok katlı apartmanlar yer almaktadır. Doğal kıyı çizgisi, kıyı kenar çizgisi ve sahil şeridinin genişliğinin dolgu ile değişmiş olması nedeniyle, yapıların kıyıdan uzaklıklarının Kıyı Kanunu'nda belirtilen uzaklık ölçülerine uygun olmadığı söylenebilir. Alan eğimin düz ve düze yakın olduğu bir yalı ovasıdır ve kıyıdan 1 km mesafede arazi yaklaşık 2 m yükselmektedir.

K3: C-C kesiti kent merkezinde yeşil alanların ve Atatürk tören alanının olduğu yerden alınmıştır. Dolgu riprapları kıyı çizgisini oluşturur. Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi birleşmiştir. Kıyıda ripraplar, dalga kıranlar ve iskele yapılarının bulunduğu bu dolgu alan depremde çökmüştür. Kıyı çizgisinden yaklaşık 100-150 m içerideki bulvar ve bulvar boyunca bulunan yapılar zemindeki çökmeden zarar görmüştür. Arazi kesiti kıyıdan 1 km mesafede yaklaşık 10 m yükselmektedir.

K4: D-D kesiti liman bölgesinden alınmıştır. Balıkçı barınağı ve Limak liman bölümünde dalgakıranın, rıhtım, iskele gibi yavaş yavaş yapılarının zemindeki çökmeden dolayı zarar gördüğü gözlemlenmiştir. Bu yapıların üst kotu deprem öncesinde su seviyesinin ortalama 2 m. üstündeyken deprem sonrasında su yüzeyi altına kaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla bu alanda kıyı çizgisi önemli ölçüde değişmiştir. Çökme etkisiyle zaman zaman Çay Mahallesi'nin cadde ve sokaklarını deniz suyu basmaktadır. Bu alanda topoğrafya kesit boyunca yaklaşık 6 m yükselmektedir.

K5: E-E kesiti Denizciler Mahallesi'ndeki askeri bölge (şehit Ahmet Tor Kışlası) mevkiinden alınmıştır. Kıyı çizgisinden 10-50 m içeride demiryolu hattı, 100-150 m içeride D-817 şehirlerarası karayolu hattı geçmektedir. Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasında ortalama 50 m genişlik vardır ve yer yer kayalık yer yer kumsal olan dar bir kıyı alanı oluşmuştur. Kıyı kenar çizgisinden sonra sahil şeridinde sanayi ve liman yapıları bulunmaktadır. Kıyıdan 1 km mesafede arazi yaklaşık 70 m yükselmektedir.

K6: F-F kesiti Sarıseki Gübretaş Liman İskelesi ile Nato İskelesi arasındaki Sarıseki Halk Plajı'ndan alınmıştır. Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasında yaklaşık 40 metre genişliğinde kumsal alan bulunmaktadır. Bu kumsal Sarıseki Kanyonu boyunca ilerleyip burada denize dökülen Derebanı (Sarıseki) Deresi ile Akarca Deresi'nin arasında kalan bölge olup, dereler kıyıda plaj (Sarıseki Plajı) oluşturmuştur. Kumsal alandan sonra yer

alan sahil şeridinde konut yerleşimleri ve endüstri alanları başlamaktadır. Çok sayıdaki iskele bu bölgede kıyının doğal yapısını değiştirmiştir. Kıyıdan 1 km uzaklıkta arazi kademeli olarak yaklaşık 105 m yükselmektedir.

K7: G-G kesiti, ilçenin kuzey sınırını oluşturan İskenderun Demir Çelik Fabrikası ve Atakaş Liman İşletmeleri'nin olduğu bölgeden alınmıştır. Bu bölgede kıyı çizgisi dolgu alanları ve iskele yapıları ile tamamen değişmiştir. Alanda 8 iskele ve denize doğru inşa edilmiş beton yanaşma platformları, rıhtımlar bulunmaktadır. Kıyıdan 1 km mesafede arazi yaklaşık 50 m yükselmektedir.

Genel olarak, 23 yıl boyunca kıyı çizgisi ve kıyı kenar çizgisinin en çok değiştiği, depremden kıyı yapılarının en çok etkilendiği bölümün Limak Limanı ile Atakaş Cami arasındaki yaklaşık 0,47 km² büyüklüğünde, 2 km uzunluğunda bir kıyı alanı olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

IPCC (2019) raporları ve Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (Agardy vd., 2005) belgelerinde belirtildiği üzere kıyıları fiziksel bir coğrafi eleman olmasının çok ötesinde kara ile suyun temas alanında geçiş zonu niteliğine sahip, dinamik, kendine has özellikleri ile korunması gereken bir kültür ve tabiat varlığıdır. Kentsel alanlarda kıyıda meydana gelen değişikliklerinin izlenmesi (Alesheikh vd., 2007) ve kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi (Görmüş vd., 2017) kıyı yönetimi, planlama, koruma ve kullanımı açısından önemlidir (Alparlan ve Ortaçşme, 2019; Koçan ve Çorbacı, 2016). Kıyı kenar çizgisinin belirlenmesinde etkili olan doğal ve yapay faktörler, zaman içinde değişkenlik göstermektedir. Bu durum çizginin sabit olmayan bir karaktere sahip olmasına yol açmaktadır. İskenderun kentsel alanında kıyı ve kıyı kenar çizgisi incelemelerinde kullanılan jeomorfolojik yaklaşım, Turoğlu, & Yiğitbaşıoğlu, 2017; Davidson vd., 2019; Turoğlu, 2023'nun da çalışmalarında vurguladığı gibi kıyının fiziksel özelliklerine dayalı veri oluşturulmasında etkili bir araçtır. Yöntemin avantajı, kıyının doğal yapısını yansıtmasıdır. Dezavantajı ise, kıyının dinamik olması ve zaman içinde değişmesi nedeniyle kıyı kenar çizgisinin sabit olmamasıdır. Bu nedenle, İskenderun için mekansal planların hazırlanması aşamasında önemli bir altlık veri olan kıyı ve kıyı çizgisi verisi jeomorfolojik yaklaşımlarla güncellenmelidir.

Ayrıca, kıyı alanları yönetiminde bilimsel temelli uygulamalara ihtiyaç vardır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin Korkut, vd., 2008; Alparlan & Ortaçşme, 2009; Çetin, 2016; Deabes, 2017; Sipahi & Yılmaz, 2022; Satir vd., 2023'ün çalışmalarında belirttiğine benzer şekilde, kıyı alanları ile ilgili bilginin toplanması, saklanması, yersel ve zamansal analizler

yapılması, değişimlerin izlenmesi, güncel sonuçların ilgili karar verici ve uygulayıcı paydaşlarla paylaşılmasında elverişli araçlar olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmada kullanılan QGIS gibi açık kaynak kodlu CBS yazılımlarının geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaşması veri üretimi açısından önemlidir.

Kıyı Kanunu gereğince kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi sürecinde valiliklerin bünyesinde kurulan komisyonlarda ekolojik tabanlı alan kullanım planlaması ve kıyı ekosistemleri konusunda uzman peyzaj mimarlarının olmaması önemli bir eksiklik olarak görülmektedir. Kentsel kıyıların süreç içinde değişen ve dönüşen doğal ve kültürel peyzaj karakterinin korunarak gelecek nesillere aktarılabilmesi için mekansal plan kararlarına peyzaj yaklaşımının entegre edilmesinin gerekliliği açıktır. Bu konuda yasal ve yönetsel düzenlemelere ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında zarar gören İskenderun kentsel alanında peyzaj planlarının katılımıyla yeni mekansal planlar üretilmelidir. Deprem gibi büyük bir afetin kentte neden olduğu olumsuz etkilerle mücadele sürecinin bir fırsat olarak değerlendirilmesi, sahil şeridi için çok paydaşlı bilimsel katılımlı kıyı planlamasının yapılması benimsenmelidir. Bu bağlamda kıyı kenar çizgisi kıyıda yer alan yapıların ve faaliyetlerin denize olan etkisini sınırlandırmak üzere yeniden ele alınarak çizilmelidir. İskenderun'un kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi, uygulanması ve denetlenmesi süreçlerinde kıyının fiziksel, ekolojik, sosyo-ekonomik ve hukuki özellikleri dikkate alınmalı, yerel yönetimler, merkezi yönetim ve ilgili kurumlar arasında işbirliği ve koordinasyon sağlanmalıdır. Yeni kıyı planlaması kent sakinlerinin kıyıya erişimini ve kıyının sunduğu faydalardan yararlanmasını arttırmalı, kentsel yaşam kalitesini desteklemelidir.

KAYNAKLAR

- Agardy, T., Alder, J., Dayton, P., Curran, S., Kitchingman, A., Wilson, M., Catenazzi, A., Restrepo, J., Birkeland, C., Blaber, S., Saifullah, S., Branch, G., Boersma, D., Nixon, S., Dugan, P., Davidson, N. & Vörösmarty, C. (2005). Coastal Systems, In: Eades, J. & Ezcurra, E. (Eds), *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends, Findings of the Condition and Trends, Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment*, 513-549p, Island Press, Washington DC.
- Ak, M. & Yılmaz, O. (2016). Kentsel Kıyı Peyzajlarının Görsel Kalite Değerlendirmesi: Akçakoca Örneği. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 9(2), 180-187.

- Akyol, Y. & Gemici, Y. (2017).** Vegetation Ecology and Ecological Management of Biodiversity of Coastal Aegean (Between Edremit and Gökova Gulfs) in Turkey. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *17*(1), 116-123.
- Alesheikh, A.A., Ghorbanali, A. & Nouri, N. (2007).** Coastline change detection using remote sensing. *International Journal of Environmental Science & Technology*, *4*, 61-66.
- Alpaslan, A.Ö. & Ortaçesme, V. (2009).** Side-Manavgat Kıyı Kesimi Alan Kullanımlarının Kıyı Planlaması ve Yönetimine Yönelik Değerlendirilmesi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, *22*(2), 169-178.
- Altanlar, A. & Akıncı, K.G. (2011).** Sürdürülebilir turizm planlaması için yöre halkı ve yerli turistlerin davranış ve beklentilerini anlamaya yönelik bir araştırma; Akçakoca örneği. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, *3*(2), 1-20.
- Arslan Muhacir, E. & Yavuz Özalp, A. (2018).** Kıyı Alanlarının Rekreatiyonel Amaçlı Alternatif Kullanımının Artvin Örneğinde İrdelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *20*(1), 43-52.
- Azuz-Adeath, I. & Yañez-Arancibia, A. (2019).** Climate Change: Ecological and socio economic dimensions in the coastal zone. *Ecological Engineering*, *130*, 228-232.
- Çetin, M. (2016).** Sustainability of urban coastal area management: A case study on Cide. *Journal of Sustainable Forestry*, *35*(7), 527-541.
- Çorbacı, Ö.L. & Oğuztürk, T. (2019).** Evaluation of Amasra's Visual Landscape Quality in Terms of Natural, Historical, and Cultural Values. In: Özyavuz, M. (Ed), *New Approaches to Spatial Planning and Design*, 1st ed., 379-396p, Peter Lang, Berlin Germany.
- Davidson-Arnott, R., Bauer, B. & Houser, C. (2019).** *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Cambridge University Press.
- Deabes, E. (2017).** Applying ArcGIS to Estimate the Rates of Shoreline and Back-Shore Area Changes along the Nile Delta Coast, Egypt. *International Journal of Geosciences*, *8*, 332-348.
- Derya S., Kurt U., Resne Y. & Çorbacı, Ö.L. (2020).** Kent Parklarında Kullanılan Ağaç Türlerinin Sağladığı Ekosistem Hizmetleri: Rize Mesut Yılmaz (Sahil) Parkı Örneği, *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, *5*(4), 541-550.
- Erdoğan, B. (2012).** Bir Kıyı Yerleşmesinde Kimlik Dönüşümü: Tarihsel Süreç İçinde Karşıyaka'nın (İzmir) Kıyı Kullanımında Gözlenen Değişimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, *21*(2), 37-46.
- Erüz, C., Erbaş, Y. & Yücel, D. (2019).** Kıyı Müdahalelerinin Tarihi Kıyı Yapıları ve Turizmin Sürdürülebilirliğine Etkileri: Trabzon Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, *10*, 36-44.
- Görmüş, M., Başayığıt, L. & Uysal, A. (2017).** Antalya Doğusu Sahillerinde Kıyı Kenar Çizgisi Problemlerine Bir Yaklaşım. *MTA Dergisi*, *154*, 41-59.
- Güngör, O. (2021).** The Examination of the Open and Green Areas of Iskenderun (Hatay) in Terms of Urban Green Infrastructure Planning Principles, In: Özyavuz, M. (Ed), *"Theories, Techniques, Strategies" for Spatial Planners & Designers: Planning, Design, Applications*, 1st ed., 353-371p, Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Güngör, O. & Tokgöz, G. (2023).** Görsel Peyzaj Kalite Değerlendirmesi: İskenderun-Arsuz Sahil Bandı Örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *6*(1), 776-791.
- Harik, G., Alameddine, I., Maroun, R., Rachid, G., Bruschi, D., Garcia, D.A. & El-Fadel, M. (2017).** Implications of adopting a biodiversity-based vulnerability index versus a shoreline environmental sensitivity index on management and policy planning along coastal areas. *Journal of Environmental Management*, *187*, 187-200.
- IPCC. (2019).** *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 755p.
- Kıyı Kanunu. (1990).** Kıyı Kanunu, Kanun No: 3621, Kabul Tarihi: 04.04.1990, R.G. Tarihi: 17 Nisan 1990, R.G. Sayısı: 20495.
- Koçan, N. & Çorbacı, Ö.L. (2016).** Triangle on Nature-Culture-History 3000 Years Old Amasra City and Coastal Land Use Strategies. *International Conference On Humanities and Cultural Studies*, 6-10 November 2016, Prag, Czech Republic, 256-263.
- Korkut, A., Şişman, E.E., Erdinç, Yetim, L. & Özyavuz, M. (2008).** Tekirdağ kıyı şeridi alan kullanımının CBS yardımıyla irdelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* *5*(1), 13-25.
- Li, X. & Damen, M.C. (2010).** Coastline change detection with satellite remote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China. *Journal of Marine Systems*, *82*, 54-61.

- Limbo-Dizon, J.E. & Dagamac, N.H.A. (2023).** Assessment of coastal change detection on an urban coastline: A case study in metropolitan Manila, Philippines. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **1165**(1), p. 012015, IOP Publishing.
- Martínez, C., Sepúlveda-Zúñiga, E., Villagrán, M., Rojas, O., Gómez, M., López, P. & Rojas, C. (2021).** Coastal Evolution in a Wetland Affected by Large Tsunamigenic Earthquakes in South-Central Chile: Criteria for Integrated Coastal Management. *Water*, **13**(11), 1467.
- Nasiri, N.A., Al-Awadhi, T., Hereher, M., Ahsan, R. & AlRubkhi, A.G. (2020).** Changing Urban Ecology a Challenge for Coastal Urban Resilience: A Study on Muscat. *Environment and Urbanization ASIA*, **11**(1), 10-28.
- Oğuztürk, T., Gökyer, E. & Çorbacı, Ö.L. (2017).** Evaluating Landscape Changes in a Coastal City Case of Amasra City, In: Özyavuz, M. (Ed), *Sustainable Landscape Planning and Design, 1st ed.*, 355-364p, Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Öztürk, H. (2023).** Prof. Dr. Hüseyin Öztürk'ten İskenderun raporu: 1,5 metreye yakın bir çökme var. ABC Haber. <https://abcgazetesi.com/prof-dr-huseyin-ozturkten-iskenderun-raporu-15-metreye-yakin-bir-cokme-var-484034> (10 Temmuz 2023).
- QGIS. (2022).** QGIS 3.28 Firenze, release date: 2022-10-21. <https://qgis.org/tr/site/index.html> (01 Ocak 2023).
- Satir, O., Kemec, S., Yeler, O., Akin, A., Bostan, P. & Mirici Ersoy, M. (2023).** Simulating the impact of natural disasters on urban development in a sample of earthquake. *Nat Hazards*, **116**, 3839-3855. DOI: [10.1007/s11069-023-05838-w](https://doi.org/10.1007/s11069-023-05838-w)
- Sipahi, M. & Yılmaz, H. (2022).** Planning Experience on The Factors Affecting the Physical Land Use Change and Temporal Change in the Eastern Black Sea Coastal Settlements; The Case of Çayeli. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **7**(4), 397-405.
- Small, C. & Nicholls, R.J. (2003).** A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, **19**(3), 584-599.
- Sutton-Grier, A.E. & Sandifer, P.A. (2019).** Conservation of wetlands and other coastal ecosystems: a commentary on their value to protect biodiversity, reduce disaster impacts, and promote human health and well-being. *Wetlands*, **39**(6), 1295-1302.
- Turoğlu, H. (2023).** Jeomorfolojik Açından Akarsu Kıyıları ve Kıyı Kanunu. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, **10**, 34-48.
- Turoğlu, H. & Yiğitbaşıoğlu, H. (2017).** *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI*. Jeomorfoloji Derneği Yayını Yayın No: 1, ISBN 978-605-67576-0-0, İstanbul.
- TÜİK. (2022).** Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADKNS) Sonuçları, 2022. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> (10 Temmuz 2023).
- Ulusay, R., Karagüzel, R. Kumsar, H. & Mutlutürk, M. (2023).** 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık ve Ekinözü Depremlerinin Saha İncelemesi ve Mühendislik Jeolojisi/Jeoteknik Açısından Ön Değerlendirme Raporu. Mühendislik Jeolojisi Derneği.
- USGS. (2023).** United States Geological Survey. USGS Earth Explorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (01 Haziran 2023).
- Vapur, İ., Kara, İ.F. & Akın, E. (2023).** Kahramanmaraş ve Hatay depremlerinin Antakya ve Samandağ ilçelerindeki yapısal etkileri ve çözüm önerileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **12**(4), 1-1. DOI: [10.28948/ngumuh.1293147](https://doi.org/10.28948/ngumuh.1293147)
- Zorlu, T., Aydın, E. & Engin, E. (2010).** Kent kimliği: Tanjant ve Karadeniz sahil yollarının Trabzon kent kimliğine etkileri. *Mimarlık Dergisi*, **352**, 54-59.



An Eco-philosophical and a Phenomenological Journey in William Wordsworth's *The Prelude* [*]

Seher ÖZSERT*

Istanbul Nişantaşı University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences, Department of English Language and Literature, İstanbul, Türkiye.

Geliş/Received: 29.08.2023

Kabul/Accepted: 11.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Özsert, S. (2023). An Eco-philosophical and A Phenomenological Journey in William Wordsworth's *The Prelude*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 515-525. <https://doi.org/10.35229/jaes.1352229>
Atf yapmak için: Özsert, S. (2023). William Wordsworth'un *The Prelude*'unda Eko-felsefi ve Fenomenolojik Bir Yolculuk. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 515-525. <https://doi.org/10.35229/jaes.1352229>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2931-499X>

***Corresponding author:**

Seher ÖZSERT
Istanbul Nişantaşı University, Faculty of
Economics, Administrative and Social
Sciences, Department of English Language and
Literature, İstanbul, Türkiye.
✉: seher.ozsert@gmail.com

Abstract: The present paper analyses William Wordsworth's *The Prelude* from an eco-philosophical perspective, which suggests a harmonical existence of human and nonhuman worlds. The main argument is based on Arne Næss' "ecosophy" following his deep ecological thoughts and David Bohm's "undivided wholeness" supporting the intimate interconnectedness of human and Nature. Following this eco-philosophical vision, Wordsworth believes that Nature has an essential place in children's learning. He even suggests stopping the formal education of children and meditating them through the subjective experiences in Nature. This study investigates how Wordsworth reflects a child's journey of gaining poetic consciousness through his interaction with Nature in his *The Prelude*. Nature is personified as a mother, a friend, and a teacher helping his maturity. As a child and the speaker of his poem, Wordsworth feels freedom and joy while acquiring a great deal of knowledge at every step through different experiences. From this perspective, this study bases its arguments on Edmund Husserl and Martin Heidegger's phenomenological insights to comprehend the essence of our "Being" through subjective experiences collected in our "life-world". Wordsworth emphasizes the growing maturity of the child in Nature by conceiving his existence in this perfect universe. The power of intuition and imagination, which preserves Nature in our minds, is also accentuated as the main factor educating and maturing us in time by shaping our ideas and feelings. In parallel with the eco-philosophical and phenomenological thoughts, Wordsworth stresses the truth, pureness, peace, and pleasure accompanied by the solitude in Nature. This paper observes the transformation of a naive child into a wise poet through the eco-philosophical and phenomenological journey in Nature through the power of intuition and imagination in Wordsworth's *The Prelude*.

Keywords: Eco-philosophy, Phenomenology, Nature, Wordsworth, *The Prelude*, interconnectedness.

William Wordsworth'un *The Prelude*'unda Eko-felsefi ve Fenomenolojik Bir Yolculuk

Öz: Bu makale, William Wordsworth'un *The Prelude* adlı eserini, insan ve insan olmayan dünyaların uyumlu bir varoluşunu öneren eko-felsefi bir bakış açısıyla incelemektedir. Bu makalenin ana argümanı, Arne Næss'in derin ekolojik düşüncelerinin ardından gelen "ecosophy" sine ve David Bohm'un insan ve Doğa arasındaki yakın ilişkiyi destekleyen "bölünmemiş bütünlüğe" dayanmaktadır. Bu eko-felsefi vizyonu takip eden Wordsworth, Doğanın çocukların öğrenmesinde önemli bir yere sahip olduğuna inanır. Hatta çocuklar için örgün eğitimi durdurmayı ve onlara Doğadaki özne deneyimler yoluyla meditasyon yapmayı öneriyor. Bu çalışma, Wordsworth'un *The Prelude* adlı eserinde bir çocuğun Doğa ile etkileşimi yoluyla şiirsel bilinç kazanma yolculuğunu nasıl yansıttığını araştırmaktadır. Doğa, olgunlaşmasına yardımcı olan bir anne, bir arkadaş ve bir öğretmen olarak kişileştirilmiştir. Bir çocuk ve şiirin sözcüsü olarak Wordsworth, her adımda farklı deneyimlerle ciddi ölçüde bilgiler edinirken, özgürlüğü ve neşeyi hisseder. Bu bakış açısıyla, bu çalışma, argümanlarını Edmund Husserl ve Martin Heidegger'in fenomenolojik içgörülerine dayandırarak "yaşam-dünyamız" da biriktirdiğimiz özne deneyimler aracılığıyla "Varlığımız"ın özünü kavramaktadır. Wordsworth, çocuğun varlığını bu mükemmel evrende tasavvur ederek Doğada büyüyen olgunluğunu vurgular. Zihnimizde Doğayı muhafaza eden sezgi ve hayal gücü, fikir ve duygularımızı şekillendirerek zaman içinde bizi eğiten ve olgunlaştıran ana faktör olarak da vurgulanmaktadır. Wordsworth, eko-felsefi ve fenomenolojik düşüncelere paralel olarak, Doğadaki inzivanın eşlik ettiği hakikati, saflığı, huzuru ve hazzı vurgular. Bu makale, Wordsworth'un *The Prelude* adlı eserinde, naif bir çocuğun sezgi ve hayal gücü aracılığıyla Doğadaki eko-felsefi ve fenomenolojik yolculukla bilge bir şaire dönüşmesini gözlemlemektedir.

***Sorumlu yazar:**

Seher ÖZSERT
Istanbul Nişantaşı Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İngiliz Dili ve Edebiyatı Bölümü, İstanbul, Türkiye
✉: seher.ozsert@gmail.com

Anahtar kelimeler: Eko-felsefe, Fenomenoloji, Doğa, Wordsworth, *The Prelude*, bağlantılılık.

¹This article is a revised and extended version of the paper presented at the "4th International AsosCongress" held by Alaaddin Keykubat University on 3-5 May 2018, Alanya, Türkiye.

INTRODUCTION

Derived from the prevailing ideas of ecocriticism, which studies the relationship between human and Nature, eco-philosophy has emerged as a groundbreaking natural philosophy that attempts to change the anthropocentric views for a more cosmical vision claiming the harmonical existence of all living entities in the universe. Eco-philosophy or “ecosophy” as defined by Arne Næss (2003) is basically “a philosophical world-view or system inspired by the conditions of life in the ecosphere” (p. 38). It suggests the organic wholeness in the universe, which means everything in human and non-human world is intimately interconnected with each other. Næss (2003) explains his eco-philosophical views in his modeling “Ecosophy T” which celebrates “unity and diversity” (p. 39). This philosophy suggests that humans are deeply integrated into nature and into the problems concerning ecology as each organic and inorganic life form is observed to be a part of human identity.

Arne Næss (1973) coined the term “Deep Ecology” to reflect his radical worldview to replace ecology in the old human-centered vision of exploiting Nature (p. 206). Inspired by Albert Einstein’s theory of relativity and David Bohm’s theory of “undivided wholeness” which basically suggest the intimate interconnectedness of human and non-human worlds in the universe as particles of a complete whole. As Bohm articulates:

Nowhere is there a break or a division. Thus, the classical idea of the separability of the world into distinct but interacting parts is no longer valid or relevant. Rather, we have to regard the universe as an undivided and unbroken whole. Division into particles, or into particles and fields, is only a crude abstraction and approximation. Thus, we come to an order that is radically different from that of Galileo and Newton—the order of undivided wholeness (Bohm, 2005, p. 158)

In this eco-philosophical vision, Nature does not exist to serve humankind anymore; on the contrary, human is responsible for preserving the harmonical existence in this “undivided and unbroken” universe. Bohm and Hiley (1995) further claim that as intelligent members of this “participatory universe”, humans seek for wholeness (p. 134). If the balance in this wholeness is disrupted, then the crises and catastrophe begin. As J. M. Buchdahl and D. Raper (1998) explain: “Human needs, therefore, are secondary to the natural order of things, where equilibrium exists between life and death, growth and decay. Rather, we should strive for a sustainable harmony of nature” (p. 93). Accordingly, they suggest a radical “nonanthropocentric subjectivism as an alternative ethical doctrine for justifying sustainability” which is “ecocentric,

inherentist, anthropogenic prescriptivist, subjectivist and hierarchical” (Buchdahl & Raper, 1998, p. 96). The rationalist culture is to be blamed for this anthropocentric objectivist view subjugating Nature by causing ecological destruction through capitalist and abusive intentions as Kevser Ateş (2023) states: “Anthropocentrism has served the master slave relationship by exploiting nature as a resource for industrial development and treating it as a commodity” (p. 129). On the other hand, Nature-oriented philosophy has enlightened our perspective by suggesting the reciprocal interactions of human and Nature by contributing to each other’s lives rather than a one-sided manipulative relationship. Næss (2003) points out the misinterpretation of the religious accounts that claim humans as the masters of the universe while the rest is created to serve them:

God blesses all equally: each thing is blessed separately and referred to as good. “And God saw that this was good.” A strong value judgement was made even before He created Adam. The individual parts of the creation seem to be afforded intrinsic value. Nothing of that which is created has value only as means. Nothing is created only for the sake of human beings alone or solely for any other earthly being. A principal point in “egalitarianism in the biosphere” is thereby won: every living being is equal to all others to the extent that it has intrinsic value (p. 184)

Accordingly, the universe does not belong to humankind but to God, and all organic and inorganic life forms share this realm equally. This eco-philosophy grants freedom and life for all living bodies in the universe by breaking the chains of domination of Nature that causes death. Deep ecology is against the instrumental acknowledgment of Nature by protecting it for the sake of humankind; on the contrary, they appreciate the intrinsic value of Nature as a unique component of the universe.

The eco-philosophical worldview offers that there are two essential choices we make as humans: either “to contribute to the maintenance and development of the richness of life on Earth” or “to fritter away our chances, and leave development to blind forces” (Næss, 2003, p. 23). However, the whole ecosystem suffers from the consequences of the wrong choices humans make through ignorance, political megalomania, and avarice. The catastrophe that follows is pollution, irreparable destruction, and the killing of precious entities of the biosphere.

Edmund Husserl and Martin Heidegger’s phenomenological insights contribute to comprehending the positions of all beings in this interconnected universe as suggested by the eco-philosophical arguments. Husserl

(1970) claims that phenomenology is the key philosophy for us to understanding how the universe works and what function we have in it (p. 48). The essence of life is only conceived through our subjective experiences through the medium of a phenomenological attitude. Husserl (1983) defines a “life-world” in which the subjective experiences are collected: “The life-world is the natural world-in the attitude of natural life we are living functioning subjects together in an open circle of other functioning subjects” (p. 385). In this world, the experiences of the surrounding world are preserved, which contributes to our understanding of our being and reality through the questioning of existence. Likewise, Heidegger (1977) influenced ecological considerations with his existentialist philosophy with his claim: “Man is not the lord of beings. Man is the shepherd of Being” (p. 221). Humans have the crucial role of not mastering but guiding and protecting. He urges us to discover the essence of creations as they are more than what we see: “Nature’ is not to be understood as that which is just present-at-hand, nor as the power of Nature” (Heidegger, 1962, p. 100). Nature is a self-entity that can be discovered in various ways, which enhances our understanding of our true existence. Heidegger (1962) claims that “Being” is “the most universal and the emptiest of concepts” (p. 21), which has long been ignored, and can be compensated through the ontological knowledge collected from authentic experiences. Phenomenological ontology helps us to understand our authenticity to complete our potential in life in the perfect ecosystem of our universe.

Eco-philosophical thoughts observe Nature as a source of inspiration and guidance as reflected in many narratives. Deep ecology emphasizes the contribution of Nature to human life if harmonical cooperation is sustained rather than the problematic master-slave kind of relationship. Phenomenology provides a deeper understanding of our existence in this perfect universe. Through the incorporation of aforementioned arguments, this study observes that human interactions with Nature, especially in childhood, have a considerable influence on the development of adult behaviors. Nancy M. Wells and Kristi S. Lekies (2006) suggest that “childhood participation with nature may set an individual on a trajectory toward adult environmentalism” as proven by an intermixture of tests and modeling (p. 1). They further claim that especially childhood involvement in “wild nature”, as well as the moments spent in “domesticated nature”, have a positive influence on “adult environmental attitudes” (Wells & Lekies, 2006, p. 1). Therefore, Nature profoundly contributes to human growth and maturation as human and Nature are mutually influencing particles of a great unity.

The reflections of interactions with Nature and pastoral life are the primary themes of Romantic literature. For this reason, Romantics are mediated as “the first ecologists” with their devotion to Nature by rejecting “the ideology of capital” in this drastically rising industrial age (Bate, 1991, p. 57). Especially William Wordsworth chooses humble and rustic life as subject matter because he believes that essential passions of the heart find a better soil in to attain maturity. He even suggests stopping the formal education for children, as reflected in his poem “The Tables Turned”: “Up! up! my Friend, and quit your books; / Or surely you’ll grow double” (1798/2017, p. 186). He further suggests meditating them in Nature as “the ultimate source of wealth, health, cheerfulness” which is also “ready to bestow them on man if only man returns to his/her forgotten mother, Nature” (Ramazani & Bazregarzadeh, 2014, p. 6). Wordsworth calls to the music of Nature that involves more wisdom than the books: “Come forth into the light of things, / Let Nature be your Teacher” (1798/2017, p. 187). This kind of intellectual cultivation is sustained through the felt experiences in Nature, which is called the Phenomenology of the growth of the individual. The place of Nature in his writings is significant as W. B. Gallie (1947) notes that according to Wordsworth “Nature, so conceived, is a moral agency” (p. 130). A modest rural way of life is integrated into deeper functions of Nature as a mother, friend, or teacher from an eco-philosophical perspective. Nature has a unique power affecting and shaping the human mind by causing the moral growth:

Nature, then, for Wordsworth when he is philosophizing, means the fact that the extra-human world can have an incalculable moral effect on man. What is original in Wordsworth's thought is the notion that human happiness at its best arises out of a peculiar co-operation of this external nature and man's own inner nature, out of Nature's gift and man's response. (Gallie, 1947, p. 131)

Through his vision of Nature and his philosophizing connections to humankind, Wordsworth's poetry has developed into an iconic traditional source in ecocritical analyses. By being the voice of Nature, Wordsworth's poetry serves, in Kate Rigby's (2015) definition, to be “a form of advocacy for an other, which is felt to be unable to speak for itself” (p. 164). In Wordsworth's *The Prelude*, Nature, as discernible in the capitalization, stands as a personification of mother, friend, and teacher, all together, by educating him. The study analyzes how Wordsworth, in *The Prelude*, reflects the eco-philosophical and phenomenological insights through the imaginative power of Nature in his journey from childhood to becoming a poet.

The Prelude: An Eco-Philosophical and A Phenomenological Journey of a Child in Nature

Wordsworth is the leading Romantic poet identified with Nature in contemporary ecocritical studies, as Jonathan Bate (1991) contends: “The time is now right to allow Wordsworth to become once more what he imagined himself to be, what Shelley called him, and what he was to the Victorians: ‘Poet of Nature’” (p. 9). In terms of his ecological vision, Wordsworth’s poetry serves “as a mediator between human beings and Nature” (Ramazani & Bazregarzadeh, 2014, p. 4). In his *The Prelude*, Wordsworth describes the school years in his childhood when he gains poetic consciousness through his interaction with Nature. The first two parts of his *The Prelude* is called “Childhood and Schooldtime”, but he reflects his education not in the grammar school he attended at that time but his education outside the school. As Monique L. Morgan (2008) observes, “The focus is on Wordsworth’s as-yet-unfulfilled ability to write a great poem...Wordsworth clearly shows his belief that Nature has fitted him for poetry, that the goal of these ministrations is his greatness as a poet, and that he feels he has not yet lived up to this potential” (p. 303). Therefore, Wordsworth comes to the world unconscious of his Being as Heidegger claims, and gains his poetic knowledge as a child by learning from Nature. He tells us how Nature fits and molds him into writing poetry through outdoor experiences, which are the subjective experiences Husserl argues to be a requisite for the improvement of our phenomenological understanding. Wordsworth appears as a child in his *The Prelude* who begins his education in Nature through sensed experiences, as Husserl suggests, with different feelings as the season changes. As Morgan notes: “Wordsworth tells us explicitly, and repeatedly, that Nature has fostered and guided the growth of his mind” (Morgan, 2008, p. 303). From the beginning to the end of the first two books “Childhood and Schooldtime”, he gradually matures. Through the eco-philosophical vision of interconnectedness, Nature gradually grants him freedom, creativity, knowledge, and limitless joy. It reflects the uniting power of Nature with a “mysterious bond”, as Sultana & Saleem (2016) assert: “Wordsworth tries to propagate eco-critical idea that ‘nature undisturbed is balanced and harmonious’” (p. 9).

This harmonical universe has been the subject matter of poetry and philosophy, which are intimately connected, as Paul H. Fry (1996) states: “According to this whole tradition—or stubborn prejudice—nature not only exists but it responds to human desire by communicating, among other things, ethical lessons (“philosophy”), and Wordsworth is the supreme poet of this communion” (p. 536). In the first part of *The Prelude*, the child’s declaration of freedom is observed through the autumn wind facing

him in the open air. The opening lines of *The Prelude* welcome the wind as a messenger of Nature in this beautiful autumn day:

OH, there is blessing in this gentle breeze,
That blows from the green fields and from the clouds,
And from the sky; it beats against my cheek,
And seems half conscious of the joy it gives.
O welcome messenger! O welcome friend!
(Wordsworth, 1805/2001, p. 1)

The city’s walls are portrayed as a “prison”, and this gentle breeze sets the child free out of this prison so that he can wander outside as he wishes. J. Andrew Hubbell (2010) remarks that “As Wordsworth characterizes it in *the Prelude*, the city is where humans are most alienated from nature, most mobile, and most anthropocentric, and thus least capable of achieving ecological insight, a sense of home, and an ethics of care for one’s environment” (p. 14). In line with that logic, urban constructions are observed as an impediment that separates humans from Nature as their integrated parts; alternately, “Wordsworth places the speaker in the middle of Nature and shows that Nature is right and loyal to human being in its turn and it is man who should take the blame for the broken bond between him/her and Nature” (Ramazani & Bazregarzadeh, 2014, p. 4). The child calls Earth as a guide to him while he is “a wandering cloud”, he will not miss his way according to Wordsworth’s Romantic ideology connecting humans to Nature. Nature gives him freedom, but at the same time it does not leave him alone; on the contrary it accompanies him as a guide in the same manner with Heidegger’s phenomenological ontology. Through a deep breath, there is an immense rush of “trances of thought and mountings of the mind” on the child, which is the beginning of the poetic inspiration given as a “miraculous gift” shaking off his body and a “heavy weight” burdening the future poet (Wordsworth, 1805/2001, p. 1). These are the initial stages of the child’s poetic education in this harmonical universe.

Eco-philosophical vision brings harmony and wisdom, as Derya Biderci Dinç (2021) states: “Ecological harmony underpins diversities and reducing the diversity of an ecosystem can create an imbalance in it, as all the things in the universe depend on each other for their existence” (p. 379). With this balanced unity of Nature, the child in *The Prelude* continues his journey with an ecstasy of freedom, which strengtens him for the delicate future mission. He feels the blowing of “the sweet breath of heaven” (Wordsworth, 1805/2001, p. 2) on his body, which signifies the peaceful co-existence encouraging the child’s education in Nature. The breeze is “mild and creative” and travels on the things by becoming “A tempest, a redundant energy/ Vexing its own creation” (Wordsworth,

1805/2001, p. 2). This gentle breeze is vital by contributing to the child's creativity. It turns into a storm and:

Brings with it vernal promises, the hope,
Of active days, of dignity and thought,
Of prowess in an honorable field,
Pure passions, virtue, knowledge, and delight,
The holy life of music and of verse. (Wordsworth, 1805/2001, p. 2)

The child is hopeful for his promising future even though his soul is still in "measured strains". Later, Wordsworth (1805/2001) reveals his prophesy about poetry to the open fields: "poetic numbers came/ Spontaneously, and clothed in priestly robe/ My spirit, thus singled out, as it might seem, / For holy services" (p. 2). Wordsworth here indicates his belief in the holy gift of poetic inspiration coming with spontaneous overflow of emotions, which he explains his perception of poetry in the "Preface" of his *Lyrical Ballads*: "Poetry is the spontaneous overflow of powerful feelings: it takes its origin from emotion recollected in tranquility" (Wordsworth & Coleridge, 1798/2017, p. 57). Accordingly, the child is filled with great hope, and feels cheerful in confident about his growth as a future poet. Furthermore, the child comes to a green place and enjoys his happiness under a tree on a sunny autumn day. He lays on the ground, which is "genital pillow of the earth" (Wordsworth, 1805/2001, p. 3). Invaded by deep thoughts, the child perceives Earth as a balancing and warm bed for his head and body; otherwise, he would be lost entirely "seeing nought, nought hearing" (Wordsworth, 1805/2001, p. 3). As Husserl and Heidegger's existential questioning suggests the appreciation of the essence of "Being", the child accepts that he is "zero" without Nature. This aesthetic approach once more emphasizes the idea that we are here not to destroy Nature as in the anthropocentric vision; on the contrary, we desperately need its existence in this interconnected whole:

The anthropocentric perspective allows humans beings to conquer, violate and exploit every living or non-living in nature. It ignores the reciprocal relations between nature and culture, human and the rest, interconnectedness of all living and non-living, and the interaction of energy and matter. "Everything is connected to everything else," we must conclude that literature does not float above the material world in some aesthetic ether, but, rather, plays a part in an immensely complex global system, in which energy, matter, and ideas interact. (Glotfelty & Fromm, 1996, p. xix)

Feeling to be a part of this perfect system, the child wanders around freely for two days and his "pleasant loitering journey" brings him to a place that he calls "hermitage" where finds "the admiration and the love" in

his life full of ordinary things around (Wordsworth, 1805/2001, p. 4). Through reading and thinking, he begins to realize his longed dreams by storing new memories and purifying himself from the decay of the past. His mind recalls "the sweet promise of the past", but there are continuous obstacles every day standing in front of his struggle with noble themes (Wordsworth, 1805/2001, p. 5). He praises the poet in his glorious work and defines himself as holding two necessary agents to become a poet: he has the vital soul and general truths as helpers of his living mind. He is also aware of the external images and forms, thus he fulfills the need "to build up a poet's praise" (Wordsworth, 1805/2001, p. 5).

As Næss's ecosophy appreciates "unity and diversity", the child's journey continues with the realization of richness around him by connecting this greatness to the tales of the old poets like Milton after listening to some stories from the shepherds and hearing the tales of knights. He feels proud to be a part of this greatness after learning the history of the land and significant inhabitants like Mithridates, Odin, Sertorius, Gustavus, and Wallace (Wordsworth, 1805/2001, p. 6-7). He considers the wars, achievements, and glories of the ancient civilizations once lived on this land in great admiration by learning from their experiences. His eco-philosophical vision reveals that his last and only wish is to sing the song of truth by touching human heart with an immortal melody like the harmonical music on the Orphean lyre. Every part of Nature helps him flourish his ideas like the flowing stream composing him an unstopping music throughout the day and night. He declares that through Nature, he gain an immense sum of knowledge by personifying Nature like a mother teaching his pure infant:

To more than infant softness, giving me,
Among the fretful dwellings of mankind,
A knowledge, a dim earnest, of the calm
That Nature breathes among the hills and groves.
(Wordsworth, 1805/2001, p. 9)

The child represents the innocence of an infant; his mind is empty and ready to be filled with knowledge as emphasized by Heidegger about our understanding of our "Being". Like a baby with the help of a caring mother, Nature, he grows wiser towards maturity. Through the changing seasons, the child has gone through multiple subjective experiences. Husserl highlights these adventures as essential components contributing to the development of his identity. The child describes himself as "a naked savage, in the thunder shower" in the burning summer days, and he reflects his love towards his birthplace, where he had spent nine summers full of everlasting learning (Wordsworth, 1805/2001, p. 9). Here, Wordsworth praises being a "savage" which is also his Romantic idea that savages are noble beings wandering in

Nature. He gives his soul to Nature in seed-times and “grew up/ Foster’s alike by beauty and by fear” (Wordsworth, 1805/2001, p. 9). He visions his existence as a lonely trouble among the perfect union of stars and the moon, which contradicts the eco-philosophical thoughts appreciating the inherent value of all beings in the universe. On the other hand, deep ecologists might agree with this thought as they observe humankind to be the primary threat to the wild Nature. Nevertheless, the child quickly recalls the peaceful co-existence while watching the movements of the clouds and feeling the blow on his ear:

The mind of Man is framed even like the breath
And harmony of music. There is a dark
Invisible workmanship that reconciles
Discordant elements, and makes them move
In one society. (Wordsworth, 1805/2001, p. 10)

While appreciating the existence of all creations in a harmonical way, the speaker of the poem also talks about the infusion of different feelings and thoughts in his mind like “terror, early miseries, regrets, vexations, lassitudes” (Wordsworth, 1805/2001, p. 11), and he praises their arrival. Wordsworth successfully reflects the Romantic definition of aesthetics in which there is not only a depiction of beauty but also terror, wonder and sublime. Awakening these senses through the felt experiences is the primary issue in Romantic aesthetics, which parallels with Husserl’s phenomenological attitude. Nature enables him to frame his mind to foster his own Being with these gentle visitations.

The speaker of the poem collects subjective experiences through a phenomenological attitude. His recollected memories through the cave, the rocks, the mountain, the moon, the water, the lake, the stars, the sky, etc. genuinely influence him and constantly haunt him even after he leaves this place. He observes the inorganic bodies as living creatures, and through the power of intuition and imagination in solitude, they turn into “huge and mighty Forms that do not live like living men” (Wordsworth, 1805/2001, p. 12), which trouble his dreams all the time. Then he calls out to the “Wisdom and Spirit of the universe” whose soul gives him eternal thoughts contributing to his moral growth:

By day or star-light thus from my first dawn
Of Childhood didst Thou intertwine for me
The passions that build up our human Soul,
Not with the mean and vulgar works of Man,
But with high objects, with enduring things,
With life and nature, purifying thus
The elements of feeling and of thought,
(Wordsworth, 1805/2001, p. 13)

Nature clears his mind and ideas, thus helping him to build a perfect human soul away from “the mean and vulgar” actions of man. His intercourse with Nature lasts

days and nights on the fields beneath the gloomy hills while going home, and he recalls those moments with great joy: “happy time/ It was, indeed, for all of us; to me/ It was a time of rapture” (Wordsworth, 1805/2001, p. 13). With the concept of “rapture”, Wordsworth touches on the theme of Romantic sublimity that grants him to see beyond the visible realm. He explores the effects of these solitary places on the education of his mind:

Ye Presences of Nature, in the sky
And on the earth! Ye Visions of the hills!
And Souls of lonely places! can I think
A vulgar hope was yours when Ye employ’d
Such ministry, when Ye through many a year
Haunting me thus among my boyish sports,
On caves and trees, upon the woods and hills,
Impress’d upon all forms the characters
Of danger or desire, and thus did make
The surface of the universal earth
With triumph, and delight, and hope, and fear,
Work like a sea? (Wordsworth, 1805/2001, p. 14)

All these places takes him to the Romantic idea of The Beautiful and The Sublime. Rather than focusing on the Romantic vision of the “egotistical sublime” prioritizing the human mind and imagination above everything, this article focuses on the ecocritical stance, which proposes, as Christopher Hitt (1999) suggests, “a reconfigured version of the sublime—an ‘ecological sublime’—” which is “the recognition that the traditional natural sublime, for all its problems, involves what look to us like ecocentric principles” (p. 607). There is a prodigious beauty in Nature that also haunts him in his “boyish sports”. Nature harbors both the beauty of sky, hills, caves, trees and woods, and at the same time, it evokes danger and desire through the hugeness of these objects. The initiation into the sublime depends on the ability to be “fostered alike by beauty and by fear” (Bate, 1991, p. 98). There is an intense infusion of distinctive feelings into the child’s mind: triumph, delight, hope, and fear. In this rush of emotions, he questions life and perceives the world wiser with a cultivated mind.

While progressing his education with his recollections of childhood memories, he not only personifies Nature as a teacher but also uses unique names like “A sanctity, a safeguard, and a love!” (Wordsworth, 1805/2001, p. 15). Nature is present as an instructor fostering his growth; furthermore, as Michael Bedsole (2020) argues, “He sees in Nature, too, a coherency and meaningfulness that works as well to give coherence and meaningfulness to his own sense of self” (p. 428). With delightful memories in mind, he patiently waits for the slow and gradual teaching of Nature by filling his mind with great forms:

Nor, sedulous as I have been to trace

How Nature by extrinsic passion first
 Peopled my mind with beauteous forms or grand,
 And made me love them, (Wordsworth,
 1805/2001, p. 16-17)

Wordsworth observes Nature as a creature “peopling” with beautiful shapes in the pure human mind supplementary to creating a love instinct for them. This pleasure is unforgettable as they carry their “own intellectual charm” and “calm delight” creating his “new existence to existing things” (Wordsworth, 1805/2001, p. 17). As a link between life and joy, he has a constant contact through the changing seasons in the world:

A Child, I held unconscious intercourse
 With the eternal Beauty, drinking in
 A pure organic pleasure from the lines
 Of curling mist, or from the level plain
 Of waters colour'd by the steady clouds.
 (Wordsworth, 1805/2001, p. 17)

The child's eco-philosophical vision opens a new dimension for him: his unconscious recalling is a new pleasure and vulgar joy as if “a bee among flowers” which emphasizes the power of intuition and imagination as well. In Romanticism, forms and shapes are created in the mind contradicting the Platonic world in heaven. Like in Husserl's “life-world”, we all live “functioning subjects together in an open circle of other functioning subjects” in the world of ideas in our minds (Husserl, 1970, p. 385). The received the images from real life are molded and shaped by the interactions with other figures in our minds. These images are not direct reflections, but they transform into unique items through the power of our imagination. Bate (1991) observes that “Imagination is seen as a way of transcending ‘this frame of things’, the earth in which we dwell, where revolutions go sour; imagination remains ‘unchanged’” (p. 3). The child is far away from those memories; however, they stay alive, and they are still so enchanting as he feeds them with imagination.

The scenes which were a witness of that joy
 Remained, in their substantial lineaments
 Depicted on the brain, and to the eye
 Were visible, a daily sight; and thus
 By the impressive discipline of fear,
 By pleasure and repeated happiness,
 (Wordsworth, 1805/2001, p. 18)

He explains that these days were distant, but the same scenes were so beauteous and majestic as alive as they are still present. Bate (1991) explains this as “a transcendence of Nature” which means: “Wordsworth's tribute to ‘Imagination’ severs the original temporal sequence and forestalls Nature's exhibition to the bodily eye with an ecstatic excursus on the inner eye” (p. 8). It illustrates the troubling visions of Wordsworth upon the mighty objects as his inner eye is activated. Supporting

Husserl's emphasis on understanding our existence through the subjective experiences collected in our “life-world”; Wordsworth also claims that we gain wisdom and maturity by beholding images from Nature, by freezing the vital moments, by capturing the memories within our minds and by shaping those ideas and feelings in time. That is Wordsworth's understanding the child's education in Nature. The colors and shapes were attached to the child's affection with invisible links, and he becomes a “form maker” to sustain his own learning. Gallie analyzes that “As the poem progresses, Nature gently instructs Wordsworth to grow independent of her instruction eventually, and ... ‘it is not nature as such but nature indistinguishably blended with imagination that compels the poet along’” (Gallie 1947, p. 317). At the end of the first book, Wordsworth clearly states his gradual transition from an innocent child to a mature man through the education he received from Nature. The power of Nature has spurred on him, and he is “in manhood now mature, / To honorable toil” (Wordsworth, 2001, p. 19).

In the second book of *The Prelude*, Wordsworth's usage of Romantic Irony is quite recognizable in his lines through the parentheses in which he comments on his writing, where his self-awareness is reflected in, besides his moral growth by the help of Nature. Bate (1991) states that *The Prelude* presents an “‘inscription’, a tradition which Wordsworth here reshapes, and which exemplifies the self-consciously [...] this self- reflexive quality” (p. 90). Wordsworth's speaker in the poem expresses that he feels he is enchanted by a power while remembering his memories and reflecting them in his writing:

The vacancy between me and those days,
 Which yet have such self-presence in my mind
 That, sometimes, when I think of them, I seem
 Two consciousnesses, conscious of myself
 And of some other Being. (Wordsworth,
 1805/2001, p. 21)

This “Being” is his haunted self by the power of writing poetry. Bedsole (2020) claims that by this “two consciousness” Wordsworth suggests: “time alone does not divide him from his past; he also feels some deeper rift has radically decentered him. That is, he is not merely older now than he was then, but somehow fundamentally different, ‘tranquilized,’ as he puts it, or diminished.” (p. 430). In fact, this double consciousness serves as a distracting element for Wordsworth's inner harmony and self-integrity. He voluntarily forms a bridge between his past and present; he writes his own biography and history by creating a myth out of himself. Being possessed by an invisible power within himself at the conscious level grants him the gift of being integrated with the text as a poet through the wisdom he receives in Nature. For Wordsworth, poetry is a mirroring process composed of

dualistic fragmentations within the past and present, the subject and the object. Through this attempt, Wordsworth seeks to reconstruct his self-unity influenced by his double consciousness.

By tracing the origins of his self-identity in the recollected memories in tranquility, Wordsworth continues his pursuit to mend his self-fragmentation in the rest of the second part of *The Prelude*, which is a kind of continuation of the splendid memories of his past in which “the beauteous forms / Of Nature were collaterally attach’d / To every scheme” of his delightful days (Wordsworth, 1805/2001, p. 21). Considering his Christian education with religious themes, he places Nature in a religious category as it carries the soul of God, and it has a moral function on human beings. According to Wordsworth, Hermits are similar to poets because they follow a spiritual life of solitude in Nature through which they further acquire insight. He once more stresses the cruciality of seclusion in his education: “I was taught to feel, perhaps too much, / The self-sufficing power of solitude” (Wordsworth, 1805/2001, p. 22). He remembers the teaching of his Christian education encouraging him to have spiritual contact with God, which is only possible in solitude.

The harmonical co-existence of the poet and Nature reveals itself throughout *The Prelude*. Following Næss and Bohm’s ideas of undivided wholeness and the participatory universe, the poet feels an inseparable part of this perfect and “holy” unity in which vision he wants to stay permanently: “there I could have made / My dwelling-place, and liv’d for ever there / To hear such music (Wordsworth, 1805/2001, p. 23). The desire to behold these moments within his mind is only possible through the phenomenological vision with the power of intuition and imagination. Accordingly, the speaker is therefore spiritually connected to Nature:

Even in this joyous time I sometimes felt
Your presence, when with slacken’d step we
breath’d
Along the sides of the steep hills, or when,
Lighted by gleams of moonlight from the sea,
We beat with thundering hoofs the level sand.
(Wordsworth, 1805/2001, p. 24)

This connection is so strong that the visions are “Never before so beautiful, sank down/ Into my heart, and held me like a dream” (Wordsworth, 1805/2001, p. 25). The child is intertwined with Nature, as John H. Muirhead (1904) analyzes: “The child is one with Nature; he is one in himself. From the first it followed that there exists in the child’s mind a natural responsiveness to the deeper tones of the world in which he lives—a pre-established harmony between the soul and the impressions that education seeks to deepen and develop in it” (p. 342). As a gift of this

harmonical union, the speaker begins to see common creations so uncommon and dear as a future poet. Hence, his heart is full of love comprising the sun, the earth, the hills, the mountains, the moon, etc., and most significantly, he is filled with joy in Nature: “In many a thoughtless hour, when, from excess / Of happiness, my blood appear’d to flow / With its own pleasure, and I breath’d with joy” (Wordsworth, 1805/2001, p. 25). Nevertheless, he reveals that those rural objects were at first material things attaching him to Nature, and when they begin to lose their power, he seeks the interfering presence of Nature in his thoughts:

Those incidental charms which first attach’d
My heart to rural objects, day by day
Grew weaker, and I hasten on to tell
How Nature, intervenient till this time,
And secondary, now at length was sought
For her own sake. (Wordsworth, 1805/2001, p. 25)

Once again, Wordsworth resembles the relationship between the child and Nature to maternal love and the baby’s devotion the caring mother. The baby is attached to his mother’s body like breasts and eyes; similarly, the speaker perceives the soft breeze touching his mind in the journey of finding his “Being”:

Bless’d the infant Babe,
(For with my best conjectures I would trace
The progress of our Being) blest the Babe,
Nurs’d in his Mother’s arms, the Babe who sleeps
Upon his Mother’s breast, who, when his soul
Claims manifest kindred with an earthly soul,
Doth gather passion from his Mother’s eye!
Such feelings pass into his torpid life
Like an awakening breeze, and hence his mind
Even [in the first trial of its powers]
Is prompt and watchful, eager to combine
In one appearance, all the elements
And parts of the same object, else detach’d
And loth to coalesce. (Wordsworth, 1805/2001, pp. 26-27)

This desire for the manifestation is also the Romantic idea in which the absolute wants its own manifestation by materializing itself in concrete forms. The Hegelian conception advocates that beauty is the manifestation of the absolute in the material world. In Wordsworth’s poetry, the baby’s spirit desires for the manifestation of a real object, which is the closest and the most desirable thing: her mother’s body. Wordsworth again emphasizes the eco-philosophical vision that “all elements are the particles of the same objects” which are simultaneously separate and integrated. This integration is strengthened by “The gravitation and the filial bond/ Of nature, that connect him with the world” (Wordsworth,

1805/2001, p. 27). The poet's strong tie to Nature nourishes with an everlasting satisfaction. It is supported by the powerful feelings of "exultation, fear and joy", contributing to the enrichment of his poetic mind that "creates, creator and receiver both" (Wordsworth, 1805/2001, p. 27). In this way, the poetic spirits complete him as a form-maker, a creator of the objects he receives from Nature.

From the metaphor of a baby's first intercourse of touch and voiceless dialogues with his mother's heart, the speaker claims to have gained an infant sensibility towards Mother Nature. Following the eco-philosophical vision, the poet's mind unveils to the influxes of Nature with a mutual communication through his heart. C. Clarke (1948) asserts that this moral education gained through the interaction with Nature brings not just the love of Nature but the love of humankind: "This moral education through direct impulses from Nature leads eventually to intuition in the highest sense. Such intuition brings with it a love of man -not the love of one class of men only, but of all men" (p. 315). As human beings are parts of the universal spirit, the love of humankind brings direct communication with it. Confirming Wordsworth's ecological vision of connecting non-human and human worlds, Bate (1991) also emphasizes that "love of nature leads to love of mankind" (p. 31). In this way, he has gained wisdom and delight:

Many are the joys
Of youth; but oh! what happiness to live
When every hour brings palpable access
Of knowledge, when all knowledge is delight,
And sorrow is not there. (Wordsworth,
1805/2001, p. 28)

In the eco-philosophical worldview of the poet, time passes by permanent traces by the influence of the wise Nature. The poet thinks that "life, change, beauty and solitude" are better than the best society, and with a poetic eye endowing "the visionary power", everything seems unique through a sublime joy. While digging history, his subjective experiences turn everything into a dream through the help of poetic vision. That also enables him acquire the creative sensibility by strengthening his spirit with delight.

Through the end of this journey, the child's transformation into a poet in a harmonical union with Nature is quite visible in sympathism towards everything in the universe. By the blessing of intuition and imagination achieved through Nature, the poet finds the true existence of his "Being" as Heidegger emphasized. Clarke (1948) analyzes that: "The mind of the child arrives at an animistic conception of Nature because its knowledge is, with the exception of occasional 'gleams,' gained by the association of ideas; insight into the real nature of the

universal Spirit mostly comes later and is achieved through intuition" (p. 310). Wordsworth highlights that the gift of the poet granted by the influence of intuition ensures access to the spiritual world in which he contacts with other beings through the creation of his mind and soul.

In his conclusion, Wordsworth praises the child, as he is kept pure in Nature, contradictory to humans having ambitions in society distancing themselves from Nature. For Wordsworth, poetry enables our understanding of our place in this world; Bate (2000) elucidates: "William Wordsworth remains the founding father for a thinking of poetry in relation to place, to our dwelling upon the earth" (p. 205). Once more, Wordsworth stresses the truth, peace, and pleasure coming with the solitude in Nature to conceive our existence on Earth. Clarke (1948) observes that: "Natural impulses are there regarded as completely trustworthy and as the ultimate source of all knowledge. They bring authentic tidings of Reality" (p. 312). The child stays pure because of his spiritual connection to God and Nature. According to Clarke (1948), Nature is the manifestation of God: "Wordsworth appears to have conceived of God as a Being who both transcended the universe and also breathed a Spirit of life and creativeness into it, and particularly into the mind of man. The Spirit is 'Nature's self, which is the breath of God'" (p. 305). That is to say, God has sent his spirit into the world through the divine breath he gave to Nature and humankind as reflected in Wordsworth's poetry.

There is a blind beggar in *The Prelude* who unveils his eyes by awakening him to the realm of the universe: "This label seemed of the utmost we can know, / Both of ourselves and of the universe" (Wordsworth, 1805/2001, p. 45). That is a moment of epiphany for the speaker who is deeply affected by the apocalyptic writing upon his chest, as Onur Ekler (2021) depicts it as an experience of "a sudden rupture from the illusory world of the funfair" to shake the human soul before it is too late (p. 2). Such narratives are prophetic Works with the attempts to awaken "seemingly civilized minds over the reconsideration of human's dangerous intrusion into the natural functioning of the universe" (Ekler, 2021, p. 2). That is a warning for us to place ourselves and Nature in a cordial order, which confirms Bate's (2000) vision that "poetry is the place where we save the earth" (p. 283). Muirhead (1904) observes that the love of Nature and humanity is the fundamental motivation for the happiness of humankind (p. 343). Therefore, the prevailing message emphasizes that poets and saints are symbols of wisdom through the love they possess. The child has gained the natural gift as he avoids material desires, jealousy and enmities. He integrates his innocent body and soul into Nature, which sustains the joyful and peaceful co-existence:

O Nature! Thou hast fed
My lofty speculations; and in thee,
For this uneasy heart of ours I find
A never-failing principle of joy,
And purest passion. (Wordsworth, 1805/2001, pp. 32-33)

As Gallie (1947) argues, nature has immeasurable functions in human life as observed in Wordsworth's writings: "Men can feel Nature as something to follow, to cultivate, as something demanding a self-giving in return, a moral response that is genuine because it has a self-accepted standard" (p. 132). An eco-philosophical worldview supported by the phenomenological approach implements a healthy and harmonious co-existence of human and non-human worlds through the power of intuition and imagination. As Fikret Güven (2022) elucidates, this eco-philosophical vision "calls humanity to care for the diversity of life forms and this ecocentered approach of deep ecology" (p. 2874). We all need to listen to this call and join this perfect unity for the peaceful future of all living bodies and the universe.

CONCLUSION

To recapitulate the eco-philosophical arguments, Næss and Bohm suggest a harmonical worldview in which human and Nature exist equally to contribute to each other's flourishing and enrichment as opposed to the classical anthropocentric approach leading to the manipulation of Nature for the selfish desires of humankind. As quantum mechanics, the new rules in New Physics, and the theories of "undivided wholeness" claim, the intrinsic value of all entities in Nature is appreciated as an indispensable part of a complete universe. Accordingly, we all live as equal particles of this "participatory universe" in which all living bodies have intimate relationships influencing each other. A respectful approach towards Nature to protect its richness can prevent ecological crises for the sustainable and peaceful co-existence of all living bodies in this universe. Likewise, the phenomenological attitudes of Husserl and Heidegger contribute to our understanding of the essence of "Being" which is possible through the subjective experiences accumulated in our "life-world". Advocating the eco-philosophical vision, Phenomenological ontology attempts to provide insights for our authenticity to complete our potential in life in this perfect ecosystem of our universe by creating a symbiosis between human and Nature.

In Wordsworth's world, Nature has a distinguished place as aforementioned. Its primary function is to enable man to educate their minds. Nature is even personified as a wise being cultivating the mind, but it is through the power of intuition and imagination of

humankind shaping the inspiration with an eco-philosophical and a phenomenological vision. Through beholding critical images from Nature and freezing the subjective experiences in his "life-world", the child walks to maturity to be a wise poet. Wordsworth emphasizes that poets are gifted beings conscious of our true existence in this harmonical universe.

REFERENCES

- Ateş, K. (2023). An ecocritical perspective on simulated theme park in England, England. *Jomops*, 4(1), 127-140.
- Bate, J. (1991). *Romantic ecology: Wordsworth and the environmental tradition*. Routledge.
- Bate, J. (2000). *The songs of the Earth*. Harvard University Press.
- Bedsole, M. (2020). Wordsworth's "two consciousness": On the construction of subjectivity in *The Prelude*. *European Romantic Review*, 31(4), 421-438.
- Biderci Dinç, D. (2021). Culture, religion, and nature in *A River Sutra* by Gita Mehta. *BSEU Journal of Social Sciences*, 6(2), 377-390.
- Buchdahl, J.M. & Raper, D. (1998). Environmental ethics and sustainable development. *Sustainable Development*, 6, 92-98.
- Clarke, C. (1948). Nature's education of man: Some remarks on the philosophy of Wordsworth. *Philosophy*, 23(87), 302-316.
- Ekler, O. (2021). A tragic glimpse of Thoreau's prophetic vision in *Walden*. In K. Baysal (Ed.). *Apocalyptic visions in the anthropocene and the rise of climate fiction*, 29-45. Cambridge Scholars Publishing.
- Fry, P.H. (1996). Green to the very door? The natural Wordsworth. *Studies in Romanticism*, 35(4), 535-551.
- Gallie, W.B. (1947). Is 'The Prelude' a philosophical poem? *Philosophy*, 22(82), 124-138.
- Glotfelty, C. & Fromm, H. (1996). *The ecocriticism reader*. The University of Georgia Press.
- Güven, F. (2022). Ecofeminism and Marxist Ecocriticism in Ursula K. Le Guin's *The Word for World is Forest*. *International Social Sciences Studies Journal*, 8(102), 2872-2875.
- Heidegger, M. (1962). *Being and time*. J. Macquarrie and E. Robinson (Eds.). Blackwell Publishers.
- Heidegger, M. (1977). *Letter on Humanism, basic writings*. D. Farrell (Ed.), 189-242. Harper & Row.
- Hitt, C. (1999). Toward an ecological sublime. *New Literary History*, 30(3), 603-623.
- Hubbell, J.A. (2010). A question of Nature: Byron and Wordsworth. *The Wordsworth Circle*, 41(1), 14-18.
- Husserl, E. (1970). *The crisis of the sciences as expression of the radical life-crisis of European humanity*. D. Carr (Trans.). North Western University Press.

- Husserl, E. (1983).** *Ideas pertaining to a pure phenomenological philosophy*. Translated by F. Kersten. Martinus Nijhoff Publishers.
- Morgan, M.R. (2008).** Narrative means to lyric ends in Wordsworth's *Prelude*. *Narrative*, **16**(3), 298-330.
- Muirhead, J.H. (1904).** Wordsworth's ideal of early education. *International Journal of Ethics*, **14**(3), 339-352.
- Næss, A. (1973).** The shallow and the deep, long-range ecology movement. *Inquiry*, **16**, 151-5.
- Næss, A. (2003).** *Ecology, community, and lifestyle: Outline of an ecosophy*. Translated by David Rothenberg. Cambridge University Press.
- Ramazani, A. & Bazregarzadeh, E. (2014).** An ecocritical reading of William Wordsworth's selected poems. *English Language and Literature Studies*, **4**(1), 1-9.
- Rigby, K. (2015).** Ecocriticism. In J. Wolfreys (Ed.). *Introducing criticism at the twenty-first century*, 151-178. Edinburgh UP.
- Sultana, E. & Saleem T. (2016).** Wordsworth's *The Prelude*: A manifesto of Ecocriticism. *Journal of Literature, Languages and Linguistics*, **19**, 7-10.
- Wells, N.M. & Lekies, K.S. (2006).** Nature and life course: Pathways from childhood nature experiences to adult environmentalism. *Children, Youth and Environments*, **16**(1), 1-25.
- Wordsworth, W. (2001).** *The Prelude of 1805, in thirteen books*. Global Language Resources, Inc. (Original work published 1805)
- Wordsworth, W. & Coleridge, S.T. (2017).** *Lyrical ballads*. Penguin Classics. (Original work published 1798).



Kentlerde Kuş Göç Yolları Üzerindeki Biyoçeşitliliğin Peyzaj Tasarım Uygulamaları ile Desteklenmesi: Çankırı Örneği

Pelin ŞAHİN KÖRMEÇLİ^{1*} Kevser Sena CEYLAN²

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çankırı, Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş Tarihi: 31.08.2023

Kabul Tarihi: 12.09.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Şahin Körmeçli, P. & Ceylan, K.S. (2023). Kentlerde Kuş Göç Yolları Üzerindeki Biyoçeşitliliğin Peyzaj Tasarım Uygulamaları ile Desteklenmesi: Çankırı Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 526-535. <https://doi.org/10.35229/jaes.1352864>

How to cite: Şahin Körmeçli, P. & Ceylan, K.S. (2023). Promoting Biodiversity on Bird Migration Routes in Cities with Landscape Design Practices: The Case of Çankırı. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 526-535. <https://doi.org/10.35229/jaes.1352864>

<https://orcid.org/0000-0003-4772-8202>
 <https://orcid.org/0000-0002-8134-9532>

***Sorumlu yazarın:**

Pelin ŞAHİN KÖRMEÇLİ
Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman
Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
Çankırı, Türkiye
✉: pelinsahin@karatekin.edu.tr

Öz: Günümüzde dünya genelinde hızla artan kentleşme, doğal ekosistemler üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu süreçte ekosistemin bir parçası olan kuş göç yollarının özellikle kentlerdeki biyoçeşitlilik için önemi büyüktür. Hızla artan yoğun kentleşme ile doğal yaşam alanları daralan kuşlar için biyoçeşitliliği destekleyecek tasarım uygulamalarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda kuş göç yolları üzerinde yer alan ve ekolojik değerleri ile gelişim potansiyeline sahip olan Çankırı ili kent merkezi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmanın amacı kuş göç yolları üzerinde tasarım önerileri geliştirerek kentsel biyoçeşitliliğin desteklenmesidir. Çalışmanın ilk aşamasında *BirdLife International* kuruluşunun geliştirdiği analiz aracı (*Soaring Bird Sensitivity Mapping Tool*) ile Çankırı kenti üzerinden geçen kuş göç yolları ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise söz konusu göç yolları üzerinden alt sistem biyotoplarına göre tasarım önerileri geliştirilmiştir. Türlerin ihtiyaçlarına uygun olarak düşünülmüş ve yeşil altyapıyı destekleyen tasarım uygulamaları kuşlar için kentlerde yaşam alanları oluşturmada ve kent ekosisteminin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Biyoçeşitliliğe duyarlı kentsel tasarım, kentsel biyoçeşitlilik, kuş dostu peyzaj tasarımı, kuş göç yolları, yeşil altyapı.

Promoting Biodiversity on Bird Migration Routes in Cities with Landscape Design Practices: The Case of Çankırı

Abstract: Nowadays, rapidly increasing urbanization around the world have a negative impact on natural ecosystems. In this process, bird migration routes, which are part of the ecosystem, are of great importance especially for biodiversity in cities. There is a need to develop design practices that will provide biodiversity for birds whose natural habitats are decreasing due to rapidly rising urbanization around the world. In this context, the city center of Çankırı, which is located on bird migration routes and has development potential with its ecological values, was chosen as the study area. The aim of the study is to promote urban biodiversity by developing design proposals on bird migration routes. In the first stage of the study, bird migration routes passing over the city of Çankırı were investigated with the analysis tool (Soaring Bird Sensitivity Mapping Tool) developed by BirdLife International. In the second stage of the study, design proposals were developed according to the subsystem biotopes over the study case migration routes. The study, which proposes design practices that are designed in accordance with the needs of the species and that support green infrastructure, provides habitats for birds in cities and contributes to the sustainability of the urban ecosystem.

***Corresponding author:**

Pelin ŞAHİN KÖRMEÇLİ
Çankırı Karatekin University, Faculty of
Forestry, Department of Landscape
Architecture, Çankırı, Türkiye
✉: pelinsahin@karatekin.edu.tr

Keywords: Biodiversity sensitive urban design, bird-friendly landscape design, bird migratory pathways, green infrastructure, urban biodiversity.

GİRİŞ

Günümüzde kentlerde yapılaşmanın artması ve yeşil alanların azalması biyoçeşitlilik açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. Pek çok hayvan türünün kentlerde doğal yaşam alanı bulamaması bu olumsuz etkiyi artırmaktadır. Dünya üzerindeki biyoçeşitliliğin önemli bir parçasını oluşturan kuş göç yolları, kuşlar mevsimsel olarak farklı bölgeler arasında göç ederken, birçok ekosistem ve türün sürdürülebilirliğinde etkili olmaktadır. Bu nedenle, özellikle kentsel alanlardan geçen kuş göç yolları üzerindeki biyoçeşitliliği artırmaya yönelik tasarım uygulamaları hem yerel ekosistemlerin korunmasına hem de küresel biyoçeşitlilik krizine bir çözüm olarak büyük önem taşımaktadır.

Çepel (1995)'e göre biyoçeşitlilik; “bir ekosistemdeki canlılar arasında görülen çeşitlilik, bir ekosistemin canlı türler bakımından zenginliği, yaşam mekânında hem tür, hem de aynı türe ait genetik bakımından çeşitlilik” olarak tanımlanmaktadır. Biyoçeşitliliğin kentlerde ekolojik servis olarak katkı sağlamanın yanı sıra, toplum sağlığı, sosyal, ekonomik ve rekreasyonel açıdan da faydaları bulunmaktadır (Uslu & Shakouri, 2013). Biyoçeşitlilik kentlerin sürdürülebilirlik göstergelerinden biri olup kentsel peyzajlarda biyoçeşitliliği geliştirmek için peyzaj tasarımı bir araç olarak kullanılmaktadır.

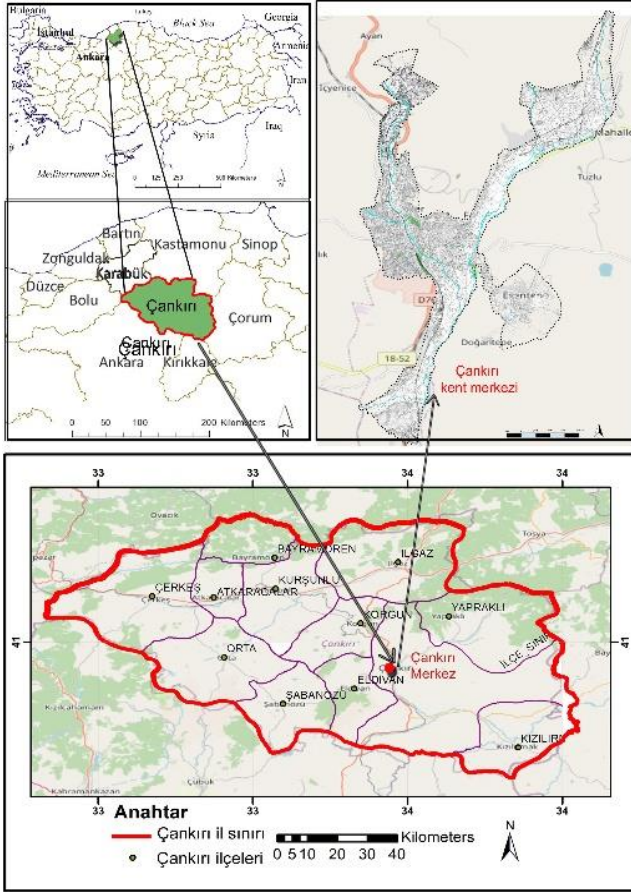
Biyoçeşitliliğin önemli bir destekleyicisi olan kuş göçleri, pek çok kuş türünün üreme, yuvalama ve beslenme alanlarını birbirine bağlayarak, türler arası etkileşimleri artırır. Özellikle göçmen türler, büyük mesafelerle ve zamanla birbirinden ayrılmış ekosistem, süreçlerini ve akışlarını birbirine bağlarlar (Whelan vd., 2008). Diğer yandan kuşların kentsel biyoçeşitlilik, bitki örtüsü yapısı, kirleticiler gibi ekosistemin çeşitli yönlerinin göstergeleri olabildiği belirtilmektedir (Savard vd., 2000). Bu bağlamda kuşların göç yolları üzerindeki varlığının devamlılığı, bu alanlarda biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği için temel bir faktördür. Kuşların göç hareketi, mevsimsel olarak üreme ve kışlama alanları arası düzenli gidiş ve tekrar geri dönüşleri olarak tanımlanmaktadır (Öztemel, 2021). Göçmen kuş geçiş yolları, dünya çapında çeşitli koridorlarda yer almaktadır (Tietze, 2018). Kuşların göçleri yaşadıkları bölgedeki ekolojik ve iklimsel faktörlerin doğal ya da yapay sebeplerden farklılaşması sonucunda hayatta kalma ve yeni yaşam alanları bulma içgüdüleri ile gerçekleşmektedir (Özkazanç & Özyay, 2019). Kuşlar yaşam döngülerini devam ettirdikleri bu süreçte, geçiş yolları boyunca dinlenme, beslenme ve yuvalama alanları için barınak ararlar. Bu sistem kentsel alanlar tarafından bölünmektedir. Kentsel alanlar, kentleşmeden önce var olan birçok doğal göç koridorunu parçalamaktadır. Bu parçalanma zaman içinde doğal yollarla da gerçekleşmektedir ancak insan faaliyetleri sonucunda görülen parçalanma çok daha hızlı ve çok daha

büyük ölçekte gerçekleşmesi ile doğal süreçlerin yarattığı etkilerden farklılık göstermektedir. Öte yandan parçalanma sonucu ortaya çıkan her bir habitatın sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi de önemli bir sorunsaldır (Hilty vd., 2019). Bu gibi sorunların çözülmesi için kentsel alanlarda kuşların geçiş koridorlarında bağlantı oluşturacak peyzaj tasarım uygulamalarının geliştirilmesine ve alternatif yeşil alanlara ihtiyaç vardır. Biyoçeşitlilik, üniversite yerleşkeleri ile ilişkili olarak son yıllarda yapılan çalışmaların yoğunlaştıkları konulardan biridir (Oğuztürk ve Pulutkan, 2022). Savard vd., (2000) kentsel ekosistemdeki kuş çeşitliliğinin tasarım ölçeğinde artırılması için parklar ve yeşil koridorlar tasarlanması ve bitki örtüsünün türü, yapısı ve dağılımının kuşların lehine göre belirlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Kara ve su ekosistemlerinin kesişim yeri olan kıyılar sahip oldukları doğal ve kültürel kaynaklarla peyzaj değeri yüksek alanlardır (Güneroğlu ve Oğuztürk, 2021). Bu kapsamda kentlerde üniversite kampüsleri, kamu ve özel mülk bahçeleri, ormanlar, mezarlıklar, kent içinden geçen akarsular ile konutlar ve kamu binası çatıları biyoçeşitliliğin geliştirilebileceği alanlardır.

Üniversite kampüsünü, kamu ve özel mülk bahçelerini, ormanlık alanları, mezarlıkları ve kent içinden geçen Tatlıçay ve Acıçay akarsularını aynı anda bünyesinde barındıran ve kuş göç yolları üzerinde bulunan Çankırı kenti, sahip olduğu ekolojik değerleri ile biyoçeşitliliği geliştirmeye imkân tanımaktadır. Bu çalışmanın amacı kuş göç yolları üzerinde yer alan bir kentte, biyoçeşitliliği destekleyecek yeşil altyapı önerilerinin geliştirilmesidir. Kentsel alanlarda kuş göç yolları üzerinden *biyoçeşitliliğin geliştirilmesinde peyzaj tasarımının bir araç olarak nasıl değerlendirilebileceği* araştırmanın sorusunu oluşturmaktadır. Bu kapsamda farklı kuş türleri için alternatif yaşam alanları olacak ve yeşil altyapıyı destekleyecek tasarım önerileri getirilmiştir. Kentlerde yeşil altyapı sistemini destekleyen uygulamalar arttıkça, kuşlar için kentsel alanlarda yaşanabilir ortamlar yaratılmaktadır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmanın ana materyalini Çankırı ili kent merkezi oluşturmaktadır. Çankırı farklı kentlerin geçiş güzergâhında bulunması ve sahip olduğu doğal kaynak değerleriyle biyoçeşitlilik için potansiyel oluşturmaktadır. Çankırı kent merkezinde yapılaşmanın artması, kentin yeşil alan varlığı açısından gelişime açık olması nedeniyle biyoçeşitliliği destekleyen alanlara ihtiyaç vardır. Çalışmada, Çankırı olası kuş göç yollarının geçiş güzergâhlarının tespit edilmesinde BirdLife International, UNDP ve GEF tarafından ortaklaşa yürütülen ve kuş göç yollarını inceleyen *Migratory Soaring Bird Project* araştırmasından kaynak olarak faydalanılmıştır (Anonymous, 2023). Çalışma alanının konumu Şekil 1’de verilmektedir.



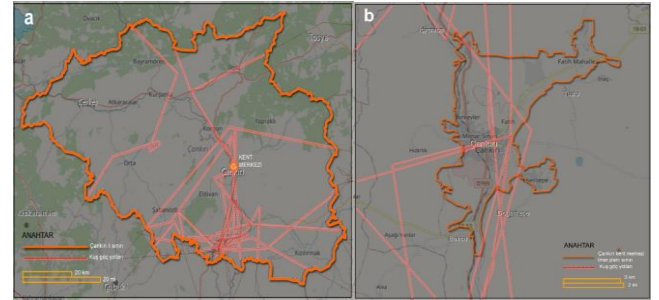
Şekil 1. Çalışma alanının konumu.
Figure 1. The location of the study area.

Araştırma yöntemi iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında araştırma alanı üzerindeki olası kuş göç yolları çıkarılmıştır. Kuş göç yollarının belirlenmesinde *BirdLife International*'ın *Global Environment Facility (GEF)* ve *United Nations Development Programme (UNDP)* kuruluşlarının desteğiyle geliştirdiği analiz aracı (*Soaring Bird Sensitivity Mapping Tool*) kullanılmıştır (Anonymous, 2023a). *Soaring Bird Sensitivity Mapping Tool* kuş türlerinin geçiş rotaları ve dağılımına ilişkin bilgilere erişim sağlamak için tasarlanmıştır (Anonymous, 2023). Araç, bu türlere ilişkin uydu izleme kayıtları da dâhil olmak üzere mekânsal ornitolojik verileri haritalandırmakta ve kullanıcı tanımlı herhangi bir arama alanı için alan hassasiyetinin bir ölçüsünü oluşturmaktadır (Perrow, 2017). Bu analiz aracı kullanılarak Çankırı ili kent merkezi üzerinden geçen kuş göç yolları güzergâhlarına ilişkin alanlar mekânsal olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasından yabancı ve yerli literatür taraması ve araştırmalar doğrultusunda tasarım örnekleri incelenmiştir. Haritaların ve görsellerinin oluşturulmasında *ArcMap 10.5* ve *Photoshop CS6* programı kullanılmıştır. Alanda yeşil altyapıyı geliştirecek peyzaj tasarım uygulamaları araştırılmış ve öneriler geliştirilmiştir. Çalışma alanında biyoçeşitliliğe katkı sağlamak amacıyla

yeşil, mavi ve gri sistemler için tasarım önerileri getirilmiştir.

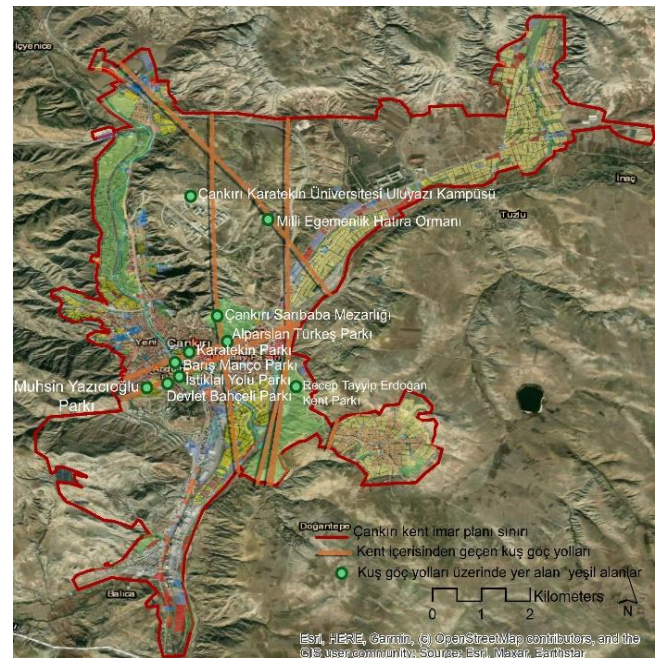
BULGULAR

Çankırı Kuş Göç Yollarının Mevcut Durumu: *Soaring Bird Sensitivity Mapping Tool* ile Çankırı ili üzerinden geçen kuş göç yolları *Open Street Map* üzerinde gösterilmiştir. Kuş göç yolları Çankırı Merkez ilçesinde yoğunlaşmaktadır. Kuş göç yollarının Çankırı ili (a) ve kent merkezi (b) üzerindeki güzergâhları Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. (a) Çankırı ili kuş göç yolları (b) Çankırı kent merkezi kuş göç yolları
Figure 2. (a) Bird migration routes in Çankırı (b) Bird migration routes in Çankırı city center

Analiz sonucunda kuş göç yolu güzergâhının; kentsel alanlarda biyoçeşitlilik için önem taşıyan parklardan, akarsulardan (Acıçay ve Tatlıçay), kentsel kamusal alanlardan, üniversite kampüsünden, mezarlıktan ve orman alanından geçtiği tespit edilmiştir. Çankırı kenti içinden geçen kuş göç yolları üzerinde yer alan yeşil alanlar Şekil 3'te verilmektedir.



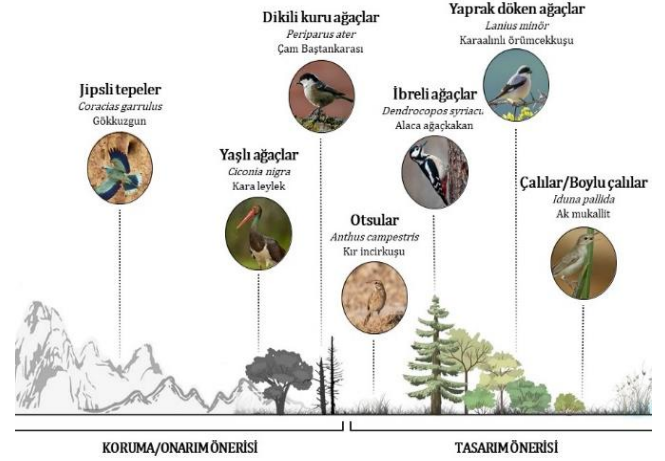
Şekil 3. Çankırı kuş göç yolları üzerinde yer alan yeşil alanlar.
Figure 3. Green areas on Çankırı bird migration routes.

Çankırı’da kuş göç yolları üzerinde yer alan yeşil alanlar biyoçeşitliliğin geliştirilmesi için potansiyel oluşturmaktadır. Araştırmada bu alanlarda iyi işleyen sistemlerin korunması, desteklenmeye ihtiyaç duyan sistemlerin iyileştirilmesi/onarılması ve kentsel tasarım kapsamında gelişime açık alanlar için tasarım önerilerinde bulunulması fikri çalışmanın çıktıları için yönlendirici olmuştur.

Kuş Göç Yolları için Biyoçeşitliliği Destekleyen Tasarım Önerileri: Kent ekosisteminde biyotoplar canlılar için yaşam alanı oluşturur ve biyoçeşitliliği zenginleştiren temel bileşenlerdendir. Kentte *yeşil sistemler* (kayalık alanlar, boş araziler, yol ağaçları, yeşil alanlar, parklar), *mavi sistemler* (sahil, limanlar, su yüzeyleri ve çeşmeler) ve *gri sistemler* (yapılar, yollar, duvarlar, sokaklar ve meydanlar vb.) olarak adlandırılan alt-sistem biyotopları her bir canlı için yaşam alanı oluştururlar (Juncà vd., 2016). Çalışma kapsamında bu sistemler dikkate alınarak kent genelinde kuş göç yolları üzerindeki potansiyel alanlara göre öneriler getirilmiştir. Alan ölçeğindeki tasarım ilkeleri daha sonra altı kentsel habitat türüne uygulanabilir şekilde tanımlanmıştır. Bu alanlar; parklar, akarsu kıyısı, mezarlık alanı, orman alanı, binalar ve kentsel kamusal alanlardır.

Yeşil Sistemler için Öneriler: Yeşil sistemler içinde değerlendirilmesi gereken ilk husus uygun bitki seçiminin yapılmasıdır. Farklı kuş türleri farklı karakterlerde yaşam alanlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Çalışma kapsamında hedef tür/türler belirlenmemiş olup peyzaj genelinde habitat çeşitliliğinin artırılmasını desteklemek için beş habitat türü çalışmaya dâhil edilmiştir. Bunlar; iğne yapraklı ağaç grupları, yaprak döken ağaç grupları, çalı grupları, yer örtücü/otsu bitki grupları, sulak alan ve akarsu kıyı şeridi bitki topluluklarıdır. Çalışmada istilacı olmayan ve ağırlıklı olarak doğal türlerden oluşan bir bitki kompozisyonu oluşturularak çim alan kullanımı en az seviyeye indirilmiştir. Bu yaklaşım, tasarımın su ve bakım isteğini azalttığı gibi, aynı zamanda daha sürdürülebilir bir sistem oluşturacaktır. Ayrıca ağaç, çalı ve yer örtücü bitkilerin bir arada kullanılması ile oluşturulmuş kademeli bitkilendirme de kuşlar için oluşturulan habitatların önemli bir parçası olarak görülmektedir (PDS, 2014). *Bird Life International*’ın tür dağılım haritasına ve türlere ait ekolojik isteklere bakılarak Çankırı kenti için temsili kuş türleri seçilmiş ve bu türlerin yaşama/üreme alanları ve ihtiyaçları dikkate alınarak temsili bir görsel kesit çalışması üretilmiştir (Şekil 4). Temsili türler hem yıl boyu alanda görülen hem de yaz göçmeni olan türleri kapsamaktadır. Her iki grup için de nitelikli bir habitat yaratmak için kademeli bitkilendirme dikkate alınmıştır. Öte yandan geniş taç yapan yaşlı ağaçlar bazı kuşların yuvalaması ya da tünemesi için uygun ortamlar sağlar. Kabuğu ve dalları dökülmekte olan farklı yıllarda ölmüş dikili kuru ağaçlar ise bazı kuş türlerinin kuru gövdelerinde delikler açarak yuva yapmasına imkân sunar

(WWF, 2004). Bu nedenle çalışma alanında yer alan bu ağaçların korunarak yerinde bırakılması önerilmektedir. Bu tasarım altlığına göre daha sonra detaylı olarak verilecek bitkilerden tür seçimi yapılabilir.



Şekil 4. Çankırı kenti temsili kuş türleri ve yaşama/yuvalama alanları kesiti.
Figure 4. Symbolic bird species and living/nesting areas section of Çankırı.

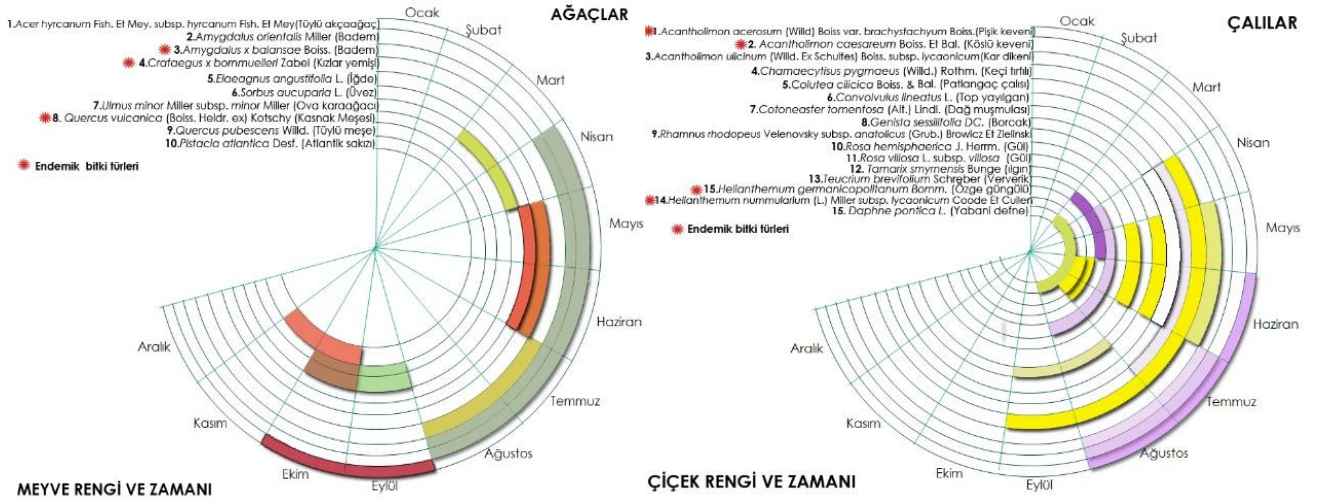
Çankırı il merkezi ve Kızılırmak’ın kollarından biri olan Acıçay havzasının büyük bir kısmı jips formasyonlarını içine almaktadır ve fazla bitki türünün yetişmesine izin vermeyen bu oluşumda şiddetli erozyon görülse de jips formasyonlarında yetişen pek çok endemik bitki türü bulunmaktadır (Doğa Derneği, 2006). Çalışma alanının bu kısımları dar yayılış gösteren nadir bitki türleri açısından zengindir. Öte yandan gökkuşgun (*Coracias garrulus*) ve nesli tehlikede olan küçük akbaba (*Neophron percnopterus*) gibi önemli kuş türleri de bu alanlarda üremektedir (Doğa Derneği, 2006). Bu sebeple jipsli karakterdeki alanlar sahip oldukları ekosistem özellikleri ile olduğu gibi korunmalı, özellikle doğal yayılışta yer almayan bitkiler başta olmak üzere herhangi bir bitkilendirme çalışması ile alanın karakteri bozulmamalıdır. Daha sonra yapılacak kent planlanması ve tasarımı çalışmaları, çalışma alanının karakteri ve hassasiyeti göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bu alanlarda peyzaj onarımı ve restorasyona ihtiyaç duyan alanlar için daha kapsamlı bilimsel çalışmalar yapılmalıdır.

Kuşlar için potansiyel olarak değerlendirilebilecek olan parklarda yer alan bitki örtüsü kuşların sırasında barınma, dinlenme ve beslenme alanı gibi ihtiyaçları karşılanmalıdır. Parklarda özellikle kuşlar için besin sağlayabilecek meyveli bitki türlerinin kullanılması, kentin yaban hayatı popülasyonuna pozitif katkı sağlamaktadır (Uğurlu, 2022). Göçmen olmayan türler için yıl boyunca yiyecek temin edilmesi gerekirken, göç eden türlere şehir parklarında geçirdikleri sürelerde yiyecek temin edilmesi önemlidir (Hails & Kavanagh, 2013). Diğer yandan Melles vd. (2003) tarafından yürütülen çalışmada doğal bitki türlerinin bulunduğu habitatların kuş türü sayısı, egzotik bitkilerin kullanıldığı peyzaj alanlarındaki kuş türü

sayısından fazla bulunmuştur. Çorbacı vd. (2022) egzotik bitki varlığının fazlalığının doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından büyük riskler taşıdığını belirtmiştir. Kent parklarının bitkilendirilmesinde mümkün olduğunca meyveli ve doğal türlerin kullanılması bir parkın barındırdığı kuş popülasyonuna, dolayısıyla yaban hayatı varlığına pozitif katkı sağlamaktadır (Uğurlu, 2022). Pek çok çalışma kentsel alanlarda biyoçeşitliliğin artırılması amacıyla, özellikle çiçekli doğal bitki türlerinin kullanımını önermektedir (Bennet & Lovell 2019, Wenzel vd., 2020, Aslan & Uslu, 2021). Bilgili vd. (2014) Çankırı'nın doğal bitki örtüsü açısından zayıf bir il olduğunu belirtmektedir. Bu kapsamda Babac (2004) Türkiye'deki bitkilerin biyolojik çeşitlilik veritabanı olan TÜBİVES ile geliştirdiği projeden ve Akkemik (2018) kaynaklarından faydalanılarak Çankırı'daki doğal olarak yetişen ağaç ve çalı türleri çıkarılmıştır. Ağaçlarda kuşların beslenme ihtiyaçlarını

sağlamak için meyve dönemlerine göre, meyve özelliğine sahip olmayan çalı türleri ise çiçeklenme dönemi özelliklerine göre verilmiştir (Şekil 5).

Yerel toplulukları kuş göçleri konusunda eğitmek ve bilgilendirmek, kuşları ve ekosistemi korumaya yönelik farkındalık oluşturmak bakımından parklarda bu konuda bilgi kazanabilmeleri için donatı elemanlarına yer verilmesi gereklidir. Bunun için parklarda kuş türlerinden hangilerinin bu bölgeden geçebileceği ve kuş türlerinin özelliklerine ilişkin tanıtıcı birimler geliştirilmelidir. Ayrıca bazı kuşların ağaç kovuklarında duraklamakta, yuva yapmakta ve üremektedir. Kuşların duraklama ihtiyaçlarını karşılayacak ağaç gövdelerinden oluşturulmuş içerisinde su bulunan kuş evleri ya da duvarlara entegre su sebilleri bulundurulmalıdır. Parklarda kullanılacak kuşların ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik öneri donatı elemanları önerileri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Çankırı'da doğal olarak yetişen bazı ağaç ve çalı türleri
Figure 5. Some natural tree and shrub species in Çankırı province

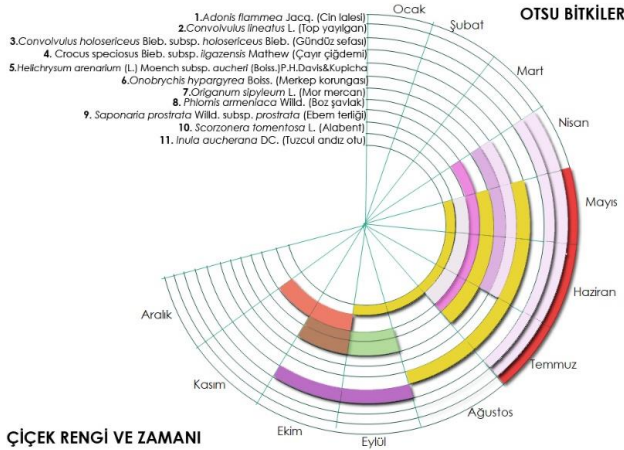


Şekil 6. Parklarda kullanılacak kuşlara ilişkin öneri donatı elemanları.
Figure 6. Suggested equipment elements for birds that can be used in parks.

Kent içindeki mezarlık alanları, heterojen bir yapıya ve yeşil alan kompozisyonuna sahip olan kentsel alan mozağının önemli bir diğer parçasıdır (Pauleit vd., 2017). Kentteki mezarlık alanları kuşlar başta olmak çok sayıda tür için potansiyel yaşama ortamıdır. Çankırı kentinde yeşil sistemin bir parçası olan mezarlıklar kentin gürültü ve diğer kirleticilerden soyutlanmış, korunarak

kalabilmiş, biyoçeşitliliğin desteklenmesi konusunda potansiyeli olan alanlardır. Çankırı'da kuş göç yolunun üzerinden geçtiği Sarıbaşa Mezarlık Alanı'nda yerli ve göçmen kuşların ihtiyaçlarını karşılayacak su sebilleri, kuş yemlikleri gibi donatı elemanları ve egzotik türlerin yerine kullanılması önerilen doğal otsu bitkiler ile biyoçeşitlilik desteklenmelidir. Babac (2004) Türkiye'deki bitkilerin

biyolojik çeşitlilik veritabanı olan TÜBİVES ile geliştirdiği projeden ve Tuttu vd. (2019) kaynaklarından faydalanılarak Çankırı’da doğal olarak yetişen otsu bitkilerden öneriler getirilmiştir (Şekil 7).



ÇİÇEK RENGİ VE ZAMANI

Şekil 7. Çankırı doğal yeşil alanlarında kullanılacak bazı otsu bitkiler.
Figure 7. Use of some natural herbaceous plants in Çankırı green areas.

Çankırı’da yer alan orman alanları da yeşil sisteme habitat özellikleri ile katkı sağlamaktadır. Göçmen kuşlar tarafından göç zamanı duraklama ve yuvalama alanı olarak kullanılan geniş yeşil alanlara sahip ormanlar yangınlar, ağaç kesimi ya da insan eliyle yapılan müdahaleler sonucu zarara uğramaktadır. Kentlerde orman alanları sınır elemanı ile korunmalıdır. Bu alanların yakınında yer alan bölgelerde gözlem kuleleri oluşturularak kontrollü şekilde kuş gözlemciliği yapılmalıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Kuş gözlem kulesi.
Figure 8. Bird observation tower.

Mavi Sistemler için Öneriler: Çankırı’da mavi sistem biyotopları olarak Tatlıçay ve Acıçay akarsu koridorları yer almaktadır. Bu koridorlar bitkisel doku ile desteklenmelidir. Acıçay boyunca doğal bitki türlerinin kullanımı desteklenmelidir. Çankırı ilinde ak söğüt (*Salix alba* L.), iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.), kara kavak (*Populus nigra* L.), ılgın (*Tamarix smyrnensis* Bunge), adi fındık (*Corylus avellana* L.), adi gürgen (*Carpinus betulus* L.), incir (*Ficus carica* L.), ak kavak (*Populus alba* L.), titrek kavak (*Populus tremula* L.), adi gürgen (*Carpinus betulus* L.) akarsu kenarlarında yer alan bitkilerdendir (Gökmen, 2007) (Şekil 9).

Çankırı’da mavi sistemlerde biyoçeşitliliği desteklemede potansiyeli olan mezarlık, üniversite kampüsü ve doğal yeşil alanların “su toplama peyzajlarına” dönüştürülmesi fikri ile öneriler geliştirilmiştir. Bu önerilerin temelinde, çeşitli uygulamalar ile yağmur suyunu toplayarak toprakta depolama alanları oluşturma yaklaşımı yer almaktadır. Bu nedenle doğal malzemelerle oluşturulan ve geçirimsiz yüzeylere mümkün olduğunca az yer verilen bir tasarım önerisi geliştirilmiştir. Bu kapsamda Tokuş vd. (2017)’nin “Yağmur Hasadı Uygulamalarına Giriş Rehberi” referans alınmıştır. Su toplama peyzajları yaratılırken; ağaçlar, çalılar ve otsu bitkilerle bitki örtüsünün katmanlılık ve çeşitlilik bakımından güçlendirilmesi, doğal bitki örtüsünde bulunan yerel iklim koşulları ile uyumlu bitkilerin kullanılması ve çalışmanın malçlama uygulamaları ile desteklenmesi önemlidir. Alanın topografik yapısına göre hendekler oluşturulmalı, dik arazide teraslama şeklinde bitkilendirme yapılmalı ve bu alanlarda toprak tutucu ve erozyon önleyici bitkiler kullanılmalıdır. Alanın büyüklüğüne göre farklı ölçeklerde doğal göletler oluşturulabilir. Gölet yapımında doğal malzemelerin kullanılması ve gölet çevresinin bitkilendirilmesi göletin doğallığının korunması için önemlidir. Geçirimli yüzey kullanımı artırılarak, yol kenarlarındaki drenaj kanalları ve çatılardan gelen suyu toplayan borular toprağa yönlendirilmelidir. Tüm bu öneriler sayesinde su döngüsü desteklenirken kentsel alanda su kalitesi düzeltilecek ve kentsel biyoçeşitlilik desteklenecek, kuşların kent içinde suya ulaşımı kolaylaşacak ve kimi kuş türleri için yeni yaşam alanları oluşturulmuş olacaktır.

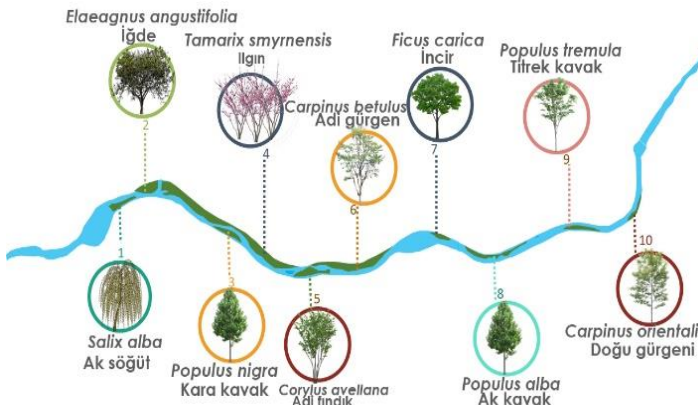
Gri Sistemler için Öneriler: Gri sistemlerden biri olan sokaklar, geçiş özelliğine sahip olup kentsel biyoçeşitlilik için gelişim alanlarıdır. Bazı kuş türleri kentsel ortamlarda yuvalama ve beslenme fırsatlarından yararlanabilmektedir fakat birçok türün popülasyonları yerleşim yoğunluğu arttıkça düşmekte veya yok olmaktadır (Miller vd., 2003; Özkazanç & Özay 2019). Bu bağlamda Çankırı kentinde yeşil dokuyu geliştirmek için sokaklarda ağaçlandırmaların artırılması, dikey bahçelerin oluşturulması ve altyapıyı geliştirmek için geçirimli yüzey malzemelerinin kullanımlarına dikkat edilmelidir (Şekil 10).

Gri sistemleri oluşturan diğer elemanlardan olan binalar yeşil çatı uygulamalarıyla kuşların habitatlarını desteklemektedir. Yeşil çatıların kentsel alanlardaki önemli işlevlerinden biri de uzun göçleri sırasında kuşlara geçici yaşam alanları sunarak, kentleşme sonrası ekosistemlerin parçalanmasını tersine çevirmeye hizmet eden “yama bölgesi” ekosistemlerini oluşturmaktır (Nowak, 2004). Yeşil çatı ortamında kuşların çevrelerinde daha az rahatsızlık kaynağı olabileceği düşünüldüğü için yeşil çatıların kentsel peyzajlarda bazı kuşlar için ihtiyaç

duydıkları ek kaynakları sağlayabileceğini ve özellikle üreme mevsiminde kuş türleri için habitat bağlantısını artırma potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir. (Eakin vd., 2015). Yeşil çatı uygulamalarında dikkat edilecek konulardan biri optimum yüksekliktir. Düşük seviyeler, rahatsızlık yaratan kaynaklardan ve özellikle kentsel gürültüden kaçınan türler için uygun değildir. Yüksek seviyelerde, şiddetli rüzgârlar ve yüksek ultraviyole maruziyeti ile koşullar zorlaşır. Optimum yüksekliklerde ise koşullar bazı kuş türleri için göç durağı habitatı oluşturmak için ideal olabilir (Kurtz, 2022).

Kuşların göç yolları farklılık gösterse de yaklaşık %98'inin ilkbaharda 500 metrenin altındaki yüksekliklerde

ve %75'inin sonbaharda bu seviyenin altında göç ettiği görülmektedir. Göçmen kuşlar, sabahın erken saatlerinde dinlenmek ve yiyecek aramak için göç yüksekliklerinden aşağı inmekte ve 15-150 metre arasındaki orta yükseklikteki binalara yerleşmektedirler. Binaların en tehlikeli yerleri, özellikle gündüzleri, zemin seviyesi ve binaların ilk birkaç katıdır. Burada kuşların, çevredeki bitki örtüsünü ve gökyüzünü yansıtan camlı cephelere uçarak çarpma olasılıkları yüksektir (SFPD, 2010). Tüm bu bilgiler doğrultusunda kent merkezindeki binalardan 15-150 metre yükseklikler arasında yer alanlar ve çatı bahçesi uygulanabilirliğinde diğer koşulları sağlayanlar için yeşil çatı uygulaması önerisi getirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 9. Çankırı akarsu kenarlarında kullanılacak doğal bitki türleri.
Figure 9. Natural plant species that can be used around the rivers in Çankırı.



Şekil 10. Kentlerde yeşil altyapıyı destekleyen sokak tasarımı.
Figure 10. Street design that promotes green infrastructure in cities.



Şekil 11. Yeşil çatı örneği.
Figure 11. Green roof practice.

Çalışma kapsamında önerilen yeşil çatı uygulamalarında yalnızca kuşların ihtiyaçlarına (duraklama, beslenme ve yuvalama) odaklanılarak tasarım önerileri getirilmiştir. Bu öneriler insan kullanımına açık değildir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda daha geniş alana sahip çatılar için kuşları rahatsız etmeyecek şekilde konumlandırılacak kullanım alanları ile alana kullanıcılar alınabilir. Seçilen bitki türlerinde az bakım isteyen, fazla boylanmayan ve kentin koşulları ile uyumlu, dayanıklı türler tercih edilmelidir. Bu türler çalışma kapsamında oluşturulan ağaç, çalı ve otsu bitkiler önerilerinden seçilebilir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ekosistemler kendilerini oluşturan parçalarla bir bütün olarak çalışırlar. Dolayısı ile kuş göç yolları üzerinde biyoçeşitliliği geliştirmek, sadece kuş türlerinin değil, tüm ekosistemlerin sağlığını ve sürdürülebilirliğini destekleyen bir amaçtır. Kuş göç yolları biyoçeşitliliği destekleyen kentsel koridorlarda yer alsa da bu koridorlar kentsel alanlarda bölünmektedir. Bu araştırma kuş göç yolları üzerinde yer alan Çankırı kentinde göç koridorlarını biyoçeşitlilik açısından geliştirmek üzere peyzaj tasarım uygulamalarını ele almaktadır. Kentte yapılaşmanın artması, çok sayıda bitki türü ve yeşil alanının gelişime açık olması nedeniyle bu durum bir ihtiyaç halindedir. Dünya'nın birçok büyük şehrinde insan eliyle kaybedilen habitatları telafi etmek için yeşil altyapı sistemini geliştirmek kritik önem taşımaktadır.

Çalışmada kentlerde yeşil alanların geliştirilmesi ve yeşil bağlantılığın sağlanması için yapılan uygulamaların kuş göç yolları için habitat yaratmada önem kazandığı görülmektedir. Yeşil alanların ekolojik bağlantısının sağlandığı uygulamalar habitat alanlarının devamlılığının sağlanmasında önemlidir. Alanda farklı habitatları birbirine bağlayan ve ekosistem koridorlarını destekleyen parklar, mezarlıklar, ormanlar, üniversite kampüsü, akarsular ve kentsel kamusal alanlardaki peyzaj tasarımları, kuşların göç yolları boyunca hareket etmelerini kolaylaştıracaktır. Bu koridorlar aynı zamanda diğer canlı organizmaların da hareketini sağlayarak genetik çeşitliliğe destek olmaktadır. Kentte kuş türlerine göre oluşturulan bitkisel tasarımla yaşama ya da yuvalama alanlarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Çalışmada kuşlar için beslenme ve barınma olanağı sağlanması bakımından yeşil alanlarda bitki türü seçiminin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Melles vd., (2003) çalışmasında büyük iğne yapraklı ağaçların, meyveli çalı türlerinin ve tatlı su akıntılarının bir alanı kuşların tercih etmesinde önemli değerler olduğu saptanmıştır. Kentsel açık yeşil alanlarda yapılan bitkisel tasarım çalışmalarında doğal bitki taksonlarının kullanımı doğal ekosistemlerin

sürdürülebilirliği için önemli olduğu belirtilmektedir (Çorbacı ve Ekren, 2022). Çalışmada Çankırı'da doğal olarak yetişen ağaç, çalı ve otsu bitki türlerinin seçimi ve bitkilerin meyve ve çiçek özelliklerine göre kentsel alanlarda kullanımının önemli olduğu açıktır. Diğer yandan kentte yeşil çatı uygulamaları kuşların habitat oluşturması için dikkate alınması gereken esas konulardan biridir. Bazı kuş türlerinin yeşil çatıları çevredeki yeşil alanlardan daha fazla tercih ettiği tespit edilmiştir (Eakin vd., 2015). Bu bağlamda kentte kuşların ihtiyaçlarının giderilmesinde yeşil çatı uygulamalarının yaygınlaşması sağlanmalıdır. Kentte yaşayan bireylerin kamusal alanlarda biyoçeşitlilik konusunda farkındalık geliştirmesi ve olumlu tutum ve davranışları göstermesi diğer önemli husustur. İnsanların biyoçeşitlilik hakkındaki farkındalıklarını geliştirmek için tanıtıcı donatı elemanlarının geliştirilmesi ve bu konuda çevre eğitimi programlarının verilmesi faydalı olacaktır.

Sonuç olarak; bu çalışmada Çankırı kentinin kuş göç yolları açısından potansiyele sahip olduğu, bu kapsamda kentteki yeşil doku bağlantılığının geliştirilmesi gerektiği görülmüştür. Bu çalışma kapsamında kentsel peyzajlarda "kuş dostu" tasarımlara yön verebilmesi adına Çankırı kenti odağında çıktılar üretilmiştir. Peyzaj tasarımı kapsamında kentsel biyoçeşitlilik ve kuş göç yolları ilişkisinin daha detaylı ortaya konması için farklı çalışma alanlarında "kuş türleri ve ihtiyaçları" detayına inilerek yapılacak çalışmalar literatürdeki boşluğu dolduracaktır. Öte yandan yeşil alanları ve yaban hayatını bir arada ele alan bu tip bilimsel çalışmalarda multidisipliner bir çalışma ile daha detaylı çıktılar üretilebilir. Kentsel yeşil dokuyu geliştirerek kuş göç yolu sistemleri arasında matris oluşturmak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkemik, Ü. (2018).** *Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 684s.
- Anonymous. (2023).** Migratory Soaring Bird Project. <https://migratorysoaringbirds.birdlife.org/> (14 Ağustos 2023).
- Anonymous. (2023a).** Migratory Soaring Bird Mapping Tool. <https://maps.birdlife.org/MSBtool/> (14 Ağustos 2023).
- Aslan, H. & Uslu, A. (2021).** Biyoçeşitliliğin Geliştirilmesi için Polinatör Böcekleri Çeken Bitki Türlerinin Kentsel Peyzajda Kullanımı: Kalecik Örneği. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 6(1), 358-373.
- Babac, M.T. (2004).** Possibility of an information system on plants of South-West Asia with particular

- reference to the Turkish plants data service (TÜBİVES). *Turkish Journal of Botany*, **28**(1), 119-127.
http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sa_yfa=210&name=18
- Bennett, A.B. & Lovell, S. (2019).** Landscape and Local Site Variables Differentially Influence Pollinators and Pollination Services in Urban Agricultural Sites. *PLoS ONE*, **14**(2): e0212034.
- Bilgili, B., Aytaş, İ., Çorbacı, Ö. & Alp, Ş. (2014).** İlkbaharda çiçek açan bazı bitki türlerinin Çankırı koşullarında çiçeklenme zamanlarının belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, **1**(3), 338-347
- Çepel, N. (1995).** Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü. *Türkçe-Almanca-İngilizce*. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma, TEMA Yayınları, İstanbul, 231s.
- Çorbacı, Ö.L. & Ekren, E. (2022).** Kentsel açık yeşil alanlardaki yenilebilir bitkilerin değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Kenti Örneği. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, **7**(4), 589-596.
- Çorbacı, Ö.L., Ekren, E. & Atasoy, M. (2022).** Rize Kentsel Açık Yeşil Alanlarındaki İstilacı Bitki Türleri Üzerine Bir Araştırma. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **7**(2), 156-162.
- Doğa Derneği. (2006).** Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği, Ankara, 639s.
- Eakin, C.J., Campa III, H., Roloff, G.J., Rowe, D.B. & Westphal, J. (2015).** Avian response to green roofs in urban landscapes in the Midwestern USA. *Wildlife Society Bulletin*, **39**(3), 574-582.
- Gökmen, B. (2007).** Çankırı İli Coğrafyası. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, 370s.
- Güneroğlu, N. & Oğuztürk, G.E. (2021).** Tarihi On Gözlü Köprü ve Yakın Çevresinin Kıyusal Peyzaj Değeri Açısından Araştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **23**(3), 754-766.
- Hails, C.J. & Kavanagh, M. (2013).** Bring Back The Birds. *The Raffles Bulletin of Zoology*, **29**, 243-258.
- Hilty, J., Keeley, A., Lidicker Jr., W. & Merenlender, A. (2019).** *Corridor Ecology* (2nd ed.) Island Press, Washington D.C., 369p.
- Juncà, M.B., Zaragoza, R.M. & Guellar, P.K. (2016).** The Vital Role of Biodiversity in Urban Sustainability. *State of the World: Can a City Be Sustainable?* 297-310p, Island Press/Center for Resource Economics.
- Kurtz, S.C. (2022).** *Co-habitation and Migration: Urban Design for Bird Migratory Pathways*, Landscape Architecture Department. Master Thesis, Clemson University, ABD, 76p.
- Melles, S., Glenn, S. & Martin, K. (2003).** Urban bird diversity and landscape complexity: Species-Environment associations along a multiscale habitat gradient. *Conservation Ecology*, **7**(1).
- Miller J.R., Wiens J.A., Hobbs T.N. & Theobald D.M. (2003).** Effects of human settlement on bird communities in lowland riparian areas of Colorado (USA). *Ecological Society of America, Ecological Applications*. **13**(4),1041-1059
- Nowak, M. (2004).** *Urban Agriculture On The Rooftop*. Senior Honors Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, ABD, 74p.
- Oğuztürk, G.E. & Pulatkan, M. (2022).** Üniversite Yerleşkelerinin Bütüncül Planlama Yaklaşımıyla Değerlendirilmesinin Bibliyometrik Analiz ile İrdelenmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, **18**(2), 1-13.
- Özkazanç, N.K. & Özay E. (2019).** Göçmen Kuşları Tehdit Eden Faktörler. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*. **2**(1), 77-89.
- Öztemel, T. (2021).** *Kuş Göç Yolları Üzerinde Bulunan Rüzgar Enerji Santrallerinin (Res) Kuş Populasyonu Üzerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Aydın, 73s.
- Pauleit, S., Hansen, R., Rall, E.L., Zölch, T., Andersson, E., Luz, A.C., Szaraz, L., Tosics, I. & Vierikko, K. (2017).** *Urban Landscapes and Green Infrastructure*. Environment and Human Health, Management and Planning, Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science, 53p.
- PDS. (2014).** *Land Use and Development Policies and Guidelines*. Planning and Development Services, Vancouver, BC, Kanada, 37p.
- Perrow, M. (2017).** *Wildlife and Wind Farms-Conflicts and Solutions: Onshore: Potential Effects* (Vol. 1) (Ed.). Pelagic Publishing Ltd, UK, 298p.
- Savard, J.P.L., Clergeau, P. & Mennechez, G. (2000).** Biodiversity Concepts and Urban Ecosystems. *Landscape and urban planning*, **48**(3-4), 131-142.
- SFPD. (2010).** *Standards for Bird-Safe Buildings*. San Francisco Planning Department, 18s.
- Tietze, T. (2018).** *Bird Species: How they arise, modify and vanish*. Springer Nature Switzerland, Switzerland, 266p.
- Tokuş, C.M. & Özdemir, G. (2017).** Yağmur Hasadı Uygulamalarına Giriş Rehberi: İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Bir Çözüm

- Önerisi. Peyzaj Araştırmaları Derneği, Ankara, 66s.
- Tuttu, G., Aytaş, İ. & Dilaver, Z. (2019).** Use opportunities of some natural herbaceous plants of Cankiri province in landscape applications. *International Journal of Scientific & Technological Research*, 5(3), 136-147.
- Uğurlu, Z. (2022).** *Bursa Kent Parklarında Kullanılan Meyveli Odunsu Bitkiler ve Kentsel Yaban Hayatına Katkıları*. Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 36s.
- Uslu, A. & Shakouri, N. (2013).** Kentsel Peyzaıda Yeşil Altyapı ve Biyolojik Çeşitliliği Destekleyecek Olanaklar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. 6(1), 46-50
- Wenzel, A., Grass, I., Vasuki V.B. & Tschardtke, T. (2020).** How Urbanization is Driving Pollinator Diversity and Pollination - A systematic Review. *Biological Conservation*, 241, 108321.
- Whelan, C.J., Daniel G. Wenny, D.G. & Marquis, R. J. (2008).** *Ecosystem Services Provided by Birds*, 25-60p. New York Academy of Sciences, ABD.
- WWF. (2004).** *Ölü Ağaçlar Yaşayan Ormanlar*. WWF Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı. https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/olu-agaclaryasayanormanlarraporu_tr_pdf.pdf?6260/olu-agaclar-yasayan-ormanlar. (01 Ağustos 2023).



Investigations of Spatial and Temporal Land Use/Land Cover Changes in Trabzon Province (1990-2018) Using CORINE Maps and Landscape Metrics

Tuğba ÜSTÜN TOPAL¹ Sultan Sevinç KURT KONAKOĞLU^{2*}

¹Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Landscape Architecture, Tekirdağ, Türkiye,

²Amasya University, Faculty of Architecture, Department of Urban Design and Landscape Architecture, Amasya, Türkiye,

Geliş/Received: 31.08.2023

Kabul/Accepted: 14.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Üstün Topal, T. & Kurt Konakoğlu, S.S. (2023). Investigations of Spatial and Temporal Land Use/Land Cover Changes in Trabzon Province (1990-2018) Using CORINE Maps and Landscape Metrics. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 536-546. <https://doi.org/10.35229/jaes.1353548>

Atf yapmak için: Üstün Topal, T. & Kurt Konakoğlu, S.S. (2023). Trabzon İlinin Mekânsal ve Zamansal Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimlerinin (1990-2018) CORINE Haritaları ve Peyzaj Metrikleri Kullanılarak İncelenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 536-546. <https://doi.org/10.35229/jaes.1353548>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5383-0954>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9687-927X>

***Corresponding author:**

Sultan Sevinç KURT KONAKOĞLU
Amasya University, Faculty of Architecture,
Department of Urban Design and Landscape
Architecture, Amasya, Türkiye
✉: sultansevinc.kurt@amasya.edu.tr

Abstract: In this study; it is aimed to analyze the temporal and spatial changes in land use/land cover of Trabzon province with the population increase in the 28-year period between 1990-2018 by analyzing it with CORINE maps and landscape metrics. Within the scope of the study, temporal variation analysis was carried out using CORINE maps of the years 1990, 2000, 2006, 2012 and 2018. In Trabzon, according to the CORINE classification system, a total of 4 main groups have been identified at the first level, and at the third level, 19 land use/land cover classes have been identified for 1990, 20 for 2000, 24 for 2006, and 26 for 2012 and 2018. It was observed that the most differentiation occurred in the agricultural areas class in the 28-year period. In addition, the metrics of class area (CA), number of patches (NumP), mean patch size (MPS), edge density (ED), total edge (TE) and mean shape index (MSI) were calculated through ARCGIS's Patch Analyst plugin in the study. The changes that have occurred have been examined. Accordingly, there has been a decrease in the size of forest and seminatural areas and agricultural areas with the increase in the size of the artificial surfaces due to the increase in human activities and population over the past 28 years. In addition, due to the continuous increase in the number of patches in the agricultural areas over time and the decrease in the average size of the patches, the fragmentation of the agricultural areas has been more common. The least change was in the water bodies. In line with the findings obtained, sustainable planning and land use suggestions for land use were presented.

Keywords: CORINE, landscape metrics, land use/land cover, Trabzon.

Trabzon İlinin Mekânsal ve Zamansal Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimlerinin (1990-2018) CORINE Haritaları ve Peyzaj Metrikleri Kullanılarak İncelenmesi

Öz: Bu çalışmada; Trabzon ilinin 1990-2018 yılları arasında 28 yıllık dönemde nüfus artışıyla birlikte zamansal ve mekânsal olarak meydana gelen arazi örtüsü/arazi kullanımındaki değişimlerin CORINE haritaları ve peyzaj metrikleri ile analiz edilerek değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında, 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE haritaları kullanılarak zamansal değişim analizi gerçekleştirilmiştir. Trabzon ilinde, CORINE sınıflandırma sistemine göre birinci düzeyde toplamda 4 ana grup tespit edilmiş olup üçüncü düzeyde 1990 yılına ait 19, 2000 yılına ait 20, 2006 yılına ait 24, 2012 ve 2018 yıllarına ait 26 arazi örtüsü/alan kullanımı sınıfı tespit edilmiştir. 28 yıllık süreçte en çok farklılaşmanın tarım alanları sınıfında meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca çalışmada sınıf alanı (CA), leke sayısı (NumP), ortalama leke büyüklüğü (MPS), kenar yoğunluğu (ED), toplam kenar (TE) ve ortalama şekil indeksi (MSI) metrikleri ArcGIS'in Patch Analyst eklentisi aracılığıyla hesaplanmıştır. Meydana gelen değişimler incelenmiştir. Buna göre, geçen 28 yıllık süre içerisinde insan faaliyetlerinin ve nüfusun artmasına bağlı olarak yapısal alanların büyüklüğünün artmasıyla ormanlık ve yarı doğal alanlar ile tarım alanlarının büyüklüğünde azalmalar olmuştur. Ayrıca, tarım alanlarının leke sayısının zaman içerisinde sürekli artması ve ortalama leke büyüklüklerinin sürekli azalmasından dolayı tarım alanlarında parçalanma daha fazla yaşanmıştır. En az değişim ise su kütlelerinde olmuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda arazi kullanımına yönelik sürdürülebilir planlama ve alan kullanım önerileri sunulmuştur.

***Sorumlu yazar:**

Sultan Sevinç KURT KONAKOĞLU
Amasya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
Kentsel Tasarım ve Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
Amasya, Türkiye
✉: sultansevinc.kurt@amasya.edu.tr

Anahtar kelimeler: Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı, CORINE, Peyzaj Metrikleri, Trabzon.

INTRODUCTION

After the Industrial Revolution in the world, and in Türkiye after the 1950s, rapid population growth in cities, unplanned housing and urbanization movements without infrastructure are observed with the development of technology. Since people use natural resources directly or by processing in order to maintain their lives and create livable environments, they have started to put pressure on the landscape texture. According to Keleş et al. (2008), as a result of this pressure, the natural balance has deteriorated, causing various environmental problems such as environmental pollution and reduction of biodiversity. These problems negatively affect ecosystem health both locally and globally, and show that natural and cultural resources are in danger of extinction (Yetişen et al., 2022).

The most effective tool for ensuring the sustainability of natural and cultural resources is the planning process based on the functioning and connectivity of the landscape (McHarg 1969, Ndubisi 2002, Steiner 2000). Landscape is a mosaic formed by the combination of structurally different natural (climate, geology, geomorphology, hydrology, soil, topography, vegetation, wildlife and biodiversity) and cultural (settlement areas, agricultural areas, transportation, historical and archaeological sites and other human-created elements) components (Forman, 1995; Wascher, 2004; McGarigal et al., 2009). The structure of the landscape is constantly changing and reshaped depending on natural, cultural and social factors (Lindenmayer & Fischer, 2006; Erdoğan et al., 2014; Çorbacı & Dönmez, 2019).

Land cover (LC) refers to the physical features of the land such as natural vegetation, soil layer, water and all other human structures on the surface of the land, while land use (LU) refers to how humanity benefits from the land cover (Karaali et al., 2020; Hussain et al., 2022). Land Use and Land Cover (LULC) have been highly affected and changing due to human activities in recent years (Hussain et al., 2022). This situation greatly affects the landscape structure, ecosystem processes, biodiversity, habitat structure, hydrology and climate characteristics. LULC changes also determine global change (Turner et al., 1993; Verburg et al., 2009; Esbah et al., 2010). LULC changes can occur in line with rapid urbanization movements, availability of resources, climate fluctuations, socioeconomic factors and human needs (Turan et al., 2020; Topal, 2022).

Many scientific studies have been carried out by different professional disciplines about the changes in the land cover due to population growth and its effects on the LULC change (Shehu et al., 2023; Khan et al., 2023; Gaur & Singh, 2023; Eren & Cengiz Taşlı, 2023; Aydın & Eker, 2022; Aksoy et al., 2022; Ojeda Olivares et al., 2019; Oğuz & Zengin, 2011). In particular, decisions are needed regarding plans to protect urban wildlife, biodiversity, water

resources and vegetation corridors (Yetişen et al., 2022). Because decisions about land and land cover can affect how much climatic characteristics will change in a cause-and-effect relationship and the situations that natural ecosystems will face (Brown et al., 2014). In this context, LULC change analyses are generally used to study environmental degradation and control unplanned development (Aksoy et al., 2022).

The types of land cover and their regional distributions are among the basic data needed for land planning studies (Kahya et al., 2010). In this direction, landscape planning studies are closely related to LULC and one of the most important goals of landscape planning studies is to determine the change in LULC classes (Ünlükaplan & Karagöz, 2022). Monitoring and understanding these changes is the most effective way to evaluate landscape mechanism. Thus, negative effects on natural and cultural landscape resources can be reduced (Demir & Demirel, 2016). For this reason, LULC maps are often used in the study of landscape structure. LULC maps are important in that they are one of the most important landscape indicators that reflect the spatial representation of categorical geographical units in the landscape (Karaali et al., 2020). As a matter of fact, in the European Landscape Convention, it is emphasized that it is important to determine the changes in landscapes over time in order to determine the sustainability of landscapes, to protect their diversity, to determine natural resources and to determine landscape types, in the planning and management of the landscape (Ünlükaplan & Karagöz, 2022). In this regard, examining the current LULC situation with reliable and sufficient LULC information is one of the basic requirements in terms of providing social, economic and environmental results in terms of land management. It plays an important role in the timely and accurate detection of changes in the landscape structure, the effective use and management of resources, making appropriate decisions for the future, and understanding the interaction between natural landscape components and people. According to Turner et al. (1989), Herold et al. (2005), many landscape metrics have been developed to explain the changes in landscape structure on the basis of fractal geometry. These developed metrics are criteria for numerically understanding the landscape structure and function and can be measured at the class level (Turner et al., 2001). Landscape metrics, which are also used for a better understanding of landscape change processes, are generally calculated at three levels: landscape mosaic (whole landscape), landscape classes and landscape patches (Botequilha Leitão et al., 2006). Recently, remote sensing (RS) data such as aerial photographs, satellite images, plans and maps and Geographic Information Systems (GIS) methodologies have been widely used in determining landscape structure changes (Jensen, 1996; Meffe & Carroll,

1997; Bayar & Karabacak, 2017; Turan et al., 2020; Hussain et al., 2022; Ünlükaplan & Karagöz, 2022). In this context, the CORINE database, which was created with remote sensing and geographic information systems, contains some errors in detail classes, but when evaluated on the basis of main classes, it is very valuable to give an idea about the land cover of Türkiye (Bayar & Karabacak, 2017).

According to the data of the Turkish Statistical Institute (TUIK), LULC also changed depending on the population growth between 1950 and 2000 in Türkiye (Aydın & Eker, 2022). Trabzon province is one of the largest provinces in the northeast of Türkiye and is one of the settlements where rapid population growth and intense urbanization movements are observed. Trabzon province is among the settlements where LULC tends to change rapidly due to the intense pressure of urbanization due to rapid population growth in both urban and rural areas, urbanization, industrial and tourism activities, and the decrease in productive agricultural areas (Çolak & Memişoğlu, 2017).

In this context, the aim of this study is to analyze and evaluate the temporal and spatial changes in LULC in Trabzon with the population increase in the 28-year period between 1990-2018 with CORINE Land Cover (CLC) maps and landscape metrics. Within the scope of the study, land cover changes were monitored using Remote Sensing (UA) and Geographic Information Systems (GIS), and temporal variation analysis was performed using CORINE Land Cover (CLC) maps of 1990, 2000, 2006, 2012 and 2018. The changes that occurred were examined by using landscape metrics. In line with the findings obtained, sustainable planning and land use suggestions were made for land use.

MATERIAL AND METHOD

Study Area and Data: Trabzon, the 27th most populous cities of Türkiye, is located in the Eastern Black Sea Region of the Black Sea Region. Trabzon city is located between 39° 07' 43,8'' and 40° 30' 15,5'' latitude east and 40° 31' 31,3'' and 41° 06' 27,5'' latitude north. The total area of Trabzon city is 466,400 hectares, of which 22% is agricultural area, 26% is pasture, 44% is forestland and 8% is non-cultural land. It has 18 districts (URL-1, 2023; URL-2, 2023). Trabzon province was established on a sloping plateau and has few flat areas. A distorted urbanization has emerged as a result of the inefficient use of lands due to the effect of topography in the province. This situation has caused the concretization of the coastline and the air flow does not reach the city effectively as a result of the construction taking place parallel to the sea. In addition, the opening of river valleys to settlement also caused floods and overflows to be more dangerous (Kadioğlu, 2011). These problems also negatively affect the sustainable development of Trabzon province (Sesli et al., 2009). The population of

Trabzon province was 143,941 in 1990 and increased by 4.9% in 2000 to 214,949. The population of the province was 735,401 in 2006. The province gained metropolitan municipality status with the law numbered 6360, which entered into force in 2012, and the population of the province was 757,898. With an increase of 8.3% in the last 6 years, the population of the province was 807,903 in 2018 and the population density was 173 people/km² (TUIK, 2019). The study area consists of 18 districts, namely Ortahisar (Central), Akcaabat, Arakli, Arsin, Besikduzu, Carsibasi, Caykara, Dernekpazarı, Duzkoy, Hayrat, Koprubasi, Macka, Of, Surmene, Salpazarı, Tonya, Vakfikebir and Yomra, located within the borders of Trabzon province (Figure 1).

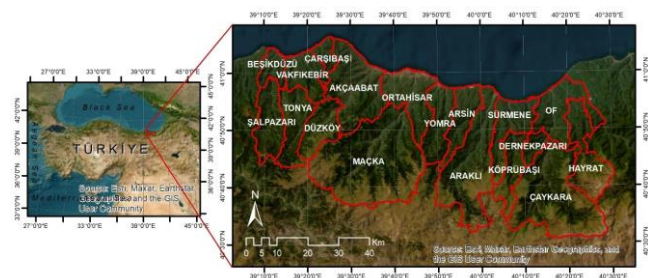


Figure 1. Study area

Methodology: In determining the LULC changes in Trabzon province, the maps of the CORINE land cover based on the classification system created by the European Environment Agency were used, published in 1990, 2000, 2006, 2012 and 2018. The data obtained in the ETRS_1989_LAEA coordinate system were processed in the ArcMap 10.8 software environment and the changes in the land cover were determined. Landscape metrics were calculated through the Patch Analyst module that can be added to ArcMap software. In the study, CA-Class Area, NumP-Number of Patches, MPS-Mean Patch Size, ED-Edge Density, TE-Total Edge and MSI-Mean Shape Index metrics were calculated. These metrics were used to evaluate the land use/land cover changes of Trabzon province between 1990-2018. The study was based on the first and third levels of the CORINE system, which classifies land covers at three different levels. At the first level, the lands are divided into 5 main classes (artificial surfaces, agricultural areas, forest and seminatural areas, wetlands, water bodies), and 44 subclasses at the third level. With the CORINE land classification, 4 main classes at Level 1 and 26 subclasses at Level 3 were determined for Trabzon province

FINDINGS

Map Production According to CORINE Classification: CORINE standard land use/land cover classification consists of 5 main classes and 44 subclasses of land use/land cover classes in a three-level hierarchical structure. In the classification, 5 different classes are defined at level 1, 15 at level 2, and 44 different classes at level 3

covering all types of land cover, and these 3 levels of 44 class nomenclatures are the same for all countries. The smallest mapping unit is 25 hectares and the standard mapping scale is 1:100.000 (Steenmans & Bergström, 1998).

Based on the LULC data created according to the CORINE classification system in the research, 19 Level 3 LULC classes from 1990, 20 from 2000, 24 from 2006, 26 from 2012, and 26 from 2018 were determined within the borders of Trabzon province (Table 3). According to the LULC area data obtained from the CORINE database in Trabzon, among the main groups (artificial surfaces, agricultural areas, forest and seminatural areas, water bodies), that is, at the Level 1, the areas with the highest LULC change between 1990-2018 are agricultural areas. In terms of change in 28 years, agricultural areas are in the first place in terms of areal size with 50,730.02 ha. This is followed by forest and seminatural areas with 23,777.29 ha, water bodies with 2,081.83 ha, and artificial surfaces with 119,19 ha, respectively (Table 1 and Figure 2).

Table 1. Spatial distributions of CORINE Level 1 LULC change in Trabzon province between 1990-2018.

LULC Area Change 1990-2018	Area (ha)	Toplam (ha)
No change	387.982,84	387.982,84
Artificial surfaces - Agricultural areas	108,58	
Artificial surfaces - Forest and seminatural areas	3,11	119,19
Artificial surfaces - Water bodies	7,50	
Agricultural areas - Artificial surfaces	2.994,32	
Agricultural areas - Forest and seminatural areas	47.637,37	50.730,02
Agricultural areas - Water bodies	98,33	
Forest and seminatural areas - Artificial surfaces	395,66	
Forest and seminatural areas - Agricultural areas	23.381,63	23.777,29
Forest and seminatural areas - Water bodies	39,10	
Water bodies - Artificial surfaces	534,46	
Water bodies - Agricultural areas	1.077,69	2.081,83
Water bodies - Forest and seminatural areas	469,68	

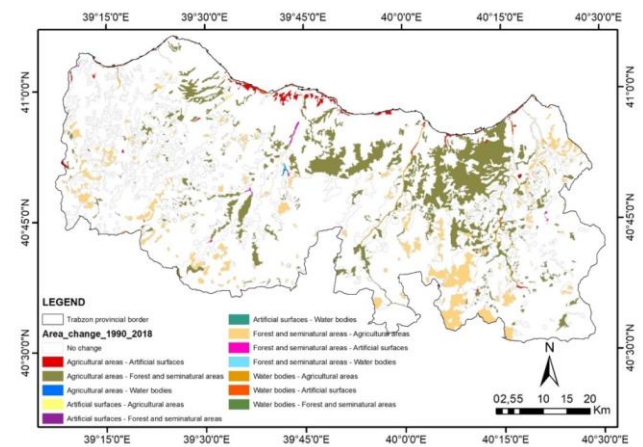


Figure 2. CORINE Level 1 LULC exchange classes of the province of Trabzon between 1990-2018.

In the province of Trabzon, the most common LULC class according to all levels is the pastures, which is included in the agricultural fields' category with the 2.3.1 classification code. Pastures are areas of dense grass cover that are mainly used for grazing and are flooded at certain times of the year (ETC/LC, 1995; Polat & Yalçın, 2020). These areas are actually the main pastures on the provincial land. These areas correspond to meadows near streams where the groundwater level is high; they are close to

permanent settlements and cultivated areas. Although partial agricultural activities are encountered in the pasture areas, which are considered as grassland with a farm structure, sometimes animal feed (hay, etc.) is also obtained from these areas (Bossard et al., 2000; Harmanşah, 2018). There has been an increase in pasture areas with the classification code of 2.3.1 in recent years. The lands in this class in the study area had an area of 730.63 ha in 1990 and a proportional value of 0.16%. Pasture areas increased by 26,425.99 ha in 2018 and reached an area of 27,156.62 ha and a proportional value of 5.84% (Table 2). Pasture areas, which have an important place in terms of livestock, constitute 26% of the total area of 466,400 ha of Trabzon province. Pasture areas are located in rough and mountainous terrain due to the topographic characteristics of the province. Although this situation limits agriculture and livestock activities, it is seen that it has more fertile meadows and forest areas compared to other provinces. This class of lands is mostly located in the plateaus between 1600-2200 altitudes.

Broad-leaved forests, which are included in the forest and seminatural areas category with the 3.1.1 classification code, constitute the most common LULC class after pastures. Broad-leaved forest areas are areas where mainly broad-leaved trees, including shrubs and shrub species, are dominant in terms of vegetation form (ETC/LC, 1994; Polat & Yalçın, 2020). Among the forest areas in the study area, the areas with the largest area are generally broad-leaved forests formed by Eastern Black Sea Oak (*Quercus pontica*) and Eastern Beech (*Fagus orientalis*) species. The lands in this class in the study area had an area of 66,738.88 ha in 1990 and a proportional value of 14.36%. Broad-leaved forest areas increased by 18,358.4 ha in 2018, reaching 85,097.28 ha and a proportional value of 18.31% (Table 2). Among the coniferous forests included in the same category with the classification code 3.1.2, the forest areas with the largest area usually consist of the following species: Caucasian spruce (*Picea orientalis*), Caucasian fir (*Abies nordmannianas*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Eastern Alder (*Alnus glutinosa* var. *orientalis*). The lands in this class in the study area had an area of 25,774.82 ha in 1990 and a proportional value of 5.55%. Coniferous forest areas increased by 4,278.23 ha in 2018 and reached 30,053.05 ha and a proportional value of 6.47% (Table 2).

Natural grassland, which are included in the category of shrub and/or herbaceous vegetation associations and defined by the classification code 3.2.1 in the CORINE database, are in the third place within the province land in 1990 with an area of 59,556.81 ha and a proportional value of 12,81%. There was an increase of 12,279.69 ha in these areas between 1990-2018 (Table 2). According to the areal value of 71,836.50 ha and the increase of 15,46% in Natural grassland in 2018, bare rocks with a classification code of 3.3.2 have been replaced by Natural grassland since 2012.

According to ETC/LC (1994), natural grasslands are defined as in areas with rough, scattered and uneven terrain where human intervention is limited, where at least 50% of the land surface is covered with herbaceous vegetation and rocky areas, thorny wild shrubs, grasslands with low grass yield, including covers such as shrubs and heather. The reason for such a high (12,279.69 ha) increase in these lands is that the human intervention on the pastures is partially limited and the use of pastures for livestock activities in the province is taken under control. In addition, it is seen that natural grassland areas are concentrated in the forest areas in Düzköy, Maçka, Araklı, Köprübaşı, Çaykara and Hayrat districts (Figure 3). This situation has emerged as a result of the pressure of forest villagers on forest areas, and some of the forest areas have become natural grassland. These and similar situations have led to an increase in natural meadows on the provincial land.

Heterogeneous agricultural areas are lands where various annual crops, pastures and permanent crops are found side by side (ETC/LC, 1995; Polat & Yalçın, 2020). Agricultural areas with scattered houses and garden sheds used for growing fruits and vegetables, and hobby gardens (city gardens) located near rural or urban settlements are included in this class (Bossard et al., 2000). There has been an increase of +9,926.32 ha in the 28-year period in these lands, which have the 2.4.2 classification code in the study area. Complex cultivation patterns had an area of 7,737.73 ha and a rate of 1.66% in 1990. Then, with an increase of +9,926.32 ha, it had an area of 17,664.05 ha and a rate of 3.8% in 2018 (Table 2). These LULC areas appear to be located near rural and/or urban areas (Figure 3).

Agricultural areas with natural vegetation are areas with arable orchards or vineyard plots smaller than 25 ha, where agricultural activities are carried out within the natural vegetation (URL-3, 2023). These areas, defined by the 2.4.3 classification code, had an area of 207,378.81 ha and a rate of 44.62% in 1990. By 2018, these areas had an area of 25,629.75 ha and a rate of 5.51%, with a decrease of 181,749.06 ha (Table 2). The main reason for such a high (181,749.06 ha) decrease in these lands is human intervention. These areas are the LULC class with the highest areal decrease in Trabzon province according to all levels.

The second LULC class in the province with the highest areal decrease according to all levels is the transitional woodland/shrub areas defined with the 3.2.4 classification code in the CORINE database. These areas were evaluated as areas where woods or coppice lands where tree cutting was carried out with certain periods were reforested (Sarı & Özşahin, 2016; Polat & Yalçın, 2020). These areas, which corresponded to 4.72% of the study area with 21,937.43 ha in 1990, decreased to 7,435.79 ha in 2018 and decreased to 3.2% (Table 2). In the province, these

LULC areas are commonly seen in the mountainous areas of Beşikdüzü, Şalpaazarı, Tonya, Vakfıkebir, Akçaabat, Maçka, Yomra, Arsin, Araklı, Köprübaşı, Çaykara, Of, Hayrat districts (Figure 3).

The third LULC class in the province with the highest area reduction according to all levels is the fruit trees and berry plantations defined by the 2.2.2 classification code. It was observed that these land use/land cover areas were not included in the study area between 1990-2000. These areas have an area of 122,988.15 ha and a rate of 26.46% in 2006. By 2018, it had an area of 119,209.24 hectares and a rate of 25.65% with a decrease of 3,778.91 ha (Table 2). In the course of time, there has been a decrease in these areas due to activities such as housing, road and building construction with human intervention.

Sparsely vegetation areas are areas where the vegetation rate is between 10-50% and which have scattered, woody and semi-woody steppe vegetation and unproductive soils at high altitudes due to erosion and late snowmelt (ETC/LC, 1995; URL-3, 2023). Areas covered with sparsely vegetation, which are included in the forest and seminatural areas category with the 3.3.3 classification code, had an area of 5,351.94 ha and a rate of 1.15% in 1990. As of 2018, these areas had an area of 3,002.99 ha and a rate of 0.65% with a decrease of 2,348.95 ha. With the increasing anthropogenic effect in recent years, forest areas have been destroyed and decreased. A decrease of 2,348.95 ha in areas covered with sparsely vegetation over a 28-year period shows the extent of the destruction in forested areas (Table 2).

Water courses are natural or artificial waterways, including channels used as drainage channels, and must have a minimum width of 100 m (URL-3, 2023). Water courses, which are included in the water bodies category with the 5.1.1 classification code, had an area of 2,150.59 ha and a rate of 0.46% in 1990. By 2018, these areas had an area of 523.21 hectares and a rate of 0.11% with a decrease of 1,627.38 hectares (Table 2). The reason for this decrease in the 28-year period is the human intervention in natural resources due to the need for shelter due to population growth. Level-3 LULC maps of Trabzon province for the years 1990, 2000, 2006, 2012 and 2018 are shown in the Figure 3.

Calculating landscape metrics using Patch Analyst for ArcGIS: The metric values calculated in order to understand and describe the change in the artificial surfaces, agricultural areas, forest and seminatural areas, water bodies classes determined at the first level according to the CORINE classification system in Trabzon between the years 1990-2018 are given in Table 3.

The CA index is defined as the dominance and dominance index (Eren & Cengiz Taşlı, 2023). When the values obtained in Table 3 are examined, the landscape pattern with the highest CA in the research area in 1990 is

forest and seminatural areas with 243766 ha, agricultural areas with 215847,2 ha, water bodies with 2908.03 ha and artificial surfaces with 2250,410085 ha designated areas. This ratio was determined as forest and seminatural areas with 243722,5 ha, agricultural areas with 215143,6 ha, artificial surfaces with 3055.034564 ha and water bodies with 2850,271 ha in 2000. In 2006; forest and seminatural areas with 267042,5 ha, agricultural areas with 192055.7 ha, artificial surfaces with 4518,067065 ha and water bodies with 1155,623 ha. In 2012, forest and seminatural areas with 268240 ha, agricultural areas with 189996,9 ha, artificial surfaces with 5570,802476 ha and water bodies with

964,4912 ha. When these rates come to 2018, it is seen as forest and seminatural areas with 268060,2 ha, agricultural areas with 189688,2 ha, artificial surfaces with 6059.134124 ha and water bodies with 964,4912 ha. It is seen that the most change in the last 28 years has been experienced in artificial surfaces. Depending on the increase in the artificial surfaces over time, there have been decreases in forest and seminatural areas and agricultural areas. In this process, forest and seminatural areas, which have the highest rate on the basis of years, constitute the dominant land cover class in the area.

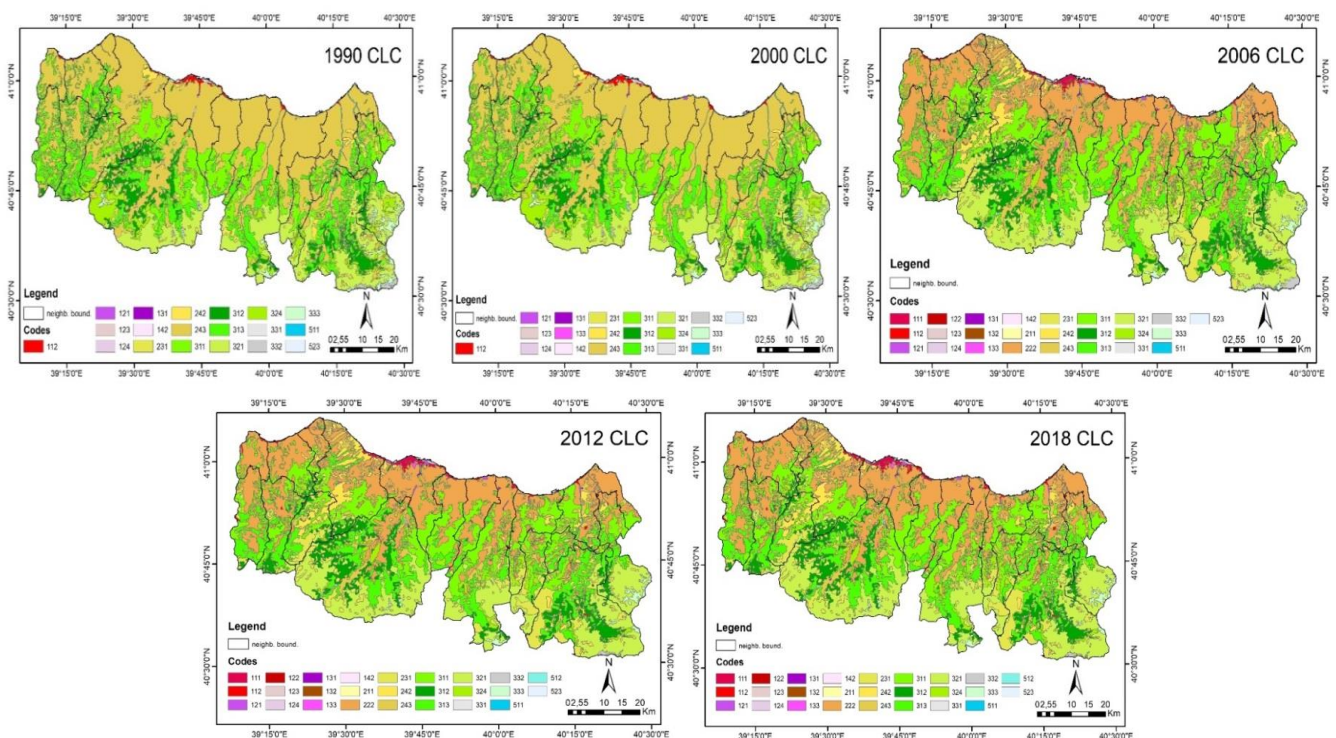


Figure 3. CORINE Level 3 land cover classes of Trabzon province in 1990, 2000, 2006, 2012 and 2018.

Table 2. Areas covered by CORINE land cover classes in Trabzon province in 1990, 2000, 2006, 2012 and 2018 and their percentage values.

CORINE Level-1	CORINE Level-3 Codes	1990		2000		2006		2012		2018		
		Percent (%)	Area (Ha)	Percent (%)	Area (Ha)	Percent (%)	Area (Ha)	Percent (%)	Area (Ha)	Percent (%)	Area (Ha)	
1. Artificial Surfaces	111	-	-	-	-	0,27	1.266	0,38	1.766	0,39	1.832	
	112	0,39	1.835,10	0,5	2.323,52	0,42	1.930,57	0,43	1.994,80	0,5	2.346,01	
	121	0,01	24,75	0,03	127,16	0,08	352,06	0,11	506,6	0,12	562,67	
	122	-	-	-	-	-	-	0,05	225,65	0,05	225,65	
	123	0,01	67,32	0,02	77,43	0,06	292,09	0,05	224,29	0,05	224,29	
	124	0,02	100,03	0,03	137,41	0,03	147	0,03	133,48	0,03	133,48	
	131	0,02	86,73	0,02	97,03	0,03	133,03	0,06	259,76	0,07	326,54	
	132	-	-	-	-	0,01	36,95	0,01	37,31	0,01	37,31	
	133	-	-	0,03	128,98	0,04	196,96	0,08	365,68	0,07	314,05	
	142	0,03	136,49	0,04	163,52	0,01	57,95	0,01	57,25	0,01	57,25	
	2. Agricultural areas	211	-	-	-	-	0,01	28,36	0,01	28,58	0,01	28,58
		222	-	-	-	-	26,46	122.988,15	25,72	119.554,32	25,65	119.209,24
		231	0,16	730,63	0,15	693,64	6,21	28.881,59	5,84	27.156,79	5,84	27.156,62
		242	1,66	7.737,73	1,61	7.491,69	3,38	15.723,85	3,81	17.715,70	3,8	17.664,05
3. Forest and seminatural areas	311	44,62	207.378,81	44,53	206.958,29	5,26	24.433,71	5,5	25.541,54	5,51	25.629,75	
	312	14,36	66.738,88	14,99	69.664,20	18,86	87.667,95	18,37	85.358,97	18,31	85.097,28	
	313	5,55	25.774,82	5,53	25.711,07	6,23	28.932,45	6,46	30.020,46	6,47	30.053,05	
	321	13,41	62.347,64	13,58	63.134,89	13,39	62.225,13	13,56	63.012,27	13,54	62.949,99	
	322	12,81	59.556,81	12,81	59.556,59	14,82	68.865,17	15,47	71.900,77	15,46	71.836,50	
	324	4,72	21.937,43	3,91	18.184,29	3,08	14.327,89	3,08	14.325,75	3,12	14.501,64	
	331	0,1	482,24	0,12	543,29	0,06	262,91	0,04	164,87	0,04	164,87	
5. Water bodies	511	0,34	1.576,21	0,34	1.576,21	0,33	1.515,33	0,1	453,93	0,1	453,93	
	512	1,15	5.351,94	1,15	5.351,98	0,7	3.245,66	0,65	3.002,99	0,65	3.002,99	
	523	0,46	2.150,59	0,46	2.150,56	0,14	656,54	0,11	523,21	0,11	523,21	
	523	-	-	-	-	-	-	0,02	101,34	0,02	101,34	
		0,16	758,24	0,15	699,71	0,11	499,08	0,07	339,94	0,07	339,94	

The NumP value is the fragmentation metric, and an increase in this value indicates an increase in fragmentation. The MPS value, which is an index based on the number of patch in a class and landscape index, expresses the area of each patch that makes up a landscape mosaic (Fichera et al., 2012; Kesgin Atak, 2020). A landscape in which the mean patch size is smaller for the type of patch studied is considered more fragmented than another landscape. When the changes in the number of patches (NumP) and average patch size (MPS), which are the most important indicators of fragmentation, are examined, it is seen that the number of patches (NumP) in the agricultural area class constantly increases over time, while the average patch size (MPS) decreases continuously. Accordingly, when the values in Table 3 are examined, it is seen that the number of patches in agricultural areas increased from 3 to 5 between 1990-2006 and remained the same as 5 between 2006-2018. It is seen that while the average patch size in agricultural areas was 71949,06 ha in 1990, it was 37937,65 ha in 2018 and decreased over time. This is an indication of the fragmentation of agricultural areas. The number of patches in artificial surfaces increased from 6 to 10 between 1990-2006 and remained the same as 10 between 2006-2018. While the average patch size in artificial surfaces was 375,068348 ha in 1990, it increased to 605,913412 ha in 2018 and increased over time. Although the number of patches in the forest and seminatural area class remained the same as 8 in 28 years, the average patch size in forest

and seminatural areas was 30470,75 ha in 1990, while it became 33507,53 ha in 2018. In the water bodies class, the number of patches increased to 2 between 1990-2006 and to 3 between 2012-2018. While the average patch size in water bodies was 1454,415 ha in 1990, it became 321,4971 ha in 2018. When these values are considered and interpreted together, it is seen that the fragmentation in agricultural areas is more due to the continuous increase in the number of patches in the agricultural areas over time and the continuous decrease in the average size of the patches.

Edge density (ED) is obtained by dividing the total edge length of the relevant land use class by the total area. In the initial stages of the division, the amount of edge is expected to increase relative to the total area (Pal et al., 2021). The ED value of the habitat parts in the study area increased by 2.35% in the artificial surfaces class between 1990 and 2018. The total edge density in agricultural areas increased by 18.7%. While the total edge density decreased by 6.5% between the years 1990-2000 in forest and seminatural areas, it increased by 18.8% between the years 2000-2006, and decreased again by 1.3% between the years 2006-2012. It increased again by 0.8% between 2012 and 2018 (Table 3). The total edge density in water bodies decreased by 2%. While the greatest change was observed in agricultural areas with an increase of 18.7%, the least change was experienced in water bodies with a decrease of 2%. Human activities are effective in the change of total edge lengths depending on ED.

Table 3. Landscape metric values for different land use/land cover classes.

Years	CORINE Level-1	Landscape metrics*					
		MSI (km)	TE (m)	ED (m/ha)	MPS (ha)	NumP	CA (ha)
1990	1. Artificial Surfaces	3,639895	162245,3705	0,349086	375,068348	6	2250,410085
2000		4,099043	209961,2378	0,451752	436,433509	7	3055,034564
2006		4,588956	375182,7148	0,807241	451,806707	10	4518,067065
2012		5,040354	441738,8722	0,950442	557,080248	10	5570,802476
2018		5,123133	468553,2527	1,008135	605,913412	10	6059,134124
1990	2. Agricultural Areas	13,17155	3785730	8,145342	71949,06	3	215847,2
2000		12,94216	3773019	8,118009	71714,54	3	215143,6
2006		16,55052	6143344	13,21798	38411,13	5	192055,7
2012		16,91481	6209681	13,3607	37999,38	5	189996,9
2018		16,952008	6223085	13,38954	37937,65	5	189688,2
1990	3. Forest and seminatural areas	15,64229	8218496	17,68284	30470,75	8	243766
2000		15,10691	7915704	17,03139	30465,32	8	243722,5
2006		14,96093	8438917	18,15712	33380,31	8	267042,5
2012		14,71409	8400108	18,0736	33530	8	268240
2018		14,75057	8422325	18,12141	33507,53	8	268060,2
1990	5. Water bodies	21,28786	543252	1,168856	1454,415	2	2908,83
2000		21,56692	539486	1,160756	1425,135	2	2850,271
2006		18,8465	313070	0,673599	577,8114	2	1155,623
2012		13,71816	278916,2	0,600114	321,4971	3	964,4912
2018		13,71816	278916,2	0,600114	321,4971	3	964,4912

* MSI: Mean Shape Index, TE: Total Edge, ED: Edge Density, MPS: Mean Patch Size, NumP: Number of Patches, CA: Class Area.

In landscape measurement metrics, the increase in the ED experienced in agricultural areas between 1990-2018 caused the fragmentation of agricultural areas by transforming them into artificial surfaces due to the increase in human activities and population, with the province becoming a metropolitan city in 2006. According to Table 3, it is seen that the TE value increased regularly

between 1990 and 2018 in artificial surfaces and decreased regularly in agricultural areas. While there was a decrease between 1990-2000 in forest and seminatural areas, it is seen that there was an increase between 2000-2006, a decrease again between 2006-2012, and an increase again between 2012-2018. On the other hand, while there was a

regular decrease in water bodies between 1990-2012, it is seen that there was no change between 2012-2018.

The total edge (TE) value correlates with the MSI value. The increase in the TE value also caused the MSI value to become irregular. The higher the MSI value, the more complex the stain geometrically. The fact that the MSI value moves away from 1 indicates that the parts move away from the shape of a non-uniform, clear square or circle. The MSI value equals 1 when all patches are circular or square (McGarigal & Marks, 1995; McGarigal et al., 2009; Mohamed et al., 2021). When the MSI values calculated for the patch shape in Table 3 are examined, it is seen that there was an increase of 5.29% in artificial surfaces and 13.5% in agricultural areas between 1990 and 2018. It is seen that there is a decrease of 3.18% in forest and seminatural areas, and a decrease of 27% in water bodies. Accordingly, the biggest change in the 28-year period was experienced in the shape indices of agricultural areas and water bodies. In terms of the TE value, which is related to the MSI value, the greatest change was observed in agricultural areas with an increase of 18.7%, while the least change was experienced in water bodies with a 2% decrease. Depending on both MSI and ED values, human activities are very effective in the complexity of the patches and the change in the total edge lengths.

DISCUSSION AND CONCLUSION

In Trabzon, according to the CORINE classification system, a total of 4 main groups (artificial surfaces, agricultural areas, forest and seminatural areas, water bodies) were identified at the first level, and it was seen that the most common land use/land cover category among these groups was agricultural areas. At the third level in the province, 19 land use/land cover classes were determined for 1990, 20 for 2000, 24 for 2006, and 26 for 2012 and 2018. The land use/land cover category on the provincial land, which was 24 in 2006, increased to 26 in 2018 with the addition of areas related to 'Road and rail networks and associated land' and 'Water bodies'.

Between 1990-2018 in Trabzon province, 2.1.1 (Non-irrigated arable land), 1.1.1 (Continuous urban fabric), 1.2.4 (Airports), 1.3.2 (Dump sites), 1.4.2 (Sport and leisure facilities) coded CORINE classes were determined to have very little spatial-proportional changes. The absence of significant changes in these areas is due to the lower anthropogenic impact intensity on the land use/land cover in the specified classes. As a result of analyzes made within the scope of the study, it was determined that a total of 125315,164 ha variation occurred in the land use/land cover classes determined according to the CORINE system in the province of Trabzon over a 28-year period. It was observed that the most differentiation occurred in the 'Land principally occupied by agriculture,

with significant areas of natural vegetation' (-181.749.06 ha) defined by the 2.4.3 classification code. This is followed by 'Pastures' (+26.425.99 ha), defined by the classification code 2.3.1, respectively, 3.1.1 'Broad-leaved forest' (+18.358.4 ha) defined by classification code, 'Natural grassland' defined by 3.2.1 classification code (+12.279.69 ha), 'Complex cultivation patterns' defined by 2.4.2 classification code (+9.926.32 ha), and it was observed that the Transitional woodland/shrub' areas (-7,435,79 ha) defined by the 3.2.4 classification code followed.

In the study, CA, NumP, MPS, ED, TE and MSI metric values were also calculated in addition to the CORINE classification system in order to evaluate the land use/land cover changes of Trabzon province between 1990-2018. Accordingly, there has been a decrease in the size of forest and seminatural areas and agricultural areas due to the increase in the size of the artificial surfaces over the past 28 years. As the province became a metropolitan city in 2006, due to reasons such as road construction and the creation of residential areas due to the increase in human activities and population, agricultural areas were transformed into artificial surfaces and caused more fragmentation within the landscape structure. In addition, due to the continuous increase in the number of patches in the agricultural areas over time and the decrease in the average size of the patches, the fragmentation of the agricultural areas has been more common. Between 1990-2018, the rate of fragmentation in agricultural areas was higher in 2018. The least change was in water bodies.

CONCLUSION

As a result, there have been some changes in the landscape pattern of Trabzon province. It is seen that these areas should be protected for the sustainability of agricultural practices specific to Trabzon. Changes that show in which direction the new settlement areas are moving are an important input for future planning studies. It is necessary to take measures against fragmentation in areas where natural habitat and biodiversity need to be protected, and to develop planning strategies with numerical data obtained on the possible consequences of spatial change. In line with the data obtained in the study, it is suggested that the positive and negative aspects of the land use of Trabzon province should be analyzed and the positive practices should be continued and the negative and wrong practices should be noticed and improved.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Copernicus Land Monitoring Service for their data support for providing CORINE data free of charge.

REFERENCES

- Aksoy, T., Dabanlı, A., Cetin, M., Senyel Kurkcuoglu, M.A., Cengiz, A.E., Cabuk, S.N. & Cabuk, A. (2022).** Evaluation of comparing urban area land use change with Urban Atlas and CORINE data. *Environmental Science and Pollution Research*, **29**(19), 28995-29015.
- Aydın, A. & Eker, R. (2022).** Future land use/land cover scenarios considering natural hazards using Dyna-CLUE in Uzungöl Nature Conservation Area (Trabzon-NE Türkiye). *Nat Hazards* **114**, 2683-2707. DOI: [10.1007/s11069-022-05485-7](https://doi.org/10.1007/s11069-022-05485-7)
- Botequilha Leitão, A., Miller, J., Ahern, J. & McGarigal, K. (2006).** *Measuring Landscapes: A Professional Planner's Manual*, Island Press, Washington, D.C., 240p.
- Bossard, M., Feranec, J. & Otahel, J. (2000).** *CORINE Land Cover Technical Guide: Addendum-2000*. European Environment Agency, Copenhagen, 105p.
- Bouhennache, R., Bouden, T., Taleb-Ahmed, A. & Cheddad, A. (2019).** A new spectral index for the extraction of built-up land features from Landsat 8 satellite imagery. *Geocarto International*, **34**(14), 1531-1551.
- Bramhe, V.S., Ghosh, S.K. & Garg, P.K. (2018).** Extraction of built-up area by combining textural features and spectral indices from landsat-8 multispectral image. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **42**, 727-733.
- Brown, D.G., Polsky, C., Bolstad, P., Brody, S.D., Hulse, D., Kroh, R., Loveland, T.R. & Thomson, A. (2014).** Land Use and Land Cover Change. In: Melillo, J.M., Terese, T.C., Richmond, G. & Yohe, W. (Ed), *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, 318-332, Global Change Research Program, U.S.
- Çolak, H.E. & Memişoğlu, T. (2017).** Temporal changes of land use capability classification depending on the urban development: Case study of Trabzon Province. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **4**, 167-171.
- Çorbacı, Ö.L. & Dönmez, Y. (2019).** Peyzajın Yapısının (Peyzaj Karakter Tüplerinin) Tanımlanması ve Haritalanması: Bartın İli Amasra İlçesi Örneği. In: Kaya L.G. (Ed), *Mimarlık Tasarım ve Planlama Alanında Yeni Ufuklar*, 329-366, Gece Kitaplığı, Ankara, Türkiye.
- Demir, S. & Demirel, Ö. (2016).** Analysis Temporal Land Use/Land Cover Change Based on Landscape Pattern and Dynamic Metrics in Protected Mary Valley, Trabzon from 1987 to 2015. In: Efe R., Curebal İ, Gad A. & Toth B. (Ed), *Environmental Sustainability and Landscape Management*, 292-306, St.Kliment Ohridski University Press, Sofia.
- Erdogan, N., Kesgin Atak, B. & Nurlu, E. (2014).** Modeling of Land Use Dynamics: Case Studies on Urban Growth in Turkey, In: Efe, R., Onay, T. T., Sharuho, I. & Atasoy, E. (Ed), *Urban and Urbanization*, 11-25p, St. Kliment Ohridski University Press, Sofia, Bulgaria.
- Eren, B. & Taşlı, C. (2023).** Peyzaj Yapısındaki Zamansal/Mekânsal Değişimin Metrik Analizi ile Değerlendirilmesi: Çanakkale Kent Merkezi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **11**(1), 204-222.
- Esbah, H., Kara, B., Deniz, B. & Kesgin, B. (2010).** Changing land cover characteristics of a developing coastal town: a case study of Didim, Turkey. *Journal of Coastal Research*, **26**(2), 274-282.
- Estoque, R.C. & Murayama, Y. (2015).** Classification and change detection of built-up lands from Landsat-7 ETM+ and Landsat-8 OLI/TIRS imageries: A comparative assessment of various spectral indices. *Ecological indicators*, **56**, 205-217.
- ETC/LC. (1994).** *CORINE Land Cover. Commission of the Europe- an Communities*, <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part1>. (23 August 2023).
- ETC/LC. (1995).** *CORINE Land Cover. Commission of the Europe- an Communities*, <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>. (23 August 2023).
- Fichera, C.R., Modica, G. & Pollino, M. (2012).** Land cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics. *European Journal of Remote Sensing*, **45**, 2279-725.
- Forman, R.T.T. (1995).** *Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions*, Cambridge University Press, 632 p.
- Herold, M., Couclelis, H. & Clarke, K.C. (2005).** The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, environment and urban systems*, **29**(4), 369-399.
- Gaur, S. & Singh, R. (2023).** A comprehensive review on land use/land cover (LULC) change modeling for urban development: current status and future prospects. *Sustainability*, **15**(2), 903.
- Harmansah, F. (2018).** Türkiye'de Kaliteli Kaba Yem Üretimi, Sorunlar ve Öneriler. *TURKTOB Dergisi*, **25**, 9-13.
- Hussain, S., Mubeen, M. & Karuppannan, S. (2022).** Land use and land cover (LULC) change analysis using TM, ETM+ and OLI Landsat images in district of Okara, Punjab, Pakistan. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, **126**, 103117.
- Jensen, J. R. (1996).** Remote sensing of mangrove wetlands: relating canopy spectra to site-specific data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **62**(8), 939-948.
- Kadioğlu, Y. (2011).** Land use and major issues of planning in city of Trabzon. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **19**, 354-362.
- Kahya, O., Bayram, B. & Reis, S. (2010).** Land cover classification with an expert system approach

- using Landsat ETM imagery: a case study of Trabzon. *Environmental Monitoring and Assessment*, **160**(1), 431-438.
- Kaimaris, D. & Patias, P. (2016).** Identification and area measurement of the built-up area with the Built-up Index (BUI). *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, **5**(1), 1844-1858.
- Karaali, İ., Tonyaloğlu, E.E., Kesgin Atak, B. & Nurlu, E. (2020).** Alan kullanımı/arazi örtüsü değişiminin mekânsal ve zamansal analizi: İzmir/Türkiye Örneği. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, **2**(2), 308-324.
- Keleş, S., Sivrikaya, F., Çakir, G. & Köse, S. (2008).** Urbanization and forest cover change in regional directorate of Trabzon forestry from 1975 to 2000 using landsat data. *Environmental Monitoring and Assessment*, **140**(1), 1-14.
- Kesgin Atak, B. (2020).** Kentsel Peyzaj Yapısındaki Değişimlerin Peyzaj Metrikleri ile Analizi, İzmir Örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **1**(57), 119-128.
- Khan, J.A., Khayyam, U., Waheed, A. & Khokhar, M.F. (2023).** Exploring the nexus between land use land cover (LULC) changes and population growth in a planned city of Islamabad and unplanned city of Rawalpindi, Pakistan. *Heliyon*, **9**(2), e13297.
- Lee, J.K., Acharya, T.D. & Lee, D.H. (2018).** Exploring land cover classification accuracy of Landsat 8 image using spectral index layer stacking in hilly region of South Korea. *Sensors and Materials*, **30**(12), 2927-2941.
- Lindenmayer, D.B. & Fischer, J. (2013).** *Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis*. Island Press, 352p.
- McHarg, I. (1969).** *Design with Nature*, The Natural History Press, New York City.
- McGarigal, K. & Marks, B. (1995).** *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*, United States Department of Agriculture Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNW-351, Corvallis.
- McGarigal, K., Tagil, S. & Cushman, S.A. (2009).** Surface Metrics: An Alternative To Patch Metrics For The Quantification of Landscape Structure. *Landscape Ecology*, **24**(3), 433-450.
- Meffe, G.K. & Carroll, C.R. (1997).** *Principles of conservation biology*, Sinauer Associates Inc, Sunderland, Massachusetts. 729p.
- Mohamed, A., Worku, H. & Kindu, M. (2021).** Quantification and mapping of the spatial landscape pattern and its planning and management implications a case study in Addis Ababa and the surrounding area, *Ethiopia. Geology, Ecology and Landscapes*, **5**(3), 161-172.
- Ndubisi, F. (2002).** *Ecological Planning: A Historical and Comparative Synthesis*, The Johns Hopkins University Press, USA, 287p.
- Oğuz, H., & Zengin, M. (2011).** Peyzaj patern metrikleri ve landsat 5 tm uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimi analizi (1984-2010): Kahramanmaraş Örneği. I. *Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26 Ekim 2011, Kahramanmaraş, Türkiye, 854-864.
- Ojeda Olivares, E.A., Sandoval Torres, S., Belmonte Jiménez, S.I., Campos Enríquez, J.O., Zignol, F., Reygadas, Y. & Tiefenbacher, J.P. (2019).** Climate change, land use/land cover change, and population growth as drivers of groundwater depletion in the Central Valleys, Oaxaca, Mexico. *Remote Sensing*, **11**(11), 1290.
- Pal, S., Singha, P., Lepcha, K., Debanshi, S. & Talukdar, S. (2021).** Proposing Multicriteria Decision Based Valuation of Ecosystem Services for Fragmented Landscape in Mountainous Environment. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, **21**, 100454.
- Polat, P. & Yalçın, F. (2020).** Erzincan ili arazi kullanımının (2000-2018 yılları arası) corine sistemi ile değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, **25**(44), 125-150.
- Sarı, H., & Özşahin, E. (2016).** CORINE Sistemine Gore Tekirdağ İlinin AKAO (Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü) Özelliklerinin Analizi. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, **30**(1), 13-26.
- Sesli, F.A., Karsli, F., Colkesen, I. & Akyol, N. (2009).** Monitoring the changing position of coastlines using aerial and satellite image data: an example from the eastern coast of Trabzon, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **153**(1), 391-403.
- Shehu, P., Rikko, L.S. & Azi, M.B. (2023).** Monitoring urban growth and changes in land use and land cover: a strategy for sustainable urban development. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, **8**(1), 111-126.
- Steiner, F. (2000).** *The Living Landscape an Ecological Approach to Landscape Planning*. Arizona State University, McGraw Hill, 496p.
- Steenmans, C. & Bergström, R. (1998).** State of Play of the EEA European Topic Centre on Land Cover. İçinde Land Cover and Land Use Information Systems for European Union Policy Needs. *European Communities, Proceedings of the Seminar*, 21-23 January 1998, Luxembourg, 37-43p.
- Topal, T.Ü. (2022).** Nature-based Solutions for Biodiversity in Cities. In: Özyavuz, M. (ED), *Sustainability, Conservation and Ecology in Spatial Planning and Design*, 211-228p, Peter Lang.
- TUİK. (2019).** <https://data.tuik.gov.tr/> , (29 May 2023).
- Turan, İ.D., Dengiz, O. & Kaya, N.S. (2021).** Arazi örtüsü/arazi kullanım değişimlerinin farklı zamanlı landsat uydu görüntüleri ile belirlenmesi: Çarşamba delta ovası örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **9**(1), 141-152.
- Turner, B.L., Moss, R.H. & Skole, D. (1993).** Relating Land Use and Global Land-Cover Change: A

- Proposal for an IGBP-HDP Core Project, International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden, 105p.
- Turner, M.G. (1989).** Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **20**, 171-197.
- Turner, M.G., Gardner, R.H. & O'Neill, R.V. (2001).** *Landscape ecology in theory and practice: pattern and Process*, Springer-Verlag, New York.
- URL-1. (2023).** <https://tr.wikipedia.org/wiki/Trabzon>, (18 June 2023).
- URL-2. (2023).** <https://trabzon.net.tr/trabzon/trabzonda-tarim-ve-hayvancilik.html>, (18 June 2023).
- URL-3. (2023).** <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/ara-ziortususiniflari.html>, (23 June 2023).
- Ünlükaplan, Y. & Karagöz, E.D. (2022).** Peyzaj Çeşitliliğindeki Zamana Bağlı Değişimin İrdelenmesi: Afşin-Elbistan Termik Santrali Örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **53**(1), 58-66.
- Wascher, D.M. (2004).** Landscape-indicator development: steps towards a European approach. *The New Dimensions of the European Landscapes*, **4**, 237-252.
- Verburg, P.H., Van De Steeg, J., Veldkamp, A. & Willemen, L. (2009).** From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management*, **90**(3), 1327-1335.
- Yetişen, A., Pirlı, A. & Gülgün, B. (2022).** Manisa İli Merkez İlçeleri Kent Peyzajının Ekolojik Bağlantılılık Çerçevesinde Değerlendirilmesi. In: Yazıcı, K. (Ed), *Güncel Gelişmeler Işığında Peyzaj Mimarlığı Çalışmaları-2022*, 3-28p, İksad Publishing House.
- Zha, Y., Gao, J. & Ni, S. (2003).** Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International journal of remote sensing*, **24**(3), 583-594.
- Zuhairi, A., Nur Syahira Azlyn, A., Nur Suhaila, M.R. & Mohd Zaini, M. (2020).** Land Use Classification and Mapping Using Landsat Imagery for GIS Database in Langkawi Island. *Science Heritage Journal (GWS)*, **4**(2), 40-44.



Comparison of Nutritional Composition, Mineral and Heavy Metal Content of Rainbow Trout from Different Aquaculture Systems

Bilgen BAŞKAYA¹ Mehmet ÇELİK² Ali Eslem KADAK^{3*} Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ⁴

¹Çukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, 01330 Adana/Turkey

²Çukurova University, Faculty of Ceyhan Veterinary Medicine, 01330, Adana/Turkey

³Kastamonu University, Fisheries Faculty, 37150 Kastamonu/Turkey

⁴Çukurova University, Faculty of Fisheries, 01330 Adana/Turkey

Geliş/Received: 18.08.2023

Kabul/Accepted: 27.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Başkaya, B., Çelik, M., Kadak, A.E. & Küçükgülmez, A. (2023). Comparison of Nutritional Composition, Mineral and Heavy Metal Content of Rainbow Trout from Different Aquaculture Systems. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 547-553. <https://doi.org/10.35229/jaes.1345974>

Atıf yapmak için: Başkaya, B., Çelik, M., Kadak, A.E. & Küçükgülmez, A. (2023). Farklı Akuakültür Sistemlerinde Yetiştirilen Gökkuşuğu Alabalıklarının Besin Kompozisyonu Mineral Madde ve Ağır Metal İçeriklerinin Tespiti. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 547-553. <https://doi.org/10.35229/jaes.1345974>

<https://orcid.org/0000-0002-7128-9134>
<https://orcid.org/0009-0001-1585-0660>
<https://orcid.org/0000-0003-4330-2490>
<https://orcid.org/0000-0001-5419-5921>

*Corresponding author:
Ali Eslem KADAK
Kastamonu University, Fisheries Faculty,
37150 Kastamonu/Türkiye
✉: alieslem@hotmail.com

Abstract: In this study, proximate compositions, meat yields, mineral matter (Na, Mg, Ca, K), and heavy metal (As, Fe, Zn, Se, Mn, Co, Cu, Pb, Ni) contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) obtained from concrete pond systems and dam lake net cage were examined. Mineral and heavy metal contents were measured by ICP-OES instrumental analyser. According to the results of rainbow trout meat yield and nutritional composition analysis varied between; meat yield were 57.43-66.40%, crude protein were 16.99-19.93%, crude fat were 3.07-4.18%, crude ash were 0.98-1.58%, and moisture contents were 75.10-77.65%. Mineral contents of Ca 2.66-30.58 mg.kg⁻¹, Na 19.53-36.04 mg.kg⁻¹, K 252.79-310.05 mg.kg⁻¹, and Mg 120.75-137.44 mg.kg⁻¹ were detected in the presented ranges. Detected heavy metals were As 0.42-0.56 mg.kg⁻¹, Fe 2.16-3.69 mg.kg⁻¹, Zn 2.67-4.69 mg.kg⁻¹, and Se 0.17-0.77 mg.kg⁻¹. On the other hand, Mn, Co, Cu, Pb, and Ni were not detected. As a result of the study, it was found that the proximate composition, meat yield, mineral matter, and heavy metal contents of rainbow trout vary depending on the location and size of the fish (p<0.05). However, the heavy metal levels detected in muscle tissue did not exceed the consumption limits.

Keywords: Aquaculture systems, proximate composition, *Oncorhynchus mykiss*, mineral, heavy metal accumulation.

Farklı Akuakültür Sistemlerinde Yetiştirilen Gökkuşuğu Alabalıklarının Besin Kompozisyonu Mineral Madde ve Ağır Metal İçeriklerinin Tespiti

*Sorumlu yazar:
Ali Eslem KADAK
Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi,
37150 Kastamonu/Türkiye
✉: alieslem@hotmail.com

Öz: Bu çalışmada, farklı akuakültür işletmelerinden farklı büyüklüklerde temin edilen Gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) besin kompozisyonları, et verimleri, mineral madde (Na, C, K, Mg) ve ağır metal (As, Fe, Zn, Se, Mn, Co, Cu, Pb, Ni) birikimleri incelenmiştir. Mineral madde tespiti için yaş yakma yöntemi uygulanmış ve ICP-OES enstrümental analiz cihazı ile ölçülmüştür. Gökkuşuğu alabalığının et verimi ve besin kompozisyonlarından ham protein, ham kül, ham yağ, su analiz sonuçları sırasıyla; %57,43-66,40; %16,99-19,93; %0,98-1,58; %3,07-4,18; %75,10-77,65 aralığında tespit edilmiştir. Mineral madde içeriklerine bakıldığında Ca 2,66-30,58 mg/kg, Na 19,53-36,04 mg/kg, K 252,79-310,05 mg/kg ve Mg 120,75-137,44 mg/kg, olarak bulunmuştur. Tespit edilen ağır metaller ise As 0,42-0,56 mg/kg, Fe 2,16-3,69 mg/kg, Zn 2,67-4,69 mg/kg, ve Se 0,17-0,77 mg/kg olarak bulunmuştur. Diğer yandan Mn, Co, Cu, Pb ve Ni tespit edilememiştir. Araştırma sonunda farklı işletmelerden alınan gökkuşuğu alabalıklarının besin kompozisyonu, et verimi, mineral madde içeriği ve ağır metal birikimi balıkların büyüklükleri ve avlandığı yere göre değişim göstermiştir (p<0,05). Ayrıca kas dokudan yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre ağır metal birikimlerinin limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yetiştiricilik sistemleri, besin kompozisyonu, *Oncorhynchus mykiss*, mineral madde, ağır metal birikimi.

INTRODUCTION

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), a member of the Salmonidae family, is a widely farmed species in the world and Türkiye. *O. mykiss* has been globally cultivated for about 120-130 years, and its farm production emerged in the US. Since then, it has been farmed in nearly all regions. The practice was initiated both for the need for fresh fish and fish stocking in cold streams, rivers, and lakes (Tekelioğlu, 2005). Although rainbow trout are traditionally cultured in ponds, farming in inland waters, dam lakes, and net cages has developed rapidly. Rainbow trout production in the world is 960 thousand tonnes in inland and coastal fisheries, while in Türkiye, it ranks second, following sea bass with 152 thousand tonnes (FAO, 2020; TurkStat, 2021).

While many trout farms practice breeding through their own hatchery during the natural spawning period, some farms continue their production out of season, either by purchasing eggs from abroad or via photoperiod. Thus, they continue production in summer and utilize their operating capacity and resources most efficiently. Depending on the water temperature, it takes 10-12 months to reach the portion size of 250-300 g live weight. Approximately 90-95% of trout production in inland waters is based on portion-sized production. Some farms produce bigger trouts (at least 1 kilogram). However, the literature suggests that growing trout to bigger sizes is not profitable for all farms (Çelik, 2013).

Rainbow trout farms are generally established on land; most operate in concrete ponds, and very few operate in earthen ponds. In addition, there are net cage farms operating in dam lakes (Tekelioğlu, 2005; Çelik, 2013). Using net cages has paved the way for aquaculture development and new technologies (Emre et al., 2011). It is essential to consider factors such as land, water quantity, and climate when choosing pond types that vary depending on fish species in trout farming, and it is also crucial to determine the most suitable sizes. In particular, narrow and long, channel-type ponds, where water velocity is high, oxygen is abundant, and substances that may cause pollution are eliminated quickly, are used (Çelik, 2013). The nutritional quality of rainbow trout, which ranks first among the aquaculture products farmed in Türkiye, recently in particular, is as important as the farming conditions.

Minerals such as calcium, phosphorus, magnesium, sodium, potassium, sulfur, chlorine, iron, copper, cobalt, iodine, manganese, zinc, molybdenum, selenium, and fluorine play an influential role in biological functions in fish containing more than 90 elements present in nature (Akyurt, 1994; Küçükgülmez, 2005).

Due to the increase in industrialization and climate change, we see domestic wastes, industrial wastes,

and other pollutants spreading to our water resources and posing a danger. The most noteworthy characteristic of these pollutants is that they cause water toxicity. Among these, heavy metals at acceptable limits have a positive impact on organisms in terms of vital functions; however, they pose a danger when they are above certain limits and have adverse effects (Gündoğdu and Erdem, 2008).

Inorganic substances such as heavy metals and metal compounds accumulated in the sediment are considered potential pollutants when present in excessive amounts (Dökmeci, 2005). Due to the outcomes of heavy metals caused by water pollution, it is seen that organisms in inland water and marine ecosystems have become a threat to human health, and this substance transmission between organisms occurs through the food chain (Meroka, 2010; Yıldırım, 2013; Sönmez et al., 2018). Metals, which must only be present in food products within certain limits, have harmful impacts on humans through food, in addition to their effect on the deterioration and durability of food (Yıldırım, 2013; Sönmez et al., 2016).

Heavy metal accumulation in fish varies depending on metal concentration, exposure time, intake route, environmental conditions (water temperature, pH, hardness, salinity), and internal factors (fish age, feeding habits). Metals not only migrate into fish through food and inhabited water but also the gills and skin. The residence time of metals in the fish depends on the concentration of the environment, the tissue in which they accumulate, their amount, and impact. Heavy metals accumulate in different tissues and amounts even in the same species of fish (Ersoy, 2006; Jezierska, 2006; Kuzu, 2010; Murat, 2015). Heavy metal toxicity varies depending on fish size, water pH, dissolved oxygen, and temperature. Metal levels in fish are typically in the following order: Fe > Zn > Pb > Cu > Cd > Hg, and these levels can be as high as 300 (µg/g) or even significantly higher (Jezierska, 2006). Some heavy metals, especially cadmium (Cd), mercury (Hg), zinc (Zn), copper (Cu), nickel (Ni), chromium (Cr), cobalt (Co), titanium (Ti), iron (Fe), manganese (Mn), silver (Ag), and tin (Sn) are characterized as metals that raise environmental concerns. In addition, arsenic (As) and selenium (Se), called metalloids though they are not metals, are commonly included in this group. Since heavy metals such as arsenic, nickel, zinc, chromium, lead, cadmium, copper, nickel, chromium, lead, cadmium, and copper have toxic effects, they increase the amount of dissolved matter through migration between organisms (Dökmeci, 2005; Ersoy, 2006; Kuzu, 2010; Yıldırım, 2013).

This study aims to determine the meat yield, nutritional composition, mineral matter, and heavy metal contents of Rainbow trout farmed in cages in Kozan Dam Lake and concrete ponds in the higher parts of the Taurus

Mountains. Kozan Dam Lake was built in Adana, on the Kilgen Stream, between 1967 and 1972 for irrigation purposes. The present study aims to determine the meat yield and chemical properties of Rainbow trout, one of the most farmed species in Türkiye, and contribute to the industry and the studies to be conducted on the subject.

MATERIAL AND METHOD

Materials: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) was used as the fish material in the study. The just harvested dead fish were obtained from a net cage trout farm in Adana-Kozan dam lake and concrete ponds in Saimbeyli Pağnik (Kızılçam) village located in the high parts of the Taurus Mountains (Figure 1).

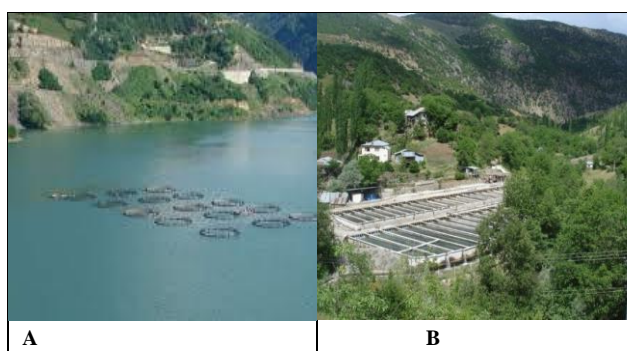


Figure 1. A. Dam Lake Net Cage System, B. Concrete Pool System.

Small and large dead trout samples obtained from 2 different regions on autumn were stored under ice in styrofoam boxes and brought to the laboratory under a cold chain. The fish were primarily divided into four groups (15 fish in each group) depending on the region where they were caught and their weight (small and large). Groups;

- 1- Small size Rainbow trout caught from the Dam Lake Net Cage System
- 2- Large size Rainbow trout caught from the Dam Lake Net Cage System
- 3- Small size Rainbow trout caught from the Concrete Pond System
- 4- Large size Rainbow trout caught from the Concrete Pond System

The average length and weight of each group of fish are shown in Table 1.

Table 1. Length and weight values of rainbow trout.

Groups	Length (cm)	Weight (g)
1	22.46±0.94	180.86±9.07
2	28.45±0.75	426.60±17.07
3	23.45±0.42	183.55±16.55
4	31.00±1.00	448.86±42.23

± Standard deviation (1) Small size and (2) large size rainbow trout caught from the dam lake net cage system; (3) Small size and (4) large size rainbow trout caught from the concrete pool system.

Meat yields were calculated by extracting the fillets of fish whose length and weight measurements were completed. The boneless and skinless meat was

homogenized and prepared for nutritional composition, mineral, and heavy metal analyses.

Methods;

Meat Yield and Proximate Analysis: Meat yield was calculated after removing the head, viscera, bones, and skin of the fish. The AOAC (1990) procedures were employed to determine the moisture and ash contents of the fish. The nitrogen content, which was analyzed as per Kjeldahl's method (AOAC, 1990), was converted to estimate the crude protein content. Bligh & Dyer (1959)'s method was used to analyze the lipid content. All analyzes were carried out in triplicate.

Mineral Matter and Heavy Metal Analyses: Homogenized 0.25 g fish meat samples were digested with 10 ml HNO₃ using a microwave digestion system (CEM MARS6) at 200°C for 15 min under 45 bar pressure. The samples were then cooled at room temperature and diluted, and the mineral and heavy metal contents were determined with Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) (SpectroBlue, Spectro Analytical Instruments GmbH).

Statistical Analysis: Data were compared with one-way variance analysis (ANOVA). Duncan's multiple range test was employed to determine significant differences at the confidence level of 5%. Statistical analyses were performed using the SPSS software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Meat Yield and Nutritional Composition of Rainbow Trout Obtained from Different Aquaculture Systems: In the study, meat yield, protein, crude ash, crude oil, and water contents of Rainbow trout samples obtained from aquaculture systems were determined, and the results are presented in Table 2.

Table 2. Meat Yield and Proximate Composition of Rainbow Trout Obtained from Different Aquaculture Systems (%).

(%)	GROUP			
	1	2	3	4
Meat yield	57,43±1,14 ^a	63,17±1,33 ^c	59,16±0,76 ^b	66,40±0,87 ^d
Protein	17,28±0,04 ^b	19,93±0,08 ^d	16,99±0,03 ^a	19,00±0,06 ^c
Lipid	3,07±0,02 ^a	3,82±0,03 ^c	3,55±0,04 ^b	4,18±0,04 ^d
Ash	1,50±0,01 ^c	0,98±0,02 ^a	1,46±0,01 ^b	1,58±0,03 ^d
Moisture	77,65±0,30 ^d	75,10±0,12 ^a	76,90±0,16 ^c	75,44±0,32 ^b

Standard deviation. Different letters within the row denote significant differences (p<0.05).

(1) Small size and (2) large size rainbow trout caught from the dam lake net cage system; (3) Small size and (4) large size rainbow trout caught from the concrete pool system.

The meat yields of small and large-sized Rainbow trout obtained from the net cage system in the lake varied between 57.43-63.17%, whereas the meat yields of Rainbow trout obtained from concrete ponds ranged between 59.16-66.40% (Table 2). In the 2nd and 4th groups, meat yield values increased as the fish size increased.

Similar to the present study, Çelikkale et al. (1998) reported meat yields of rainbow trout and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) farmed in fiberglass tanks as 64.80% and 62.28%, respectively; Dikel (1999) determined the meat yields of freshwater trout and sea trout as 68.68% and 66.93%, respectively; Duman and Şen (2003) determined the meat yield of *Oncorhynchus mykiss* as 60.73%; Kaya et al. (2014) determined the meat yield of river trout as 67.85%.

The protein content of small and large-sized rainbow trout obtained from the net cage system was 17.28% and 19.93%, respectively. The protein values of Rainbow trout obtained from concrete ponds varied between 16.99-19.00%. Protein values of the fish with higher weight in the 2nd and 4th groups were higher compared to other groups ($p < 0.05$). Diler and Duyar (1997) reported that the crude protein content of rainbow trout farmed in their study was 21.12%, whereas Çelik and Yanar (1998) reported that the protein content of a 550 g rainbow trout was 19.37-19.71%. Similar results have been reported in various studies on the protein content of rainbow trout (Ertan and Bilgin, 1999; Kiriş and Dikel, 2002; Uysal et al., 2002; Korkmaz and Kırkağaç, 2008).

The fat content of rainbow trout obtained from different aquaculture systems ranged between 3.07-4.18%. The difference in aquaculture systems, the fish size, feed and water temperature differences caused variations in fat content. Similar results were obtained in many different studies on trout (Zincir and Korkmaz, 2004; Oğuzhan et al., 2006; Duman et al., 2011).

When the nutritional composition results of rainbow trout groups in different aquaculture systems are evaluated in general, it is seen that the farming conditions affect the nutrient compositions. Moreover, an increase in nutritional composition was observed as the fish size increased. Therefore, it should be considered that fish size and increase in nutritional composition are correlated in aquaculture (Naeem et al., 2016).

Mineral Compositions of Rainbow Trout Obtained from Different Aquaculture Systems: In the present study, the mineral contents of Rainbow trout obtained from net cages in the lake and concrete ponds were determined, and the results are given in Table 3.

Table 3. Mineral Contents of Rainbow Trout Obtained from Different Aquaculture Systems (mg.kg^{-1})

Minerals	GROUP			
	1	2	3	4
Ca	8,69±0,11 ^b	2,66±0,00 ^a	30,58±0,09 ^d	14,31±0,09 ^c
Na	30,94±0,31 ^c	22,04±0,22 ^b	36,04±0,28 ^d	19,53±0,09 ^a
K	252,79±3,56 ^a	273,51±1,35 ^b	310,05±1,19 ^d	282,31±0,75 ^c
Mg	120,75±0,07 ^a	137,44±0,04 ^d	134,86±0,79 ^c	122,62±0,01 ^b

± Standard deviation. Different letters within the row denote significant differences ($p < 0.05$). (1) Small size and (2) large size rainbow trout caught from the dam lake net cage system; (3) Small size and (4) large size rainbow trout caught from the concrete pool system

The Na value of Rainbow trout obtained from the net cages in Kozan Dam Lake was 30.94 mg.kg^{-1} in small-

sized and 22.04 mg.kg^{-1} in large-sized fish ($p < 0.05$). The Na values of Rainbow Trout obtained from Saimbeyli concrete ponds were 36.04 mg.kg^{-1} in small-sized and 19.53 mg.kg^{-1} in large-sized fish ($p < 0.05$).

The Mg value of Rainbow trout, obtained from net cages in the dam lake, ranged between 120.75 and 137.44 mg.kg^{-1} ($p < 0.05$). The Mg values of Rainbow trout obtained from Saimbeyli concrete ponds ranged between 122.62 and 134.86 mg.kg^{-1} ($p < 0.05$). Compared to the results of the present study, Çelik et al. (2007) found high Mg content (339.7 mg.kg^{-1}) in Rainbow trout.

The Na value of Rainbow trout obtained from the net cages in Kozan Dam Lake was 30.94 mg.kg^{-1} in small-sized and 22.04 mg.kg^{-1} in large-sized fish ($p < 0.05$). The Ca values of Rainbow Trout obtained from Saimbeyli concrete ponds were 30.58 mg.kg^{-1} in small-sized and 14.31 mg.kg^{-1} in large-sized fish ($p < 0.05$). Çelik et al. (2007) reported the Ca content of Rainbow trout as 126.7 mg.kg^{-1} , and another study reported that the Ca value of rainbow trout ranged between 0.014 and 0.016 mg.kg^{-1} (Sirakov, 2015).

The K value of Rainbow trout obtained from net cages in the dam lake was 252.79 mg.kg^{-1} in small-sized and 273.51 mg.kg^{-1} in large-sized fish ($p < 0.05$). The K values of Rainbow trout obtained from concrete ponds were 310.05 mg.kg^{-1} in small-sized and 282.31 mg.kg^{-1} in large-sized fish ($p < 0.05$).

As a result of the study, it was observed that Mg and K values of Rainbow trout farmed in net cages at the Kozan Dam Lake increased in parallel with the increase in the length and weight of fish, whereas Na and Ca values decreased. In the samples obtained from Saimbeyli concrete ponds, with the increase in length and weight, Na, Mg, Ca, and K values decreased (Table 4.2).

Heavy Metal Contents of Rainbow Trout Obtained from Different Aquaculture Systems: Heavy metal contents of Rainbow trout obtained from net cages in the lake and concrete ponds were determined, and the results are given in Table 4.

Table 4. Heavy Metal Concentrations of Rainbow Trout Obtained from Different Aquaculture Systems (mg.kg^{-1}).

Heavy Metals	GROUP			
	1	2	3	4
As	0,42±0,03 ^a	0,56±0,00 ^b	0,56±0,02 ^b	NA
Fe	2,54±0,03 ^b	2,50±0,02 ^b	3,69±0,02 ^c	2,16±0,02 ^a
Zn	2,67±0,02 ^a	3,24±0,03 ^b	4,69±0,02 ^d	3,46±0,00 ^c
Se	0,50±0,04 ^b	0,77±0,03 ^d	0,70±0,01 ^c	0,17±0,01 ^a
Mn	ND	ND	ND	ND
Co	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND	ND

± Standard deviation. Different letters within the row denote significant differences ($p < 0.05$). ND: Not Detection (1) Small size and (2) large size rainbow trout caught from the dam lake net cage system; (3) Small size and (4) large size rainbow trout caught from the concrete pool system

As seen in Table 4, it was observed that the heavy metal contents of rainbow trout in different farming conditions and with different length-weights were $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Se} > \text{As}$ in terms of size.

The As value of Rainbow trout obtained from the net cages in the dam lake was 0.42 mg.kg⁻¹ in small-sized and 0.56 mg.kg⁻¹ in large-sized fish (p<0.05). The As values of Rainbow trout obtained from concrete ponds in the Saimbeyli region were 0.56 mg.kg⁻¹ in small-sized fish, whereas this value could not be detected in large-sized fish (p<0.05). Harkabusová et al. (2009) determined that the As content in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) varied between 0.72 and 2.23 mg.kg⁻¹ in muscle tissue, and Kuzu (2010) determined the As content in trout to be 0.02 mg.kg⁻¹. In another study, Robinson et al. (1995) determined the As in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as 0.02-0.05 mg.kg⁻¹.

The Fe value of Rainbow trout obtained from net cages in the dam lake was 2.54 mg.kg⁻¹ in small-sized and 2.50 mg/kg in large-sized fish (p<0.05). The Fe values of Rainbow trout obtained from Saimbeyli concrete ponds were 3.69 mg.kg⁻¹ in small-sized and 2.16 mg.kg⁻¹ in large-sized fish (p<0.05). Although the Fe concentration rates were close to each other in small and large-sized Rainbow trout reared in net cages, the highest ratio and difference were observed in small-sized fish farmed in concrete ponds. Ilhak et al. (2012) reported the highest Fe value of Rainbow trout as 3.10 mg.kg⁻¹ in their study. In a similar study, Siemianowska et al. (2015) reported that the Fe values of Rainbow trout cultivated in farms and RAS systems were 3.0 and 3.7 mg.kg⁻¹, respectively.

The Zn value of Rainbow trout obtained from net cages in the dam lake was 2.67 mg.kg⁻¹ in small-sized and 3.24 mg.kg⁻¹ in large-sized fish (p<0.05). The Zn value of Rainbow trout obtained from concrete ponds was 4.69 mg.kg⁻¹ in small-sized and 3.46 mg/kg in large-sized fish (p<0.05). The variation in Zn content among small-sized fish was observed to be relatively high. The Zn content of small-sized fish obtained from concrete ponds was determined to be the highest compared to other fish. Although it was observed that the Zn values decreased as the size increased in fish obtained from concrete ponds, the contrary was found in fish obtained from net cages. Gökoğlu et al. (2004) reported the Zn value of Rainbow trout to be 9.68 mg.kg⁻¹, whereas Sirakov (2015) reported that the Zn value of Rainbow trout ranged between 0.637 and 1.79 mg.kg⁻¹.

The Se values of Rainbow trout obtained from net cages were 0.50 mg.kg⁻¹ in small-sized and 0.77 mg.kg⁻¹ in large-sized fish (p<0.05). The Se values of Rainbow trout obtained from concrete ponds were 0.70 mg/kg in small-sized and 0.17 mg.kg⁻¹ in large-sized fish (p<0.05). Although the highest Se concentration was found in the large-sized fish in the dam lake, the Se values increased in parallel with the increase in size and weight of the fish. In fish obtained from concrete ponds, the Se values decreased as fish length and weight increased. In their study, Yabanli

et al. (2014) determined the mean Se value of Rainbow trout as 0.62 mg.kg⁻¹. In a similar study, Sarma et al. (2013) reported the Se value of Rainbow trout to be 1.66 mg.kg⁻¹.

The Pb, Mn, Co, and Cu values of Rainbow trout, obtained from net cages in the dam lake, could not be detected in small or large-sized fish. Likewise, the Mn, Co, Cu, Pb, and Ni values of Rainbow trout obtained from concrete ponds could not be detected in small or large-size fish. A study reported heavy metal concentrations of Rainbow trout as Cu 0.87 mg.kg⁻¹, Mn 18 mg.kg⁻¹, and Pb 4.7 mg.kg⁻¹ (Vosyliene et al. 2006).

CONCLUSION

This study investigated the nutritional composition, mineral matter, and heavy metal contents of Rainbow trout of different sizes obtained from net cages in the Kozan Dam Lake in Adana province and concrete ponds in Saimbeyli. Nutritional compositions, mineral matter contents, and heavy metal accumulations varied depending on farming conditions and the size of the fish. The data obtained were within the limit values specified in the food codexes. This indicates that the farming type and areas were not exposed to domestic or industrial pollutants. It also suggests that rainbow trout farming, which ranks first among the aquaculture products farmed in Türkiye, for the last few years in particular and significantly contributes to the national economy, is carried out under good circumstances regarding animal welfare and human health. Similar monitoring studies should be continued and expanded to further develop the industry, fulfill animal protein needs, and increase the economic added-value.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was part of MSc Thesis of Bilgen BAŞKAYA

REFERENCES

- Akyurt, İ. (1994). Balık Beslemede Mineraller. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(3), 445-453.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists. Association of Official Analytical Chemists, 15th Edn. Washington, DC.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A Rapid Method of Total Lipid Ekstraction and Purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917.
- Çelik, M., Gökçe, M.A., Başusta, N., Küçükgülmez, A., Taşbozan, O. & Tabakoğlu, Ş.S. (2007).

- Nutritional Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Caught from the Atatürk Dam Lake in Turkey. *Journal of Muscle Foods*, **19**, 50-61.
- Çelik, M. & Yanar, M. (1998).** The Effect of Water Current on Nutrient Components of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Veterinary Sciences*, **23**, 641 -643.
- Çelik, T. (2013).** Farklı Üretim Tesislerinde Yetiştiriciliği Yapılan Gökkuşluğu Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) Et Verimi ve Besin Kompozisyonunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi.
- Çelikkale, M.S., Kurtoğlu, İ.Z., Şahin, S., Sivri, N. & Akyol, A. (1998).** Gökkuşluğu (*Oncorhynchus mykiss*) ve Kaynak Alabalığı (*Salvelinus fontinalis*, Mitchell 1814)'nın Et Verim Özellikleri ve Etin Biyokimyasal Bileşiminin Karşılaştırılması. *Doğu Anadolu Bölgesi, III. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum*, 41-48.
- Dikel, S. (1999).** Tatlısu ve Denizde Yetiştirilen Alabalıkların Karkas Kompozisyonlarının ve Besin İçeriklerinin Karşılaştırılması. *X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 22-24 Eylül, Adana*, Bildiriler I: 97-112.
- Diler, İ., Duyar, H.A. & Çaklı, Ş. (1997).** Farklı Renk Maddeleri Kullanılarak Kültüre Alınan Gökkuşluğu Alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*, W.)'nin Kimyasal Yapısı ve Yağ Asit Kompozisyonları Üzerine Bir Araştırma. *IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Egirdir, Isparta*, 506-516.
- Duman, M. & Şen, D. (2003).** Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W.)'nin Kimyasal Bileşimi ve Et Verimindeki Değişimlerin Mevsimsel Olarak İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **15**(4), 635-644.
- Duman, M., Dartay, M. & Yüksel, F. (2011).** Munzur Çayı (Tunceli) Dağ Alabalıkları *Salmo Trutta Macrostigma* (Dumeril, 1858)'nin Et Verimi ve Kimyasal Kompozisyonu. *Fırat Üniversitesi, Journal of Science*, **23**(1), 41-45.
- Dökmeci, A.H. (2005).** Gala Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Emre, Y., Sayın, C., Kıştın, F., Emre, N. & Karaman, S. (2011).** Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* L.) Kafes Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumuna Yönelik Bazı Değerlendirmeler. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, **4**(1), 119-127.
- Ersoy, B. (2006).** Kuzeydoğu Akdeniz (Adana/Karataş) Bölgesinde Avlanma Mevsiminde Tüketilen Balıkların Beslenme Kompozisyonu ve Ağır Metal İçerikleri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ertan, Ö.S. & Bilgin, S. (1999).** *Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858) ve *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)'in Bazı Kimyasal Bileşenleri. *S.D.Ü. Egirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* **6**, 195-206.
- Gökoğlu, N., Yerlikaya, P. & Cengiz, E. (2004).** Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, **84**, 19-22.
- Gündoğdu, A. & Erdem, M. (2008).** The Accumulation of the Heavy Metals (Copper and Zinc) in the Tissue of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). *Journal of Fisheries Sciences*, **2**(1), 41-50.
- İlhak, O. İ., Karatepe, P. & Özçelik, M. (2012).** Heavy Metal Levels in Some Fish Species Sold at Retail in Elazığ. *F.Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg.*, **26**(2), 99-103.
- Jeziarska, B. & Witeska, M. (2006).** The Metal Uptake and Accumulation in Fish Living in Polluted Waters. *Department of Animal Physiology, University of Podlasie, Prusa* **12**, 08-110.
- Kaya, Y., Erdem, M.E. & Turan, H. (2014).** Monthly Differentiation in Meat Yield, Chemical and Amino Acid Composition of Wild and Cultured Brown Trout (*Salmo Trutta Forma Fario* Linneaus, 1758). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **14**, 479-486.
- Kiriş, G.A. & Dikel, S. (2002).** Fiber Tank ve Beton Havuza Yerleştirilmiş Ağ Kafeslerdeki Gökkuşluğu Alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Besi Performansları ve Karkas Kompozisyonları. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, **19**(3-4), 371-380.
- Korkmaz, A.Ş. & Kırkağaç, M. (2008).** Tatlı Suda Beton Havuzlarda ve Denizde Ağ Kafeslerde Yetiştirilen Gökkuşluğu Alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) Et Verimi, Vücut Kompozisyonu ve Enerji Kapsamı. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **14**(4), 409-413.
- Kuzu, N. (2010).** Erzurum İlindeki Bazı İşletmelerde Üretilen Alabalıkların Ağır Metal Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı.
- Küçükgülmez, A. (2005).** *Akyatan (Karataş/ADANA) Lagünü'nden Avlanan Pastörize Edilmiş Mavi Yengeç (Callinectes sapidus, Rathbun, 1896) Etinin Ağır Metal ve Mineral Madde İçerikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Anabilim Dalı.
- Meroka, K. (2010).** *Alabalık Yetiştiriciliğinde Kullanılan Yemlerin Ağır Metal ve Aflatoksin İçeriğinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zooteknik Anabilim Dalı.
- Murat, F. (2015).** *Gelingüllü Barajındaki Cyprinus carpio, Leuciscus cephalus ve Pagellus erythrinus Balık Türlerindeki Bazı Ağır Metal (Cd, Pb, Cu, Zn) Seviyelerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.

- Naeem, M., Salam, A. & Zuberi, A. (2016).** Proximate composition of freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to body size and condition factor from Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, **53**(2).
- Oğuzhan, P., Angiş, S., Haliloğlu, H.İ. & Atamanalp, M. (2006).** Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarında Sıcak Tütsüleme Sonrası Kimyasal Kompozisyon Değişimleri. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **23**(1/3), 465-466.
- Sarma, D., Das, P.D., Bish, H.C.S., Akhtar, M.S. & Ciji, A. (2013).** Fatty Acid, Amino Acid and Mineral Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) of Indian Himalaya. *Agricultural Research Communicayion Centre, Indian J. Anim. Res.*, **49**(3), 399-404.
- Siemianowska, E., Barszcz, A.A., Skibniewska, K.A., Markowska, A., Juszczak, P.L., Zakrzewski, J., Malgorzata, W., Szarek, J. & Dzwolak, W. (2015).** Mineral Content of Muscle Tissue of Rainbor Trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). *Journal of Elementology*, **21**(3), 833-845.
- Sirakov, I. (2015).** Flesh Quality in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and Brown Trout (*Salmo trutta*, M. Fario L.) Cultivated in Recirculation Aquaculture System. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, **4**(1), 50-57.
- Sönmez, A. Y., Kadak, A. E., Özdemir, R. C. & Bilen, S. (2016).** Establishing on heavy metal accumulation in some economically important fish species captured from Kastamonu costal. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, **31**(2), 84-90.
- Sönmez, A. Y., Kale, S., Özdemir, R. C. & Kadak, A. E. (2018).** An adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) to predict of cadmium (Cd) concentrations in the Filyos River, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **18**(12), 1333-1343.
- Tekelioğlu, N. (2005).** *İç Su Balıkları Yetiştiriciliği*. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı No-2, Adana.
- Uysal, İ., Çalkı, Ş. & Çelik, U. (2002).** Kültür Şartlarında Extruder Pelet Yemle Beslenen Abant Alabalığı (*Salmo trutta* Abanticus T., 1954) ile Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792)'nın Biyokimyasal Kompozisyonları. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **19**(3-4), 447-454.
- Vosyliene, M.Z. & Jankaitė, A. (2006).** Effect of Heavy Metal Model Mixture on Rainbow Trout Biological Parameters. *Ekologija*, **4**, 12-17.
- Yabanlı, M., Yozukmaz, A., Alparslan, Y. & Acar, Ü. (2014).** Evaluation of Heavy Metals and Selenium Contents in the Muscle Tissues of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in Western Anatolia. *WFL Publisher Science and Technology, Journal of Food, Agriculture & Environment*, **12**(2), 165-168.
- Yıldırım, B. (2013).** *Tekirdağ İli Sahillerinde Avlanan Su Ürünlerinin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zincir, Ö. & Korkmaz, A.Ş. (2004).** Beyşehir Gölü Kadife Balıklarının (*Tinca Tinca* L., 1758) Et Verimi ve Vücut Kompozisyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, **10**(4), 474-480..



Evaluation of Methods for the Acceptance of the Artificial Inseminated Queen Bee to the Colony

Arda Onur ÖZKÖK*

Amasya University Suluova Vocational School, Amasya, Türkiye

Geliş/Received: 20.08.2023

Kabul/Accepted: 28.09.2023

Yayın/Published: 30.09.2023

How to cite: Özkök, A.O. (2023). Evaluation of Methods for the Acceptance of the Artificial Inseminated Queen Bee to the Colony. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 554-558. <https://doi.org/10.35229/jaes.1346804>

Atıf yapmak için: Özkök, A.O. (2023). Suni Tohumlanan Kraliçe Arının Koloniye Kabulü İçin Yöntemlerin Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 554-558. <https://doi.org/10.35229/jaes.1346804>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9932-3608>

Abstract: When artificial insemination practices in honey bees are used correctly, they actively increase yield characteristics. However, producers may experience serious problems when accepting artificially inseminated queen bees to the colonies. To minimise this problem, inseminated queen bees are first accepted into small mating boxes. Small colonies are formed, supported, and developed after admission to the new colony. In addition to spending serious effort and time, this process causes maimed queen bees and even colony losses if they fail. The aim of this study is to reveal the relationship between the method and the problems encountered in the acceptance of the artificially inseminated queen bee into the colony and to present an appropriate acceptance method. In the study, 21 queen bees were used, 7 of which were queen bees in each group. Seven queen bees were naturally mated. After 7 queens were artificially inseminated, they were first given to small mating colonies using the classical method. Queen bees that accepted and laid eggs were introduced to colonies with 4-5 laths of worker bees. 7 colonies were given as queen bee thimbles 2 days before hatching. Queens that had hatched were inseminated and given to the same colonies. Whether the queen bees given to the colonies in 3 different groups were accepted into the colonies was evaluated after 10 days. The egg-laying rates of the queens admitted to the colony were checked after the egg appeared. In the controls, it was seen that the acceptance of the queen bees kept individually in their own colony was less laborious and more successful than the classical method.

*Corresponding author:

Arda Onur ÖZKÖK
Amasya University Suluova Vocational School,
Amasya, Türkiye
✉: arda.ozkok@amasya.edu.tr

Keywords: Artificial insemination, honey bee colony, queen bee.

Suni Tohumlanan Kraliçe Arının Koloniye Kabulü İçin Yöntemlerin Değerlendirilmesi

Öz: Bal arılarında suni tohumlama uygulamaları doğru kullanıldığında verim özelliklerinin artırılmasında etkin rol oynamaktadır. Ancak suni tohumlanan kraliçe arıların kolonilere kabullendirilmesi sırasında üreticiler ciddi sorun yaşayabilmektedirler. Bu sorunu minimize etmek amacıyla tohumlanan kraliçe arılar önce küçük çiftleşme kutularına kabullendirildikten sonra küçük koloniler oluşturularak yeni koloniye kabulün ardından desteklenerek geliştirilmektedirler. Bu süreçte ciddi emek ve zaman harcamanın yanında başarısız olmaları durumunda sakatlanan kraliçe arılara hatta koloni kayıplarına sebep olmaktadır. Bu çalışmanın amacı suni tohumlanan kraliçe arının koloniye kabullendirilmesinde görülen sorunların metotla ilişkisini ortaya koymak ve uygun kabullendirme metodu sunmaktır. Çalışmada her grupta 7 adet kraliçe arı olmak üzere 21 adet kraliçe arı kullanıldı. Yedi kraliçe arı doğal çiftleştirildi. Yedi kraliçe suni tohumlandıktan sonra klasik yöntemle önce küçük çiftleşme kolonilerine verildi. Kabul edilen ve yumurtlayan kraliçe arılar 4-5 çıta işçi arı mevcudiyetine sahip kolonilere kabul ettirildi. Yedi koloni ise kraliçe arısı alınarak oluşturulan kolonilere çıkımdan 2 gün önce kraliçe arı yüksüğü olarak verildi. Çıkımı gerçekleşen kraliçeler tohumlanarak aynı kolonilere verildi. Üç farklı gruptaki kolonilere verilen kraliçe arıların kolonilere kabul edilip edilmediği 10 gün sonra kontrol edilerek değerlendirildi. Koloniye kabul edilen kraliçelerin yumurtlama oranları yumurta görülükten sonra kontrol edildi. Yapılan kontrollerde kendi kolonisinde bireysel olarak tutulan kraliçe arıların kabulünün klasik yöntemle göre daha az zahmetli ve daha başarılı olduğu görüldü.

*Sorumlu yazar:

Arda Onur ÖZKÖK
Amasya Üniversitesi Suluova Meslek
Yüksekokulu, Amasya, Türkiye
✉: arda.ozkok@amasya.edu.tr

Anahtar kelimeler: Suni tohumlama bal arısı kolonisi, kraliçe arı.

INTRODUCTION

Studies on the preservation and maintenance of desired genetic characteristics in honey bee colonies by artificial insemination of queen bees are gradually developing (Collins, 2000). It is difficult to determine the genetic transfer of drones to queen bees because drones have haploid chromosomes in honey bees, and queens mate with more than one drone (Seltzer et al., 2023). Due to the inability to control mating in the desired direction in naturally mating honey bees, the chance of success in selective breeding and genetic protection is limited (Musin et al., 2023). It has been reported that queens of honey bees have genetic immunity against various bee diseases (Lang et al., 2022). In addition to the timing of narcosis used during artificial insemination in honey bees, many factors, such as the age of the queen bees used in artificial insemination, are significant (Gillard & Oldroyd, 2020). Because the queen bee mates with more than one drone while in flight, obtaining the genetically desired yield characteristics becomes difficult. However, it is wrong to think that using artificial insemination in honey bees is sufficient. Artificial insemination can be effective when applied as part of a genetic program (Maucourt et al., 2023).

It is thought that there is no effect of CO₂ or other gasses to increase egg-laying efficiency in queen honey bees, but only due to a lack of oxygen (Gąbka, 2023). It has been observed that colony nutrition has a significant effect on the quality of honey bee queens (Dolasevic et al., 2020). It has been reported that artificially inseminated queen bees are affected by conditions such as rearing conditions, insemination age, dose of semen used in insemination, applications such as CO₂ applied to queen bees before and after artificial insemination, pheromone development of the queen bee, and environmental conditions (Buescu et al., 2015).

Artificial insemination in honey bees is a reliable method for mating control. It is appropriate to inseminate between 5 and 12 days after the queen bee emerges. During this period, queen bees kept in closed special cages can be kept in small core colonies without a queen or on queen bee benches. However, when kept in this manner, the legs and tarsal joints of the queen bees can be damaged due to the behavior of the worker bees. In addition, there are various problems in the acceptance of queen bees to the colony (Cobey et al., 2013). With the queen bee bank application in honey bees, the queen bees are kept in cages one by one and placed in a colony to be looked after by the worker bees (Webb et al., 2023). Thanks to queen bee banks, large numbers of queen bees can be kept in a colony in individual cages until the time of insemination. It is less troublesome but does not provide optimum conditions for the queen bee

(Cobey, 2007). It has been observed that when queen bees are kept in special cages with worker bees, they have much more spermatozoa than queens kept in cages without worker bees (Gabka & Cobey, 2018). The effect of pheromones on the acceptance of queen bees to the colony is significant. Pheromones and queen survival have a correct relationship (Cobey, 2007).

In this study, different admission methods of artificially inseminated queen bees to the colony were evaluated.

MATERIAL AND METHOD

Experimental plan: The study used 7 natural mating (control) and 14 artificially inseminated queen bees (Trial). Queen bees in the Trial-1 group were kept with the queen bee bank system until insemination from hatching (Webb et al., 2023). Queen bees kept in the queen bee bank for 5-7 days, were inseminated. 7 of the queen bees (Trial-1) in the experimental group were previously accepted to the small nucleus colony using the classical method (Alkattea, 2008). Then they were given to the nuclei colonies with 4 frame populations without queen bees. The other 7 queen bees (Trial- 2) were kept in the colony with 4 frame worker bees until insemination (5-7 days) and then inseminated and given to the same colony. To be accepted by inseminated colonies, queen bees were given by opening the cake part with certain worker bees. Colonies were observed after 10 days, and the acceptance status of the queens was noted. To evaluate the egg-laying rates of queen bees, the surviving queen bees in all groups were checked 10 days after they started to lay, and the number of eggs per 100 cells per unit area was counted.

Queen bee bank: The queen bees used in the study were produced using the Doolittle method (Wakjira et al., 2019). Queen bee cells in Trial 1 groups were caged two days before the queen bees hatch. Queens kept in cages can be injured by workers in queen banks (Cobey et al., 2013). To prevent this situation, the emerging queen bees were transferred to special wooden transport boxes and kept in the queen bank until the day of insemination.

Artificial insemination: Queens kept in a queen bee bank (Trial 1) or distributed to queenless colonies (Trial 2) were inseminated within 5 to 7 days (Bieńkowska et al., 2008). The inseminated queens (Figure 1) were induced to laying by the application of CO₂ one day later. Subsequently, they were taken to trial colonies, and their laying process, brood pattern and survival were checked.

The acceptance of queen bees to colonies: Care was taken to ensure that the conditions in the colonies without queen bees used in the study included equal conditions for each colony. In addition, care was taken not

to have open brood combs in the colonies. Queen bees in the control group (C) were distributed to colonies without queen bees two days before hatching, with two thimbles per colony. The queens emerging from the thimbles were not interfered with during the natural mating process. Queen bees in Trial 1 (T-1) group were first taken to small core colonies after insemination, and the egg-laying process was observed (Figure 2). Egg-laying queens were distributed to non-queen colonies with 4-5 frame worker bees (Figure 3). Queens in the Trial 2 (T-2) group were inseminated within 5 to 7 days after they emerged in their colonies and were given directly to the same colonies. Queen bees in Trial 2 roamed freely in the colony until the day of insemination. A queen bee grid was placed at the entrance of the colony to prevent it from flying. After the queen bees were given to the colonies for each group, they were left alone for ten days to prevent adverse effects of stress. At the end of the process, the egg lays status and survival rates of queen bees in all groups were evaluated.

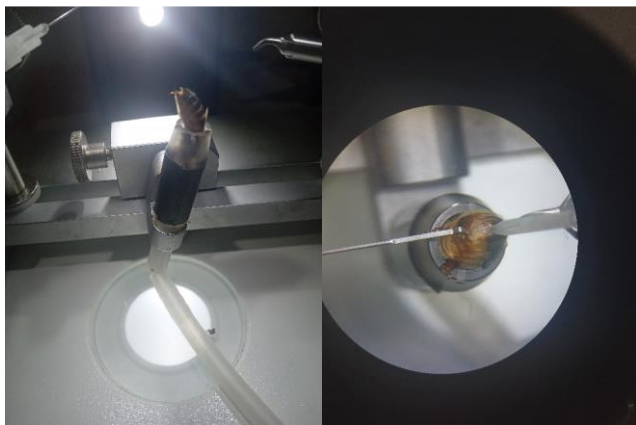


Figure 1. Artificial insemination.



Figure 2. Nucleus colony and queen control.

Statistical Analysis: Analysis of variance one-way Analysis of Variance (ANOVA) were performed using the SPSS 22.0 package programs (IBM., Corp., 2011). In

addition, the number of animals used in the study was determined using the G power 3.1 program and the F test (ANOVA: Fixed) module.



Figure 3. The acceptance of queen bees to colonies.

RESULTS

As a result of the study, the survival rates of the queen bees in each group are given in Table 1. While no loss was observed in the queen bees in the control group, it was observed that the highest number of losses occurred in the T-1 group during the queen's admission to the colony. It was observed that only 1 of 7 queen bees in the T-2 group had a problem.

Table 1. Survival of queen bees among the groups.

Replications	Groups	(+/-)*
1.	C	+
2.	C	+
3.	C	+
4.	C	+
5.	C	+
6.	C	+
7.	C	+
<hr/>		
1.	T-1	+
2.	T-1	+
3.	T-1	+
4.	T-1	-
5.	T-1	-
6.	T-1	+
7.	T-1	-
<hr/>		
1.	T-2	+
2.	T-2	-
3.	T-2	+
4.	T-2	+
5.	T-2	+
6.	T-2	+
7.	T-2	+

*Survival: +, Dead:-

C: Natural mating (Control), T-1: By establishing a core colony (Trial-1), T-2: Without formation of a core colony (Trial-2)

When the egg laying rates of the queen bees living in each group were evaluated statistically, no significant difference was found between the groups (Table 2).

Table 2. Between Groups Egg-laying Rate (%).

GROUPS	Egg-Layer Rate (%)
C	56
T-1	53
T-2	52
SEM	2.692
P	0.818

C, N=7; T-1, N=4; T-2, N=6 (N: replicate); C: Natural mating (Control),

T-1: By establishing a core colony (Trial-1), T-2: Without formation of a core colony (Trial-2)

DISCUSSION

In a study, it was stated that queen bees kept in queen bee banks can be injured by worker bees. In addition, it was predicted that there may be difficulties accepting the queens kept in the colony (Cobey et al., 2013). Because most of the wooden cages used for queen bees in our study are closed, it is thought to reduce the adverse effects on worker bees. The fact that the acceptance rate of the queen bees in the T-1 group was lower than that in the other groups in the study are consistent with the current study. It has been reported that the tarsal claws, legs, and antennae were injured or lost during the admission of queen bees to the colony. In addition, it was observed that the yield characteristics of injured bees decreased, and some of them were renewed in the colony (Gerula & Biencoswska, 2008). In our study, the causes of injury and death of queen bees were not examined. Acceptance to the colony is based. However, the study stated that some difficulties may be experienced in accepting artificial insemination queen bees to the colony compared with natural mating. In our study, although there was no loss in naturally mating queens (C), the main losses were observed in artificially inseminated colonies. In our study, to minimize these losses and troubles, the method for giving queen bees to the colony was discussed. It was observed that there was a problem in the acceptance of artificial insemination queens (T-1) imposed on a separate core colony before being introduced to the main colony. However, it was remarkable that this process developed more smoothly in queen bees (T-2) in their own colony and was inseminated and given to the same colony.

It has been emphasized that the size of the colony in which the artificially inseminated queen bees are given has a significant effect on the acceptance of the queen bee. In addition, it was mentioned in the study that although queen bee banks provide convenience in queen bee production, they do not fully provide the necessary conditions for queen bees. It has been predicted that there may be a relationship between pheromones and the survival of the queen bee. In addition, it has been reported that there is a need for a study on how the applications made during artificial insemination affect the pheromone status of the queen bee (Cobey, 2007). The fact that the colonies we used in our study have a worker density of 4-5 staves is seen as a factor that makes queen acceptance difficult. However, it is thought that the acceptance of queen bees grown in their own colony after artificial insemination is more uneventful than those transferred from the core colony, which may be related to the fact that the queen is exposed to less stress in her own colony.

It has been predicted that injuries to the legs and feet of queen bees may prevent interaction with colony worker bees, depending on the problem in the tarsal gland, a vital pheromone production site (Gerula & Biencoswska, 2008). Our study used only one side of an open wooden queen transport cage to prevent this situation. However, its effect on eliminating negativity is unknown. No injuries were observed among the accepted queens in the T-1 group. However, it has not been determined how the bees died. Damage to the pheromone secreted from the tarsal glands in the feet can be an important factor in the queens acceptance. It is thought that queen bees traveling without cages can be accepted to the colony more easily when they are inseminated. However, this situation increases time, cost, and workforce in enterprises.

CONCLUSION

The negativities experienced during the acceptance of artificially inseminated queen bees to the colony affects the success of artificial insemination. In addition to the loss of time, it can cause colony loss. The queen bees kept in queen bee banks can be injured by the worker bees, threatening the sustainability of the colony due to injury or loss of limbs. For the queen bees to be accepted into the colonies, first, the small core is given to the colony and then given to the standard colony after laying eggs. This requires a long process and effort, and some problems can be seen in the acceptance. As a result, it was seen that the free movement of the queen bee in the colony was positive before insemination. In addition, problems were observed during the introduction of queen bees, which were inseminated from core colonies to standard colonies. To prevent this situation, it is thought that the creation of smaller colonies may cause additional time and labor. Acceptance of the queen bee to the colony is one of the most important factors affecting the success of artificial insemination. Studies on this subject will contribute to the field.

REFERENCES

- Alkattea, A. (2008).** *Ontogenetic and individual patterns of volatiles in honeybee queens Apis mellifera and its significance for the acceptance of queens in honeybee colonies* Doctoral dissertation, University of Hohenheim, Stuttgart, 67s.
- Bieñkowska, M., Węgrzynowicz, P., Panasiuk, B., Gerula, D. & Loc, K. (2008).** Influence of the age of honey bee queens and dose of semen on condition of instrumentally inseminated queens kept in cages with 25 worker bees in bee colonies. *Journal of Apicultural Science*, **52**(2), 23-34.

- Buescu, E., Gurău, M.R. & Bîrțoiu, A.I. (2015).** Artificial insemination on *Apis mellifera*-aspects of artificial inseminated queen performances and factors that may affect their performance. *The publishing house of the Romanian Academy*, 4th ISAA, p 21-24.
- Cobey, S.W. (2007).** Comparison studies of instrumentally inseminated and naturally mated honey bee queens and factors affecting their performance. *Apidologie*, **38**(4), 390-410. DOI: [10.1051/apido:2007029](https://doi.org/10.1051/apido:2007029)
- Cobey S.W, Tarpy D.R. & Woyke J. (2013).** Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens. *J Apic Res.* **52**(4), 1-18. DOI: [10.3896/IBRA.1.52.4.09](https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.09)
- Collins, A.M. (2000).** Survival of honey bee (Hymenoptera: Apidae) spermatozoa stored at above-freezing temperatures. *Journal of Economic Entomology*, **93**(3), 568-571. DOI: [10.1603/0022-0493-93.3.568](https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.568)
- Dolasevic, S., Stevanovic, J., Aleksic, N., Glavinic, U., Deletic, N., Mladenovic, M. & Stanimirovic, Z. (2020).** The effect of diet types on some quality characteristics of artificially reared *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*, **59**(1), 115-123. DOI: [10.1080/00218839.2019.1673965](https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1673965)
- Gąbka, J. & Cobey, S.W. (2018).** Factors, based on common practices, affecting the results of instrumental insemination of honey bee queens. *Apidologie*, **49**(6), 773-780. DOI: [10.1007/s13592-018-0606-y](https://doi.org/10.1007/s13592-018-0606-y)
- Gąbka, J. (2023).** Effect of different anaesthesia treatments on the onset of oviposition by virgin queen honey bees. *Journal of Apicultural Research*. 1-6. DOI: [10.1080/00218839.2023.2182976](https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2182976)
- Gerula, D. & Bienkowska, M. (2008).** Performance of artificially inseminated honeybee queens that have bodily injuries. *Journal of Apicultural Science*, **52**(1), 13-20.
- Gillard, T.L. & Oldroyd, B.P. (2020).** Controlled reproduction in the honey bee (*Apis mellifera*) via artificial insemination. In *Advances in Insect Physiology* (Vol. 59, pp. 1-42). Academic Press Inc. DOI: [10.1016/bs.aiip.2020.08.001](https://doi.org/10.1016/bs.aiip.2020.08.001)
- Lang, S., Simone-Finstrom, M. & Healy, K. (2022).** Context-dependent viral transgenerational immune priming in honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Science*, **22**(1). DOI: [10.1093/jisesa/ieac001](https://doi.org/10.1093/jisesa/ieac001)
- Maucourt, S., Rousseau, A., Fortin, F., Robert, C. & Giovenazzo, P. (2023).** Observation of genetic gain with instrumental insemination of honey bee queens. *Insects*, **14**(3), 301. DOI: [10.3390/insects14030301](https://doi.org/10.3390/insects14030301)
- Musin, E., Bienefeld, K., Skerka, H. & Wegener, J. (2023).** Delayed flight time of drones and queens as a method for mating control in small-scale honey bee breeding. *Journal of Apicultural Research*, **62**(3), 450-458. DOI: [10.1080/00218839.2021.2006983](https://doi.org/10.1080/00218839.2021.2006983)
- Seltzer, R., Kamer, Y., Kahanov, P., Splitt, A., Bienkowska, M., Hefetz, A. & Soroker, V. (2023).** Breeding for hygienic behavior in honey bees (*Apis mellifera*): A strong paternal effect. *Journal of Apicultural Research*, **62**(3), 419-428. DOI: [10.1080/00218839.2022.2140927](https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2140927)
- Wakjira, K., Negera, T., Dabela, S. & Alemu, T. (2019).** Comparing responses of local honeybees (*Apis mellifera* L.) to Karl Jenter and Doolittle grafting queen rearing methods. *International Journal of Animal Science and Technology*, **3**(3), 42-47. DOI: [10.11648/j.ijast.20190303.11](https://doi.org/10.11648/j.ijast.20190303.11)
- Webb, A., Onayemi, S.O., Olsson, R.L., Kulhanek, K. & Hopkins, B.K. (2023).** Summer indoor queen banking as an alternative to outdoor queen banking practices. *Journal of Apicultural Research*, **62**(3), 471-477. DOI: [10.1080/00218839.2023.2165747](https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2165747)



Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyısında Bulunan Ağyatan (Hurma Boğazı) Lagününde Yakalanan Türlerin Av Kompozisyonu ve Av Verimi

Ferhat BÜYÜKDEVECİ *

Tarım ve Orman Bakanlığı, Adana İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Adana, TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 25.08.2023

Kabul Tarihi: 29.09.2023

Basım Tarihi: 30.09.2023

Atıf yapmak için: Büyükdeveci, F. (2023). Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyısında Bulunan Ağyatan (Hurma Boğazı) Lagününde Yakalanan Türlerin Av Kompozisyonu ve Av Verimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 559-567. <https://doi.org/10.35229/jaes.1350126>

How to cite: Büyükdeveci, F. (2023). Catch Composition and Catch Yield of Species Caught from Agyatan Lagoon on the Eastern Mediterranean Coast of Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 559-567. <https://doi.org/10.35229/jaes.1350126>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8531-525X>

*Sorumlu yazarın:

Ferhat BÜYÜKDEVECİ

Tarım ve Orman Bakanlığı, Adana İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Yüreğir/Adana, Türkiye
✉: ferhat.buyukdeveci@tarimorman.gov.tr

Öz: Zengin kültürel mirasa sahip lagün alanları, biyolojik ve ekonomik üretkenliği destekleyen olağanüstü ekosistemlerdir. Lagünler ile ilgili birçok ulusal ve uluslararası otorite, Akdeniz kıyı lagünlerine ilişkin veri boşluklarını ve bölgesel yönetim uygulamalarının eksikliğini vurgulamıştır. Bu çalışmada, Türkiye'nin Akdeniz kıyısında bulunan Ağyatan lagününde yakalanan balıkların aylara göre av kompozisyonundaki değişimleri ve av veriminin ortaya konulması amaçlanmıştır. Ağyatan lagününde Haziran 2020 ile Şubat 2022 tarihleri arasında sabit bariyer tuzaklar, uzatma ağı ve pinterlere yakalanan ekonomik türler değerlendirilmiştir. Yakalanan balık ve karides türlerinin toplam av miktarlarının zamana bağlı değişimleri aylık olarak incelenmiştir. Ağyatan lagününde avcılık yoluyla ve kuzuluk sisteminden elde edilen karides ve balıklardan oluşan 9 tür temel alınarak aylara göre toplam üretim miktarları hesaplanmıştır. İki sezon toplamında en çok *S. aurata* 44146,0 kg ve en az ise *A. anguilla* 3454,0 kg yakalandığı tespit edilmiştir. Türlerin aylara göre toplam yakalanma miktarlarına bakıldığında 2020-2021 sezonu içerisinde Kasım (33,2%) ve Ekim (15,7%) aylarında en çok üretimin olduğunu, aynı zamanda 2021-2022 sezonunda da aynı aylarda (Kasım 37,3%, Ekim 18%) en yüksek üretimin olduğunu tespit edilmiştir. Her iki sezon ayrı olarak birim çaba başına av (CPUE) kg/gün olarak değerlendirildiğinde 2020-2021 sezonunda CPUE değeri 275,58 kg gün⁻¹, 2021-2022 sezonunda ise CPUE değeri 347,87 kg gün⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında, Ağyatan lagünü ile ilgili tamamlayıcı bilgi sağlayarak karar vericilerin Ağyatan lagünü için bölgesel yönetim planı geliştirirken bu bilgileri dikkate alması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ağyatan lagünü, av kompozisyonu, av verimi, CPUE, doğu akdeniz.

Catch Composition and Catch Yield of Species Caught from Agyatan Lagoon on the Eastern Mediterranean Coast of Turkey

Abstract: Lagoon areas with rich cultural heritage are exceptional ecosystems that support biological and economic productivity. Many national and international authorities on lagoons have emphasized the data gaps and lack of regional management practices for Mediterranean coastal lagoons. In this study, it was aimed to reveal the monthly changes in the catch composition and catch yield of fish caught in Agyatan lagoon on the Mediterranean coast of Turkey. The economic species caught by barrier traps in the Ağyatan lagoon and caught by fishermen with gillnets and fyke nets were evaluated between June 2020 and February 2022. Total monthly production amounts were calculated based on nine species of shrimp and fish obtained from the shrimp and shrimp prawns in Agyatan lagoon. It was determined that the highest amount of *S. aurata* was 44,146 kg and the lowest amount of *A. anguilla* was 3,454 kg in two fishing seasons. Considering the total catches of the species among the months, it was determined that the highest production was in November (33,2%) and October (15,7%) in the 2020-2021 season, and the highest production was in the same months in the 2021-2022 season (November 37,3%, October 18%). When both seasons were evaluated separately in terms of catch per unit effort (CPUE) kg day⁻¹, the CPUE value was calculated as 275,58 kg day⁻¹ in the 2020-2021 season, while the CPUE value was calculated as 347,87 kg day⁻¹ in the 2021-2022 season. Within the scope of this study, it is recommended that decision-makers take this information into consideration when developing a regional management plan for Agyatan Lagoon by providing complementary information on Agyatan Lagoon.

*Corresponding author:

Ferhat BÜYÜKDEVECİ

Ministry of Agriculture and Forestry, Adana Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, Yüreğir/Adana, Türkiye
✉: ferhat.buyukdeveci@tarimorman.gov.tr

Keywords: : Agyatan lagoon, catch composition, catch yield CPUE, eastern mediterranean.

GİRİŞ

Lagün alanları, biyolojik ve ekonomik üretkenliği destekleyen zengin kültürel miras ve çevresel koşullardan oluşan ekosistemlerdir (Gonenc & Wolflin, 2004; Whitfield, 1999). Denizle bir veya daha fazla sayıda kanal ya da açıklık şeklinde bağlantısı olan, tuzluluk özelliği tatlı su girdisine göre değişen genellikle acı su özelliği taşıyan, denizden kıyı oku (kumul set) ile ayrılan sığ göller veya sulak alanlar kıyı lagünü olarak ifade edilir (Joyeux & Ward, 1998). Lagünler çeşitli şekilde olabilmekte ve bu çeşitliliğini belirleyen faktörler ise; lagünün kıyısı bulunduğu denize olan konumu ve su girişi çıkışı yerleri, kıyı boyunca taşınabilen sedimentin miktarı, deniz ve dalgaların etkisine olan açıklık derecesidir. Buna bağlı olarak lagünlerin devamlı olarak denizle bağlantılı olabildiği gibi mevsimsel ya da tamamen denizle bağlantısı kesilebilir (Kocataş, 2004).

Acı su özelliğindeki lagünel alanlar denizel organizmaların farklı yaşam evreleri için (larva, juvenil, ergin) geniş korunma ve beslenme olanağı sağladığından (Cataudella vd., 2015) hem biyoçeşitlilik hem de biyokütle bakımından zengin biyolojik değere sahiptir (Day Jr vd., 2012). Bunun yanı sıra birçok balık ve kabuklu türü içinde önemli yaşam alanı niteliğindedir (Franco vd., 2006; Kınacıgil & İlkyaz, 1997; Koutrakis vd., 2005). Hem deniz hem de tatlı su türlerinin abiyotik koşullara bağlı olarak lagünlerde geçici olarak barınabilmeleri, Pleuronectidae, Sparidae veya Clupeidae gibi ticari olarak en çok sömürülen deniz balıkları familyalarının birçoğu için büyüme alanı olması (Tournois vd., 2017) ve predatörlerden korunma alanı sağlaması (Beck vd., 2001) bu ortamı ekolojik açıdan daha zengin ve önemli hale getirmektedir. Bu durumum doğal bir sonucu da, lagünlerin verimli balıkçılık sahaları olarak avcılık faaliyetlerinin bir parçası haline gelmesidir (Katselis vd., 2003). Buna ek olarak, lagünlerde gerçekleşen balıkçılık faaliyetleriyle önemli bir ekonomik değer de oluşmaktadır (Saygu, 2022).

Lagünler, insan faaliyetlerinin neden olduğu kirlilik, iklim değişikliği, aşırı av baskısı ve ötrofikasyon gibi etkiler nedeniyle hassas yaşam alanları olan ekosistemlerdir (Marcos vd., 2015). Bu nedenle, lagünler uzun süredir uluslararası düzeyde özellikle Ramsar Uluslararası Önemli Sulak Alanlar Sözleşmesi (Ramsar, 1971) ve Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi kapsamında ele alınmaktadır (Weiss, 1992). Lagünlerin farklı çevresel ve jeomorfolojik özellikleri nedeniyle, Akdeniz Genel Balıkçılık Komisyonu (GFCM), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün düzenlemelerine uygun olarak, bölgesel yönetimin gerekliliğini vurgulamıştır (Cataudella vd., 2015). Lagünel alanların bu koruma özellikleri ekonomik ve ekolojik üretkenlikle büyük ölçüde ilişkili olduğu bilinmektedir (Perez-Ruzafa & Marcos, 2012).

Türkiye'de 72 adet lagün bulunmakta olup, Akdeniz kıyısında ise yaklaşık 11600 hektarlık alanda toplam 17 adet lagün bulunmaktadır (Cataudella vd., 2015). Bu lagünlerin mülkiyeti hazineye ait olup, birçoğu su ürünleri kooperatifleri veya özel şirketler tarafından su ürünleri avcılığı için kullanılmak üzere kiralanmaktadır.

Seyhan, Ceyhan ve Berdan nehirlerinden gelen alüvial topraklardan oluşan Çukurova Delta'sının 5 lagünü vardır; bu lagünler Akyatan, Tuzla, Ağyatan (hurma boğazı), Çamlık ve Yelkoma lagünleridir. Akdeniz kıyılarındaki lagünler Türkiye'deki diğer balıkçılık alanları gibi bir dizi teknik düzenleme ile yönetilmektedir. Türkiye'de lagün ve dalyanlarda avcılık, Tarım ve Orman Bakanlığının 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu'na istinaden dört yılda bir yayınlamış olduğu 5/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (Resmî Gazete Tebliğ, 2020) çerçevesinde düzenlenmektedir. Bu düzenleme ile lagün kuzuluklarının çit aralıklarının 3 cm'den az olmaması gerekliliğinden, kuzuluklara gelen yumurtalı balıkların %10'unun denize geri bırakılması gibi bir çok konu mevzuat ile düzenlenmiştir. İl Tarım ve Orman Müdürlüklerinin yetki alanlarında ve idari sınırları içerisinde bulunan lagünlerde, sabit bariyer tuzakların (çit-kuzuluk) kaldırılıp indirilmesi de yine GFCM tarafından belirtildiği gibi 5/1 No'lu Tebliğde bölgesel yönetime bırakılmıştır (Resmî Gazete Tebliğ, 2020). Balık giriş çıkışları bu alanlarda zamansal ve çevresel değişimler ile olmasına rağmen avcılık, özellikle lagün alanından denize doğru yapılan göç davranışına göre insanlar tarafından hazırlanan ve kuzuluk olarak adlandırılan bariyer tuzaklarda gerçekleştirilmektedir. Bu bariyer tuzaklar genellikle kargı, ahşap ve demir çubuklar kullanılarak yapılmaktadır (Cataudella vd., 2015; Gökçe & Tosunoğlu, 2016). Ağyatan Lagünü, diğer lagünlere nazaran yakın çevresinde tarımsal faaliyetlerin çok az olması nedeniyle daha az tahrip olmuştur (Gholami & Dinçer, 2012). Ağyatan Lagünü balıklar için önemli bir beslenme havzasına sahip yaşam alanıdır. Ağyatan Lagününde genellikle uzatma ağları, paragatlar ve pinter ağları kullanılmaktadır. Aynı zamanda sabit bariyer tuzaklar ile (çit-kuzuluk) dalyan balıkçılığının yapılması nedeniyle yöre halkı için ekonomik önem taşımaktadır (Gholami & Dinçer, 2012; Gökçe & Tosunoğlu, 2016). Bölgede daha önce Ağyatan Lagünü kıyısız alanında değişimler (Bayrak 2023), Ağyatan Lagünü'nün mikrobiyal kalitesinin belirlenmesi (Gholami & Dinçer, 2012), deniz kaplumbağası ve yumuşak kabuklu nil kaplumbağası popülasyonları (WWF-Doğal Hayatı Koruma Vakfı, 2010), mavi yengeçlerde amino asit bileşimi (Küçükgülmez & Çelik, 2008), yengeç dokusunda ağır metal (Küçükgülmez & Çelik, 2008), lagün av verimliliği (Sümer & Balık, 2007) ve makroplastik (Gündoğdu & Cevik, 2019) konularında çalışmalar yürütülmüştür. Av kompozisyonundaki değişiklikler balıkların kısa veya uzun vadeli göç

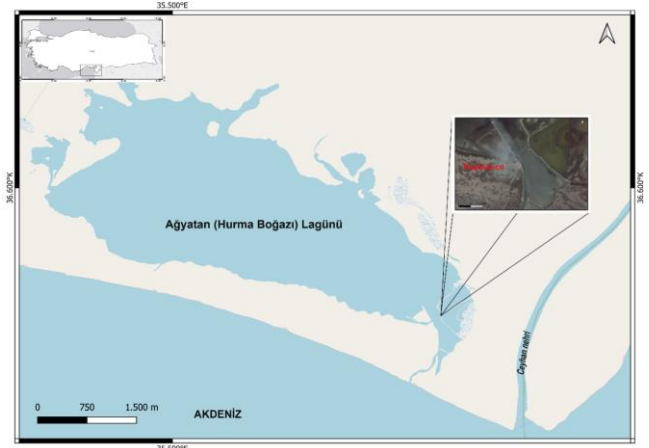
davranışlarında ve lagün özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri yansıtabildiği bilinmektedir (Katselis vd., 2003). Ağyatan lagünündeki balıkçılığın genel durumu ve temel hedef türleri hakkında çok az sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle, çalışmamızda Ağyatan lagününün aylara göre av kompozisyonundaki değişimlerin ve av veriminin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Adana İli Karataş İlçesinde yer alan Ağyatan lagünü 6.5 km uzunluğunda olup, yüzey alanı 2200 hektardır. Lagünün en derin noktası 1.2 metredir. Lagün kıyıya paralel olarak uzanmakta ve 35° 28'-35° 32' D boylamları ile 36° 35'-36° 36' K enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Ağyatan Lagünü'nde yaklaşık 30 m genişliğinde ve 1.5 m uzunluğunda metal bariyer tuzak sistemi (kuzuluk) vardır (lagün bariyerlerinin çubukları demir malzemeden yapılmıştır). Yerel balıkçılık yönetimi otoritesine göre, lagünde 15 Haziran ve 15 Şubat tarihleri arasında geleneksel balıkçılık faaliyeti yapılmaktadır. Bölgede bulunan su ürünleri kooperatifi tarafından kiralanılan ve işletilen Ağyatan Lagünü'nde avcılık uzatma ağları, pinter ve kuzuluklardan yapılmaktadır. Genellikle Şubat ayı ortasında kaldırılan kuzuluklar Haziran ayı ortasında tekrar kurulmaktadır. Ağyatan Lagünü'nün denizle doğrudan bağlantısı olmakla birlikte Ceyhan Nehri'nden gelen iki önemli tatlı su girişi de dalyanı beslemektedir. Lagüne Ceyhan Nehrinden su almaya imkân veren ve gölü tatlı su ile besleyen, 2 km uzaklıkta ve yaklaşık 50 cm genişliğinde bir su kanalı oluşturulmuştur. Bu kanal sayesinde kontrollü olarak göle su giriş çıkışı sağlanabilmektedir. Bölge jeomorfolojik açıdan düz bir arazi yapısına sahip olup, lagün ile deniz arasında kumul tepelikler bulunmaktadır. Ağyatan lagünü, güneybatıdan bir kanalla denize bağlanmaktadır. Lagün su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde sular kanal yoluyla lagünden denize, düşük dönemlerde ise denizden göle akmaktadır.

Bu çalışmada, Haziran 2020 ile Şubat 2022 tarihleri arasında (balıkçılık sezonu boyunca) Ağyatan lagünü aylık düzenli olarak ziyaret edilmiş ve av miktarları ağırlık olarak kaydedilen av kayıt defterlerinden alınmıştır. Lagün içerisinde yakalanan ve ekonomik öneme sahip türlerinin av miktarlarının (kg) zamana bağlı değişimleri aylık olarak değerlendirilmiştir.

Ekonomik öneme sahip her bir tür için birim çabada av miktarı (Catch Per Unit Effort, CPUE) değerleri kg gün⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Sparre & Venema, 1992). Örneklem yapılan çalışma alanlarında birim çabadaki av miktarları hesaplanmasında; $CPUE = \frac{\sum W_n}{\sum G_{\text{gün}}}$ formülü kullanılmıştır. Burada; $\sum W_n$: n'inci kuzuluktan yakalanan bireylerin toplam ağırlığı ve $\sum G_{\text{gün}}$: toplam gün sayısıdır.



Şekil 1. Çalışma alanı, Akdeniz kıyısında bulunan Ağyatan lagünü.
Figure 1. Study area, the lagoon of Ağyatan on the Mediterranean coast

Av sezonu içinde aylara göre hesaplanan toplam av miktarlarındaki değişim tek yönlü varyans analizleri ile test edilmiştir. Tüm veriler, karşılaştırma analizleri öncesinde “Kolmogorow-Smirnov” ve Shapiro–Wilk normallik testleri kullanılarak verilerin normal dağılım gösterip göstermediği kontrol edilmiştir. Buna göre, verilerin normal dağılım içerisinde yer almaması nedeniyle elde edilen sonuçlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önem düzeyi non-parametrik tek yönlü varyans analizi “Kruskal-Wallis” ile Mann-Whitney U ikili karşılaştırma testleri ile test edilmiştir. İki farklı av sezonuna ait toplam av verilerinin ortalamaları arasındaki farkın önem testi için “t” testi kullanılmıştır. Tüm analizler SPSS v22 kullanılarak yapılmış ve önem seviyesi de %5 olarak kabul edilmiştir. Verilerin görselleştirilmesinde Tableau V2019.4.7 yazılımı kullanılmıştır.

BULGULAR

Ağyatan Lagünü'nde avlanan 9 türün aylık toplam avcılık miktarları hesaplanmıştır. Bu türler Çipura (*Sparus aurata*), Topan kefal (*Mugil Cephalus*), Levrek (*Dicentrarchus labrax*), Sarıkulak kefal (*Liza aurata*), Bıldırcın kefal (*Liza carinata*), Sivri kefal (*Liza saliens*), Dudaklı kefal (*Chelon labrosus*), Karides (*Penaeus semisulcatus*) ve Yılan balığıdır (*Anguilla anguilla*). Toplam üretim miktarları sırasıyla, *S. aurata* 44146,0 kg (%30,6), *M. cephalus* 31796,0 kg (%22,4), *D. labrax* 21156,0 kg (%14,67), *L. aurata* 16790,0 kg (%11,64), *L. carinata* 8432,0 kg (%5,85), *L. saliens* 7469,0 kg (%5,18), *C. labrosus* 7457,0 kg (%5,17), *P. semisulcatus* 3553,0 kg (%2,46), *A. anguilla* 3454,0 kg (%2,39) ve toplam av miktarı 144253,0 kg olarak tespit edilmiştir. Lagün içerisinde iki yıllık toplam üretime bakıldığında toplam av içinde en büyük oranı *S. aurata* oluştururken, bu türü *M. cephalus* takip etmektedir. Toplam üretim içerisinde en düşük av miktarını ise *A. anguilla* oluşturduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Türlerle ait toplam av miktarları (kg), toplam av içerisindeki oranları (%) ve birim çabadaki av miktarları (CPUE) (kg gün⁻¹).**Table 1.** Total catch amount (kg), rates in total catches (%), and catch per unit effort (CPUE) (kg day⁻¹) of species.

Türler	Toplam Ağırlık (kg)	Toplam Av İçerisindeki Oranı (%)	CPUE (kg gün ⁻¹)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	21156,0	14,67	45,40
<i>Mugil cephalus</i>	31796,0	22,04	68,23
<i>Chelon labrosus</i>	7457,0	5,17	16,00
<i>Liza carinata</i>	8432,0	5,85	18,09
<i>Anguilla anguilla</i>	3454,0	2,39	7,41
<i>P. semisulcatus</i>	3553,0	2,46	7,62
<i>Sparus aurata</i>	44146,0	30,60	94,73
<i>Liza saliens</i>	7469,0	5,18	16,03
<i>Liza aurata</i>	16790,0	11,64	36,03

2020-2021 av sezonunda avlanan her bir balık türüne ait toplam av miktarları değerlendirildiğinde sırasıyla *L. aurata* 16790,0 kg (%24,67), *D. labrax* 11988,0 kg (%17,61), *M. cephalus* 11210,0 kg (%16,47), *S. aurata* 10307,0 kg (%15,14), *L. saliens* 7469,0 kg (%10,97), *C. labrosus* 4400,0 kg (%6,46), *A. anguilla* 2445,0 kg (%3,59), *P. semisulcatus* 2164,0 kg (%3,18) ve *L. carinata* 1296,0 kg (%1,90) olduğu tespit edilmiştir. 2021-2022 av sezonunda avlanan her bir balık türüne ait toplam av miktarları ve toplam av içerisindeki oranları değerlendirildiğinde ise sırasıyla, *S. aurata* 33839,0 kg (%44,42), *M. cephalus* 20586,0 kg (%27,02), *D. labrax* 9168,0 kg (%12,03), *L. carinata* 7136,0 kg (%9,37), *C. labrosus* 3057,0 kg (%4,01),

P. semisulcatus 1389,0 kg (%1,82), *A. anguilla* 1009,0 kg (%1,32) olarak tespit edilmiş (Tablo 2).

Birim çabadaki av miktarları açısından değerlendirme yapıldığında, avlanan türlere ait CPUE değerleri sırasıyla, *S. aurata* 94,73 kg gün⁻¹, *M. cephalus* 68,23 kg gün⁻¹, *D. labrax* 45,40 kg gün⁻¹, *L. aurata* 36,03 kg gün⁻¹, *L. carinata* 18,09 kg gün⁻¹, *L. saliens* 16,03 kg gün⁻¹, *C. labrosus* 16,00 kg gün⁻¹, *P. semisulcatus* 7,62 kg gün⁻¹ ve *A. anguilla* 7,41 kg gün⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Her iki sezon ayrı olarak değerlendirildiğinde ise 2020-2021 sezonunda CPUE değeri 275,58 kg gün⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bu sezonda avlanan türlere ait CPUE değerleri en yüksek *L. aurata* türünde 67,98 kg gün⁻¹, en düşük ise *L. carinata* türünde 5,25 kg gün⁻¹ olduğu belirlenmiştir. 2021-2022 av sezonuna ait birim çaba başına av (CPUE) miktarı 347,87 kg gün⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bu sezonda avlanan türlere ait CPUE değerleri en yüksek *S. aurata* türünde 154,52 kg gün⁻¹, en düşük ise *A. anguilla* türünde 4,61 kg gün⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Her iki sezonda avlanan türlerin aylara göre CPUE değerleri incelendiğinde *S. aurata* 714,8 kg gün⁻¹ ile en baskın tür olduğu ve bu tür *L. aurata* 461,9 kg gün⁻¹ izlediği görülmüştür (Tablo 3).

Tablo 2. İki farklı av sezonunda türlere ait toplam av miktarları (kg), toplam av içerisindeki oranları (%) ve birim çabadaki av miktarları (CPUE) (kg gün⁻¹).

Türler	2020-2021 Av Sezonu			2021-2022 Av Sezonu		
	Toplam Ağırlık (kg)	Toplam Av İçerisindeki Oranı (%)	CPUE (kg gün ⁻¹)	Toplam Ağırlık (kg)	Toplam Av İçerisindeki Oranı (%)	CPUE (kg gün ⁻¹)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	11988,0	17,61	48,53	9168,0	12,03	41,86
<i>Mugil cephalus</i>	11210,0	16,47	45,38	20586,0	27,02	94,00
<i>Chelon labrosus</i>	4400,0	6,46	17,81	3057,0	4,01	13,96
<i>Liza carinata</i>	1296,0	1,90	5,25	7136,0	9,37	32,58
<i>Anguilla anguilla</i>	2445,0	3,59	9,90	1009,0	1,32	4,61
<i>P. semisulcatus</i>	2164,0	3,18	8,76	1389,0	1,82	6,34
<i>Sparus aurata</i>	10307,0	15,14	41,73	33839,0	44,42	154,52
<i>Liza saliens</i>	7469,0	10,97	30,24	0	0	0,00
<i>Liza aurata</i>	16790,0	24,67	67,98	0	0	0,00
Toplam	68069,0	100	275,58	76184,0	100	347,87

Tablo 3. Aylara ve türlere göre hesaplanan birim çaba başına av miktarları (CPUE) kg gün⁻¹.**Table 3.** Monthly catch per unit effort of the species (CPUE) kg day⁻¹.

Aylar	Türler								
	<i>A. anguilla</i>	<i>C. labrosus</i>	<i>D. labrax</i>	<i>L. aurata</i>	<i>L. carinata</i>	<i>L. saliens</i>	<i>M. cephalus</i>	<i>P. semisulcatus</i>	<i>S. aurata</i>
Haziran 2020	0,3	0,5	18,6	0,0	0,0	0,0	9,4	49,8	5,9
Temmuz 2020	1,2	0,0	9,4	0,8	0,0	0,0	10,1	26,5	4,9
Ağustos 2020	0,1	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	22,2	4,0	11,9
Eylül 2020	0,0	0,0	49,5	4,4	0,0	46,3	52,8	0,2	49,2
Ekim 2020	1,3	3,1	25,2	7,0	0,0	185,5	78,2	0,0	44,2
Kasım 2020	1,3	18,2	35,9	461,9	40,9	3,6	64,8	0,0	127,2
Aralık 2020	50,5	74,3	55,6	36,7	2,3	3,1	60,2	0,0	34,7
Ocak 2021	23,6	45,5	121,7	45,5	0,0	3,9	63,7	0,0	59,1
Şubat 2021	2,4	3,2	199,3	1,0	0,0	0,6	24,3	0,0	9,2
Haziran 2021	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0
Temmuz 2021	2,0	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	17,0	45,0	0,0
Ağustos 2021	6,7	0,0	23,6	0,0	0,0	0,0	67,0	5,1	9,7
Eylül 2021	4,8	0,5	8,4	0,0	0,0	0,0	100,3	4,1	78,4
Ekim 2021	1,9	3,1	6,4	0,0	0,0	0,0	178,1	3,7	248,8
Kasım 2021	2,1	7,6	11,9	0,0	164,7	0,0	45,0	0,2	714,8
Aralık 2021	12,1	69,3	15,3	0,0	70,7	0,0	67,9	0,0	18,4
Ocak 2022	4,4	16,8	219,1	0,0	0,2	0,0	196,9	0,0	43,9
Şubat 2022	1,9	4,6	31,6	0,0	0,0	0,0	36,6	0,0	8,7

2020-2021 av sezonunda aylara göre toplam yakalanma miktarları değerlendirildiğinde, en çok av miktarının Kasım (22614,0kg; %33,22) ayında en düşük av miktarının ise Temmuz (1587,0kg; %2,33) ayında olduğu

tespit edilmiştir (Tablo 4). Bununla birlikte ayların av miktarı bakımından birbirleri arasındaki farklılığın testi amacıyla uygulanan ikili testler (Mann-Whitney U) sonucunda, sezon içerisinde en yüksek av miktarlarına

sahip Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak ayları ile diğer aylar arasındaki av miktarına ilişkin farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

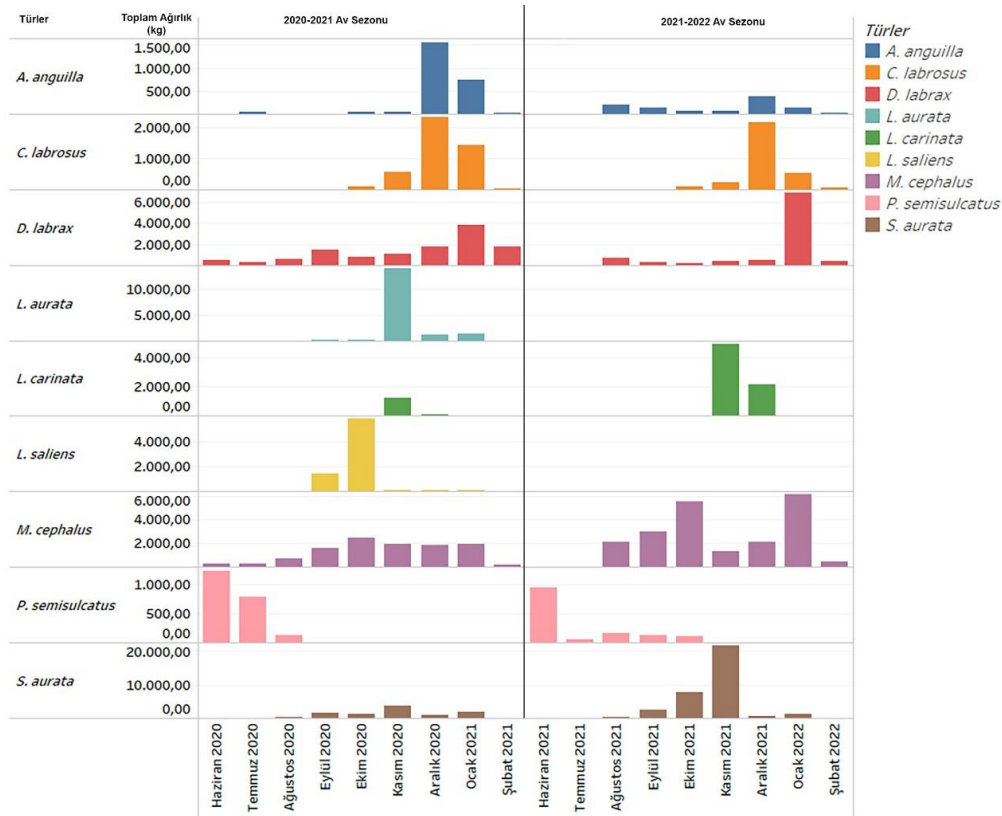
2021-2022 av sezonunda aylara göre toplam yakalanma miktarları değerlendirildiğinde ise, yine en çok av miktarının Kasım (28385,0 kg; %37,26) ayında en düşük av miktarının ise Temmuz (88,0 kg; %0,12) ayında olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ayların av miktarı bakımından birbirleri arasındaki farklılığın testi amacıyla uygulanan ikili testler (Mann-Whitney U) sonucunda, sezon içerisinde en yüksek av miktarlarına sahip Kasım ayı ile Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ocak ve Şubat aylar arasındaki av miktarına ilişkin farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.05$), ancak Ekim ve Aralık ayları arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$). Her iki av sezonuna ait toplam av miktarları değerlendirildiğinde, 2021-2022 av sezonuna ait toplam av miktarında (76184,0 kg) 2020-2021

av sezonuna ait toplam av miktarına (68069,0 kg) göre artış olduğu ancak bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$) (Tablo 4).

İki farklı av sezonunda türlerin aylara göre toplam av miktarları (kg), toplam av içerisindeki oranları (%) ve birim çabadaki av miktarları (CPUE) (kg gün⁻¹) Tablo 5'te verilmiştir. İki farklı av sezonuna ait her bir türün en çok yakalandığı aylar değerlendirilmiştir. 2020-2021 av sezonunda *S. aurata* Kasım ayında 3817,0 kg (%31,84), *M. cephalus* Ekim ayında 2424,0 kg (%21,62), *D. labrax* Ocak ayında 3772,0 kg (%31,46), *L. aurata* Kasım ayında 13858,0 kg (%82,54), *L. carinata* Kasım ayında 1226,0 kg (%94,60), *L. saliens* Ekim ayında 5749,0 kg (%76,97), *C. labrosus* Aralık ayında 2304,0 kg (%52,36), *P. semisulcatus* Haziran ayında 1244,0 kg (%57,49), *A. anguilla* Aralık ayında 1556,0 kg (%64,05) en çok yakalandığı tespit edilmiştir (Tablo 5, Şekil 2).

Tablo 4. İki farklı av sezonunda aylara göre toplam av miktarları (kg), toplam av içerisindeki oranları (%) ve birim çabadaki av miktarları (CPUE) (kg gün⁻¹).
Table 4. Total catch amount (kg), rates in total catches (%), and catch per unit effort (CPUE) (kg day⁻¹) by month in two different fishing seasons.

Aylar	2020-2021 AV SEZONU			Aylar	2021-2022 AV SEZONU		
	Toplam Ağırlık (kg)	Yüzde Oran (%)	CPUE (Ort±S.D)		Toplam Ağırlık (kg)	Yüzde Oran (%)	CPUE (Ort±S.D)
Haziran 2020	2108,0	3,10	9,36±15,47	Haziran 2021	942,0	1,24	4,55±12,87
Temmuz 2020	1587,0	2,33	5,87±8,22	Temmuz 2021	88,0	0,12	9,77±15,03
Ağustos 2020	1755,0	2,58	6,5±8,71	Ağustos 2021	3479,0	4,57	12,46±20,60
Eylül 2020	6075,0	8,92	22,5±24,21	Eylül 2021	5898,0	7,74	21,84±36,55
Ekim 2020	10678,0	15,69	38,27±57,70	Ekim 2021	13703,0	17,99	49,11±89,43
Kasım 2020	22614,0	33,22	83,75±139,02	Kasım 2021	28385,0	37,26	105,12±221,30
Aralık 2020	9840,0	14,46	35,26±26,16	Aralık 2021	7853,0	10,31	28,14±29,78
Ocak 2021	11251,0	16,53	40,32±37,16	Ocak 2022	14918,0	19,58	53,46±83,85
Şubat 2021	2161,0	3,17	26,67±61,48	Şubat 2022	918,0	1,20	9,27±13,62
Toplam	68069,0	100		Toplam	76184,0	100	



Şekil 2. Türler için av miktarlarının (kg) aylara göre dağılımları.
Figure 2. Distribution of catches according to months.

Table 5. İki farklı av sezonunda türlerin aylara göre toplam av miktarları (kg), toplam av içerisindeki oranları (%) ve birim çabadaki av miktarları (CPUE) (kg gün⁻¹).
Table 5. Total catch amount (kg), rates in total catches (%), and catch per unit effort (CPUE) (kg day⁻¹) of species by month in two different fishing seasons.

Türler	Aylar	2020-2021 Av Sezonu										2020-2021 Av Sezonu							
		Haz.20	Tem.20	Ağu.20	Eyl.20	Eki.20	Kas.20	Ara.20	Oca.21	Şub.21	Haz.21	Tem.21	Ağu.21	Eyl.21	Eki.21	Kas.21	Ara.21	Oca.22	Şub.22
		Gün sayısı	25	30	30	30	31	30	31	31	9	23	1	31	30	31	30	31	31
D. labrax	Toplam Av (kg)	464	282	611	1486	780	1077	1722	3772	1794	-	24	732	252	198	356	466	6792	348
	CPUE	18,56	9,4	20,36	49,53	25,16	35,9	55,54	121,6	199,33	-	24	23,61	8,4	6,38	11,86	15,03	219,09	31,63
	Yüzde Oran (%)	3,87	2,35	5,10	12,40	6,51	8,98	14,36	31,46	14,96	-	0,26	7,98	2,75	2,16	3,88	5,08	74,08	3,80
M. cephalus	Toplam Av (kg)	234	302	665	1585	2424	1943	1865	1973	219	-	17	2078	3009	5520	1350	2105	6104	403
	CPUE	9,36	10,06	22,16	52,83	78,19	64,76	60,16	63,64	24,33	-	17	67,03	100,3	178,06	45	67,9	196,9	36,63
	Yüzde Oran (%)	2,09	2,69	5,93	14,14	21,62	17,33	16,64	17,60	1,95	-	0,08	10,09	14,62	26,81	6,56	10,23	29,65	1,96
C. labrosus	Toplam Av (kg)	12	-	-	-	97	547	2304	1411	29	-	-	16	96	228	2147	520	50	
	CPUE	0,48	-	-	-	3,12	18,23	74,32	45,51	3,22	-	-	0,53	3,09	7,6	69,25	16,77	4,54	
	Yüzde Oran (%)	0,27	-	-	-	2,20	12,43	52,36	32,07	0,66	-	-	0,52	3,14	7,46	70,23	17,01	1,64	
L. carinata	Toplam Av (kg)	-	-	-	-	-	1226	70	-	-	-	-	-	-	4940	2191	5	-	
	CPUE	-	-	-	-	-	40,86	2,25	-	-	-	-	-	-	164,66	70,67	0,16	-	
	Yüzde Oran (%)	-	-	-	-	-	94,60	5,40	-	-	-	-	-	-	69,23	30,70	0,07	-	
A. anguilla	Toplam Av (kg)	7	36	2	1	40	38	1566	733	22	-	2	209	145	60	63	374	135	21
	CPUE	0,28	1,2	0,06	0,03	1,29	1,26	50,51	23,64	2,44	-	2	6,74	4,83	1,93	2,1	12,06	4,35	1,9
	Yüzde Oran (%)	0,29	1,47	0,08	0,04	1,64	1,55	64,05	29,98	0,90	-	0,20	20,71	14,37	5,95	6,24	37,07	13,38	2,08
P. semisulcatus	Toplam Av (kg)	1244	796	119	5	-	-	-	-	-	942	45	158	124	115	5	-	-	
	CPUE	49,76	26,53	3,96	0,16	-	-	-	-	-	40,95	45	5,09	4,13	3,7	0,16	-	-	
	Yüzde Oran (%)	57,49	36,78	5,50	0,23	-	-	-	-	-	67,82	3,24	11,38	8,93	8,28	0,36	-	-	
S. aurata	Toplam Av (kg)	147	147	358	1476	1371	3817	1077	1831	83	-	-	302	2352	7714	21443	570	1362	96
	CPUE	5,88	4,9	11,93	49,2	44,22	127,23	34,74	59,06	9,22	-	-	9,74	78,4	248,83	714,76	18,38	43,93	8,72
	Yüzde Oran (%)	1,43	1,23	2,99	12,31	11,44	31,84	8,98	15,27	0,69	-	-	0,89	6,95	22,80	63,37	1,68	4,02	0,28
L. saliens	Toplam Av (kg)	-	-	-	1390	5749	108	97	120	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CPUE	-	-	-	46,33	185,45	3,6	3,12	3,87	0,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Yüzde Oran (%)	-	-	-	18,61	76,97	1,45	1,30	1,61	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L. aurata	Toplam Av (kg)	-	24	-	132	217	13858	1139	1411	9	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CPUE	-	0,8	-	4,4	7	461,93	36,74	45,51	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Yüzde Oran (%)	-	0,14	-	0,79	1,29	82,54	6,78	8,40	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	

2021-2022 avcılık sezonunda ise; *S. aurata* Kasım ayında 21443,0 kg (%63,37), *M. cephalus* Ocak ayında 6104,0 kg (%29,65), *D. labrax* Ocak ayında 6793,0 kg (%74,08), *L. carinata* Kasım ayında 4940,0 kg (%69,23), *C. labrosus* Aralık ayında 2147,0 kg (%70,23), *P. semisulcatus* Haziran ayında 942,0 kg (%67,82), *A.*

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Ağyatan lagününde iki yıllık (2020-2022) av verimi ve av kompozisyonu değerlendirilmiştir. Toplam av içinde *S. aurata* ve *M. cephalus* türlerinin en yüksek oranda yakalandığı belirlenmiştir. 2020-2021 av sezonunda *L. aurata* türünün en yüksek oranda yakalandığı ve 2021-2022 av sezonunda ise *S. aurata* türünün en çok yakalandığı tespit edilmiştir. Lagün içerisinde av verimini etkileyen en önemli parametre hedef türlerin sürü halinde denize doğru yaptıkları göç olduğu bilinmektedir (Akyol, 1999; Katselis ve ark., 2003). Bu durum balıkçılar arasında baskın ve furya gibi terimlerle isimlendirilmektedir. Lagünler birçok tür için üreme, beslenme ve kışlama alanı olarak önemli yaşam alanı niteliğindedir (Kınacıgil ve İlkyaz, 1997). Yapılan bu çalışmada *S. aurata*, *M. cephalus* ve *L. aurata* türlerinin en fazla yakalanıyor olması, Ağyatan lagününün bu türler için uygun yaşam alanlarını sağlamasından ve av aracının (kuzuluk-çıt) teknik yapısının bu türleri daha fazla yakalayabilmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

2020-2021 av sezonunda türlerin aylara göre CPUE değerleri incelendiğinde *L. aurata* türünün Kasım ayında en yüksek CPUE değerlerine sahip olduğu, 2021-2022 av sezonunda ise *S. aurata* türünün Kasım ayında en yüksek CPUE değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle Sonbahar ve kış mevsiminde lagünel alanda su sıcaklığının daha hızlı düşmesinden dolayı türler lagünel alandan denize doğru göç yaptığı bilinmektedir (Koutrakis vd., 2005; Tosunoğlu vd., 2017). Birçok çevresel faktör (tuzluluk, pH, sıcaklık vb.) ve besin dengesinin değişimine neden olan yağış, türlerin göç hareketine sebep olabilmektedir (Milardi ve diğerleri, 2019). Yaptığımız çalışmada en yüksek CPUE değerlerine Kasım ayında ulaşılması, kış mevsiminde lagünel alanda su sıcaklığının hızlı düşmesi ve diğer çevresel faktörlere bağlı olarak türlerin göçe zorlamasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Sümer ve Balık (2007) tarafından 2004-2007 yılları arasında Ağyatan lagününde üç yıllık birim alandan elde edilen ürün miktarı ve av kompozisyonunu belirlenmiştir. Ağyatan lagününden elde edilen toplam üretim miktarını hesaplarken kefal türlerini toplu olarak değerlendirmiş, bu nedenle de toplam av miktarına bakıldığında en çok kefal türlerinin (%44,9) (*Mugil*

anguilla Aralık ayında 374,0 kg (%37,07) en çok yakalandığı *L. saliens* ve *L. aurata* türlerinin bu sezonda hiç yakalanmadığı tespit edilmiştir (Tablo 5, Şekil 2). Her bir türün aylara göre toplam yakalanma miktarlarının istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

cephalus, *Chelon labrosus*, *Liza ramada*, *Liza saliens* ve *Liza aurata*) yakalandığı bildirilmiştir. Bunun yanı sıra, levreğin (*D. labrax*) yılan balığının (*A. anguilla*) ve çipuranın (*S. aurata*) da hedef tür olduğunu belirlemiştir. Yaptığımız bu çalışmada da karides hariç yakalanan tür kompozisyonunun ve kefal türleri toplu olarak değerlendirdiğinde de en yüksek miktarda kefal türlerinin avlandığı belirlenmiş olup bu yönüyle mevcut çalışma ile benzerlik göstermiştir.

Bölgede bir diğer önemli lagün olan Akyatan lagününde Gökçe ve Tosunoğlu (2016) tarafından yapılan çalışmada, levrek, çipura, yılan balığı ve bazı karides türleri ile mavi yengeç türünün ana hedef tür olduğu bildirilmiştir. Yaptığımız çalışmada ise yengeç (*C. sapidus*) hariç diğer türlerin yapılan çalışma ile ana hedef tür bazında benzerlik göstermiştir. Akyatan lagününde Saygu (2022) tarafından yapılan çalışmada birim çabada elde edilen av miktarı (CPUE) bakımından en baskın türün topan kefal (*M. cephalus*) olduğu bu tür de çipuranın (*S. aurata*) takip ettiği bildirilmiştir. Aylara göre av verimi değerlendirdiğinde Eylül (422 kg gün^{-1}) ve Aralık (473 kg gün^{-1}) ayları en verimli aylar olduğu, en düşük veriminde Ağustos 25 kg gün^{-1} ve Ocak 25 kg gün^{-1} ayları olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda ana hedef türlerin de *M. cephalus*, *D. labrax*, *S. aurata*, *L. carinata*, *C. labrosus*, *L. aurata* ve *L. saliens* olduğu bildirilmiştir. Yaptığımız çalışmada, karides ve yılan balığı türleri haricinde ana hedef türlerin benzer olduğu bunun yanı sıra bu çalışmada av veriminin en yüksek olduğu tespit edilen ayların (Ekim, Kasım ve Aralık) Saygu (2022) tarafından yapılan çalışma ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Ancak yaptığımız çalışmada mevcut çalışmadan farklı olarak en baskın türün çipura (*S. aurata*) olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak aynı bölgede bulunan lagünler üzerinde yapılan bu çalışmalarda av verimliliği ve baskın tür açısından oluşan farklılıkların, lagünün bağlantılı olduğu denizel alanın ekolojik ve fiziksel özellikleri, lagün alanının derinliği, zemin yapısı, tatlı su kaynaklarının miktarı, biyolojik zenginlik, abiyotik ve biyotik faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Ağyatan lagünü ekolojik ve ekonomik açıdan büyük önem taşıyan bir sulak alandır. Lagündeki balık türlerinin belirlenmesi ve stok yapılarındaki değişikliğin sürekli olarak takip edilmesi sürdürülebilir balıkçılık açısından değerlidir. Bu çalışma ile lagündeki balıkçılığa ait av verimi ve tür kompozisyonunun 2020-2022 yılları arasındaki durumu

değerlendirilmiştir. Ancak kapsamlı balıkçılık yönetimi için, bu çalışmada belgelenmeyen veri boşluklarının giderilmesi gerekmektedir. Gelecekteki çalışmalar ile Ağyatan lagünü için biyotik ve abiyotik faktörler gibi tamamlayıcı bilgilerin sağlanması ve bölgesel yönetim planı geliştirirken bu bilgilerin dikkate alınması önerilmektedir. Lagünlerin zaman içerisinde zarar görmesi ve kaybolması gibi durumlardan dolayı lagünlerin takibi ve izlenmesi devamlı olarak gerçekleştirilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde veri desteği sağlayan S.S. Adalı Köyü Su Ürünleri Kooperatifi başkanı Gökdemir POLAT'a, Su Ürünleri Mühendisi Murat Uzun'a ve Ağyatan balıkçılarına şükranlarımı sunarım.

KAYNAKLAR

- Akyol, O. (1999).** *Homa Dalyanı (İzmir Körfezi) Kefal (Mugilidae) Türlerinin Demekolojisi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova/İzmir, 124 s.
- Beck, M.W., Heck, K.L., Beck, M.W., Heck, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C.G., Hoshino, K. & Minello, T.J. (2001).** The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates: A better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas, *Bioscience*, **51**(8), 633-641.
- Cataudella, S., Crosetti, D., Ciccotti, E. & Massa, F. (2015).** Sustainable management in Mediterranean coastal lagoons: Interactions among capture fisheries, aquaculture and environment. *Mediterranean coastal lagoons: sustainable management and interactions among aquaculture, capture fisheries and environment*, General Fisheries Commission for the Mediterranean. *Studies and Reviews*, 95.
- Day Jr, J.W., Yáñez-Arancibia, A., Kemp, W.M. & Crump, B.C. (2012).** Introduction to estuarine ecology. *Estuarine Ecology*, 1-18.
- Franco, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Riccato, F., Torricelli, P. & Mainardi, D. (2006).** Use of shallow water habitats by fish assemblages in a Mediterranean coastal lagoon, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **66**(1-2), 67-83.
- Gholami, H. & Dinçer, S. (2012).** Ağyatan Lagününün (Karataş) Mikrobiyal Kalitesinin Belirlenmesi, Antibiyotik Dirençlilik Frekansının Tespiti ve Plasmid İzolasyonu. *Ç,Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **27**(1).
- Gonenc, I. E. & Wolflin, J. P. (2004).** *Coastal lagoons: Ecosystem processes and modeling for sustainable use and development*. CRC Press, Florida, 475p.
- Gökçe, G. & Tosunoğlu, Z. (2016).** Lagoons along the Mediterranean coast of Turkey and lagoon fisheries (exploitation features). *The Turkish Part of the Mediterranean Sea*, 380-391.
- Gündoğdu, S. & Cevik, C. (2019).** Mediterranean dirty edge: High level of meso and macroplastics pollution on the Turkish coast. *Environmental Pollution*. **255**, 113351.
- Joyeux, J.C. & Ward, A.B. (1998).** Constraints on coastal lagoon fisheries, *In Advances in Marine Biology*. vol. 34, pp, 73-199.
- Katselis, G., Koutsikopoulos, C., Dimitriou, E. & Rogdakis, Y. (2003).** Spatial patterns and temporal trends in the fisheries landings of the Messolonghi-Etoliko lagoons (Western Greek Coast). *Scientia marina*, **67**(4), 501-511.
- Kınacıgil, H.T. & İlkyaz, A.T. (1997).** Ege Denizi balıkçılığı ve sorunları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **14**(3-4), 351-367.
- Kocataş, A. (2004).** *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*. Ege Üniversitesi Basımevi, 8. Baskı. İzmir.
- Koutrakis, E.T., Tsikliras, A.C. & Sinis, A.I. (2005).** Temporal variability of the ichthyofauna in a Northern Aegean coastal lagoon (Greece). Influence of environmental factors. *Hydrobiologia*, **543**, 245-257.
- Küçükgülmez, A. & Çelik, M. (2008).** Amino acid composition of blue crab (*Callinectes sapidus*) from the North Eastern Mediterranean Sea. *Journal of Applied Biological Sciences*, **2**(1), 39-42.
- Marcos, C., Torres, I., López-Capel, A., & Pérez-Ruzafa, A. (2015).** Long term evolution of fisheries in a coastal lagoon related to changes in lagoon ecology and human pressures. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **25**, 689-713.
- Milardi, M., Gavioli, A., Lanzoni, M., Fano, E.A. & Castaldelli, G. (2019).** Meteorological factors influence marine and resident fish movements in a brackish lagoon. *Aquat. Ecol.* **53**(2), 251-263.
- Perez-Ruzafa, A. & Marcos, C. (2012).** Fisheries in coastal lagoons: An assumed but poorly researched aspect of the ecology and functioning

- of coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **110**, 15-31.
- Ramsar. (1971).** *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat, Ramsar (Iran), 2 February 1971. UN Treaty Series No. 14583. As amended by the Paris Protocol, 3 December 1982, and Regina Amendments, 28 May 1987.*
- Resmî Gazete Tebliğ. (2020).** 5/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ.
- Saygu, İ. (2022).** Karadeniz’de Demersal Balıklara Ait Av Miktarlarının Trend Analizi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **7**(1), 39-44. <https://doi.org/10.35229/jaes.1060770>.
- Sümer, Ç. & Balık, İ. (2007).** Türkiye’nin Doğu ve batı Akdeniz kıyılarında bulunan iki lagünün av verimi ve tür kompozisyonu yönünden karşılaştırılması. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, **5**, 87-92.
- Tosunoğlu, Z., Kaykac, M.H. & Ünal, V. (2017).** Temporal alterations of fishery landings in coastal lagoons along the Aegean coast of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **17**(7), 1441-1448.
- Tournois, J., Darnaude, A. M., Ferraton, F., Aliaume, C., Mercier, L. & McKenzie, D. J. (2017).** Lagoon nurseries make a major contribution to adult populations of a highly prized coastal fish. *Limnology and Oceanography*, **62**(3), 1219-1233.
- Weiss, E.B. (1992).** United Nations conference on environment and development. *International Legal Materials*, **31**(4), 814-817.
- Whitfield, A.K. (1999).** Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in fish biology and fisheries*, **9**, 151-186.
- WWF-Doğal Hayatı Koruma Vakfı. (2010).** *Deniz kaplumbağası ve yumuşak kabuklu nil kaplumbağası popülasyonlarının araştırılması ve korunması raporu.* İstanbul.



A New Trout Species from Southern Marmara Sea Drainages (Teleostei: Salmonidae)

<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:9832CB94-8F6A-4CE4-A9B3-25B448B3A389>

Davut TURAN^{1*} Sadi AKSU²

^{1*}Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Rize, Turkey

²Vocational School of Health Services, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

Geliş/Received: 26.03.2021

Kabul/Accepted: 14.05.2021

Yayın/Published: 30.06.2023

How to cite: Turan, D. & Aksu, S. (2021). A New Trout Species from Southern Marmara Sea Drainages (Teleostei: Salmonidae). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(3), 568-575. <https://doi.org/10.35229/jaes.903810>

Atıf yapmak için: Turan, D. & Aksu, S. (2021). Marmara Denizi'nin Güney Drenajından Yeni Bir Alabalık Türü (Teleostei: Salmonidae). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(3), 568-575. <https://doi.org/10.35229/jaes.903810>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9586-6223>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2770-561X>

***Corresponding author's:**

Davut TURAN
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of
Fisheries, Rize, Turkey
✉: dvturan@yahoo.com

Abstract: *Salmo duhani*, sp. n., a new species, is described from the southern Marmara Sea drainages, Turkey. It differs from the other *Salmo* species in the neighboring basins by having a shorter maxillary (8-10% SL); a shorter head (24-28% SL); 115-121 lateral line scales; 26-29 scale rows between lateral line and dorsal-fin origin; 20-23 scale rows between lateral line and anal-fin origin; 15-17 scales between lateral line and adipose-fin insertion; 17-19 gill rakers on the outer side of first gill arch; 10-13 large and oblong parr marks along the lateral line in all individuals.

Keywords: Anatolia, biodiversity, freshwater fish, *Salmo*, taxonomy.

Marmara Denizi'nin Güney Drenajından Yeni Bir Alabalık Türü (Teleostei: Salmonidae)

Öz: Yeni bir tür olan *Salmo duhani* Türkiye'nin güney Marmara Denizi drenajından tanımlanmaktadır. Türün yakın havzalarda dağılım gösteren diğer *Salmo* türlerinden farkı: maksiller kısadır (% 8-10 SB); baş boyu kısadır (% 24-28 SB); ligne lateral pul sayısı 115-121; ligne lateral ile dorsal yüzgecin başlangıcı arasındaki pul sıra sayısı 26-29; ligne lateral ile anal yüzgecin başlangıcı arasındaki pul sıra sayısı 20-23; ligne lateral ile adipoz yüzgecin başlangıcı arasındaki pul sıra sayısı 15-17; birinci solungaç yayının dış tarafında bulunan solungaç dikenini sayısı 17-19; bütün bireylerde yanal çizgi boyunca büyük ve dikdörtgen şeklinde 10-13 par bulunmasıdır.

***Sorumlu yazar:**

Davut TURAN
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su
Ürünleri Fakültesi, Rize, Türkiye
✉: dvturan@yahoo.com

Anahtar kelimeler: Anadolu, biyolojik çeşitlilik, iç su balığı, *Salmo*, taksonomi.

INTRODUCTION

The genus *Salmo* is widespread in cold streams and lakes of Turkey. In the last decade, Turan *et al.*, (2010, 2011, 2012, 2014a, b, 2017, 2020) taxonomically evaluated native trouts in Turkey and recognized into fourteen species. Additionally, two established populations of the introduced *Salmo trutta* have been recently recorded in the upper Tigris River and drainages of Lake Van (Kaya, 2020).

The *Salmo* populations of northwestern Turkey had been previously reported as *Salmo* cf. *labrax* (Saç & Özuluğ, 2019) or *S. trutta macrostigma* (Geldiay & Balık, 1999; Sarı *et al.*, 2006, 2019), however, *S. labrax* is restricted to Northern Black Sea drainages and *S. macrostigma* is to Algeria (Kottelat, 1997; Delling & Doadrio, 2005; Kottelat & Freyhof, 2007). The other peri-Mediterranean populations referred to *S. macrostigma* belong to several species (*S. cettii* [Italy], *S. farioides* [eastern Adriatic], *S. tigridis* [Tigris River], *S. okumusi*, *S.*

euphrataeus, *S. fahrettini* and *S. munzuricus* [Euphrates River], *S. chilo*, *S. kottelati*, *S. labecula*, *S. opimus* and *S. platycephalus* [streams and rivers flowing to the Mediterranean Sea] (Delling, 2003, 2011; Delling and Doadrio, 2005; Turan *et al.*, 2011, 2012, 2014a, b, 2017, 2020).

After the European trouts summarized with recognition of 29 species by Kottelat & Freyhof (2007), in the last decade, many species were also described in Turkey (Turan *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2014a, b, 2017, 2020). However, there have always been controversial aspects about the taxonomy of the genus, and a group of geneticists has continued to negate this diversity within the genus *Salmo* (e.g. Tougard *et al.*, 2018; Kalaycı *et al.*, 2018).

Kalaycı *et al.*, (2018) claimed that all *Salmo* species in Caspian and the Black Sea drainages in Turkey belong to *Salmo trutta*, based on their production of hybrid fertile individuals in the laboratory. On the other hand, Ninua *et al.*, (2018) claimed that there is not a species level differentiation between a migratory population of Georgia and northeastern Turkey, and all belong to *Salmo labrax*. However, they did not examine or compare any specimens from the type locality of *S. labrax*.

Here, we examined some populations from the southern Marmara Sea basin, which have been formerly misidentified as *S. macrostigma*.

MATERIAL AND METHOD

Specimens are deposited in FFR, Zoology Museum of the Faculty of Fisheries, Recep Tayyip Erdogan University, Rize. Measurements and counts were all obtained on wild-caught specimens, well preserved, in a straight position. Specimens not fixed straight or damaged were excluded. All samples include both sexes, juveniles, and mature specimens. Most *Salmo* populations are small, geographically restricted and under great threat because of overfishing and habitat destruction, and it is not advisable to collect and preserve large series of individuals. Colour pattern and variation in shape were observed in the field on additional individuals, which were not preserved.

Measurements were taken with digital callipers (0.1 mm accuracy). Counts and measurements follow Turan *et al.* (2014a). Lateral line scale count includes scales on the base of the caudal fin. Sex was determined by examination of the gonads of at least 10 specimens. In the description of colour pattern, bands are the broad blackish vertical marks on the body, typically positioned behind the gill opening, below the dorsal-fin, above the anal-fin, and on the caudal peduncle. In some species, these bands are known in well-preserved specimens only, or in stressed individuals only, and in other species, they are visible in

situ in undisturbed individuals. A spot is called ocellated when surrounded by a white or very palering.

Morphometric and meristic data for *S. abanticus*, *S. labrax*, *S. rizeensis*, *S. coruhensis*, *S. caspius*, *S. palegonicus*, *S. tigridis*, *S. okumusi*, *S. euphrataeus*, *S. platycephalus*, *S. labecula*, *S. opimus*, *S. chilo*, *S. okumusi*, *S. kottelati* and *S. munzuricus* are from Turan *et al.* (2010, 2011, 2012, 2014a-b, 2017).

RESULTS AND DISCUSSION

Ninua *et al.*, (2018) considered *Salmo coruhensis* and *S. labrax* as conspecific, and used the priority name *S. labrax*. However, their study material lacked specimens of *S. labrax* from its type locality, and some of their *S. labrax* locations overlapped with *S. coruhensis* distribution range. Therefore, we concluded that Ninua *et al.*, (2018) might have misidentified *S. coruhensis* as *S. labrax*, and we treated *S. coruhensis* as a valid name here.

Kalaycı *et al.*, (2018) claimed that all *Salmo* species in Caspian and Black Sea drainages in Turkey belong to *Salmo trutta*, based on their reproduction of hybrid fertile individuals among *Salmo trutta abanticus*, *S.t. labrax*, *S.t. caspius* and *S.t. fario* in the laboratory. Firstly, it was reported that the subspecies category, which constitutes the simplified form of the systematic classification, couldn't actually be accepted (Kottelat, 1997). *Salmo fario* was described from rivers of Sweden and Switzerland; however, it is not a valid species anymore (e.g. Berg, 1948; Kottelat, 1997). *Salmo labrax* was described from Crimea (Ukraine), and distributed in northern and western tributaries of the Black Sea basin, which has not found in Turkey (Turan *et al.*, 2010; Latiu *et al.*, 2020). *Salmo caspius* was described from the Kura River near Bozhii in Azerbaijan as a migratory species, and may the Turkish resident population does not belong to this species. Moreover, the fish samples that fertile hybrids reproduced by Kalaycı *et al.*, (2018) were not collected from type localities of the species, except for *S. abanticus*. Further, they did not take into account *S. coruhensis* and *S. rizeensis*, which were described a decade ago in the southeastern drainages of the Black Sea in Turkey. They collected *S.t. labrax* from Tektaş Stream and *S.t. fario* from Firtına River. Tektaş Stream is inhabited by *Salmo coruhensis*, while the Firtına River is inhabited by both sympatric *S. coruhensis* and *S. rizeensis*. It is likely that, these authors collected *S. coruhensis* instead of *S. rizeensis* in the Firtına River. Therefore, it cannot be excluded that they only reproduced pure *S. coruhensis* individuals rather than hybrid individuals. Even if the correct species were used in the study, the study was limited to F1 and F2 offspring, and the species were produced under unnatural conditions. Thus, the results of the study are not reliable.

Apart from all these, there is another very important point: Kalaycı et al., (2018) claimed that all these mentioned species under the Danubian lineage are *Salmo trutta*, based on their results. However, *Salmo trutta* was described from Rhine River Germany, and it belongs to Atlantic lineage. Even, the Danube River population is formed by *Salmo labrax*.

Recently, Latiu et al., (2020) have recorded *Salmo labrax* in Romanian waters. Their specimens (Latiu et al., 2020, Figure 2; 14) resemble morphologically very similar to the figure presented from Crimea, Ukraine (around the type locality of the species, Kottelat and Freyhof 2007; 428). The differences between *Salmo coruhensis* and *S. labrax* were clearly demonstrated in the original description, and morphologic appearances of both species were obviously very different (Turan et al., 2010; Figures 5b and 7; 343, 346, respectively).

The trout population in stream Ayazma (an upper drainage of stream Küçükmerenderes, North Aegean basin) shares some morphological diagnostic features with *Salmo pelagonicus* and has recently recorded as *S. pelagonicus* by Turan and Bayçelebi, (2020) (Figure 1).

***Salmo duhani*, new species** (Figure 1): *Salmo trutta macrostigma* (non Duméril, 1858): Sarı et al., 2006: 37 (Çanakkale province; Yenice county; Stream Çelebi, a drainage of Gönen River).

<http://zoobank.org/um:lsid:zoobank.org:act:C050C743-3FE3-40AD-9A65-DF97DB09FFD8>



Figure 1. *Salmo duhani*, from top: FFR 3183, holotype, 228 mm SL, male; FFR 03184, paratypes, 160 mm SL, female, and 92 mm SL, juvenile; Turkey: stream Zeytinli.

Holotype: FFR 3183, 228 mm SL, male; Turkey: Çanakkale Prov.: stream Zeytinli about 9 km east of Kazdağı National Park, 39.750N 27.017E, 28.11.2006.

Paratypes: FFR 3184, 15, 95-287 mm SL; same data as holotype. -FFR 3185, 14, 85-170 mm SL; Turkey:

Çanakkale Prov.: stream Zeytinli, 39.749N 27.015E, 01.09.2014. —FFR 3186, 12, 108-160 mm SL; Turkey: Çanakkale Prov.: stream Zeytinli 39.759N 27.021E, 01.09.2014. —FFR 3194, 10, 62-122 mm SL; Turkey: Çanakkale Prov.: stream Kocaçayı, 12 km west of Kalkım, 39.804N 27.071E, 01.09.2014. —FFR 3195, 15, 93-275 mm SL; Turkey: Çanakkale Prov.: stream Kocaçayı at Yenice, 39.817N 27.099E, 28.11.2006. FFR 03188, 30, 85–200 mm SL; Turkey: Balıkesir-Çanakkale border: stream Ayazma (39°44'N; 26°50'E); a drainage of Karamenderes River (a costal drainage). —FFR 03189, 7,75–190 mm SL; Turkey: Çanakkale Province: stream Adaçay (39°48'N; 26°54'E); a drainage of Karamenderes River.

Diagnosis: *Salmo duhani* differs from all other species of *Salmo* in adjacent waters by having a slenderer caudal peduncle in males (depth 8-10% SL, vs. 10-13, except *S. abanticus*), the size of adipose-fin not sexually dimorphic (the adipose-fin of male is approximately equal to that of female, vs. markedly larger in male) and numerous black spots on back and flank in adult females (vs. few black spots on back and flank in females). *Salmo duhani* is further distinguished from *S. abanticus* by having red spots on the body in specimens larger than 200 mm SL (vs. absent), circular black spots on the flank (vs. polygonal), circular rings around the black spots (vs. polygonal) and black spots approximately equal size or smaller than pupil (vs. markedly larger than pupil). *Salmo duhani* is further distinguished from *S. labrax* by having a slenderer body in males (depth at dorsal-fin origin 20-23% SL, mean 21.3, vs. 23-27, mean 25) and a smaller adipose-fin in males (depth 4-6% SL, mean 5.1, vs. 7-9, mean 7.6). It further differs from *S. coruhensis* by the number of the red spots which does not increase with increasing size in males (vs. increasing with increasing size). *Salmo duhani* further differs from *S. rizeensis* by having grayish background color in life (vs. brownish or greenish). It is also distinguished from *S. rizeensis* by maxilla slightly reaching beyond eye in males and females (vs. reaching markedly beyond eye in males larger than approximately 200 mm SL) and the snout pointed (vs. slightly rounded).

Description: General appearance of *Salmo duhani* is shown in Figure 1, morphometric and meristic data are presented in Tables 1 and 2, respectively. Body slender, dorsal profile behind head slightly convex, ventral profile less arched than dorsal profile. Head short, its length not sexually dimorphic but its shape sexually dimorphic (the upper profile slightly convex in interorbital area and slightly concave at the level of nostrils in adult males, convex in the interorbital area and slightly convex on snout in females, markedly convex in juveniles). Mouth small, terminal or slightly subterminal in adult males, subterminal in females, and conspicuously subterminal in juveniles

(Figure 1). Upper jaw equal or slightly longer than lower jaw in adult males, but clearly projecting lower jaw in females and juveniles. Tip of lower jaw slightly curved upward in males longer than over 220 mm SL, not curved in females. Maxilla short in both sexes, reaching slightly beyond eye in specimens larger than about 100 mm SL, and not sexually dimorphic; upper edge convex below the eye in males and females, straight or slightly convex in juvenile. Snout pointed in males, slightly pointed in females, and rounded in juveniles. Adipose-fin small, not reaching the base of caudal-fin, its upper edge straight anteriorly and slightly convex posteriorly in males and females, and convex in juveniles.

Lateral line with 115-121 scales; 20-23 scale rows between lateral line and anal-fin origin; 26-29 scale rows

between lateral line and dorsal-fin origin; 15-17 scales between lateral line and the adipose-fin insertion (Tab. 2). Pectoral fin with one simple and 11-12 branched rays, outer margin straight or slightly convex. Pelvic-fin with one simple and 8-9 branched rays, outer margin slightly convex. Anal-fin with three simple and 7½-8½ branched rays, outer margin convex anteriorly, concave posteriorly.

Dorsal-fin with 3-4 simple and 9½-10½ branched rays, outer margin straight or slightly convex. Caudal-fin forked and lobes pointed or slightly rounded in specimens smaller than approximately 180 mm SL, slightly forked and lobes rounded in specimens larger than about 190 mm SL. Gill rakers 6-7 + 11-12 = 17-19 on the outer side of first gill-arch.

Table 1. Morphometry of *Salmo duhani* (holotype, FFR 3183; paratypes FFR 3184, n=15; paratypes FFR 3195, n=15) and *Salmo trutta* from Rhine River, Germany. The calculations include the holotype.

Sex	Holotype		Holotype & Paratypes				<i>Salmo trutta</i>			
	male	male	female		male	female				
Number of specimens		n=15	n=15		n=7	n=3				
Standard length (mm)	228	95-184	97-287		111-149	125-156				
In percentage of standard length	Range (mean)		SD	Range (mean)		SD	Range (mean)		SD	
Head length	27.5	24.4-27.7 (26.1)	1.1	24.9-27.7 (24.8)	0.7	28.4-31.2 (29.9)	1.1	27.3-29.6 (28.7)	1.0	
Predorsal length	46.4	43.3-48.5 (46.3)	0.9	43.3-48.5 (44.1)	1.1	48.1-52.0 (50.5)	1.6	45.9-51.9 (49.5)	2.6	
Prepelvic length	55.2	51.5-55.2 (53.6)	1.1	51.5-55.2 (50.9)	1.1	54.7-56.9 (55.7)	0.7	54.4-55.4 (-55.0)	0.4	
Preanal length	75.7	72.3-75.9 (74.8)	0.7	72.3-76.6 (71.3)	1.0	74.3-77.7 (76.6)	1.2	75.6-77.2 (76.5)	0.7	
Body depth at dorsal-fin origin	21.6	19.6-23.3 (21.3)	0.8	19.6-23.3 (20.2)	1.0	23.7-26.3 (25.4)	0.9	23.4-26.9 (25.4)	1.6	
Body depth at anal-fin origin	17.0	14.8-17.9 (16.2)	0.7	15.0-17.9 (15.4)	0.8	16.1-18.9 (17.5)	1.2	17.1-19.8 (18.0)	1.3	
Depth of caudal peduncle	9.5	7.9-9.9 (9.0)	0.5	8.3-9.9 (8.6)	0.4	9.7-11.1 (10.3)	0.5	9.5-11.0 (10.3)	0.6	
Length of caudal peduncle	16.7	16.3-18.2 (17.4)	0.5	16.3-18.2 (16.3)	0.7	15.6-16.8 (16.3)	0.4	15.7-17.0 (16.2)	0.6	
Distance between adipose- and caudal-fins	15.6	13.6-16.1 (14.9)	0.5	13.3-16.1 (14.0)	0.9	13.8-15.3 (14.7)	0.6	13.2-15.1 (14.5)	0.9	
Body width at anal-fin origin	10.0	7.6-10.2 (9.0)	0.7	7.6-10.2 (8.6)	0.6	5.5-7.4 (6.7)	0.7	5.7-8.2 (6.9)	1.0	
Length of dorsal-fin base	15.3	12.5-15.3 (13.7)	0.8	12.5-15.3 (13.0)	0.6	13.9-16.4 (14.7)	0.9	13.9-15.2 (14.5)	0.6	
Depth of dorsal-fin	17.5	15.2-18.6 (17.3)	1.2	16.4-19.1 (16.7)	0.7	17.1-21.7 (19.3)	1.8	18.1-19.5 (18.9)	0.6	
Length of pectoral-fin	17.9	16.7-20.9 (19.2)	1.2	17.4-20.9 (17.9)	0.8	18.4-20.2 (19.6)	0.7	17.8-20.1 (19.1)	1.0	
Length of adipose-fin base	3.4	1.8-4.0 (3.0)	0.6	2.7-4.2 (3.1)	0.4	3.4-4.7 (4.0)	0.5	3.5-4.5 (4.0)	0.5	
Depth of adipose-fin	6.2	4.2-6.2 (5.1)	0.5	4.2-6.3 (5.0)	0.6	6.3-7.3 (6.8)	0.4	5.5-7.6 (6.6)	0.9	
Length of pelvic-fin	13.7	12.5-15.0 (13.6)	0.6	12.5-15.0 (13.0)	0.5	13.3-15.3 (14.3)	0.8	13.7-14.9 (14.3)	0.6	
Depth of anal-fin	16.5	14.1-17.4 (15.7)	0.7	14.1-17.4 (14.8)	1.0	15.4-18.0 (16.8)	1.1	14.8-16.5 (16.0)	0.8	
Length of anal-fin base	11.0	7.3-11.3 (9.5)	1.1	7.3-11.3 (8.9)	1.2	9.7-10.8 (10.1)	0.4	9.7-10.3 (9.9)	0.2	
Length of upper caudal-fin lobe	14.4	14.4-20.0 (17.4)	1.4	16.1-20.0 (16.6)	1.2	19.2-21.1 (19.8)	0.7	18.3-19.9 (19.1)	0.9	
Length of median caudal-fin rays	12.3	11.1-13.2 (12.1)	0.5	11.1-13.2 (11.4)	0.6	14.1-16.1 (15.0)	0.8	13.8-14.8 (14.2)	0.5	
Length of lower caudal-fin lobe	16.0	14.5-20.0 (17.6)	1.5	16.0-20.0 (16.5)	0.9	19.4-20.6 (20.2)	0.6	19.2-20.4 (19.8)	0.6	
Snout length	8.5	6.2-8.5 (7.1)	0.5	6.2-8.5 (6.7)	0.5	7.0-7.9 (7.5)	0.3	6.7-7.3 (7.0)	0.3	
Distance between nasal openings	5.4	3.5-5.4 (4.6)	0.5	4.1-5.4 (4.4)	0.3	4.2-4.5 (4.3)	0.1	3.7-4.4 (4.1)	0.3	
Eye diameter	5.3	4.7-6.6 (5.9)	0.6	5.2-7.0 (5.7)	0.5	7.2-8.2 (7.5)	0.4	6.8-7.7 (7.1)	0.4	
Interorbital width	8.2	6.8-8.2 (7.5)	0.3	6.8-8.8 (7.2)	0.5	6.8-7.8 (7.4)	0.4	6.5-7.5 (7.1)	0.4	
Head depth through eye	13.6	11.1-13.6 (12.3)	0.7	11.7-13.7 (11.9)	0.6	12.3-13.6 (13.0)	0.5	11.6-13.2 (12.5)	0.7	
Head depth at nape	16.8	15.4-17.1 (16.1)	0.5	15.4-18.3 (15.5)	0.7	16.9-18.7 (18.0)	0.7	16.4-18.3 (17.5)	0.8	
Length of maxilla	9.6	7.9-9.8 (9.0)	0.3	7.9-10.0 (8.6)	0.7	10.7-11.8 (11.1)	0.5	10.1-11.2 (10.7)	0.5	
Maximum height of maxilla	2.5	2.1-2.7 (2.5)	0.4	2.3-3.4 (2.5)	0.4	2.5-3.1 (2.9)	0.2	2.8-3.3 (3.0)	0.2	
Width of mouth gape	10.6	7.0-10.6 (8.8)	1.1	7.3-10.6 (8.3)	1.0	8.3-9.2 (8.7)	0.3	7.9-9.0 (8.5)	0.5	
Length of mouth gape	14.3	11.0-14.3 (12.2)	0.9	11.0-14.3 (11.7)	0.6	14.2-16.2 (15.3)	0.8	13.2-15.5 (14.5)	0.9	

Sexual dimorphism: In males, the mouth is terminal or slightly subterminal in adult specimens, the upper profile head is slightly convex in the interorbital area and slightly concave at the level of nostrils. In females, the mouth is subterminal, the upper profile head is convex in the interorbital area.

Coloration: General body color greyish in life. General color of freshly preserved specimens: dark grey on the back and greyish on flank, belly yellowish. One to 4 black spots behind the eye and on the cheek (usually larger than pupil) and 1-6 black spots on top of the head (smaller than pupil). Few, ocellated, medium to large (equal to or

smaller than pupil) black spots scattered on the back and upper flank in males and females, smaller than about 160 mm SL, and back, the upper part of flank and middle part of the body in females larger than about 170 mm SL (Figure 1). The number of spots not increasing with sizes. Dorsal fin greyish, with 3-5 rows of black spots, and 3-4 rows of red spots posteriorly on the lower part. Caudal fin grey or dark grey. Anal, pectoral and pelvic fins yellowish. Adipose fin greyish, without any black and red spot along the distal margin. Ten to 13 parr marks distinct, vertically oblong, broad and large in all specimens examined.

Table 2. Frequency distribution of meristic features of five *Salmo* species from the Marmara Sea and adjacent basins.

	N	Lateral line scales																mean									
		110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125		126	127	128						
<i>S. duhani</i>	33						3	8	9	5	3	3	2														117.4
<i>S. abanticus</i>	21				2	2			5	2	4	4	2														117.1
<i>S. labrax</i>	41	2	2	6	3	7	8	7	3	3																	114.3
<i>S. rizeensis</i>	31					5	7	5	5	5	2	2															116.4
<i>S. trutta</i>	10								1	2								1		2		1			1	1	122.5
		Transverse line scales																									
	N	Above lateral line					Below lateral line																				
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	mean	17	18	19	20	21	22	23	mean								
<i>S. duhani</i>	33	5	12	9	7					27.5					7	8	11	7	21.6								
<i>S. abanticus</i>	21	6	5	4	6					27.6			2	4	11	4			19.8								
<i>S. labrax</i>	41		6	13	8	7	5	2		28.9				9	13	15	2	2	20.4								
<i>S. rizeensis</i>	31	4	7	9	8	3				28.0			6	8	9	8			19.6								
<i>S. trutta</i>	10				2	1	5	1		31.8	2	5	2	1					31.8								
		Gill rakers							Scales between adipose-fin insertion and lateral line																		
	N	Gill rakers							Scales between adipose-fin insertion and lateral line																		
		14	15	16	17	18	19	20	mean	14	15	16	17	mean													
<i>S. duhani</i>	33				5	13	15		18.4		7	21	5	15.9													
<i>S. abanticus</i>	21					4	12	10	19.0		4	17		15.8													
<i>S. labrax</i>	41				5	18	14	6	18.5		9	22	12	16.1													
<i>S. rizeensis</i>	31			2	3	10	16		18.2	4	19	9	1	15.1													
<i>S. trutta</i>	10	1	4	4	1				15.5		4	6		15.6													

Distribution and habitat: *Salmo duhani* is known from the upper tributaries of streams Gönen in the southern Marmara Sea basin (Figure 2). It prefers clear and moderately swift flowing streams and rivers, with a substrate of pebbles and sand.

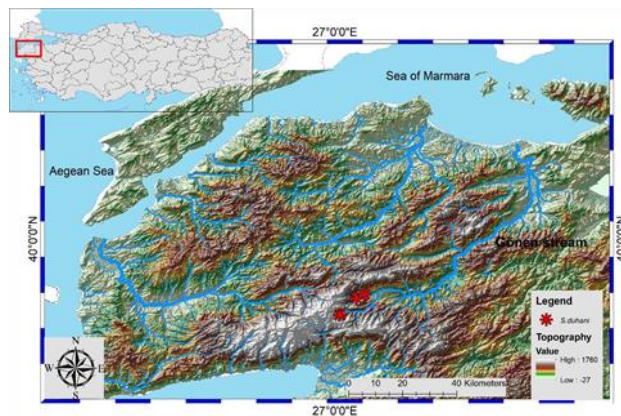


Figure 2. Distributions of *Salmo duhani*.

Etymology: *Salmo duhani* is named after Duhan Turan, son of the first author. A noun in genitive.

DISCUSSION

Trout biodiversity has long been an international debate particularly between morphologists and geneticists (Ferguson, 2004). Initially, phenotypic plasticity of species was not well-understood. Furthermore, several species concepts with no consensus decision has resulted in inflated taxonomic identifications (23 species according to IUCN, 2020; 30-35 species according to Kottelat & Freyhof, 2007; Sanz, 2018 and up to 60 species according to Behnke, 1986; Jonsson & Jonsson, 2011; Froese & Pauly, 2019). However, the most recent opinion paper by Guinand, Oral & Tougard, (2021), discussed thoroughly that phenotypic and genotypic diversity of brown trout is best explained in the concept of species complex and indicates multiple trout species.

Molecular studies demonstrated that the populations of previously recorded *S. trutta* form belongs to a number of distinct haplotype lineages, thus, several lineages were proposed by using mtDNA: North African, Atlantic, Adriatic, Mediterranean, Marbled, Danubian, Tigris, Dades, Duero (Bernatchez 2001; Bardakçı et al., 2006; Sušnik et al., 2005; Tougard et al., 2018). Later, many species have been described under these linages. However, there have always been researchers of the opposite view, and the diversity in the genus *Salmo* has been neglected (Tougaard et al., 2018; Kalaycı et al., 2018). Even, interestingly, Tougaard et al., (2018) listed all these linages under the *Salmo trutta*. Nevertheless, especially in studies conducted in the last decade, there are serious differences in diagnostically important features (e.g. head length, length and height of maxilla, scale counts, body color and pattern, length and height of adipose-fin) among several trout populations. Pure molecular studies conducted without considering these diagnostic differences have made some researchers mistakenly deny the diversity in trouts.

Besides the differences of the new species listed in the diagnosis section, it also differs from the other congeners listed below. *Salmo duhani* is distinguished from *S. pelagonicus* by having more par marks on the flank (10-13, vs. 9-10), a greyish body colour (vs. brownish), more red spots on the flank (vs. without or a few red spots on the flank), black spots scattered on the back and upper part of flank (vs. scattered on the flank, especially an anterior part of the body), a narrower ring around black and red spots (vs. very large ring), a smaller black spots (smaller than a pupil, vs. larger than pupil), the maxillary reaching to slightly beyond posterior margin of the eye (vs. markedly beyond posterior margin of the eye) and smaller adipose fin (small size, vs. medium size) (Figure 1).

Salmo duhani differs from all other *Salmo* species in Turkey by having a slenderer caudal peduncle in males (depth 8-10% SL, vs. 10-13), the size of adipose-fin not sexually dimorphic (the adipose-fin of males is approximately equal to that of females, vs. markedly

larger, except *S. chilo*) and numerous black spots on flank and back in adult females (vs. few black spots on flank and back in females, except *S. labecula*).

Salmo duhani also distinguished from *S. trutta* by having slightly fewer lateral line scales (115-121, vs. 117-128), fewer scale rows between lateral line and dorsal-fin origin (26-29, vs. 30-34), more scale rows between lateral line and anal-fin origin (20-23, vs. 17-20), more gill rakers first gill arch (17-19, vs. 14-17), a shorter head in males (25-28% SL, vs. 28-31), a shorter prepelvic length (52-55% SL, vs. 55-57), a slenderer caudal peduncle (8-10% SL, vs. 10-11), a smaller adipose fin (adipose-fin depth 4-6% SL, vs. 6-8), a smaller maxilla (length of maxilla 8-10% SL, vs. 10-12) and a smaller mouth gape in males (length of mouth gape 11-14% SL, vs. 14-16).

In this study, *Salmo coruhensis* is recorded for the first time from the streams Hisardere, drainage of the Lake İznik, and Sultaniye eastern drainage of İzmit bay, Marmara Sea basin. These records are the westernmost known distribution range of the species. There are record of resident *Salmo rizeensis* in Evrenye creek, Kastamonu (41.943N 33.893E) (Yoğurtçuoğlu et al., 2020), however, we could not find any *Salmo coruhensis* in the western Black Sea coasts of Turkey. The fact that there are many industrial factories that cause pollution in rivers may be the reason for this migratory species that cannot be found in the area.

Despite conservation status of some of the Salmonid species in Turkey were evaluated against IUCN criteria, there are still serious gaps about the ecology, threats, and exact number of independent populations of the species (IUCN, 2020). Kaya et al., (2019) reported several suggestions on the five species in the Turkish Mediterranean basin. They suggested that: *Salmo labecula* and *S. kottelati* should be evaluated as Critically Endangered because of their poorly known populations and invaded habitats by *Oncorhynchus mykiss*; *S. opimus* should be evaluated as Near Threatened because of its inhabits at least five different locations with intensive populations; both *S. chilo* and *S. platycephalus* should be evaluated as Endangered as each of them known to distribute only at a single location, even though their populations are intensive.

Material used in morphologic comparison: See Turan et al., (2010, 2017). The other material examined is listed below:

S. trutta: Germany, 7, 111-156; Rhine River, Plesibach Stream at Niederpleiss.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Dr. Utku Avcı for improving the language. We also thank to Maurice Kottelat for allowing

us to use pictures of *Salmo pelagonicus* and *S. macedonicus* and Jörg Freyhof for allowing us to examine his materials. This work was supported by The Scientific and Technical Research Council of Turkey (Project No. TOVAG-106 O 259).

REFERENCES

- Bardakci, F., Degerli, N., Ozdemir, O. & Basibuyuk, H.H. (2006).** Phylogeography of the Turkish brown trout *Salmo trutta* L.: mitochondrial DNA PCR-RFLP variation. *Journal of Fish Biology*, **68**(A), 36-55.
- Behnke, R.J. (1986).** Brown trout. *Trout*, **27**, 42-47.
- Berg, L.S. (1948).** Ryby presnykh vod SSSR i sopredelnykh stan. [Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries.] 4th ed. vol. 1. Opredeliteli po faune SSSR. [Guide to the fauna of the U.S.S.R.], Moskva. *Freshwater Fishes of the U.S.S.R. and Adjacent Countries*, **27**, 1-466.
- Bernatchez, L. (2001).** The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution*, **55**(2), 351-379.
- Delling, B. & Doadrio, I. (2005).** Systematics of the trouts endemic to Moroccan lakes, with description of a new species (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **16**, 49-64.
- Delling, B. (2003).** *Species diversity and phylogeny of Salmo with emphasis on southern trouts (Teleostei, Salmonidae)* (Doctoral thesis, Stockholm University, Department of Zoology, Sweden). Retrieved from <https://www.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1067465&dsid=8326>
- Delling, B. (2011).** Diversity of western and southern Balkan trouts, with the description of a new species from the Louros River, Greece (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **21**, 331-344.
- Ferguson, A. (2004).** The importance of identifying conservation units: Brown Trout and pollan biodiversity in Ireland. *Proceedings of the Royal Irish Academy Section B* **104**(3), 33-41.
- Froese, R. & Pauly, D. (2019).** *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Available at: www.fishbase.org (last accessed 20 November 2020).
- Geldiay, R. & Balık, S. (1999).** *Freshwater fishes of Turkey*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

- Yayımları, No: 46, Ders Kitabı Dizini, No:16, İzmir, 519 pp. [in Turkish].
- Guinand, B., Oral, M. & Tougard, C. (2021).** Brown trout phylogenetics: a persistent mirage towards (too) many species. *Journal of Fish Biology*. (in press). DOI: [10.1111/jfb.14686](https://doi.org/10.1111/jfb.14686)
- IUCN [International Union for the Conservation of Nature]. (2020).** *IUCN Red List of threatened species*. Version 2014.3. <http://www.iucnredlist.org> [last accessed 20 November 2020].
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2011).** *Ecology of Atlantic Salmon and Brown trout: Habitat as a Template for Life Histories*. Heidelberg: Springer-Verlag
- Kalayci, G., Öztürk, R. C., Capkin, E. & Altinok, I. (2018).** Genetic and molecular evidence that brown trout *Salmo trutta* belonging to the Danubian lineage are a single biological species. *Journal of Fish Biology*, **93**, 792-804. DOI: [10.1111/jfb.13777](https://doi.org/10.1111/jfb.13777)
- Kaya, C. (2020).** The first record and origin of *Salmo trutta* populations established in the upper Tigris River and Lake Van Basin (Teleostei: Salmonidae). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **5**, 366-372. DOI: [10.35229/jaes.777575](https://doi.org/10.35229/jaes.777575)
- Kaya, C., Bayçelebi, E., Oral, M. & Turan, D. (2019).** Re-assessment of conservation status of native trout species in Turkish Mediterranean drainages (Pisces: Salmonidae). *Mediterranean biodiversity: from systematics to conservation*, p. 36. Retrieved from https://arts.units.it/retrieve/handle/11368/2951260/284569/extended_abstract_book.pdf
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007).** *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol & Freyhof, Berlin, 660 pp.
- Kottelat, M. (1997).** European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologia*, **52**(Suppl. 5), 271pp. DOI: [10.1023/A:1007452304138](https://doi.org/10.1023/A:1007452304138)
- Kuljanishvili, T., Epitashvili, G., Freyhof, J., Japoshvili, B., Kalous, L., Levin, B., Mustafayev, N., Ibrahimov, S., Pipoyan, S. & Mumladze, L. (2020).** Checklist of the freshwater fishes of Armenia, Azerbaijan and Georgia. *Journal of Applied Ichthyology*, **36**, 501-514. DOI: [10.1111/jai.14038](https://doi.org/10.1111/jai.14038)
- Lațiu, C., Cocan, D., Uiuu, P., Ihuț, A., Nicula, S. A., Constantinescu, R., & Mireșan, V. (2020).** The Black Sea Trout, *Salmo labrax* Pallas, 1814 (Pisces: Salmonidae) in Romanian Waters. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, **77**(2), 9-19. DOI: [10.15835/buasvmcn-asb:2020.0017](https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:2020.0017)
- Ninua, L., Tarkhnishvili, D. & Gvazava, E. (2018).** Phylogeography and taxonomic status of trout and salmon from the Ponto-Caspian drainages, with inferences on European Brown Trout evolution and taxonomy. *Ecology and Evolution*, **8**, 2645-2658. DOI: [10.1002/ece3.3884](https://doi.org/10.1002/ece3.3884)
- Saç, G. & Özuluğ, M. (2019).** Freshwater fish fauna of İstanbul Province (Turkey). *Turkish Journal of Bioscience and Collections*, **3**, 19-36. DOI: [10.26650/tjbc.201930004](https://doi.org/10.26650/tjbc.201930004)
- Sanz, N. (2018).** Phylogeography history of brown trout: A review. In J. Lobón-Cerviá & N. Sanz (Eds.), *Brown trout - Biology, ecology and management* (pp. 17-63). Hoboken, NJ: Wiley. DOI: [10.1002/9781119268352.ch2](https://doi.org/10.1002/9781119268352.ch2)
- Sarı, H.M., Balık, S., Ustaoglu, R. & İlhan, A. (2006).** Distribution and Ecology of Freshwater Ichthyofauna of the Biga Peninsula, North-western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **30**, 35-45.
- Sarı, H.M., İlhan, A., Saç, G. & Özuluğ, M. (2019).** Fish fauna of Yıldız Mountains (Northeast Thrace, Turkey). *Su Ürünleri Dergisi*, **36**, 65-73. DOI: [10.12714/egejfas.2019.36.1.08](https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.1.08)
- Sušnik, S., Knizhin, I., Snoj, A. & Weiss, S. (2006).** Genetic and morphological characterization of a Lake Ohrid endemic, *Salmo (Acantholingua) ohridanus* with a comparison to sympatric *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology*, **68**, 2-23.
- Tougaard, C., Justy, F., Guinand, B., Douzery, E.J.P. & Berrebi, P. (2018).** *Salmo macrostigma* (Teleostei, Salmonidae): nothing more than a brown trout (*S. trutta*) lineage?. *Journal of Fish Biology*, **93**, 302-310.
- Turan, D. & Bayçelebi, E. (2020).** First Record of *Salmo pelagicus* Karaman, 1938 (Teleostei: Salmonidae) in the Karamenderes River, Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **5**, 551-555.
- Turan, D., Doğan, E., Kaya, C. & Kanyılmaz, M. (2014b).** *Salmo kottelati*, a new species of trout from Alakır Stream, draining to the Mediterranean in southern Anatolia, Turkey (Teleostei, Salmonidae). *Zookeys*, **462**, 135-151.
- Turan, D., Kalayci, G., Bektaş, Y., Kaya C. & Bayçelebi, E. (2020).** A new species of trout from the northern drainages of Euphrates River, Turkey

(Salmoniformes: Salmonidae). *Journal of Fish Biology*, **96**, 1454-1462. DOI: [10.1111/jfb.14321](https://doi.org/10.1111/jfb.14321)

- Turan, D., Kottelat M. & Engin, S. (2010).** *Two new species of trouts, resident and migratory, sympatric in streams of northern Anatolia (Salmoniformes: Salmonidae). Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **20**(2009 [2010]), 289-384.
- Turan, D., Kottelat M. & Engin, S. (2012).** The trouts of the Mediterranean drainages of southern Anatolia, Turkey, with description of three new species (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **23**, 219-236.
- Turan, D., Kottelat M. & Engin, S. (2014a).** Two new species of trouts from the Euphrates drainage, Turkey (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **24**, 275-287.
- Turan, D., Kottelat, M. & Bektaş, Y. (2011).** *Salmo tigridis*, a new species of trout from Tigris River, Turkey (Teleostei: Salmonidae). *Zootaxa*, **2993**, 23-33.
- Turan, D., Kottelat, M. & Kaya, C. (2017).** *Salmo munzuricus*, a new species of trout from the Euphrates River drainage, Turkey (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **28**, 55-63.
- Yoğurtçuoğlu, B., Kaya, C. & Freyhof, J. (2020).** Freshwater fishes of the Anatolian Midwestern Black Sea basin. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **30**(2), 111-30.