



Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences

(Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi)

E-ISSN 2548-0006

JAES

AÇEH

31.12.2023

Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi

*Journal of Anatolian
Environmental and Animal Sciences*

Cilt/Volume 8 • Sayı/Number 4 • 2023



Sahibi

Prof. Dr. Bülent VEREP & Prof. Dr. Fikri BALTA

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 BAĞCIĞIL, 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 Çanakale 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 Biologicas 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 Arıman 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 EMMANOÜL, 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. Rahşan Evren MAZLUM, , Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Tülay ÇAGATAY, Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Ülgen AYTAN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Ahmet Raif ERYAŞAR, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Gülbin FİRİDİN GAZİ ÜNİVERSİTESİ, Fen bilimleri enstitüsü, Çevre ABD.
Dr. Arzu AYDIN UNCUMUSAĞLU, Giresun Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Dr. Şikri 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. Ö. Üyesi Salih KUMRU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Ö. Üyesi Şafak KALINDAMAR, Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Dr. Ömer Lütfü CORBACI, 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, anatolianacademicsscience@hotmail.com

Yayın Türü: Yaygın süreli ve hakemli

Yayın Tarihi: 31.12.2023

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

	Makale Türü Article Type	Sayfa No Page No
Van İli Koyunculuk İşletmelerinde Kullanılan Teknolojilerin Tespiti Determination of Technologies Used in Sheep Farming Enterprises in Van Province Mehmet BARIĞ & Hasan ÇELİKYÜREK	Araştırma Research	576-589
Limit Values of Dissolved Nutrients for the Assessment of Eutrophication in the Northeastern Mediterranean Rivers Kuzeydoğu Akdeniz Nehirlerinde Ötrofikasyonun Değerlendirilmesi için Çözünmüş Besin Tuzları Sınır Değerleri İsmail AKÇAY & Özgür ÖZBAY	Research Araştırma	590-594
Karaca (<i>Capreolus capreolus</i>), Karayaka Koyunu ve Saanen Keçisi (<i>Capra aegagrus hircus</i>) Metapodial Kemiklerinin Morfometrik Olarak İncelenmesi Morphometric Examination of the Metapodial Bones of Roe Deer (<i>Capreolus capreolus</i>), Karayaka Sheep and Saanen Goat (<i>Capra aegagrus hircus</i>) Sedef SELVİLER SİZER, Fatmanur Sila KESKİN, Bedirhan ÇAMOĞLU, Semih KURT, Burcu ONUK & Murat KABAK	Araştırma Research	595-602
Microbial Decolorization of Reactive Violet 1: Biosorption Optimization by Central Composite Design Reaktif Mor 1'in Mikrobiyal Dekolorizasyonu: Merkezi Kompozit Tasarım İle Biyosorpsiyon Optimizasyonu Belma NURAL YAMAN	Research Araştırma	603-611
Identifying Trace Element Concentrations in Coastal Seawater in Western Anatolia. Batı Anadolu Kıyısındaki Deniz Suyunda Eser Element Konsantrasyonlarının Belirlenmesi Nurdan AKAKÇE	Research Araştırma	612-615
İzmir Körfez'inde Dağılım Gösteren Benekli Hani (<i>Serranus hepatus</i> Linnaeus, 1758)'nin Yaş, Büyüme ve Beslenme Özellikleri Age, Growth and Feeding Characteristics of brown comber (<i>Serranus hepatus</i> Linnaeus, 1758) Distribution in Izmir Bay Erhan IRMAK & Savaş MATER	Araştırma Research	616-620
Length-Weight, Length-Length Relationships and Condition Factor of <i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758) in the Munzur River Munzur Nehri'ndeki <i>Squalius cephalus</i> 'un (Linnaeus, 1758) Boy-Ağırlık, Boy-Boy İlişkileri ve Kondisyon Faktörü Ebru İfakat ÖZCAN & Osman SERDAR	Research Araştırma	621-625
Comparative Assessment of Nutritional Composition, Polyphenol Content and Antioxidative Properties of Edible and Medicinal Mushroom: <i>Coriolus versicolor</i> Yenilebilir ve Tıbbi Mantar <i>Coriolus versicolor</i> 'un Besin Bileşimi, Polifenol İçeriği ve Antioksidatif Özelliklerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi Özlem ERDAL ALTINTAŞ & Pınar AYTAR ÇELİK	Research Araştırma	626-634
<i>Allium sativum</i> L. (Sarımsak) Özüntünün Farelerde Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkisinin Araştırılması Investigation of the Effect of <i>Allium sativum</i> L. (Garlic) Extract on Intestinal Microbiota in Mice Suna KIZILYILDIRIM & Hikmet Yeter ÇOĞUN	Research Araştırma	635-641
Evaluation of Earthquake Impacts on Land Use and Land Cover (LU/LC) Using Google Earth Engine (GEE), Sentinel-2 Imageries, and Machine Learning: Case Study of Antakya Deprem Arazisi Kullanım ve Arazi Örtüsü (AKAÖ) Üzerine Etkilerinin Google Earth Engine (GEE), Sentinel-2 Görüntüleri ve Makine Öğrenmesi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Antakya Örneği Neslisah CİVELEK, Melis İNALPULAT & Levent GENC	Research Araştırma	642-650
Effect of Environmental Factors on Preweaning Growth Traits of Morkaraman Lambs Morkaraman Kuzularının Süten Kesim Öncesi Büyüme Özellikleri Üzerine Çevresel Faktörlerin Etkisi Ferda KARAKUŞ	Research Araştırma	651-657
Determining the effects of feeding <i>Eisenia fetida</i> with Oyster Mushroom Waste and Brewed Tea Waste on the Development of It and Some Nutrients in Vermicompost <i>Eisenia fetida</i> 'nın İstiridyeye Mantarı Atığı ve Demlenmiş Çay Atığı ile beslenmesinin verimkomposttaki gelişimi ve bazı besin maddeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi Turan YÜKSEK & Servet ÇELTEK	Research Araştırma	658-663
A newly recorded Gymnodamaeidae (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae) mite from Turkey Türkiye'den yeni kaydedilen bir Gymnodamaeidae akar (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae) Şule BARAN	Research Araştırma	664-667
New data on the distribution of <i>Squalius seyhanensis</i> (Teleostei: Leuciscidae) <i>Squalius seyhanensis</i> (Teleostei: Leuciscidae)'in dağılımına ilişkin yeni veriler Esra BAYÇELEBİ	Research Araştırma	668-670
Comparison of Brain and Pancreas Tissues Exosome derived -miRNA -9 and -146 levels in Healthy and Diabetes Rats Sağlıklı ve Diyabetli Sıçanlarda Beyin ve Pankreas Dokusundan İzole Edilen Eksozom -miRNA -9 ve -146 Profillerinin Karşılaştırılması Sidika Gene & Ali Taghizadehghalehjouhi	Research Research	671-678
Türkiye'nin Doğu Karadeniz Kıyılarında Deniz Kafeslerinde Balık Yetiştiriciliği Potansiyeli ve Sürdürülebilir Çevre Potential for Fish Farming in Sea Cages and Sustainable Environment on the Coasts of Eastern Black Sea of Türkiye Bülent VEREP & Fikri BALTA	Derleme Review	679-690
Gökkuşluğu Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum, 1972) Yumurtalarında Bazı Kimyasal Maddelerin Dezenfeksiyon Amaçlı Kullanımının Araştırılması Investigation of the Use of Some Chemical Substances for Disinfection Purposes in Rainbow Trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum, 1972) Eggs Ekrem ABDULLAHOĞLU & Fikri BALTA	Araştırma Research	691-699
Antibacterial, Antioxidant, Antidiabetic Potentials and Chemical Composition of <i>Nicotiana glauca</i> Graham Leaf Extract <i>Nicotiana glauca</i> Graham Yaprak Ekstraktının Antibakteriyel, Antioksidan, Antidiyabetik Potansiyelleri ve Kimyasal Bileşimi Melis SUMENGEN OZDENEF, Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI & Fikret BUYUKKAYA KAYIS	Research Araştırma	700-706
Su Kalitesi ve Kirliliğinin İyonik Bileşen İçeriği Tespiti İle Değerlendirilmesi Evaluation of Water Quality and Pollution by Determination of Ionic Component Content Ayşegül EMİN GÜZEL & Ekrem MUTLU	Araştırma Research	707-713
The Effects of Black Mulberry (<i>Morus nigra</i> L.) Leaf Powder on Performance, Egg Quality, Egg Antioxidant Capacity, and Yolk Cholesterol Levels in Laying Hens Karadut (<i>Morus nigra</i> L.) Yaprak Tozunun Yumurtacı Tavuklarda Performans, Yumurta Kalitesi, Yumurta Antioksidan Kapasitesi ve Kolesterol Düzeyine Etkileri Gözde KILINÇ	Research Araştırma	714-719
Spatio-temporal Distribution and Population Dynamics of the Red Mullet <i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758 from the South-east Black Sea Güneydoğu Karadeniz' de Barbun (<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758) Balığının Mekansal-Zamansal Dağılımı ve Popülasyon Dinamiği Hatice ONAY, Göktuğ DALGIÇ & Yusuf CEYLAN	Research Araştırma	720-727
Evaluation of Wooded Area in University Campuses: The Case of KTÜ Kanuni Campus in Trabzon Üniversite Yerleşkelerindeki Koruluk Alanların Değerlendirilmesi: Trabzon KTÜ Kanuni Yerleşkesi Örneği Gülçay ERCAN OĞUZTÜRK & Müberra PULATKAN	Research Araştırma	728-735
An Experimental Investigation on Aeration Performance of Sharp-crested Weirs: Discharge Effect İnce Kenarlı Savaklardaki Havalandırma Verimliliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi: Debi Etkisi Serhat KÜÇÜKALİ	Research Araştırma	736-741
Poliakrilamid ve Tutunum Kimyasallarıyla Desteklenen Nanofibrillenmiş Selüloz Geri Dönüştürülmüş Atık Kağıtların Mekanik/Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi Effect of Nanofibrillated Cellulose Reinforced with Polyacrylamide and Retention Chemicals on the Mechanical/Physical Properties of Recycled Waste Papers Ayhan TOZLUOĞLU	Research Research	742-748

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

Ulusal Sualtı Bilimsel Araştırma ve Değerleri Sempozyumu

EK (E) SUPPLEMENT (S)	Makale Türü Article Type	Sayfa No Page No
Nesli Tükenme Tehlikesi Altındaki <i>Pinna nobilis</i> (Linnaeus, 1758)'in Çanakkale Boğazı'nda Su Altı İzleme Çalışması Underwater Monitoring Study of Endangered <i>Pinna nobilis</i> (Linnaeus, 1758) in the Çanakkale Strait between 2020-2021 Ata AKSU, Uğur ALTINAĞAÇ, İrem ALTAN AKSU, Güvenç SORARLI, Deniz TAŞCI & Hayati YAĞLI	Araştırma Research	749-755
Kırmızı Alglerden <i>Gracilaria verrucosa</i> 'nın Biyomas Verimi ve Kimyasal Kompozisyonu Üzerine Fotoperiyot Uygulamalarının Etkisinin Belirlenmesi Effect of Photoperiod Applications on Biomass Yield and Chemical Composition of Red Algae <i>Gracilaria verrucosa</i> İlknur AK, Melis YILMAZ & Gülen TÜRKER	Araştırma Research	756-763
Müsilajın Çanakkale Boğazı'nda dağılım gösteren <i>Posidonia oceanica</i> çayırlarına etkisi Determination of the Effects of Mucilage on Seagrass <i>Posidonia oceanica</i> in Çanakkale Strait İlknur AK, Cahide Çiğdem YIĞIN, Adnan AYAZ, Uğur ALTINAĞAÇ, Alkan ÖZTEKİN, Yusuf ŞEN, Koray CABBAR, Melis YILMAZ, Gençtan Erman UĞUR, Özge ÖZGÜR, Sibel ATAĞ & Damla KORKUT	Araştırma Research	764-772
Sanayi Alanında Kullanılan Sualtı Görüntüleme Sistemleri ve Çalışma Alanları Underwater Imaging Systems Used In Industry and Working Areas Hayati YAĞLI, Güvenç SORARLI, Ata AKSU & Deniz TAŞCI	Araştırma Research	773-779
Deniz Çöpleri ve Deniz Temizliği Etkinlikleri: Çanakkale Örneği-2022 <i>Marine Litter and Sea Cleanup Activities: The Case of Çanakkale in 2022</i> Alkan ÖZTEKİN, Yusuf ŞEN, Uğur ALTINAĞAÇ, Adnan AYAZ, Uğur ÖZEKİNCİ, Gençtan Erman UĞUR & Tekin DEMİRKIRAN	Araştırma Research	780-786
Marmara Denizi'nde (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) Kaybolan Av Araçlarının Tespitine Yönelik Çalışma. Study for the Detection of Ghost Nets in the Sea of Marmara (Kapıdağ Peninsula and Islands Region) Fulden UÇAR' Alkan ÖZTEKİN	Araştırma Research	787-794
İstanbul Yapay Resif Projesi ve Müsilaj Felaketi Istanbul Artificial Reef Project and Mucilage Disaster Benal GÜL	Araştırma Research	795-802

ÖNSÖZ

20-22 Ekim 2022 tarihleri arasında Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alan Başkanlığı, Çanakkale Deniz Polisi Eğitim Merkezi ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ortaklığında yapılan protokol neticesinde “Ulusal Sualtı Bilimsel Araştırma ve Değerleri Sempozyumu” Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi’nde gerçekleştirilmiştir.

Sempozyumun ana teması “Mavi Vatanın Sakladığı Değerler” olarak belirlenmiştir. Sempozyumda ülkemiz denizlerinde gerçekleştirilmiş sualtına yönelik temel araştırma alanlarını içine alan; Su Ürünleri Araştırmaları, Biyolojik Çeşitlilik, Teknoloji, Jeoloji, Arkeoloji ve Kültürel Miras, Eğitim ve İş Güvenliği, Turizm, Dalış Sağlığı ve Güvenliği, Sualtı Sporları, Sanayi ve Kamu Dalgıçlığı ile Fotoğrafçılık gibi konular akademisyenlere, kamu, özel ve Sivil Toplum Kuruluşları (STK) temsilcilerine bilimsel çalışmalarını paylaşımları ve katkı sağlamaları için eşsiz bir fırsat sunulmuştur.

Bu kapsamda düzenlenen sempozyum programında yer alan bildiri ve posterlerden bir kısmı, Çanakkale Destanı'nın yazıldığı ve sualtı tarihi açısından zenginliklerle dolu Çanakkale’imizde, sualtı dünyasına gönül vermiş siz değerli araştırmacıların faydalanması için *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences (JAES)* dergisinde yayınlanmıştır.

Sempozyumun düzenlenmesinde emeği geçen başta, Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alan Başkanlığı ve Çanakkale Deniz Polisi Eğitim Merkezi olmak üzere, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi ile Deniz Teknolojileri Meslek Yüksekokulu Sempozyum yürütme kurulu ve Bilim Kurulu üyelerimize, ayrıca bu özel sayının özenle incelenip değerlendirilmesinde emeği geçen Dergi Başeditörü Prof.Dr. Bülent VEREP’e, dergideki tüm kurul üyelerine ve hakemlere en içten minnet ve şükranlarınızı sunar, USUBADES 2022’nin Su altı değerlerimizi öğrenebilmek adına yararlı olmasını dileriz.

USUBADES 2022
Düzenleme Kurulu



Van İli Koyunculuk İşletmelerinde Kullanılan Teknolojilerin Tespiti ^[*]

Mehmet BARIĞ Hasan ÇELİKÜREK*

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van, Türkiye

Geliş Tarihi: 30.06.2023

Kabul Tarihi: 18.09.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atf yapmak için: Barıĝ, M. & Çelikyürek, H. (2023). Van İli Koyunculuk İşletmelerinde Kullanılan Teknolojilerin Tespiti. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 576-589. <https://doi.org/10.35229/jaes.1321094>

How to cite: Barıĝ, M. & Çelikyürek, H. (2023). Determination of Technologies Used in Sheep Farming Enterprises in Van Province. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 576-589. <https://doi.org/10.35229/jaes.1321094>

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-5154-7979>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-3234-9018>

*Sorumlu yazarın:
Hasan ÇELİKÜREK
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü, Van, Türkiye
✉: hasancy@yyu.edu.tr

Öz: Araştırmada Van ili koyunculuk işletmelerinde teknolojilerin ne oranda kullanıldığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma için 280 işletme sahibi ile yüz yüze anket görüşmeleri yapılmıştır. Van ilçelerindeki 400 baş ve daha fazla koyuna sahip işletmelerin %30'u rastgele seçilerek çalışma yürütülmüştür. Buna göre en çok bulundurulmuş koyun ırklarının Akkaraman (%41,1) ve Norduz (%30,4) olduğu tespit edilmiştir. Hayvan sayısı bakımından en çok 601-800 (%37,9) baş koyun grubunun olduğu ve kombine bir yetiştiricilik (%81,1) yapıldığı tespit edilmiştir. İşletmelerin %68,6'sının kapalı barınak tipinde olduğu ve işletmelerin %87,1'inde elle sağım yapıldığı tespit edilmiştir. Sütün %48,9'unun peynir, %21,1'i ise aile ihtiyacı+peynir yapımı olarak değerlendirildiği saptanmıştır. Yetiştiricilerin (%82,5) ilköğretim mezununun çoğunlukta olduğu ortaya çıkmıştır. Koyunculuk ile uğraşma süresi dikkate alındığında ise %90,4 oranla 15 yıldan fazla koyunculuk yapıldığı tespit edilmiştir. İşletmelerde internet kullanımının çok az olduğu ve %60,7 oranında internet kullanmadığı tespit edilmiştir. Hayvancılık işletmelerinde kullanılan teknolojilerin çoklu kullanımına ilişkin belirleme sonucunda ise %69,3 oranında hiçbir teknoloji kullanmadıkları %30,7'sinin ise süt sağım makinesi, kırkım, tartım gibi teknolojileri kullandıkları ortaya çıkmıştır. Özellikle kent merkezlerinde daha yaygın olmak üzere, işletmelerin kısmen de olsa teknolojiyi kullandıkları tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hayvancılık teknolojileri, koyunculuk işletmesi, van.

Determination of Technologies Used in Sheep Farming Enterprises in Van Province

Abstract: In the study, it was tried to determine to what extent technologies are used in sheep farming enterprises in Van province. For the study, face-to-face survey interviews were conducted with 280 sheep farming enterprise owners. The study was carried out by randomly selecting 30% of the enterprises with 400 heads and more sheep in Van districts. Accordingly, it was determined that the most commonly kept sheep breeds were Akkaraman (41.1%) and Norduz (30.4%). In terms of the number of animals, it was determined that there were 601-800 (37.9%) head sheep group and combined breeding (81.1%) was practiced. It was determined that 68.6% of the sheep farms were of closed shelter type and 87.1% of them were milked by hand. It was determined that 48.9% of the milk was utilized as cheese and 21.1% as family need+cheese making. It was found that the majority of the breeders (82.5%) were primary school graduates. Considering the duration of sheep breeding, it was determined that 90.4% of the breeders have been engaged in sheep breeding for more than 15 years. It was determined that internet use in the enterprises was very low and 60.7% did not use internet. As a result of the determination of the multiple use of technologies used in animal husbandry enterprises, it was revealed that 69.3% did not use any technology and 30.7% used technologies such as milking machine, shearing and weighing. It was determined that sheep farms, especially in urban centers, use technology, albeit partially.

*Corresponding author:
Hasan ÇELİKÜREK
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of
Agriculture, Department of Animal Science,
Van, Türkiye
✉: hasancy@yyu.edu.tr

Keywords: Livestock technologies, sheep farming, van.

[*] Bu makale, Mehmet BARIĞ'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from Mehmet BARIĞ'ın master thesis.

GİRİŞ

Geçmişten günümüze hayvancılık sektörü önemli aşamalar ve değişimler kaydederek varlığını sürdürmüştür. Bu değişim ve gelişmenin ekseninde hayvancılıkta kullanılan teknolojilerin büyük bir önemi olduğu söylenebilir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi yükseldikçe, tarımın içerisindeki bitkisel üretim payının hayvansal üretime oranla azaldığı görülmektedir. Bu nedenle hayvansal üretimin tarımsal üretimin lokomotifi olarak görev yaptığı anlaşılmaktadır (Ergün & Bayram, 2021).

Daha fazla hayvansal ürünler elde etmek ve iyi beslenme şartlarına sahip olmak için yenilikçi anlamda entansif yetiştiricilik fikrini doğurmuş ve makineli otomatik teknolojilerin kullanılmasıyla daha da yaygınlaşarak varlığını sürdürmüştür. Günümüzde bilim ve teknolojiadaki gelişmeler, rekabetin ve taleplerin artması ile üretimde ileri teknolojilerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Abacı, 2015). Hayvancılık faaliyetlerinde modern ileri teknolojilerin kullanılmasıyla hem sürü yönetimine hem yetiştiriciye hem tüketiciye birçok alanda fayda sağlamıştır. Bu sistemlerden beklenen faydaların elde edilebilmesi ancak sistemlerin sahip olduğu fonksiyonların etkin bilinmesi ve kullanımları ile mümkündür (Göncü & Gökçe, 2017). Belirli bölge ve iller başta olmak üzere Türkiye’de de bu sektör hem kültürel anlamda hem de stratejik anlamda önemli bir role sahiptir (Ertaş & Deniz, 2018).

Dünyada yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde ülkemiz de teknoloji toplum devrimlerine girmiş ve koyunculuk işletmelerinde teknolojiler kullanılmaya başlamıştır. Bu durum ise Akıllı Hayvancılık Teknolojilerini kullanmayı ve hayvancılık işletmelerinde ki yapıyı yeniden değerlendirmeyi gündeme getirdi (Aziz, 2022). Tarımsal sektörde küresel gelişmeler ve teknolojik ilerlemeler teknoloji kullanımı ve endüstriyelleşmenin daha da artacağını göstermektedir (Yaman vd., 2021). Kaliteli ve düşük fiyatta daha çok gıda üretmek için dünya devletlerindeki hayvan yetiştiricileri ve hayvan ticareti yapan firmalar 2.0, 3.0 ve 4.0 devrimine yönelerek IoT (Internet of Things = nesnelerin interneti) gibi teknolojilerden yararlanmışlardır. Teknolojik inovasyonla hayvancılıkta ve hayvancılık uygulamalarında yeni bir dönem başlamıştır. Hayvancılıkta kullanılan teknolojiler kendine has özelliği ile gelişme göstermektedir. Görüntü işleme ve sürü yönetim yazılımları, gen teknolojileri ve yem otomasyon sistemleri ile yemleme sistemleri en çok gelişme gösteren alanları oluşturmaktadır (Göncü & Gökçe, 2017).

Hayvancılık teknolojilerinin Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahip olmasına karşın halen istenilen düzeye getirilememiştir (Günaydın, 2009). Tarım politikaları ile ilgili her devlet kalkınma, gelişim, büyüme, ilerleme ve sürdürülebilirlik prosedürlerini kendisi

belirlemektedir. Günümüzde rekabetin ve taleplerin artması, bilim ve teknolojiadaki gelişmelerin üretimde ileri teknolojilerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Abacı, 2015; Bayraç & Doğan, 2018; Karakuş & Çelikyürek, 2018; Yaman vd., 2021). Hızlı nüfus artışı da iç tüketim için daha fazla üretim yapılmasını zorlamakta (Ergün & Bayram, 2021), gelir düzeyinin düşüklüğü nedeniyle daha ucuz gıdaların üretilmesi gerektiği için hayvansal üretimde modern teknolojilerin kullanımını zorunlu (Ordolff, 2011) gibi görülmektedir. Tüketicilerin daha fazla fiyat ödemeye razı oldukları çevre dostu ve kimyasal içermeyen bitkisel ve hayvansal ürünlere olan talebin de artmış olması konuyla ilgili alternatif arayışları hızlandırmıştır. Bu amaçla son zamanlarda; akıllı tarım, hassas tarım, dijital tarım, e-tarım, çiftlik veya sürü yönetimi yazılımları ve sürücüsüz (otonom) araçlar gibi kavramlar sık sık gündeme gelmektedir.

Hayvanların verimliliğini, karlılığını, üzerlerindeki çevresel etkilerini, sağlık ve refah parametrelerini, sürekli-gerçek zamanlı ve otomatik bir şekilde izleyerek-kontrol ederek çiftçilere hayvancılık yönetiminde destekler; tasarlanmış Hassas Hayvancılık (Precision Livestock Farming (PLF) teknolojilerini kullanılmasına olanak tanır (Berckmans, 2014; Berckmans, 2017; Norton vd., 2019; Odintsov Vaintrub vd., 2021). Teknoloji kullanımı ile koyunculukta fazla verimlilik, izleme ve kendi kendini yemleme olanağı ve zaman tasarrufu sağlar; bunların yanında hayvanların beslenmesini kolaylaştırır (Aziz, 2022), hayvan yetiştirme ve pazarlamayı kolaylaştırır (Thornton, 2010), hayvan ıslahı olanaklarını geliştirir, yemden yararlanmayı artırır, koyunculukta genetik ilerlemeye katkı sağlar, maliyetleri düşürür, sağlıklı hayvan gelişimini destekler (Rainard & Riollet, 2006).

Hayvancılıkta kullanılan birçok teknoloji vardır (Silva & Naas, 2006). Bunlar Elektronik Hayvan Tanıma Teknoloji (AIM, 2000; Çelikyürek & Karakuş, 2017; Gökçe vd., 2020), Sağım Sistemi Teknolojisi (Gökçe vd., 2020; Uzmay vd., 2010), Otomatik Hayvan Tartım Teknolojisi (Viazzi vd., 2014), Aktivite Ölçer Teknolojisi (Kastelic, 2001), Kızgınlık Tespiti (Gökçe vd., 2020), Yem Tüketimi Ölçer Teknolojisi (Gökçe vd., 2020; Uzmay vd., 2010), Görüntü İşleme Teknolojisi (Göncü & Gökçe, 2017), Tırnak Kesme Makası (Anonim, 2022), Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System=GPS) (Göncü & Gökçe, 2017; Yakan, 2020), Robotik Süt Sığırcılığı Teknolojisi (Alıç & Yener, 2006), Sürü Yönetim Yazılımları ve İnternet Bağlantıları, Soğutma Tankı Teknolojisi, Sulama Tankı (Aziz, 2022), Gübre Temizleme Teknoloji, Yem İtme Robotu, Mama Robotu, Süt Ölçer ve Takibi Robotu (Aziz, 2022), Yeni Nesil Mobil Traktörler, Elektronik Tartım Sistemi, Kulak Küpesi (RFID=Radio Frequency Identification), Etiketler

ve Okuyucular, Genetik İyileştirme Cihazları (Soysal, 2016), Sensörler (Odintsov Vaintrub vd., 2021; Aziz, 2022), Elektronik Cihazlar, Sağlık Teknolojisi, Süt Sağım Makinesi, Suni Tohumlama Tekniği, Hayvanların Boyunlarına ve Ayaklarına Takılan Tanımlama Cihazları (Odintsov Vaintrub vd., 2021), Süt Sağım Üniteleri (Onur, 2016), Günlük Toplam Rasyon Hazırlama Cihazı (Total Mixed-Ration (TMR)), Buzağı (Kuzu) Besleme Robotları şeklinde sıralanabilmektedir. Mevcut robotik teknolojiler sayesinde hayvan yetiştiricileri; hayvanların takibini, tükettiği yemi (Onur, 2016), sütteki yağ ve protein oranını, laktasyon takibini ve hastalık ihtimali gibi durumları kontrol altına alır (Norton vd., 2019).

Hayvancılıkta kullanılan teknolojilerin sayısı her geçen gün artmakta ve ağır hayvancılık işlerini makineler ile çok daha rahat bir şekilde yapma imkânı oluşmaktadır. Aynı zamanda zaman tasarrufu sağlanması, ürün maliyetlerinin düşürülmesi noktasında çok önemli bir rol üstlenir. Çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler ışığında, teknolojiyi bulundurmamak ve kullanmak, kar elde etmek isteyen işletmelerin üzerinde önemle durdukları ve gözardı etmek istemeyecekleri bir durum olduğu söylenebilir.

Hayvancılık sektörü, Van ilinin en önemli iktisadi sektörü olma potansiyeline sahiptir. Türkiye’de iklimsel özellikler, arazi yapısı, masrafsız üretim, yaşam biçimi ve doğal meraların koyuncululuğa elverişli olması gibi nedenlerle yaygın olarak koyun yetiştiriciliği yapılmaktadır (Bingöl & Bingöl, 2015). Türkiye koyun varlığı (44.687.888 baş) içerisinde Van ili 3.106.786 baş ile birinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2022). Koyun varlığı bakımından bu denli önemli bir ilde daha önce Van ve ilçelerindeki koyunculuk işletmelerinde kullanılan teknolojilerin neler olduğu konusunda yapılan literatür taramasında daha önce yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Oysaki hayvancılık işletmelerinde hayvancılığa hizmet amaçlı teknolojileri kullanmak işletmelere zaman, kâr ve hayvanlarda verim artışı ve verim artırıcı eylemlere yönelmeyi sağladığı bir gerçektir (Çelikyürek vd., 2019)

MATERYAL VE METOT

KARAR NO 2022/03-01 sayı ve karar numarası ile Yerel Etik Kurulu onayı alınmıştır. Çalışmanın materyalini Van ili merkez ilçeleri de dahil olmak üzere toplam 13 ilçedeki koyunculuk işletmeleri oluşturmaktadır. Çalışmada temel olarak Van ili ve ilçelerindeki işletmelerin kayıt tutma faaliyetleri ile hayvancılık teknolojilerinden yararlanma durumları tespit edilmeye çalışılmıştır. Hayvancılıkta teknoloji kullanımının küçük işletmelerde ekonomik nedenlerle çok fazla tercih edilmeme olasılığına bağlı olarak işletme seçiminde hayvan sayılarının 400 baş ve üstü olan işletmeler dikkate alınmış ve bu işletmelerin %30’u ile

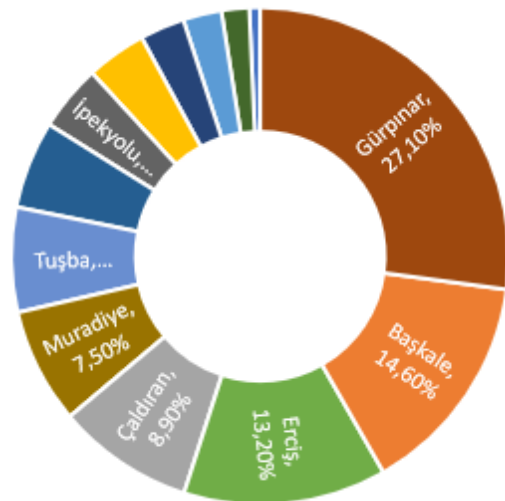
anketler yapılmıştır. İşletmeler tamamen kura usulü ile belirlenmiştir. Araştırma toplam 280 koyunculuk işletmesi ile yürütülmüş, işletme bilgileri resmi yazışmalar yapılarak Van İl Tarım ve Orman Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Çalışma için 51 sorudan oluşan anket sorusu çıktılar halinde kağıtlara basılmıştır. Ardından işletme sahipleri/yetkilileri ile yapılan görüşmelerde hazırlanan bu sorular kendilerine sorulmuştur. İşletme sahiplerine çoğunluğu kapalı olmak üzere açık ve kapalı uçlu sorular sorulmuştur.

İstatistiksel Analiz: Gerekli istatistiksel analizler için **SPSS, (2019)** istatistik analiz programı kullanılmıştır. İlk olarak sorulan sorular için tanıttıcı istatistikler, tablo ve şekiller hazırlanmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkileri belirleyebilmek için Ki-kare (Chi-square) analizleri yapılmıştır. Ki-kare analizi sonucu aralarında önemli düzeyde ilişki olanlar için uyum analizleri (Correspondence analysis) yapılmıştır.

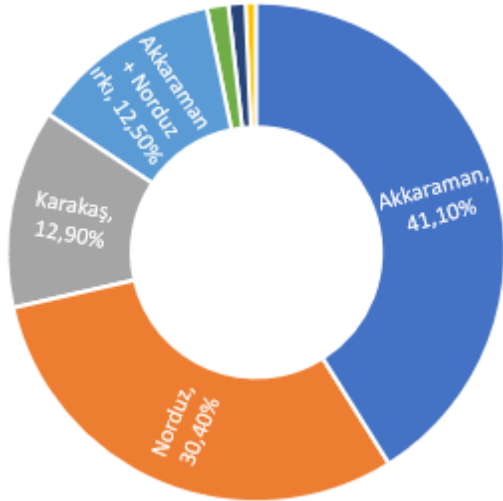
BULGULAR

İşletmelerin Genel Durumları ve Analizleri: Aşağıdaki Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3’te çalışmanın yapıldığı işletme bilgileri, işletmelerde bulunan hayvan ırkı ve hayvan sayıları verilmektedir. Şekil 1’de bazı ilçelerde koyunculuk işletmesi sayısı görülmektedir. Buna göre en fazla koyunculuk işletmesine sahip ilçe Gürpınar (%27,1) olup bunu Başkale (%14,6) ve ardından Erciş (%13,2) takip etmektedir. İşletmelerde bulunan hayvan ırkı bakımından en fazla Akkaraman (%41,1) ırkı bulunurken ardından Norduz (%30,4), Karakaş (%12,9) ve “Akkaraman X Norduz” (%12,5) ırkı karışımı şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). İşletmelerdeki koyun sayıları bakımından en fazla %37,9 ile 601-800 baş koyun grubu, ardından %21,8 ile 801-1000 baş koyun grubu ve %19,3 ile 401-600 baş koyun grubu takip etmektedir (Şekil 3).

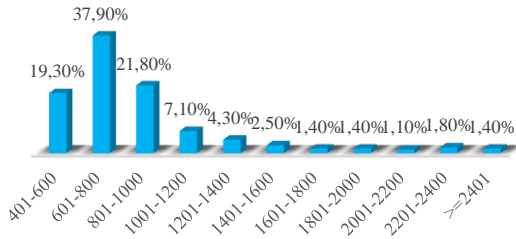


Şekil 1. İşletmelerin bulunduğu ilçe.

Figure 1. District where the livestock enterprises are located.



Şekil 2. İşletmelerdeki hayvan ırkları.
Figure 2. Animal breeds in livestock enterprises



Şekil 3. Çalışmaya katılan işletmelerdeki hayvan sayıları.
Figure 3. Number of animals in the livestock enterprises participating in the study.

Tablo 1 değerlendirildiğinde işletmelerin %70'inde elektrik-su olduğu, %30'unda ise olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca Tablo 1 incelendiğinde işletmelerin %68,6'sının kapalı sistem, %30'unun ise yarı açık sistem olduğu görülmektedir. İşletmede hayvanların %81,1'inin kombine, %10,4'ünün besi ve %8,6'sının sütü için yetiştirildiği tespit edilmiştir. Koyunculuk yapma şekli bakımından %68,6'sı gibi salt çoğunluğun yerleşik + yayla hayvancılığı yaptığı, %15'inin yayla ve %12,9'unun yerleşik olarak hayvancılığı sürdürdükleri belirlenmiştir.

Tablo 1. Çalışmaya katılan işletmelerde enerji üretimi, elektrik-su varlığı, barınak tipi, yetiştirme tipi, koyunculuk yapma şekli bilgileri.

Table 1. Information on energy production, electricity-water availability, shelter type, breeding type, sheep breeding type in the enterprises participating in the study.

İşletmede enerji üretimi ile ilgili bir teknoloji kullanıyor musunuz?		
Evet	6	2,1
Hayır	274	97,9
İşletmede elektrik / su var mı?		
Evet	196	70,0
Hayır	84	30,0
İşletmenin barınak tipi		
Açık	4	1,4
Kapalı	192	68,6
Yarı Açık	84	30,0
İşletmede hayvan yetiştirme tipi		
Besi	29	10,4
Süt	24	8,6
Kombine	227	81,1
Koyunculuk yapma şekli		
Göçer	8	2,9
Yayla	44	15,7
Yerleşik	36	12,9
Yerleşik + Yayla	192	68,6

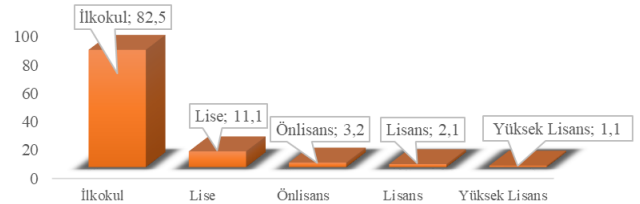
Tablo 2. Çalışmaya katılan işletmelerde sağım durumu, sütün pazarlanması ve gübrenin değerlendirilmesi ile ilgili veriler.

Table 2. Data on milking status, marketing of milk and evaluation of manure in the enterprises participating in the study.

İşletmede sağım yapılıyor mu, yapılıyorsa nasıl yapılıyor?		
El ile	244	87,1
Makine ile	9	3,2
Her ikisi ile	21	7,5
Sağım yok	6	2,1
Elde ettiğiniz sütü nasıl değerlendiriyorsunuz?		
Aile İhtiyacı	15	5,4
Peynir Yapımı	137	48,9
Peynir Yapımı + Yoğurt Yapımı	15	5,4
Hepsi	17	6,1
Aile İhtiyacı + Peynir Yapımı	59	21,1
Aile İhtiyacı + Peynir Yapımı + Yoğurt Yapımı	31	11,1
Peynir Yapımı + Yoğurt Yapımı + Tereyağı	6	2,1

Tablo 2 incelendiğinde işletmelerin %87,1'inde el ile sağım yapıldığı, %3,2'sinde makine ile sağım yapıldığı, her ikisi ile sağımın yapıldığı işletme sayısının %7,5 ve sağımın hiç yapılmadığı işletme sayısının %2,1 olduğu tespit edilmiştir. Sütün değerlendirilmesi noktasında işletmelerin %48,9'u sütü peynir yaptığı ortaya çıkmıştır. Bunu sırasıyla %21,1 ile Aile ihtiyacı + Peynir yapımında kullandıkları ve en az ise %2,1 ile Peynir + Yoğurt + Tereyağı yapımı izlemiştir.

Yetiştiricilerin Okuryazarlık Durumu: Araştırma sonuçlarına göre (Tablo 3 / Şekil 4) yetiştiricilerin %82,5'i ilkökul, %11,1'i lise, %3,2'si önlisans, %2,1'i lisans ve %1,1'i yüksek lisans eğitim düzeyine sahiptir.



Şekil 4. İşletme sahiplerinin eğitim düzeyi.
Figure 4. Education level of sheep farm owners

Tablo 3. İşletme sahiplerinin kurs eğitimleri, çalışma durumları, üyelikleri ve bilgi birikimleri
Table 3. Course trainings, employment status, membership and knowledge of sheep farm owners

Çiftçi kurslarına veya çiftçi toplantılarına gider misiniz?		
Evet	166	59,3
Hayır	114	40,7
Kaç yıldır koyunculuk ile uğraşıyorsunuz?		
1-3 yıl	4	1,4
4-8 yıl	8	2,9
9-14 yıl	15	5,4
15 yıldan fazla	253	90,4
Üye olduğunuz birlik, kurum, örgüt var mı?		
Hayır	159	56,8
Damızlık Koyun-Keçi Yetiştirme Birliği	114	40,7
Damızlık Koyun-Keçi Yetiştirme Birliği Kırmızı Et Birliği	3	1,1
Damızlık Koyun-Keçi Yetiştirme Birliği Süt Üreticileri Birliği	2	0,7
Ziraat Odası	2	0,7
Sürünüzün verimini arttırmak için bir ıslah programına dahil olmak ister misiniz?		
Evet	256	91,4
Hayır	24	8,6

Tablo 3'te görüldüğü üzere yetiştiricilerin çiftçi kurslarına ya da toplantılarına katılma oranları evet ve hayır için sırasıyla %59,3 ve %40,7'dir. Bunun yanında kaç yıldır koyunculuk yapıldığına ilişkin belirlemede ise %90,4'ünün 15 yıldan fazla olduğu ortaya çıkarken bunu sırasıyla %5,4 ile 9-14 yıl, %2,9 ile 4-8 yıl izlemiştir.

Yetiştiricilerin %56,8 gibi salt çoğunluğu hiçbir kurum, hayvancılık birliği ya da örgütüne kayıtlı olmadıklarını dile getirmişlerdir. Bunun yanı sıra

“Damızlık Koyun-Keçi Yetiştirme Birliği” ne kayıtlı olanların oranı %40,7 olduğu Tablo 4’ten anlaşılmaktadır. Sürüsünde iyileştirme veya ıslah programı gibi bir program ile verim yönünden iyileştirmeyi talep edenlerin oranı ise %91,4’tür.

Tablo 4’e göre yetiştiricilerin %60,7’sinin hayvancılık ile ilgili internet sitelerini ziyaret etmedikleri, %7,5’inin sıklıkla ziyaret ettiğini, %20,4’ünün sadece problem oluştuğunda ziyaret ettikleri, %6,4 ve %5,0 oranları ise ayda iki kez ve bir kez ziyaret ettikleri tespit edilmiştir.

Sorunlarla karşılaştıklarında ise %28,6’sı “İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri ile serbest veteriner hekimlerden destek aldıklarını, %18,9’u sadece İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden, %13,9’unun serbest veteriner hekimlerden destek aldıklarını bildirmişlerdir. Farklı bir belirlemeye göre yetiştiricilerin %12,5’inin ise 4 farklı yerden destek aldıkları (İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden, Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştirme Birliklerinden, Serbest Veteriner Hekimlerden ve Aile büyüklerinden), %8,9’unun ise 3 farklı yerden destek aldıkları (İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden, Serbest Veteriner Hekimlerden ve Aile büyüklerinden) destek aldıkları ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. İşletme sahiplerinin hayvancılık ile ilgili internet sitelerini ziyaretleri, sorunlar karşısında nasıl davrandıkları, hayvanları sürüden ayıklama kriterleri ve aşı yapma bilgileri.

Table 4. Visits of sheep farming owners to websites related to animal husbandry, how they behave in the face of problems, criteria for culling animals from the herd and vaccination information.

Hayvancılıkla ilgili internet sitelerine giriyor musunuz?	n	%
Hayır	170	60,7
Ayda bir kez	14	5,0
Ayda iki kez	18	6,4
Problem olunca	57	20,4
Sıklıkla	21	7,5
Herhangi bir sorunla karşılaştığınızda kimden destek alırsınız?		
İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden	53	18,9
Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştirme Birliklerinden	11	3,9
Serbest Veteriner Hekimlerden	39	13,9
Aile büyüklerinden vs.	9	3,2
İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden		
Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştirme Birliklerinden	35	12,5
Serbest Veteriner Hekimlerden		
Aile büyüklerinden vs.		
İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden	10	3,6
Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştirme Birliklerinden		
Üniversitelerin ilgili fakülte / yüksekokullarından		
İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden	80	28,6
Serbest Veteriner Hekimlerden		
İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden	25	8,9
Serbest Veteriner Hekimlerden		
Aile büyüklerinden vs.		
Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştirme Birliklerinden	18	6,4
Serbest Veteriner Hekimlerden		
Aile büyüklerinden vs.		

İşletmelerde Kullanılan Teknolojiler ve Analizleri: Tablo 5 incelendiğinde, hayvancılık işletmesinde bilgisayar kullanma durumları sorulduğunda işletme sahiplerinin %97,9’unun hayır cevabını verdikleri tespit edilmiştir. Hayvancılık işletmelerinin sadece bir tanesinde kayıt yazılımı için, 3 işletmede kamera sistemi için ve 2 işletmede hayvan pasaport ve küpe listeleri için bilgisayar kullanıldığı belirlenmiştir. Tablet ya da Netbook kullanıyor musunuz sorusuna, işletmelerin %96,1’i hayır

cevabını verdikleri, 7 işletmenin (%2,5) ise bunların yerine akıllı telefon kullandıkları görülmüştür.

Tablo 5. İşletmelerde bilgisayar, netbook, tablet kullanımları, Sürü yönetim yazılımları, teknolojik bilgi takibi ve raporlama bilgileri.

Table 5. Computer, netbook, tablet usage in enterprises, herd management software, technological information tracking and reporting information.

Hayvancılık için işletmede bilgisayar kullanıyor musunuz?	n	%
Hayır	274	97,9
Kayıt Yazılımı	1	0,4
Kamera Sistemi	3	1,1
Hayvan Pasaportları + Küpe Listeleri için	2	0,7
Hayvancılık için işletmede Tablet ya da Netbook kullanıyor musunuz?		
Hayır	269	96,1
Akıllı Telefon kullanıyorum	7	2,5
Kayıt Yazılımı	1	0,4
Koyun kayıtları için	3	1,1
Sürü yönetim yazılımı kullanıyor musunuz?		
Hayır	279	99,6
Sürü Yönetim Yazılımı	1	0,4
İşletmeniz için teknolojideki gelişmeleri takip ediyor musunuz?		
Evet	171	61,1
Hayır	109	38,9
Raporlama için herhangi bir bilgisayar programı kullanıyor musunuz?		
Evet	5	1,8
Hayır	275	98,2

Hayvancılık işletmesinde sürü yönetim yazılımı kullanıyor musunuz soruna işletmelerin %99,6’sı hayır cevabını vermiştir. Sadece bir işletmede sürü yönetim yazılımı kullanıldığı tespit edilmiştir. Hayvancılık işletmelerinde teknolojik gelişmeleri takip edenlerin oranı %61,1 iken takip etmeyenlerin oranı %38,9 olarak tespit edilmiştir. Hayvancılık işletmesinde raporlama için bilgisayar programı kullanmayanların oranı %98,2’dir. Bu sonuçlar işletmelerin bilgisayar ve beraberinde yazılım kullanmaları konusunda bir ilgi ve beklenti içinde olmadıklarını göstermektedir.

Tablo 6. İşletmelerde işlerin kolaylaştırılması ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için kullanılan teknolojilere ilişkin bilgiler.

Table 6. Information on the technologies used in enterprises to facilitate and quickly realize the work.

Yemlerin hazırlanması için kullanılan teknoloji	n	%
Hayır	252	90,0
Ezme + Kıрма	7	2,5
Karma	8	2,9
Karma + Kıрма	5	1,8
Patos	8	2,9
Yem vermede herhangi bir aygıt kullanıyor musunuz?		
Evet	1	0,4
Hayır	279	99,6
Kimliklendirme için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?		
Hayır	39	13,9
Kulak küpesi kullanıyorum	241	86,1
Kulak numarasını okumak için bir teknoloji kullanıyor musunuz?		
Hayır	279	99,6
El Okuyucu	1	0,4
Süt sağımında herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?		
Hayır	257	91,8
Sağım Makinesi	23	8,2
Elde ettiğiniz sütü muhafaza etmek için bir teknoloji kullanıyor musunuz?		
Hayır	236	84,3
Buzdolabı	2	0,7
Derin Dondurucu	38	13,6
Soğuk Hava Deposu	2	0,7
Süt Soğutma Tankı	2	0,7
Kırkım için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?		
Hayır	224	80,0
El Kırkım Makası	4	1,4
Elektrikli Kırkım Makinesi	52	18,6
Hayvanların temizlenmesi için banyoluk teknolojisi kullanıyor musunuz?		
Hayır	234	83,6
Banyo Havuzu	12	4,3
Pompa Teknolojisi	34	12,1

Tablo 6’da elde edilen bulgular incelendiğinde yemlerin hazırlanmasında %90 ve yem vermek için işletmelerin %99,6’sında herhangi bir teknoloji kullanılmadığı görülmektedir. İşletmelerin %91,8’inin

sütün sağımında, %84,3'ü sütün muhafazasında, %80'ninde kırkımın yapılmasında ve %83,6'sında hayvanların temizlenmesi/banyo gibi durumlarda herhangi bir teknoloji kullanmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte sütün muhafazasında işletmelerin %13,6'sı derin dondurucu kullandığı %0,7'ser paylarla buzdolabı, soğuk hava deposu ve süt soğutma tankı kullandıkları belirlenmiştir.

Kırkım için işletmelerin %18,6'sı elektrikli kırkım makinası ve %1,4'ü el makası kullandıkları ortaya çıkmıştır. İşletmelerin %86,1'inde kimliklendirme için kulak numarası kullanıldığı bununla beraber işletmelerin %99,6'sının (279 işletme) kulak numarası okumak için bir teknoloji kullanılmadığı tespit edilmiştir.

İşletmelerde bulunabilecek teknoloji listesinden ilgili işletmede varolduğu söylenen teknolojiler ve işletme sayıları Tablo 7'de görülmektedir. Buna göre işletmelerin %69,3'ünde hiçbirini bulunmazken, %6,4'ünde sadece yapağı kırkım makinesi, %4,6'ında sadece süt sağım makinesi, %7,5'inde süt sağım makinesi, yapağı kırkım, yem karma, yem öğütme, patos makinesi gibi teknolojiler kullanılmaktadır. İşletmelerin %4,6'sında ise sulama tankı, tırnak kesme makası, yapağı kırkım teknolojisi, otomatik sulama sistemi teknolojilerini bulduklarını ve kullandıklarını beyan etmişlerdir. İşletmelerin %3,2'sinde yem öğütme makinesi ve patos bulunduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. İşletmelerde işlerin kolaylaştırılması ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için çoklu teknoloji seçimi neticesinde elde edilen bilgiler.

Table 7. The information obtained as a result of the selection of multiple technologies for the facilitation and rapid realization of work in enterprises.

İşletmenizde aşağıda sıralanan teknolojilerden hangilerini kullanıyorsunuz?	n	%
Süt Sağım Makinesi	13	4,6
Yapağı Kırkım Teknolojisi	18	6,4
Hiçbiri	194	69,3
Yem Öğütme (Parçalama)	9	3,2
Patos		
Sulama Tankı		
Tırnak Kesme Makası Teknolojisi		
Yapağı Kırkım Teknolojisi	13	4,6
Otomatik Sulama Sistemi		
Süt Sağım Makinesi		
Yapağı Kırkım Teknolojisi		
Yem Karma Makinası	21	7,5
Yem Öğütme (Parçalama)		
Patos		
Sulama Tankı		
Tırnak Kesme Makası Teknolojisi		
Yeni Nesil Mobil Traktörler		
Yapağı Kırkım Teknolojisi	6	2,1
Yem Karma Makinası		
Yem Öğütme (Parçalama)		
Gübre Temizleme Teknoloji		
Soğutma Tankı Teknolojisi		
Sulama Tankı		
Süt Sağım Makinesi		
Yapağı Kırkım Teknolojisi	6	2,1
Otomatik Sulama Sistemi		

Ki-Kare (Chi-Square) Analiz Sonuçları: Tablo 8 incelendiğinde, işletmelerin genel durumları ile işletmelerin bulunduğu ilçe bilgisi arasındaki ilişkinin önem durumu verilmiştir. Buna göre, işletmedeki hayvanların ırkı, hayvanların sayısı, üye olunan birlik, kurum, örgüt ve işletmenin bulunduğu ilçe arasındaki Ki-Kare analizlerine göre $p < 0,001$ düzeyinde önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 8. İşletmelerin bulunduğu ilçe ile işletmelerin genel durumları ile ilgili sorulara verilen cevaplar arasındaki ilişkileri incelemek üzere yapılan Ki-Kare analiz sonuçları ve önem dereceleri.

Table 8. Chi-Square analysis results and significance levels to examine the relationship between the district where the enterprises are located and the answers given to the questions about the general situation of the enterprises.

İşletmenin genel durumları ile ilgili sorular	İşletmelerin bulunduğu ilçe bilgisi
İşletmedeki hayvanların ırkı	0,000 ***
İşletmedeki hayvan sayısı	0,001 ***
İşletmede elektrik / su durumu	0,596
Üye olunan birlik, kurum veya hayvancılık örgütü	0,001 ***
İşletmede hayvan yetiştirme tipi	0,020 *
İşletmede enerji üretimi ile ilgili bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,533

(p<0,05):*, (p<0,01):**, (p<0,001):***

Tablo 9. Yetiştiricinin eğitim düzeyi ile işletmelerde kullanılan teknolojilere ilişkin sorulara verilen cevaplar arasındaki ilişkileri incelemek üzere yapılan Ki-Kare analiz sonuçları ve önem dereceleri

Table 9. Chi-Square analysis results and significance levels to examine the relationship between the level of education of the breeder and the answers given to the questions asked about the technologies used in the enterprises

İşletmede kullanılan teknolojiler	Yetiştirici Eğitim düzeyi
Hayvancılık için işletmede bilgisayar kullanıyor musunuz?	0,194
Hayvancılık için işletmede Tablet ya da Netbook kullanıyor musunuz?	0,388
Yemlerin hazırlanması için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,043 *
Yem vermede herhangi bir aygıt kullanıyor musunuz?	1,000
Kimliklendirme için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,013 *
Kulak numarasını okumak için bir teknoloji kullanıyor musunuz?	1,000
Süt sağımında herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,025 *
Sütün muhafazası için bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,071
Kırkım için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,017 *
Sürü yönetim yazılımı kullanıyor musunuz?	1,000
Hayvanları için banyoluk teknolojisi kullanıyor musunuz?	0,145
İşletmeniz için teknolojiye gelişmeleri takip ediyor musunuz?	0,384
Raporlama için herhangi bir bilgisayar programı kullanıyor musunuz?	1,000
İşletmenizde, sıralanan teknolojilerden hangilerini kullanıyorsunuz?	0,002 **

(p<0,05):*, (p<0,01):**, (p<0,001):***

Tablo 9'a göre eğitim düzeyi ile listede verilen teknolojileri kullanma arasında $p < 0,01$ düzeyinde önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kırkım yapma, süt sağımı, kimliklendirme ve yemlerin hazırlanmasında kullanılan teknolojilerin eğitim düzeyi arasındaki ilişki önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.

Tablo 10. İşletmelerin bulunduğu ilçe ile işletmelerde kullanılan teknolojilere ilişkin sorulara verilen cevaplar arasındaki ilişkileri incelemek üzere yapılan Ki-Kare analiz sonuçları ve önem dereceleri.

Table 10. Chi-Square analysis results and significance levels to examine the relationship between the district where the enterprises are located and the answers given to the questions asked about the technologies used in the enterprises.

İşletmede kullanılan teknolojiler	İşletmelerin bulunduğu ilçe
Hayvancılık için işletmede bilgisayar kullanıyor musunuz?	0,698
Hayvancılık için işletmede Tablet ya da Netbook kullanıyor musunuz?	0,033 *
Yemlerin hazırlanması için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,085
Yem vermede herhangi bir aygıt kullanıyor musunuz?	0,161
Kimliklendirme için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,111
Kulak numarasını okumak için bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,729
Süt sağımında herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,002 **
Sütün muhafazası için bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,000 ***
Kırkım için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,000 ***
Sürü yönetim yazılımı kullanıyor musunuz?	1,000
Hayvanlar için banyoluk teknolojisi kullanıyor musunuz?	0,000 ***
İşletmeniz için teknolojiye gelişmeleri takip ediyor musunuz?	0,003 **
Raporlama için herhangi bir bilgisayar programı kullanıyor musunuz?	0,768
İşletmenizde, sıralanan teknolojilerden hangilerini kullanıyorsunuz?	0,000 ***

(p<0,05):*, (p<0,01):**, (p<0,001):***

Tablo 10 incelendiğinde işletmelerin bulunduğu ilçe ile sütün muhafazası, kırkım, hayvanların banyo yapması ve işletmede kullanılan diğer teknolojiler arasında çok önemli ($p < 0,001$) bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Süt sağımında herhangi bir teknolojinin kullanılması ve teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ile işletmelerin bulunduğu ilçe arasında $p < 0,01$ düzeyinde önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Tablet ya da Netbook

kullanılması ile işletmelerin bulunduğu ilçe arasında ise $p<0,05$ düzeyinde önemli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. İşletmedeki hayvan sayısına ile işletmelerde kullanılan teknolojilere ilişkin sorulara verilen cevaplar arasındaki ilişkileri incelemek üzere yapılan Ki-Kare analiz sonuçları ve önem dereceleri.

Table 11. Chi-Square analysis results and significance levels to examine the relationship between the number of animals in the enterprise and the answers given to the questions asked about the technologies used in the enterprises.

İşletmede kullanılan teknolojiler	İşletmedeki Hayvan Sayısı
Hayvancılık için işletmede bilgisayar kullanıyor musunuz?	0,006 **
Hayvancılık için işletmede Tablet ya da Netbook kullanıyor musunuz?	0,099
Yemlerin hazırlanması için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,000 ***
Yem vermede herhangi bir aygıt kullanıyor musunuz?	0,404
Kimliklendirme için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,632
Kulak numarasını okumak için bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,096
Süt sağımında herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,014 *
Sütün muhafazası için bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,392
Kırkım için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?	0,000 ***
Sürü yönetim yazılımı kullanıyor musunuz?	0,054
Hayvanlar için banyoluk teknolojisi kullanıyor musunuz?	0,007 **
İşletmeniz için teknolojik gelişmeleri takip ediyor musunuz?	0,008 **
Raporlama için herhangi bir bilgisayar programı kullanıyor musunuz?	0,236
İşletmeniz, sıralanan teknolojilerden hangilerini kullanıyorsunuz?	0,000 ***

($p<0,05$):*, ($p<0,01$):**, ($p<0,001$):***

Tablo 11'de ise işletmelerde bulunan hayvan sayısına göre işletmelerde kullanılan teknolojiler arasındaki ki-kare önem testi sonuçlarına göre önem dereceleri verilmiştir. Buna göre işletmelerde bulunan hayvan sayısı ile yemlerin hazırlanmasında herhangi bir teknolojinin kullanılması, kırkım, listedeki teknolojilerden kullanılması arasında $p<0,001$ düzeyinde, bilgisayar kullanılması, hayvanların temizlenmesi için banyoluk kullanılması, teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ile arasında $p<0,01$ düzeyinde ve süt sağımında herhangi bir teknoloji kullanılması ile hayvan sayısı arasında $p<0,05$ düzeyinde önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Uyum (Correspondence) Analizleri: Önceki bölümde (Ki-Kare (Chi-Square) analiz sonuçları) çalışma sonucu elde edilen verilerin birbirleri ile ilişki düzeyleri tespit edilmiştir. Bu verilerin ilişki düzeylerine bakmak bazı anlamlı sonuçların ortaya konulmasında çok etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu amaçla ilişki düzeyleri önemli tespit edilen ($p<0,001$ ve $p<0,01$) durumlar için uyum analizi (correspondence) yapılması zorunluluğu görüldüğünden uyum analizleri de yapılarak teze dahil edilmiştir. Uyum analizleri yapılırken 3 farklı durum için uyum analizlerine bakılmıştır.

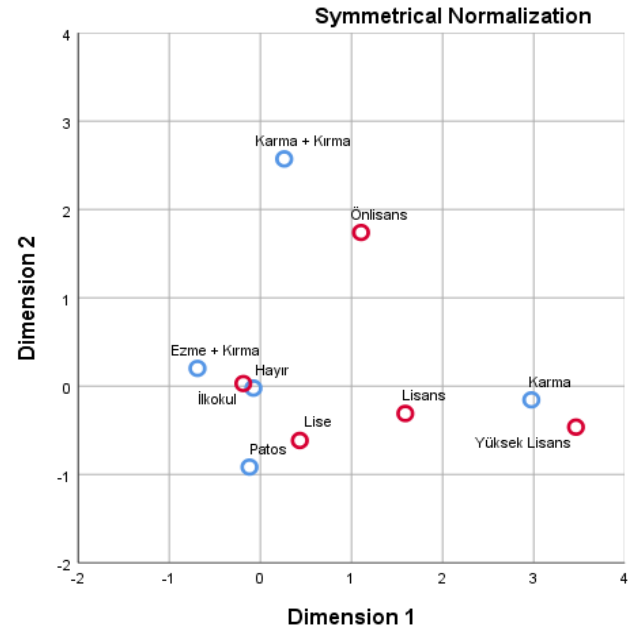
Eğitim ile Diğer Durumlar Arasındaki Uyum Analizleri:

Şekil 5'deki değerlere bakıldığında ilkökul mezunlarının çoğunlukla yemlerin hazırlanmasında herhangi bir teknoloji kullanmadıklarını, bir kısmının Ezme+Kırma teknolojilerini kullandıklarını, lise mezunu yetiştiricilerin Patos, yüksek lisans mezunlarının Karma, Önlisans mezunlarının ise Karma+Kırma teknolojisini kullandıkları yönünde tercihleri tespit edilmiştir.

Şekil 6'da ilkökul mezunlarının çoğunlukla hiçbir şey kullanmadıkları, lisans mezunlarının el makası kullandıkları, yüksek lisans mezunlarının kırkım makinesi kullandıkları lise mezunlarının yaklaşık %50'sinin hiçbir şey kullanmadıkları, diğer %50'sinin kırkım makinesi kullandıkları tespit edilmiştir. Önlisans mezunlarının da çoğunlukla hiçbir şey kullanmadıkları tespit edilmiştir.

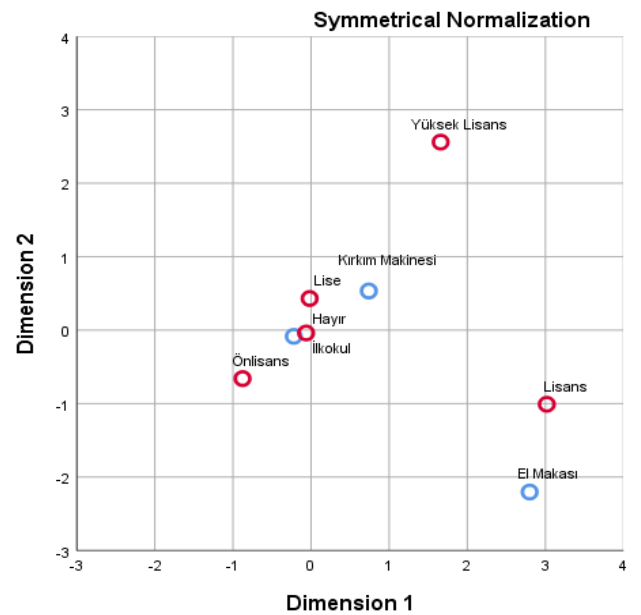
Şekil 7'de işletmelere sorulan ve hangi teknolojileri kullanıyorsunuz sorusunda geçen rakamların karşılığı olan teknolojiler şunlardır; 1-Aktivite Ölçer Teknolojisi, 2-Elektronik Tanımlama Cihazları, 3- Etiketler ve okuyucular, 4-Genetik İyileştirme Cihazları, 5-Görüntü İşleme Teknolojisi, 6-Gübre Temizleme Teknoloji, 7-Günlük Toplam Rasyon Hazırlama Cihazı, 8-Kızgınlık tespiti teknolojisi, 9-Küresel Konumlandırma Sistemi

(GPS), 10-Mama Robotu, 11-Otomatik Hayvan Tartım Teknolojisi, 12-Sağlık Teknolojisi, 13-Sensörler, 14-Soğutma Tankı Teknolojisi, 16-Suni Tohumlama Teknolojisi, 17-Sürü Yönetim Yazılımları ve İnternet, 18-Süt Ölçer ve Takibi Robotu, 19-Süt Sağım Makinesi, 20-Süt Sağım Sistemi Teknolojisi, 21-Tırnak Kesme Makası Teknolojisi, 22-Yem İtme Robotu, 23-Yem Tüketimi Ölçer Teknolojisi, 24-Yeni Nesil Mobil Traktörler, 25-Yapağı Kırkım Teknolojisi, 26-Otomatik Sulama Sistemi, 27-Yem Karma Makinası, 28-Yem Öğütme (Parçalama), 29-Patos, 30-Hiçbiri



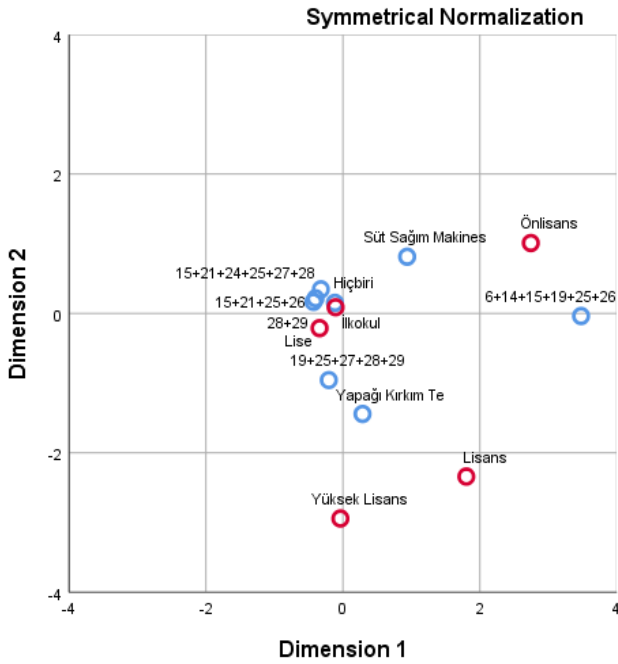
Şekil 5. Eğitim durumu ile yemlerin hazırlanması için herhangi bir teknolojiyi kullanıp kullanmama arasındaki uyum analizi.

Figure 5. Correspondence analysis between education level and whether or not to use any technology for feed preparation.



Şekil 6. Eğitim durumu ile "kırkım için herhangi bir teknoloji kullanıyor musunuz?" arasındaki uyum analizi.

Figure 6. Correspondence analysis between educational status and "do you use any technology for shearing?".

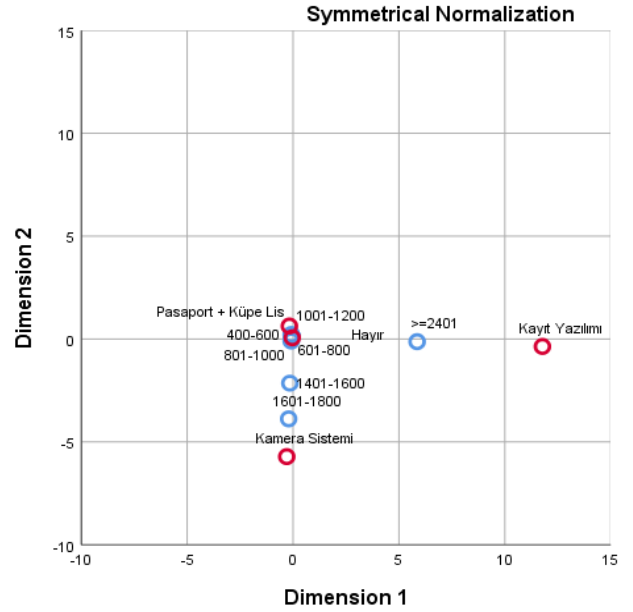


Şekil 7. Eğitim durumu ile işletmede kullanılan teknolojilerden hangilerini kullandığı arasındaki uyum analizi.

Figure 7. Correspondence analysis between education level and the technologies used in the enterprise.

Şekil 7'den anlaşıldığı üzere, Yüksek Lisans ve Lisans mezunlarının çoğunlukla sadece yapağı kırkım teknolojisini kullandıkları, bir kısmının "Süt Sağım Makinesi, Yapağı Kırkım Teknolojisi, Yem Karma Makinası, Yem Öğütme (Parçalama), Patos" teknolojilerini kullandıkları tespit edilmiştir. Önlisans mezunu işletme sahiplerinin süt sağım makinesi ve "Süt Sağım Makinesi, Gübre Temizleme Teknoloji, Yapağı Kırkım Teknolojisi, Otomatik Sulama Sistemi, Soğutma Tankı Teknolojisi, Sulama Tankı" teknolojilerini kullandıkları tespit edilmiştir. İlkokul mezunlarının çoğunlukla hiçbir teknolojiyi kullanmadıkları tespit edilmiştir. Bir kısmının "Yem Öğütme (Parçalama), Patos", bir kısmının "Tırnak Kesme Makası Teknolojisi, Yeni Nesil Mobil Traktörler, Yapağı Kırkım Teknolojisi, Yem Karma Makinası, Yem Öğütme (Parçalama), Sulama Tankı" kullandıkları ve yine bir kısmının da "Tırnak Kesme Makası Teknolojisi, Yapağı Kırkım Teknolojisi, Otomatik Sulama Sistemi, Sulama Tankı" teknolojilerini kullandıkları tespit edilmiştir. Lise mezunlarının da bir kısmının hiçbir teknolojiyi kullanmadıkları, bir kısmının "Tırnak Kesme Makası Teknolojisi, Yapağı Kırkım Teknolojisi, Otomatik Sulama Sistemi, Sulama Tankı" teknolojilerini kullandıkları, bir kısmının da "Yem Öğütme (Parçalama), Patos" teknolojilerini kullandıkları tespit edilmiştir.

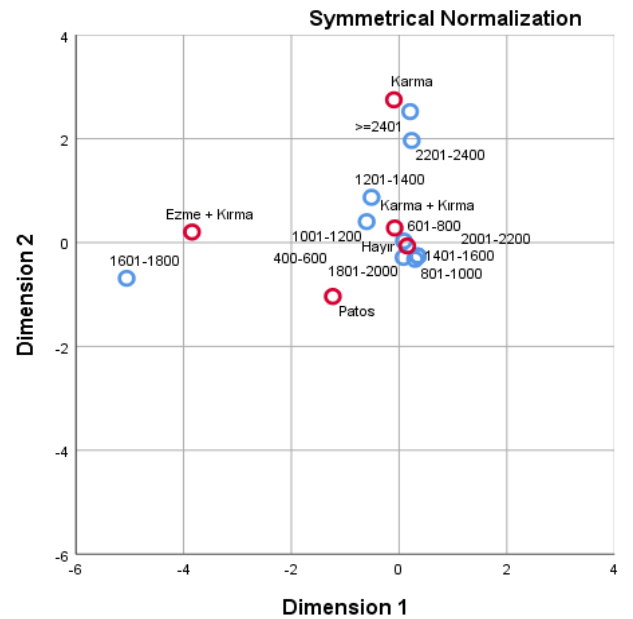
Hayvan Sayısı ile İşletmelerde Teknoloji Kullanımı Arasındaki Uyum Analizleri: Şekil 8'den anlaşıldığı üzere çalışma kapsamındaki işletmelerin salt çoğunluğunun işletmede bilgisayar kullanılmadığı, 400-600 hayvan sayısına sahip işletmelerin az bir kısmı hayvan pasaportları ve küpe listeleri için bilgisayar kullandıklarını dile getirmişlerdir. 1601-1800 baş hayvana sahip işletmelerin kamera sistemi için bilgisayar kullandıkları ve 2401 baş hayvandan fazla olan az sayıda işletmenin kayıt yazılımı için bilgisayar kullandıkları tespit edilmiştir.



Şekil 8. İşletmelerdeki hayvan sayısı ile işletmelerde bilgisayar kullanılıyor mu arasındaki uyum analizi.

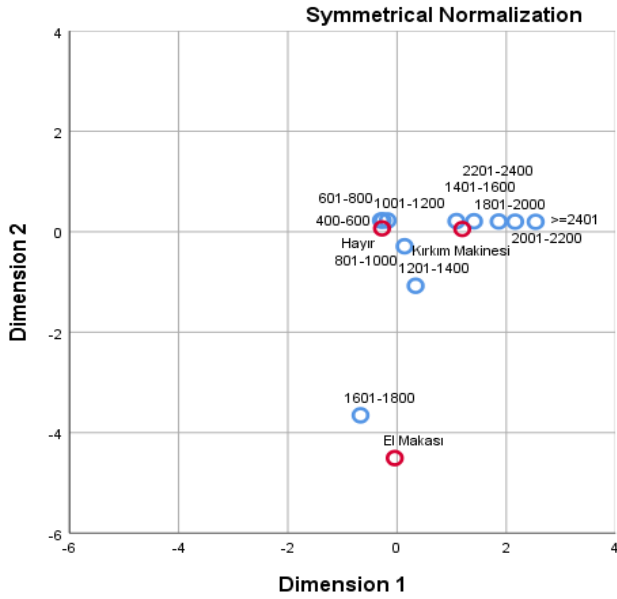
Figure 8. Correspondence analysis between the number of animals in the enterprises and whether computers are used in the enterprises.

Şekil 9'da belirtildiği üzere işletmelerdeki hayvan sayısına göre oluşturulan grupların büyük bir çoğunluğu yemlerin hazırlanması için herhangi bir teknoloji kullanmadıkları görülmektedir. 1201-1400 ile 1001-1200 baş hayvana sahip az sayıda işletmenin Karma + Kırma, 2201-2400 baş hayvan ile 2401'den fazla hayvana sahip işletmelerin yem karma teknolojisini kullandıkları, 1601-1800 baş hayvana sahip işletmelerin ise Ezme + Kırma teknolojilerini kullandıkları yönünde tercihleri tespit edilmiştir



Şekil 9. İşletmelerdeki hayvan sayısı ile "işletmelerde yemlerin hazırlanması için herhangi bir teknoloji kullanılıyor musunuz" arasındaki uyum analizi.

Figure 9. Correspondence analysis between the number of animals in the enterprises and "Do you use any technology for the preparation of feed in the enterprises?"

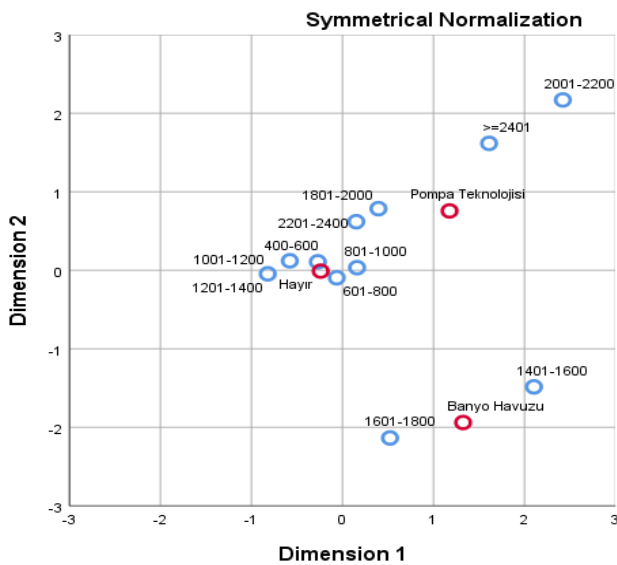


Şekil 10. İşletmelerdeki hayvan sayısı ile "herhangi bir kırkım teknolojisi kullanıyor musunuz?" arasındaki uyum analizi.

Figure 10. Correspondence analysis between the number of animals in the holdings and "Do you use any shearing technology?".

Hayvan sayısına göre kırkım teknolojilerini kullanma durumuna bakacak olursak (Şekil 10), işletmelerin çoğunluğu yine hiçbir teknolojiyi kullanmazken az sayıda işletmelerin (400-600, 601-800, 1401-1600, 2201-2400, 1801-2000 baş ve üstü) kırkım makinesi kullandıkları tespit edilmiştir. Kırkım makinesini en çok tercih eden işletmelerin çoktan aza doğru sıralayacak olursak 1401-1600, 2201-2400, 1801-2000, 2001-2200, 2401'den fazla hayvana sahip işletmeler olduğu tespit edilmiştir. 1601-1800 baş hayvana sahip işletmelerin de kırkım için el makası tercih ettikleri anlaşılmaktadır.

5

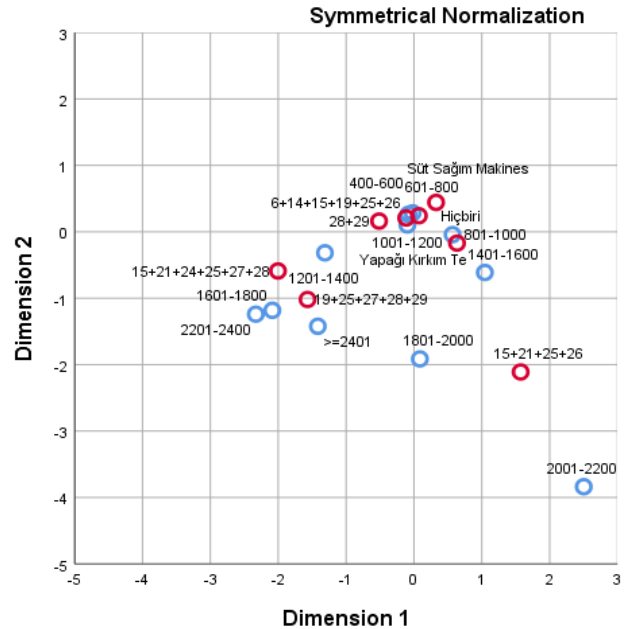


Şekil 11. İşletmelerdeki hayvan sayısı ile "hayvanların temizlenmesi ilaçlanması için kullanılan teknolojiler" arasındaki uyum analizi.

Figure 11. Correspondence analysis between the number of animals in the enterprises and "technologies used for cleaning and medication of animals".

Hayvan sayısına bağlı olarak işletmelerde banyoluk teknolojilerini kullanan grubun (Şekil 11) 1601-1800 ile 1401-1600 baş hayvana sahip işletmelerin olduğu, Pompa teknolojisini kullananların 2401'den fazla hayvana sahip işletme ile 2001-2200 baş hayvana sahip işletmelerin olduğu görülmektedir. Buna göre hayvan sayısı arttıkça yetiştiricilerin koyunculukta banyoluk teknolojisini kullanma eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 12'den anlaşıldığı üzere, 2001-2200 ile 1801-2000 baş hayvana sahip işletmelerin "Tırnak Kesme Makası, Yapağı Kırkım, Otomatik Sulama Sistemi, Sulama Tankı" teknolojilerini kullandıkları, 1201-1400, 1601-1800, 2201-2400 ve 2401 baş koyundan fazla koyuna sahip işletmelerin "Süt Sağım Makinesi, Yapağı Kırkım Makinesi, Yem Karma Makinası, Yem Öğütme (Parçalama), Patos" grubu ile "Tırnak Kesme Makası Teknolojisi, Yeni Nesil Mobil Traktörler, Yapağı Kırkım Makinesi, Yem Karma Makinası, Yem Öğütme, Sulama Tankı" grubu teknolojilerini kullandıkları tespit edilmiştir. Yine işletmelerin büyük çoğunluğu hiçbir teknolojiyi kullanmadıklarını belirtmelerinin yanısıra 400-600 ile 601-800 arası hayvana sahip işletmelerin süt sağım makinesi ile yapağı kırkım teknolojisini kullandıklarını beyan etmişlerdir. 1001-1200 ile 400-600 ve 601-800 baş hayvana sahip işletme gruplarının az bir kısmının "Yem Öğütme (Parçalama), Patos" teknolojilerini kullandıklarını beyan etmişlerdir.

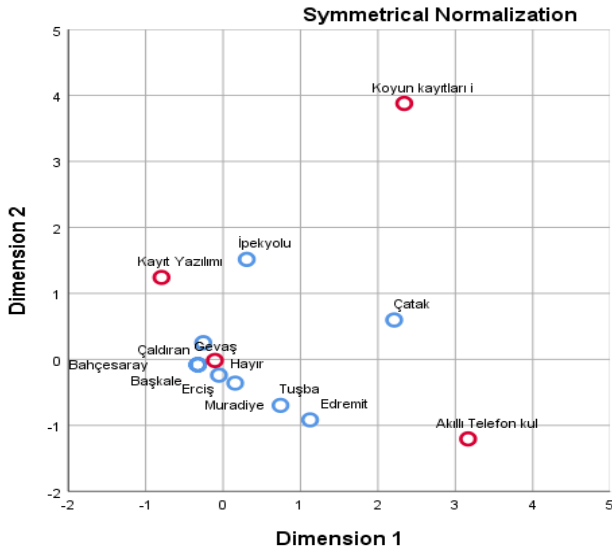


Şekil 12. İşletmelerdeki hayvan sayısı ile "listelenen teknolojilerden hangilerini kullanıyorsunuz?" arasındaki uyum analizi.

Figure 12. Correspondence analysis between the number of animals in the holdings and "which of the listed technologies do you use?".

İşletmelerin Bulunduğu İlçe ile İşletmelerde Teknoloji Kullanımı Arasındaki Uyum Analizleri: İşletmelerin bulunduğu ilçe ile sütün muhafazası, kırkım, hayvanların banyo yapması ve işletmede kullanılan diğer teknolojiler arasında çok önemli ($p < 0,001$) bir ilişkinin

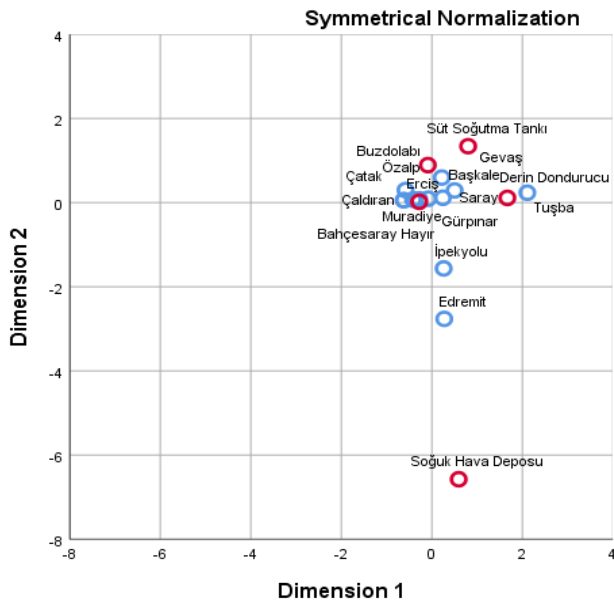
olduğu tespit edilmiştir. Süt sağımında herhangi bir teknolojinin kullanılması ve teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ile işletmelerin bulunduğu ilçe arasında $p < 0,01$ düzeyinde önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 13. İşletmenin bulunduğu ilçe ile işletmede Tablet/Netbook kullanma durumu arasındaki uyum analizi.

Figure 13. Correspondence analysis between the district where the enterprise is located and the use of Tablet/Netbook in the enterprise.

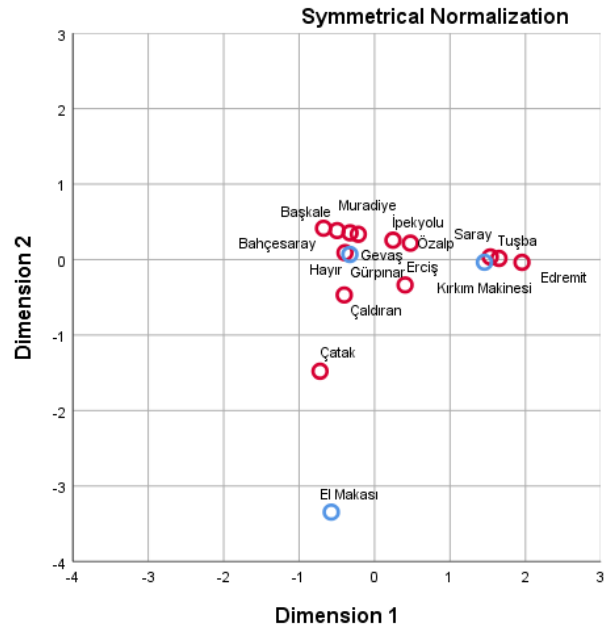
280 adet işletmenin 269 tanesinin Tablet/Netbook kullanmadıklarını beyan etmişlerdir. Şekil 13 incelendiğinde, Erciş, Başkale, Çaldıran, Gevaş, Bahçesaray, Muradiye Tablet/Netbook kullanmayan işletmelerden olduğu anlaşılmaktadır. Gürpınar ilçesinde yalnızca 1 işletmenin kayıt yazılımı programı kullandıkları, İpekyolu ilçesinde ise yalnızca 1 işletmenin koyun kayıtları için program kullandıklarını beyan etmişlerdir.



Şekil 14. İşletmenin bulunduğu ilçe ile işletmede elde edilen sütün muhafazası için kullanılan teknolojiler arasındaki uyum analizi.

Figure 14. Correspondence analysis between the district where the enterprise is located and the technologies used for the storage of milk obtained in the enterprise.

İşletmelerin bulunduğu ilçe ile sütün muhafazası, kırkım, hayvanların banyo yapması ve işletmede kullanılan diğer teknolojiler arasında çok önemli ($p < 0,001$) bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Durum incelendiğinde Bahçesaray, Başkale, Çaldıran, Çatak, Erciş, Gevaş, Gürpınar, Muradiye, Özalp ve Saray ilçelerindeki işletmelerin büyük çoğunluğu sütün muhafazasında hiçbir teknoloji kullanmadıkları tespit edilmiştir. Edremit ve İpekyolu ilçelerinde bulunan yetiştiricilerin bir kısmının derin dondurucu bir kısmının da soğuk hava deposu kullandıkları, Tuşba ilçesindekilerin ise sadece derin dondurucu kullandıkları tespit edilmiştir (Şekil 14).



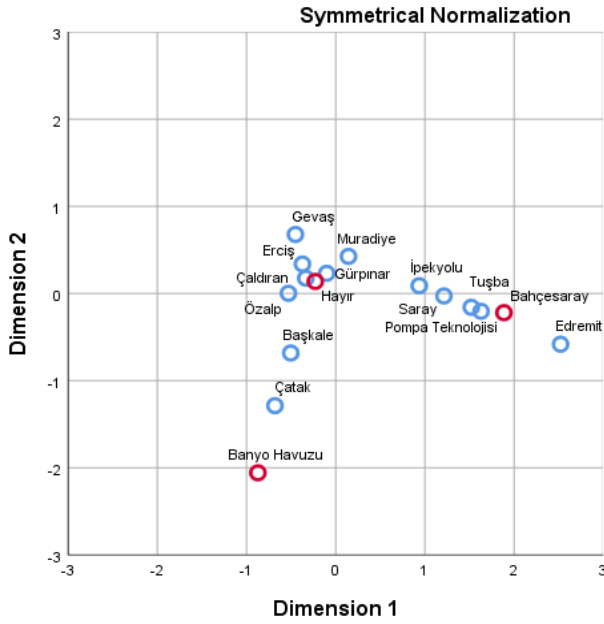
Şekil 15. İşletmenin bulunduğu ilçe ile işletmede kırkım için herhangi bir teknoloji kullanılıp kullanılmadığı arasındaki uyum analizi.

Figure 15. Correspondence analysis between the district where the enterprise is located and whether any technology is used for shearing in the enterprise.

Şekil 15 incelendiğinde ilçelere göre kırkım için teknoloji kullanımında Bahçesaray, Başkale, Çaldıran, Çatak, Gevaş, Gürpınar, İpekyolu, Muradiye ve Özalp ilçelerinde işletmelerin büyük bir çoğunluğunda hiçbir teknoloji kullanılmadığı tespit edilmiştir. Saray, Tuşba ve Edremit ilçelerinde ise daha çok kırkım makinesi kullanıldığı tespit edilmiştir. Yine Erciş, Özalp, Gürpınar ve İpekyolu ilçelerinde işletmelerin az bir kısmı kırkım makinesi kullandıkları tespit edilmiştir. Çatak ve Çaldıran ilçelerindeki işletmelerin bir kısmı da el makası kullandıklarını belirtmişlerdir.

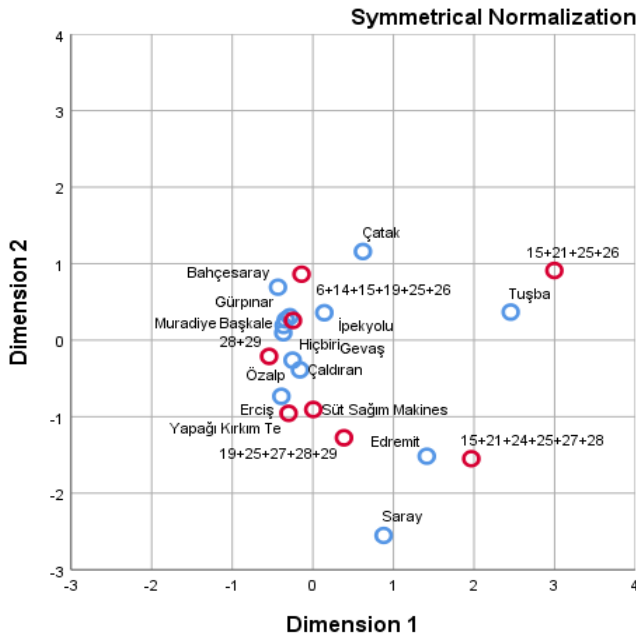
Şekil 16'ya göre ilçeler arasında banyoluk teknolojisi kullanımında önemli ($p < 0,001$) bir ilişki olduğu tespit edilmiş ve buna göre Gürpınar, Çaldıran, Erciş, Özalp, Muradiye, Gevaş, İpekyolu ve Başkale ilçelerinde çoğunlukla herhangi bir teknoloji kullanılmadığı Edremit, Saray, Tuşba, Bahçesaray ve Tuşba ilçelerinde pompa

teknolojisi kullandıkları tespit edilmiştir. Çatak ilçesinde ise çoğunlukla Başkale ilçesinde ise kısmen banyo havuzu kullanıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 16. İşletmenin bulunduğu ilçe ile hayvanların temizlenmesi için banyoluk teknolojilerinin kullanımındaki uyum analizi.

Figure 16. Correspondence analysis between the district where the enterprise is located and the use of bathing technologies for cleaning animals.



Şekil 17. İşletmenin bulunduğu ilçe ile işletmelerde kullanılan teknolojiler arasındaki uyum analizleri.

Figure 17. Correspondence analysis of the harmony between the district where the enterprise is located and the technologies used in the enterprises.

Diğer teknolojilerin kullanımı konusunda da ilçeler arasında önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiş ve buna göre işletmelerin büyük bir çoğunluğu yine hiçbir teknoloji kullanmıyor şeklinde beyan etikleri tespit edilmiştir. Şekil 17 incelendiğinde Tuşba ilçesinde daha

çok “Tırnak Kesme, Yapağı Kırkım, Otomatik Sulama Sistemi, Sulama Tankı” teknolojilerini kullandıkları, Çatak, İpekyolu ve Bahçesaray ilçelerinin “Süt Sağım Makinesi, Gübre Temizleme, Yapağı Kırkım, Otomatik Sulama Sistemi, Soğutma Tankı, Sulama Tankı” teknolojilerini daha çok kullandıkları tespit edilmiştir. Gürpınar, Muradiye ve Başkale ilçelerindeki işletmelerin çoğunun hiçbir teknolojiyi kullanmadığı tespit edilmiştir. Gevaş, Çaldıran ve Özalp’taki işletmelerde daha çok “Yem Öğütme (Parçalama), Patos” kullandıkları tespit edilmiştir. Erciş ilçesinde ise işletmelerin büyük çoğunluğunun Süt Sağım Makinesi ve Yapağı Kırkım Teknolojilerini kullandıkları tespit edilmiştir. Edremit ilçesindeki işletmelerin çoğunluğu “Tırnak Kesme Makası, Yeni Nesil Mobil Traktörler, Yapağı Kırkım, Yem Karma Makinası, Yem Öğütme (Parçalama), Sulama Tankı” teknolojilerini kullandıkları diğer kısmının ise “Süt Sağım Makinesi, Yapağı Kırkım, Yem Karma Makinası, Yem Öğütme (Parçalama), Patos” teknolojilerini kullandıkları tespit edilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

İşletmelerde çoğunlukla Akkaraman koyun ırkı bulunmakta ve geri kalan koyun ırklarıysa Akkaraman varyetesi olarak bilinen (Tuncer vd., 2018) Norduz, Karakaş ve Akkaraman X Norduz genotiplerinden oluşmuştur. Koyun genotipi bakımından Ceyhan vd., (2015) tarafından Niğde ili ve ilçelerinde yapılan çalışmalarda işletmelerde hakim olan Akkaraman koyun ırkının (%99) tespiti ile benzerlik göstermektedir.

Van’da koyunculuk işletmelerinde, elektrik/su imkanlarına sahip olmaları (%70), barınak tipini kapalı yapmaları (%68,6) ve kombine hayvan yetiştiriciliği (%81,1) yapanların oranlarının yüksek olduğundan yola çıkarak bunları benimseyen yetiştiricilerin bilinçli hayvancılık yaptıkları söylenebilir. Bakır vd., (2017) Siirt ili ve çevresinde 6 ilçede küçükbaş hayvancılık işletmelerinde yaptıkları çalışmada incelenen barınakların %95,8’inin kapalı, % 4,2’sinin açık tipte olduğunu bildirmişlerdir. Yıldız ve Aygün, (2021) yaptıkları çalışmada ise hayvan barınaklarının %100 oranda kapalı ağıl şeklinde olduğunu bildirmiştir. Çalışmada koyunculuk yapma şeklinin %68,6 ile daha çok yerleşik+yayla olduğu ortaya çıkmıştır. Bunu %15,7 oranı ile yayla ve %12,9 ile yerleşik koyuncululuğu takip etmiştir. Elde edilen sonuçlar çalışma ile benzerlik göstermektedir. Ceyhan vd., (2015)’da Niğde ili ve ilçeleri koyunculuk işletmeleri üzerine yaptıkları çalışmada, toplam 96 koyunculuk işletmesinde (%40,6) yayla koyuncululuğu, diğerlerinin yerleşik ve yayla (%19,8), yerleşik (%38,6) ve sadece göçer koyunculuk (%1,0) yapıldığını bildirmişlerdir.

Yıldız ve Aygün, (2021)'de yaptıkları çalışmada sağım yapılan işletmelerin %96,5'inde elle ve %3,5'inde makine ile sağım yapıldığı gibi bu çalışma ile benzer nitelikte sonuçları tespit etmişlerdir. Elde ettikleri sütü daha çok peynir (%48,9) yapımında kullandıkları ve gübreyi de yakacak (%50,7) olarak değerlendirdikleri görülmektedir. Çalışmalarda elde edilen veriler bu çalışma ile benzerlik teşkil etmektedir.

Yetiştiricilerin büyük bir çoğunluğu (%90,4) 15 yıldan fazla bir süredir koyunculukla uğraştıklarını beyan etmişlerdir. Polat, (2017) TRA2 (Ağrı, Ardahan, Iğdır ve Kars) Bölgesinin ekonomik kalkınması üzerine etkileri adlı anket çalışmasında, işletme sahiplerinin %71,4'ünün hayvancılık sektöründe çalışma süresinin 15 yıldan fazla olduğunu bildirmiştir. Bu bakımdan çalışmadaki tespitler ile benzerlik göstermektedir.

Yetiştiricilerin %91,4'ü sürülerinde ıslah yapmak istediklerini dile getirmişlerdir. Özyürek vd., (2018) Erzincan il ve ilçelerinde koyunculuk işletmelerinde 106 kişi ile yaptıkları anket çalışmalarında küçük işletmelerin ise %81'inin sütü peynir olarak sattığı ve sürünün verimini artırmak için, yetiştiricilerin %82,8'i bilimsel bir ıslah yapmak istediklerini bildirmişlerdir.

Yapılan analizler sonucu yetiştiricilerin %82,5'nin ilkokul mezunu, çiftçi toplantılarına gidenlerin oranı %59,3, damızlık koyun keçî birliğine üye oranı ise %40,7 gibi çoğunluk değerleri okunmaktadır. Şahinli, (2014) Karaman ilinde, Yıldız ve Aygün, (2021) Van ili merkez ilçelerde, Özyürek vd., (2018) Erzincan il ve ilçelerinde, Ceyhan vd., (2015) Niğde ili ve ilçelerinde koyunculuk işletmelerinde yaptıkları anket çalışmalarında yetiştiricilerin sırasıyla %44, %74,4 %100, %97,9'unun Damızlık Koyun Keçi Yetiştiricileri Birliğine üye olduklarını bildirmişlerdir. Yıldız ve Aygün, (2021) Van ili merkez ilçede yetiştiricilerin eğitim durumları bakımından ele alındığında; %69'u ilkokul, %3,6'sı lise mezunundan, %10,7'sinin ise okuma yazma bilmediklerini bildirmişlerdir. Yine Ceyhan vd., (2015) Niğde ili ve ilçelerinde büyük bir kısmının (%68,8) ilkokul mezunu olduğunu tespit etmişlerdir.

Koyunculuk işletmelerinde %97,9'unun bilgisayar kullanmadığı tespit edilmiştir. Kullanılan hayvancılık teknolojileri içerisinde kulak küpesi kullananların oranının %86,1 olduğu gibi ilginç bir sonuç da tespit edilmiştir. Bu ise daha çok küpeye bağlı olarak hayvan sayısına verilen maddi desteklerden kaynaklı veya devletin zorunlu olarak hayvanların numaralandırılması ve veritabanlarına kayıt edilmesinden kaynaklı olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Şahinli, (2014) Karaman ilinde toplam 50 adet koyunculuk işletmesi ile yaptığı ankette koyunculuk işletmelerinde sürü yönetimi konusunda bilgisayar kullanma oranını %6 olarak saptamıştır.

Genel olarak "Hangi hayvancılık teknolojilerini kullanıyorsunuz?" sorusuna işletmelerin %69,3'ü "Hiçbir teknolojiyi kullanmıyoruz" şeklinde cevap vermişlerdir. Aydın vd., (2020) Çanakkale ilinde 286 çiftçi ile yüz yüze yaptığı ankette "Hassas Hayvancılık Teknolojisi Kullanım Düzeyinin Tespiti" adlı tez çalışmasında hassas hayvancılık teknolojilerinden herhangi birisini kullanıyor musunuz? sorusuna çiftçilerin %84 ü hayır, %16'sı evet cevabını vermiş fakat evet cevabı veren bazı çiftçilerin tesislerinde yapılan gözlemlerde kamera, duyurga ve mikrofon gibi hassas hayvancılıkta kullanılan ekipmanlara rastlanılmadığı belirlenmiştir.

Yetiştiricilerin eğitim durumları ile kullandıkları teknolojilere bakıldığında; eğitim durumları arttıkça teknoloji kullanmada da gayret edildiği sonucuna varılmıştır. İlçelere göre banyoluk teknolojisi kullanımında önemli ($p < 0,001$) bir ilişki olduğu tespit edilmiş ve buna göre Gürpınar, Çaldıran, Erciş, Özalp, Muradiye, Gevaş, İpekyolu ve Başkale ilçelerinde çoğunlukla herhangi bir teknoloji kullanılmadığı Edremit, Saray, Tuşba, Bahçesaray ve Tuşba ilçelerinde pompa teknolojisi kullandıkları tespit edilmiştir. Eğitim durumlarına göre koyunculukta kullanılan teknolojilerin kullanımı açısından farklılıklar olduğu sonucuna varılmıştır.

Bununla birlikte hayvan sayısına bağlı olarak işletmelerde teknoloji kullanımı konusunda biraz kararsızlıklar olsa da temelde hayvan sayısı arttıkça eğilimin "Süt Sağım Makinesi, Yapağı Kırkım Teknolojisi, Yem Karma Makinası, Yem Öğütme (Parçalama), Patos" teknolojilerini kullandıkları görülmektedir. Van ilçelerinde teknolojilerin kullanılması açısından uyum analizlerine bakıldığında kullanılan teknolojiler arasında büyük farklılıklar olduğu sonucuna varılmıştır. Nitekim Gürpınar, Muradiye, Başkale, Bahçesaray, İpekyolu, Çatak, Çaldıran ve Özalp ilçelerinin büyük bir çoğunluğunun hiçbir teknoloji kullanmadıkları tespit edilmiştir.

Sonuç olarak;

Van ilindeki koyunculuk faaliyetlerinde kullanılan teknolojilere bakıldığında işletmelerin kısmen de olsa teknolojiyi kullandıkları ve imkanlar elverdikçe yetiştiriciler arasında iş yükünü hafiflettiği düşünülen teknolojileri satın aldıkları belirlenmiştir. Kentleşmeye yakın kesimlerde daha çok teknoloji kullanıldığı söylenebilir. Eğitim düzeylerine bağlı olarak yüksek lisans ve lisans düzeyindekilerin ilkokul ve lise mezunlarına göre teknoloji kullanımını benimsedikleri tespit edilmiştir. Çalışma da en önemli eksikliğin yine teknoloji kısmı olduğu ortaya çıkmıştır. Yetiştiricilerin çoğunun koyunculukla ilgili internet sitelerini takip etmedikleri ve daha çok İl / İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri'nden yardım aldıkları belirlenmiştir.

Koyunculuk işletmelerinde kullanılan teknolojilerin sonuç itibari ile öneminin çok yüksek olduğu tüm işletmeler tarafından dile getirilmiştir. İşletmeler bunları ya uygulama için imkanları zorlamak ya da kendi işletmelerine entegre etme gayreti içinde olduklarını ifade etmişlerdir. İşlerin otomatik olarak yapılmasında büyük rolü olan ve insan odaklı olmasıyla da insan refahını, düzen ve istikrarı sağlayan, hayvancılık faaliyetlerinin kısa sürede yapılmasını sağlayan teknolojinin maddi imkanlardan dolayı alınmadığı dile getirilmiştir.

Dünyada hayvansal üretimde kullanılan yeni teknolojiler sayesinde ergonomik, ekonomik ve sosyal olarak çok önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Ülkemizde mevcut koşullarda hayvansal üretim ve ürünlerin ihtiyacı karşılayabilmesi, hayvan ithalatının azaltılması, arz talep dengesinin sağlanması ve ilimizin organik hayvansal üretim potansiyelinin dikkate alınması ile ihracatta da önemli katkılar sunmasında yenilikçi teknolojiler ve bu teknolojileri uygulayabilecek eğitimli iş gücünün yetiştirilmesi önemli katkılar sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmaya FYL-2022-9834 numaralı proje kapsamında maddi destek sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Abacı, Z.T. (2015).** Ardahan tarımında gelişmiş teknolojilerin uygulanabilirliği. *Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 37-44.
- AIM. (2000).** *Draft paper on the characteristics of RFID systems.* The association of the automatic identification and data capture industry. Erişim Tarihi: 02.01.2022, http://www.next-up.org/pdf/RFID_Characteristics.pdf
- Ahç, D. & Yener, S. (2006).** Süt sığırcılığı işletmelerinde robotlu sağım sistemi. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(04), 369-380.
- Anonim. (2022).** *Farm management. Milk production on robot farms.* Lely Holding S.a.r.l. The Netherlands. https://www.lely.com/media/filer_public/72/d4/72d4ae24-7f7b-440c-84af-01d2d7a80715/fms_melkwinning_brochure_en.pdf. (02.01.2022).
- Aydın, A., Çay, A., Polat, B. & Or, A. (2020).** Çanakkale ili çiftçilerinin hassas hayvancılık teknolojisi kullanım düzeyinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(2), 1-7.
- Aziz, D. (2022).** Akıllı hayvancılık teknolojileri. *Hayvancılık, Apelasyon Dergisi*, 04(101), 2022.
- Bakır, G., Mikaili, N. & Baygeldi, S. (2017).** Siirt ili küçükbaş hayvan işletmelerinde barmakların mevcut durumu. *Turk Journal Agriculture Research*, 4(3), 241-250.
- Bayraç, N. & Doğan, E. (2018).** Teknoloji yoksulluğu ve Türkiye'de ihracatın ithalata olan bağımlılığı. *International Journal of Social Inquiry*, 11(1), 17-42.
- Berckmans, D. (2014).** Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Revue Scientifique et Technique*, 33(1), 189-96.
- Berckmans, D. (2017).** General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7(1), 6-11.
- Bingöl, E. & Bingöl, M. (2015).** Hamdani kuzularda büyüme-gelişme ve analarının dışyapı özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 200-206.
- Ceyhan, A., Şekeroğlu, A., Ünal, A., Çınar, M., Serbestler, U., Akyol, E. & Yılmaz, E. (2015).** Niğde ili koyunculuk işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunları üzerine bir araştırma. *Niğde Üniversitesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(2), 2015.
- Çelikyürek, H. & Karakuş, K. (2017).** Ekolojik hayvancılıkta bilgisayar teknolojisi kullanımının önemi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(13), 1750-1756.
- Çelikyürek, H., Karakuş, K. & Aygün, T. (2019).** Database usage and its importance in livestock. *Manas Journal of Agriculture and Life Science*, 9(2), 117-121.
- Ergün, O.F. & Bayram, B. (2021).** Türkiye'de hayvancılık sektöründe yaşanan değişimler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 10(2), 158-175.
- Ertaş, N. & Deniz, O. (2018).** 1991 sonrasında Van'da küçükbaş hayvancılığın gelişim seyri ve sorunları. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 3-6 Ekim 2018, Ankara.

- Gökçe, G., Göncü, S. & Bozkurt, S. (2020).** Endüstri 4.0 ve hayvancılık. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(3), 21-26.
- Göncü, S. & Gökçe, G. (2017).** Türkiye’de sığır besiciliği işletmelerinde karlı ve sürdürülebilir üretim için teknolojik uygulamalar. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(1), 29-34.
- Günaydın, G. (2009).** Koyun yetiştiriciliğinin ekonomi politikası. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2), 15-32.
- Karakuş, K. & Çelikyürek, H. (2018).** Organik hayvansal üretimde biyoteknolojik uygulamalar. *Journal of Animal Science and Products.(JASP)*, 1(1), 9-13.
- Kastelic, J.P. (2001).** Computerized heat detection. *Advances in Dairy Technology*, 13, 393-402.
- Norton, T., Chen, C., Larsen, MLV. & Berckmans, D. (2019).** Review: Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer. *Animal*, 13(12), 3009-3017.
- Odintsov Vaintrub, M., Levit, H., Chincarini, M., Fusaro, I., Giammarco, M. & Vignola, G. (2021).** Review: Precision livestock farming, automats and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming. *Animal*, 15(3), 2021.
- Onur, S. (2016).** *Süt ölçüm ve takip istasyonu için otomasyon yazılımı geliştirme*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 103s.
- Ordolff, D. (2011).** Introduction of electronics into milking technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30(1-3), 125-149.
- Özyürek, S., Türkyılmaz, D., Dağdelen, Ü., Esenbuğa, N. & Yaprak, M. (2018).** Erzincan ili koyunculuk işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunlarının işletme büyüklüğüne göre incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(2), 219-226.
- Polat, M. (2017).** The effects of the livestock industry on the economic development of the Region TRA2. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(2), 631-643.
- Rainard, P. & Riollet, C. (2006).** Innate immunity of the bovine mammary gland. *Veterinary Research*, 37(3), 369-400.
- Silva, K.O. & Naas, I. (2006).** Evaluating the use of electronic identification in swine. *Engenharia Agrícola*, 26(1), 11-19.
- Soysal, M.İ. (2016).** *Çiftlik hayvanlarında genetik iyileştirme*. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü. Biyometri Genetik Ana Bilim Dalı, 341s.
- SPSS. (2019).** IBM Corp. Released 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Şahinli, M.A. (2014).** Koyunculuk sürü yönetimi: Karaman ili örneği. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 113-120.
- Thornton, P.K. (2010).** Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 365(1554), 2853-2867.
- Tuncer, S.S., Uslu, S., Taş, A. & Şireli, H.D. (2018).** The densities of fiber follicles in the Karakaş, Norduz, and Zom sheep and a comparative analysis. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 50, 21-26.
- TÜİK. (2022).** *Hayvansal üretim istatistikleri*, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>. (12.09.2023).
- Uzmay, C., Kaya, İ. & Tömek, B. (2010).** Süt sığırçılığında hassas sürü yönetim uygulamaları, *Hayvansal Üretim*, 51(2), 50-58.
- Viazzi, S., Bahr, C., Van Hertem, T., Schlageter Tello, A., Romanini, C.E.B. & Halachmi, I. (2014).** Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100(1), 139-147.
- Yakan, D. (2020).** *GPS küresel konumlama sistemi nedir?* <https://devreyakan.com/gps-kuresel-konumlama-sistemi-nedir/>. (04.11.2022).
- Yaman, H., Sungur, O. & Dulupçu, M.A. (2021).** Dünyada tarım ve hayvancılığın dönüşümü: Teknolojiye dayalı uygulamalar ve devrimler. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Dergisi*, 27(2), 123-133.
- Yıldız, A. & Aygün, T. (2021).** Van ili merkez ilçede küçükbaş hayvancılık faaliyetleri ve genel sorunlar: I. İşletmelerin yapısal özellikleri. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 4(1), 23-36.



Limit Values of Dissolved Nutrients for the Assessment of Eutrophication in the Northeastern Mediterranean Rivers

İsmail AKÇAY * Özgür ÖZBAY

Mersin University, Faculty of Fisheries, Yenişehir-Mersin, Türkiye

Geliş/Received: 11.07.2023

Kabul/Accepted: 19.09.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Akçay, İ. & Özbay, Ö. (2023). Limit Values of Dissolved Nutrients for the Assessment of Eutrophication in the Northeastern Mediterranean Rivers. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 590-594. <https://doi.org/10.35229/jaes.1325674>

Atıf yapmak için: Akçay, İ. & Özbay, Ö. (2023). Kuzeydoğu Akdeniz Nehirlerinde Ötrofikasyonun Değerlendirilmesi için Çözünmüş Besin Tuzları Sınır Değerleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 590-594. <https://doi.org/10.35229/jaes.1325674>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8738-8359>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7837-350X>

***Corresponding author's:**

İsmail AKÇAY
Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi,
Yenişehir-Mersin, Türkiye
✉: iakcay@mersin.edu.tr

Abstract: This study attempted to determine the limit values of dissolved nutrients for assessing trophic status and water quality of Northeastern Mediterranean Rivers from the previously published nutrient data sets. Study findings indicated that the oligotrophic river waters should have concentrations of total phosphorus, orthophosphate, ammonium and total nitrogen less than 0.13 mg/L, 0.07 mg/L, 0.11 mg/L and 0.90 mg/L, respectively. The proposed limit values defining oligotrophy, mesotrophy and eutrophy differed from those reported by the Surface Water Quality Regulation and the commonly used reference values. These discrepancies were probably due to the rivers' distinct physical and biochemical characteristics. New approaches, such as modeling studies, are needed to define threshold and reference values of dissolved nutrients to produce more sensitive assessment tools for sustainable management of NE Mediterranean Rivers.

Keywords: Dissolved nutrients, eutrophication, limit values, northeastern mediterranean rivers.

Kuzeydoğu Akdeniz Nehirlerinde Ötrofikasyonun Değerlendirilmesi için Çözünmüş Besin Tuzları Sınır Değerleri

***Sorumlu yazar:**

İsmail AKÇAY
Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi,
Yenişehir-Mersin, Türkiye
✉: iakcay@mersin.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, daha önce yayınlanan besin tuzu veri setlerinden Kuzeydoğu Akdeniz Nehirlerinin trofik durumunu ve su kalitesini değerlendirmek için sınır değerler belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçları, oligotrofik özellikte nehir sularının toplam fosfor, ortofosfat, amonyum ve toplam azot için konsantrasyon değerlerinin 0,13 mg/L, 0,07 mg/L, 0,11 mg/L ve 0,90 mg/L'den az olması gerektiğini göstermiştir. Oligotrofi, mezotrofi ve ötrofiyi tanımlayan önerilen sınır değerler, Yerüstü Kalitesi Yönetmeliği tarafından bildirilen değerlerden ve yaygın olarak kullanılan referans değerlerden farklı bulunmuştur. Bu farklılıklar, muhtemelen nehirlerin farklı fiziksel ve biyokimyasal özelliklere sahip olmasından kaynaklıdır. Kuzeydoğu Akdeniz Nehirlerinin sürdürülebilir yönetimi için çözünmüş besin maddelerinin sınır ve referans değerlerini tanımlamak üzere daha hassas değerlendirme araçları üretmek amacıyla modellenen çalışmalarını gibi yeni yaklaşımlara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Çözünmüş besin tuzları, kuzeydoğu akdeniz nehirleri, ötrofikasyon, sınır değerler.

INTRODUCTION

Safe and healthy freshwater systems provide many goods and services for the society (Richter et al., 2003). Rivers, a significant source of freshwater supply, have been used for many purposes though wastewater discharges have highly polluted them originated from human-induced

activities (Akçay et al., 2021; Mouri et al., 2011; Mustapha et al., 2013). The assessment of eutrophication in river and stream waters is, therefore, a major issue for these freshwater ecosystems that serve for the society's human health and economic development (Carlson, 1977; Mamun et al., 2021).

Aquatic ecosystems are affected by the enrichment of nutrients by changing molar nutrient ratios, along a

continuum from fresh water through estuarine, coastal, and marine ecosystems. There are positive relationships between the fluxes of nutrients (N, P) and the primary production, and fisheries yield. However, there are thresholds where the fluxes of nutrients into the estuarine, coastal and marine ecosystems when exceeding the assimilation capacity of nutrient-enhanced production (Rabalais, 2002). Eutrophication classification tools are generally related to the intercorrelation of state variables which are direct (nutrient concentrations, surface DO, biomass, turbidity values) and indirect (oxygen deficiency in deep waters and biodiversity changes) indicators of eutrophication (Ferreira et al., 2011; Ignatiades et al., 1992; Primpas et al., 2010; Tavakoly Sany et al., 2014). Many studies have been performed to determine trophic status of river and stream waters using various eutrophication classification tools (Carlson, 1977; Dodds et al., 1998; Karr & Chu, 2000; Paula Filho et al., 2020; Ülker et al., 2020). However, the classification scales and limit values of these classification tools may vary regionally due to distinct physical and biochemical characteristics of the studied river and stream waters.

The Mediterranean Sea, a typical example of semi-enclosed seas, is characterized by high values of salinity, temperature and density. Since the net evaporation exceeds the precipitation, an anti-estuarine circulation through the Strait of Gibraltar is observed that contributes to very low nutrient concentrations in the surface waters (Tanhua et al., 2013). Though offshore waters of Northeastern (NE) Mediterranean Sea displays oligotrophic properties with low

nutrient concentrations and primary productivity, its coastal region has been fed by many regional rivers and creeks (Akçay et al., 2022; Akçay, 2023; Tugrul et al., 2019). For the NE Mediterranean shelf waters, a comparison of riverine nutrient fluxes with the atmospheric, wastewater and sediment-diffusive nutrient fluxes clearly showed that NE Mediterranean coastal region is principally fueled by riverine nutrient inputs, leading to coastal eutrophication (Akçay et al., 2021).

In order to attain good environmental status of regional rivers and NE Mediterranean Sea, sustainable management of eutrophication is of critical importance. In this study, therefore, an attempt was made to determine the limit values of dissolved nutrients for assessing the trophic status and water quality of NE Mediterranean Rivers. The proposed limit values for nutrients were also compared to those reported by Surface Water Quality Regulation and the study of Dodds et al., (1998).

MATERIAL AND METHOD

The NE Mediterranean regional rivers are Asi, Ceyhan, Seyhan, Berdan, Göksu, Lamas, Manavgat, Aksu, Eşen and Dalaman Rivers (Akçay, 2023). In this study, the examined nutrients were orthophosphate (PO_4), total phosphorus (TP), ammonium (NH_4) and total nitrogen (TN). The nutrients data were obtained from the studies of Demirel et al. (2011), Özbay et al. (2012); Kılıç et al. (2018), Akçay & Tuğrul (2018) and Türkeri et al. (2023) (Table 1). The studied rivers were shown on the map presented in Figure 1.

Table 1. The Northeastern Mediterranean Rivers studied between 2006 and 2022.

River	Study Period	Sampling Frequency	# of stations	Parameters	Reference
Göksu R.	2006-2008	Seasonal	6	NH_4 , PO_4 , TP	Demirel et al. (2011)
Berdan R.	2008-2008	Monthly	6	TN, PO_4 , TP	Özbay et al. (2012)
Asi R.	2006-2014	Seasonal	1	NH_4 , PO_4	Kılıç et al. (2018)
Ceyhan R.	2008-2015	Seasonal	1	NH_4 , PO_4 , TP	Akçay & Tuğrul (2018)
Seyhan R.		Seasonal	1	NH_4 , PO_4 , TP	
Berdan R.		Seasonal	1	NH_4 , PO_4 , TP	
Göksu R.		Seasonal	1	NH_4 , PO_4 , TP	
Lamas R.		Seasonal	1	NH_4 , PO_4 , TP	
Bedan R.	2021-2022	Monthly	3	TN, PO_4 , TP	Türkeri et al. (2023)
Göksu R.		Monthly	5	TN, PO_4 , TP	

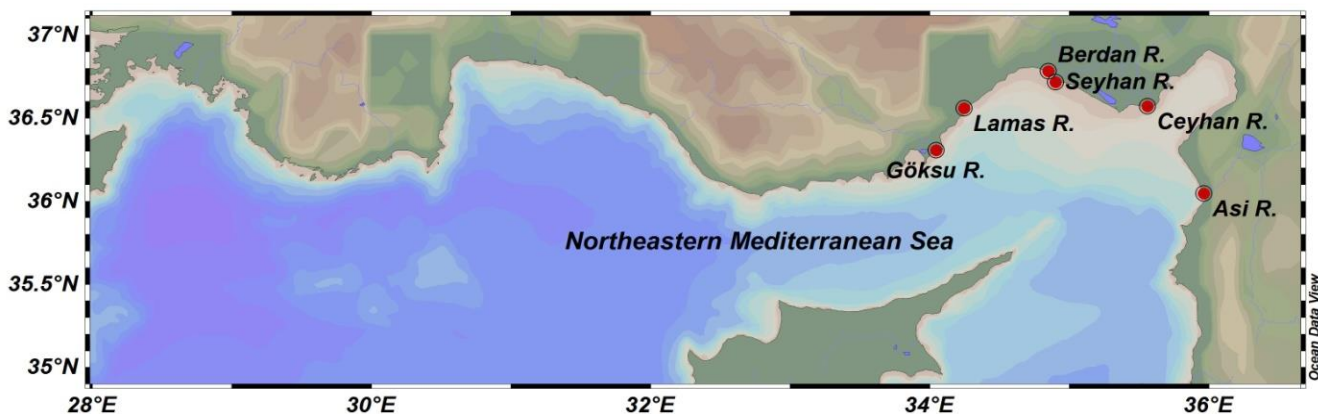


Figure 1. The studied rivers flowing into the Northeastern Mediterranean Sea between 2006 and 2022 (Sampling strategies were presented in Table 1).

The limit values of nutrients were proposed by the method presented in the study of Ignatiades et al., (1992). Firstly, all data sets were evaluated after removing outliers according to the method described by Crawley (2007). Since the log transformation is the most common method for the normal distribution of environmental parameters, log transformation of the data sets was applied. Then, all the reported data sets and the log-transformed values were examined for normality. Kolmogorov-Smirnov statistics was applied by using IBM SPSS Statistics 26. Finally, the limit values of nutrients for the eutrophication assessment were determined from the mean values of log-transformed data and the standard deviation of the data after removing outliers (Ignatiades et al., 1992).

RESULTS AND DISCUSSION

Though there are positive relationships between the fluxes of nutrients (N, P) and the primary production, and fisheries yield, excess amount of nutrient inputs into the estuarine, coastal and marine ecosystems has led to degradation of water quality (Rabalais, 2002). Northeastern (NE) Mediterranean Sea offshore waters displays oligotrophic properties. However, its coastal region has been affected by many regional rivers and creeks, leading to development of coastal eutrophication (Akçay et al., 2022; Akçay, 2023; Tuğrul et al., 2019). For the management of eutrophication in the regional rivers and NE Mediterranean sea shelf waters, determination of nutrients concentrations, their fluxes and defining the target values of riverine nutrients are critically important. In this study, the limit values of dissolved nutrients for the assessment of trophic status and water quality of Northeastern Mediterranean Rivers were determined. In this study, simple statistics of the obtained data sets were presented in Table 2. All the reported values indicated that the studied NE Mediterranean Rivers showed marked spatial and temporal variability. The maximum values were generally reported in wet winter-spring periods in Seyhan and Ceyhan Rivers while minimum values were recorded in the least contaminated Lamas River (Akçay & Tuğrul, 2018). The frequency distributions and normality tests showed that log-transformed data approached normality (Figure 2-3, Table 3).

Table 2. Simple statistics of the obtained data sets ((a): Raw data before removing outliers, (b): Data after removing outliers.

(a)	TP (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	TN (mg/L)
Mean	0.36	0.26	0.96	2.17
Std. Dev.	0.65	0.58	2.93	2.44
Min.	0.02	0.002	0.01	0.18
Max.	3.89	4.05	15.68	9.00
N	124	57	30	96
(b)	TP (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	TN (mg/L)
Mean	0.19	0.12	0.18	1.16
Std. Dev.	0.17	0.10	0.15	0.90
Min.	0.02	0.002	0.01	0.18
Max.	0.70	0.39	0.56	4.29
N	112	50	26	80

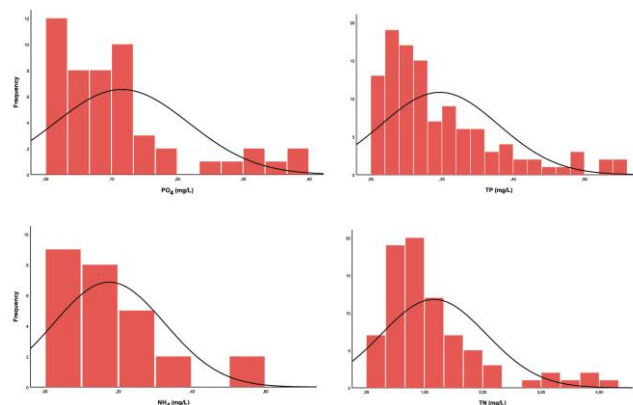


Figure 2. Frequency distribution of nutrients after removing outliers.

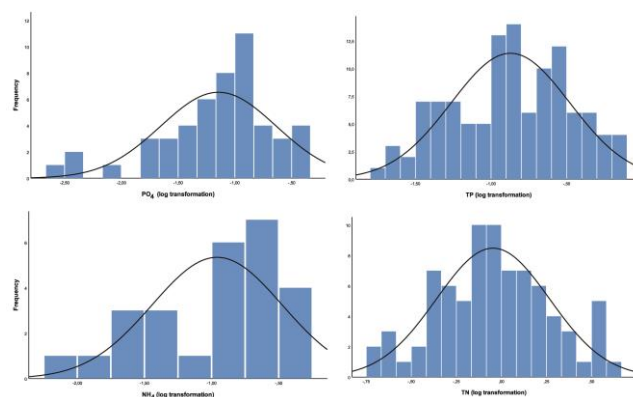


Figure 3. Frequency distribution of nutrients after log transformation.

Table 3. Kolmogorov-Smirnov statistics for normality of the nutrients data and log transformed nutrients data.

Parameters	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
TP (mg/L)	0.158	112	0.000
PO ₄ (mg/L)	0.211	50	0.000
NH ₄ (mg/L)	0.137	26	0.200*
TN (mg/L)	0.158	80	0.000
TP (log transformation)	0.064	112	0.200*
PO ₄ (log transformation)	0.125	50	0.050
NH ₄ (log transformation)	0.158	26	0.095
TN (log transformation)	0.050	80	0.200*

^aThis is a lower bound of the true significance.

*Lilliefors Significance Correction

Assessment of trophic status can be determined by using concentrations of nutrients obtained by systematic data sets. Ignatiades et al. (1992) performed a statistical analysis of nutrients for scaling aquatic environments into oligotrophic, mesotrophic and eutrophic water quality. Furthermore, in a recent study performed by Nikolaidis et al. (2022), the boundary concentrations between good and moderate status for the nutrient concentrations of Rivers in Europe to achieve good environmental status and deliver ecosystem services. They reported that the nutrient targets established for rivers ranged from 0.5 to 3.5 mg/L TN and from 11 to 105 µg/L TP, respectively (Nikolaidis et al., 2022). In this study, limit values of dissolved nutrients for assessing the trophic status and water quality of NE Mediterranean Rivers were determined from the mean values of log-transformed data and the standard deviation of the data after removing outliers (Table 4). According to limit values, the oligotrophic river waters should have concentrations of TP, PO₄, NH₄ and TN less than 0.13

mg/L, 0.07 mg/L, 0.11 mg/L and 0.90 mg/L, respectively (Table 4). A close examination of the proposed limit values for oligotrophy and eutrophy indicated that our proposed limit values for the PO₄ and TP were much greater than the values reported in Surface Water Quality Regulation and the values reported by Dodds et al., (1998) (Table 5-6). Though our proposed limit values for oligotrophy were similar to those reported by Dodds et al. (1998), our TN limit values were much lower than those according to Surface Water Quality Regulation.

Table 4. The proposed limit values for the assessment of eutrophication in the Northeastern Mediterranean Rivers.

Trophic Status	TP (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	TN (mg/L)
Oligotrophic	<0.13	<0.07	<0.11	<0.90
Mesotrophic	0.13-0.43	0.07-0.25	0.11-0.37	0.90-2.70
Eutrophic	>0.43	>0.25	>0.37	>2.70

Table 5. Water quality classes according to Surface Water Quality Regulation.

Water Quality Classes	TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TN (mg/L)
Class 1	<0.08	<0.05	<0.20	<3.5
Class 2	0.20	0.16	1.00	11.5
Class 3	>0.20	>0.16	>1.00	>11.5

Table 6. Limit values for the assessment of eutrophication proposed by Dodds et al. (1998).

Trophic Status	TP (mg/L)	TN(mg/L)
Oligotrophic	<0.025	<0.70
Mesotrophic	0.025-0.075	0.70-1.50
Eutrophic	>0.075	>1.50

In Türkiye, nutrient (N, P, Si) concentrations and trophic status assessment of the regional rivers flowing into the NE Mediterranean shelf region were reported in many studies (Akçay & Tuğrul, 2018; Akçay et al., 2021; Demirel et al., 2011; Kılıç et al., 2018; Kılıç, 2020; Koçak et al., 2010; Özbay et al., 2012; Tuğrul et al., 2009; Türkeri et al., 2023). Trophic status assessment of these regional rivers was determined by commonly used classification tools reported by the study of Ülker et al. (2020), as well as water quality assessment by using the limit values presented in Surface Water Quality Regulation published in the official gazette of Türkiye. Defining site-specific reference conditions for the water masses is necessary to assess eutrophication (Tuğrul et al., 2019). The limit values for the river waters ranging from oligotrophic to eutrophic conditions may vary spatially since these waters displayed distinct physical and biochemical variability (Table 2). Regional rivers flowing into the coastal waters of NE Mediterranean Sea were highly contaminated by anthropogenic pressures (Akçay & Tuğrul, 2018; Özbay et al., 2012). Defining limit values from the obtained data sets may be an excellent way to determine eutrophication status of these rivers. However, for a better assessment of eutrophication, it is necessary to determine physical and eutrophication-related parameters over specific periods (Tavakoly Sany et al., 2014). Therefore, monitoring studies are critically important for the sustainable management of

regional rivers flowing into the NE Mediterranean shelf waters.

CONCLUSION

In this study, a first attempt was made to determine limit values of dissolved nutrients for assessing trophic status and water quality of NE Mediterranean Rivers. Study findings indicated that our limit values defining oligotrophy, mesotrophy and eutrophy were different than those reported by the Surface Water Quality Regulation and the study of Dodds et al. (1998). These discrepancies were probably due to the rivers' distinct physical and biochemical characteristics. Study findings also showed the importance of systematic monitoring studies for eutrophication assessment in the regional rivers flowing into the NE Mediterranean shelf region. For defining threshold and reference values of dissolved nutrients, new approaches, such as modeling studies, are needed to assess trophic status and water quality to produce more sensitive assessment tools for sustainable management of NE Mediterranean Rivers.

REFERENCES

- Akçay, İ. & Tuğrul, T. (2018). Riverine nutrient inputs to the Mersin Bay, northeastern Mediterranean. *Proceedings of International Marine & Freshwater Sciences Symposium, Turkey*. pp. 56-60.
- Akçay, İ. (2023). Comparison of diffusive and total nutrient fluxes from the sediment of Mersin Bay, northeastern Mediterranean Sea. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 45(2), 176-180. DOI: [10.3103/S1063455X23020042](https://doi.org/10.3103/S1063455X23020042)
- Akçay, I., Tuğrul, S. & Özhan, K. (2022). Effects of river inputs on particulate organic matter composition and distributions in surface waters and sediments of the Mersin Bay, northeastern Mediterranean Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 52, 102316. DOI: [10.1016/j.rsma.2022.102316](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102316)
- Akçay, I., Tuğrul, S. & Yücel, M. (2021). Benthic nutrient fluxes across a productive shelf adjacent to an oligotrophic basin: case of the northeastern Mediterranean Sea. DOI: [10.31223/X5390F](https://doi.org/10.31223/X5390F)
- Carlson, R.E. (1977). A trophic state index for lakes 1. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361-369.
- Crawley, M.J. (2007). *Classical tests*. In: The R book (1st ed.). John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 279-322.
- Demirel, Z., Özer, Z. & Özer, O. (2011). Investigation and modeling of water quality of Göksu River (Cleados) in an international protected area by using GIS. *Journal of Geographical Sciences*, 21, 429-440.
- Dodds, W.K., Jones, J.R. & Welch, E.B. (1998). Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water Research*, 32(5), 1455-1462. DOI: [10.1016/S0043-1354\(97\)00370-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00370-9)

- Ferreira, J.G., Andersen, J.H., Borja, A., Bricker, S.B., Camp, J., Cardoso da Silva, M., Garcés, E., Heiskanen, A.S., Humborg, C., Ignatiades, L., Lancelot, C., Menesguen, A., Tett, P., Hoeffner, N. & Claussen, U. (2011). Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **93**, 117-131. DOI: [10.1016/j.ecss.2011.03.014](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.03.014)
- Ignatiades, L., Karydis, M. & Vounatsou, P. (1992). A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales. *Marine Pollution Bulletin*, **24**(5), 238-243. DOI: [10.1016/0025-326X\(92\)90561-J](https://doi.org/10.1016/0025-326X(92)90561-J)
- Karr, J.R. & Chu, E.W. (2000). Introduction: Sustaining living rivers. In *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters: Proceedings of the International Conference, held in Vienna, Austria, 9-11 November 1998* (pp. 1-14). Springer Netherlands.
- Kılıç, E. (2020). Evaluation of water quality by water quality index method using long time monitoring data in Göksu River. *Marine and Life Sciences*, **2**(1), 5-12.
- Kılıç, E., Akpınar, A. & Yücel, N. (2018). The Asi River's estimated nutrient load and effects on the eastern Mediterranean. *Aquatic Sciences and Engineering*, **33**(2), 61-66. DOI: [10.18864/ASE201810](https://doi.org/10.18864/ASE201810)
- Koçak, M., Kubilay, N., Tugrul, S. & Mihalopoulos, N. (2010). Atmospheric nutrient inputs to the northern levantine basin from a long-term observation: sources and comparison with riverine inputs. *Biogeosciences*, **7**(12), 4037-4050. DOI: [10.5194/bg-7-4037-2010](https://doi.org/10.5194/bg-7-4037-2010)
- Mamun, M., Kim, J. Y. & An, K.G. (2021). Multivariate statistical analysis of water quality and trophic state in an artificial dam reservoir. *Water*, **13**(2), 186. DOI: [10.3390/w13020186](https://doi.org/10.3390/w13020186)
- Mouri, G., Takizawa, S. & Oki, T. (2011). Spatial and temporal variation in nutrient parameters in stream water in a rural-urban catchment, Shikoku, Japan: Effects of land cover and human impact. *Journal of Environmental Management*, **92**(7), 1837-1848. DOI: [10.1016/j.jenvman.2011.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.03.005)
- Mustapha, A., Aris, A. Z., Juahir, H., Ramli, M.F. & Kura, N.U. (2013). River water quality assessment using environmental techniques: case study of Jakara River Basin. *Environmental Science and Pollution Research*, **20**, 5630-5644. DOI: [10.1007/s11356-013-1542-z](https://doi.org/10.1007/s11356-013-1542-z)
- Nikolaidis, N. P., Phillips, G., Poikane, S., Várбірó, G., Bouraoui, F., Malagó, A. & Lilli, M. A. (2022). River and lake nutrient targets that support ecological status: European scale gap analysis and strategies for the implementation of the Water Framework Directive. *Science of the Total Environment*, **813**, 151898. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2021.151898](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151898)
- Özbay, Ö., Göksu, M.Z.L. & Alp, M.T. (2012). Akarsu ortamında su kalite parametrelerinin incelenmesi, Berdan Çayı örneği (Tarsus-Mersin), *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **28**(1), 109-117.
- Paula Filho, F.J.D., Marins, R.V., Chicharo, L., Souza, R.B., Santos, G.V. & Braz, E.M.A. (2020). Evaluation of water quality and trophic state in the Parnaíba River Delta, northeast Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, **34**, 101025. DOI: [10.1016/j.rsma.2019.101025](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.101025)
- Primpas, I., Tsirtsis, G., Karydis, M. & Kokkoris, G.D. (2010). Principal component analysis: development of a multivariate index for assessing eutrophication according to the European water framework directive. *Ecological Indicators*, **10**(2), 178-183. DOI: [10.1016/j.ecolind.2009.04.007](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.04.007)
- Rabalais, N.N. (2002). Nitrogen in aquatic ecosystems. *AMBIO: a Journal of the Human Environment*, **31**(2), 102-112. DOI: [10.1579/0044-7447-31.2.102](https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.2.102)
- Richter, B.D., Mathews, R., Harrison, D.L. & Wigington, R. (2003). Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, **13**(1), 206-224.
- Tanhua, T., Hainbucher, D., Schroeder, K., Cardin, V., Álvarez, M. & Civitarese, G. (2013). The Mediterranean Sea system: a review and an introduction to the special issue. *Ocean Science*, **9**(5), 789-803. DOI: [10.5194/os-9-789-2013](https://doi.org/10.5194/os-9-789-2013)
- Tavakoly Sany, S. B., Hashim, R., Rezayi, M., Salleh, A. & Safari, O. (2014). A review of strategies to monitor water and sediment quality for a sustainability assessment of marine environment. *Environmental Science and Pollution Research*, **21**, 813-833. DOI: [10.1007/s11356-013-2217-5](https://doi.org/10.1007/s11356-013-2217-5)
- Tugrul, S., Kuçuksezgin, F., Yemencioğlu, S. & Uysal, Z. (2009). Long term biomonitoring, trend and compliance monitoring program in coastal areas from aegean, northeastern Mediterranean and eutrophication monitoring in Mersin Bay (MEDPOL Phase IV). Ministry of Environment and Forestry, Ankara.
- Tugrul, S., Ozhan, K. & Akçay, I. (2019). Assessment of trophic status of the northeastern Mediterranean coastal waters: eutrophication classification tools revisited. *Environmental Science and Pollution Research*, **26**(15), 14742-14754. DOI: [10.1007/s11356-018-2529-6](https://doi.org/10.1007/s11356-018-2529-6)
- Türkeri, M., Marankoz, S., Özbay, Ö., Akçay, I., & Alp, M.T. (2023). Nutrient inputs from two major rivers into the Cilician Basin of the north-eastern Mediterranean Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, **52**(2), 240-244. DOI: [10.26881/oahs-2023.2.08](https://doi.org/10.26881/oahs-2023.2.08)
- Ülker, D., Bayirhan, İ. & Burak, S. (2020). Assessment and comparison of commonly used eutrophication indexes. *Turkish Journal of Water Science and Management*, **4**(1), 4-30. DOI: [10.31807/tjwsm.583530](https://doi.org/10.31807/tjwsm.583530)



Karaca (*Capreolus capreolus*), Karayaka Koyunu ve Saanen Keçisi (*Capra aegagrus hircus*) Metapodial Kemiklerinin Morfometrik Olarak İncelenmesi ^[*]

Sedef SELVİLER SİZER¹ Fatmanur Sıla KESKİN^{2*} Bedirhan ÇAMOĞLU² Semih KURT¹
Burcu ONUK¹ Murat KABAK¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Veteriner Anatomi Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

Geliş Tarihi: 21.07.2023

Kabul Tarihi: 20.09.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Keskin, F.S., Selviler Sizer, S., Çamoğlu, B., Kurt, S., Onuk, B. & Kabak, M. (2023). Karaca (*Capreolus capreolus*), Karayaka Koyunu ve Saanen Keçisi (*Capra aegagrus hircus*) Metapodial Kemiklerinin Morfometrik Olarak İncelenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 595-602. <https://doi.org/10.35229/jaes.1330401>

How to cite: Keskin, F.S., Selviler Sizer, S., Çamoğlu, B., Kurt, S., Onuk, B. & Kabak, M. (2023). Morphometric Examination of the Metapodial Bones of Roe Deer (*Capreolus capreolus*), Karayaka Sheep and Saanen Goat (*Capra aegagrus hircus*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 595-602. <https://doi.org/10.35229/jaes.1330401>

*ID: <https://orcid.org/0009-0004-6139-299X>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-1990-4507>
ID: <https://orcid.org/0009-0006-4808-8402>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-5160-7772>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-8617-3188>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4255-1372>

*Sorumlu yazarın:
Fatmanur Sıla KESKİN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner
Fakültesi, Samsun, Türkiye
✉: silakeskinn34@gmail.com

Öz: Memeli hayvanların iskelet sistemleri başta genetik faktörler olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak morfolojik değişiklikler göstermektedir. Türler arasındaki osteolojik farklılıkların belirlenmesinde morfometrik verilerden yararlanılmaktadır. Özellikle memelilerde metapodial kemiklerin şeklinin ve boyutunun tür ayrımında ayırt edici bir özellik olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışma ile 3 farklı ruminantia türünde metapodial kemiklerin morfometrik verileri alınarak türler arası benzerlik ve farklılıklarının belirlenmesi amaçlandı. Çalışmada 3 adet karaca (*Capreolus capreolus*), 3 adet Karayaka koyunu, 2 adet Saanen keçisi (*Capra aegagrus hircus*)'ne ait sağlı-sollu toplam 32 adet metapodial kemik kullanıldı. Metapodium'larda ölçüm için kullanılan 13 parametreden (GL, Bp, Dp, SD, DD, Bd, Dd, DIM, DEM, DIL, DEL, WCM, WCL) morfometrik ölçümler alındı. Kemiklere ait ölçümler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile analiz edildi. Tüm istatistiksel analizler ve hesaplamalar IBM SPSS Statistics 21.0 istatistik programı ile yapıldı. Metacarpus için GL ve SD değerlerinin karaca, Saanen keçisi ve Karayaka koyunu'nda önemli derecede farklı bulunması bu parametrelerin türler için ayırt edici olduğunu gösterdi. Karaca'da bu parametrelere ek olarak Bp, Bd, Dd, DIM, DIL ve WCL değerlerinin karaca için ayırt edici diğer parametreler olduğu belirlendi. Metatarsus için tüm türlerde GL, SD, Bd parametrelerinin tür ayrımında kullanılabileceği ortaya konuldu. Bunun yanında Saanen keçisi metatarsus'unda Bp, Dp, Dd, DIM, DIL ve WCM değerlerinin tür için belirleyici özellik bakımından çok önemli, DEM ve WCL değerlerinin ise önemli olduğu saptandı. Karayaka koyunu'nda ise DD ve DEL değerleri önemli belirleyici özellikti.

Anahtar kelimeler: Metacarpus, metatarsus, osteometri, varyasyon.

Morphometric Examination of the Metapodial Bones of Roe Deer (*Capreolus capreolus*), Karayaka Sheep and Saanen Goat (*Capra aegagrus hircus*)

Abstract: Skeletal systems of mammals show morphological changes depending on many factors, especially genetic factors. Morphometric data are used to determine the osteological differences between species. It is known that the shape and size of metapodial bones, especially in mammals, are used as a distinguishing feature in species differentiation. In this study, it was aimed to obtain morphometric data of metapodial bones in 3 different species of ruminantia and to determine the similarities and differences between species. A total of 32 right and left metapodial bones belonging to 3 roe deer (*Capreolus capreolus*), 3 Karayaka sheep, and 2 Saanen goats (*Capra aegagrus hircus*) were used in the study. Morphometric measurements were taken from 13 parameters (GL, Bp, Dp, SD, DD, Bd, Dd, DIM, DEM, DIL, DEL, WCM, WCL) used for measurement in metapodiums. Bone measurements were analyzed by Duncan multiple comparison test. All statistical analyzes and calculations were made with the IBM SPSS Statistics 21.0 statistical program. The fact that GL and SD values for metacarpus were significantly different in roe deer, Saanen goat and Karayaka sheep showed that these parameters were

^[*]14-16 Nisan 2023 tarihleri arasında, ICBH tarafından düzenlenen III. International Congress on Biological Health and Sciences Kongresi'nde poster bildiri olarak sunulmuştur.

***Corresponding author:**
Fatmanur Sıla KESKİN
Ondokuz Mayıs University, Faculty of
Veterinary Medicine, Samsun, Türkiye
✉: silakeskinn34@gmail.com

distinctive for the species. In addition to these parameters, Bp, Bd, Dd, DIM, DIL and WCL values were determined to be other distinguishing parameters for roe deer. It was revealed that GL, SD, Bd parameters for metatarsus can be used in species differentiation in all species. In addition, Bp, Dp, Dd, DIM, DIL and WCM values in Saanen goat metatarsus were very important for the species, while DEM and WCL values were found to be significant. In Karayaka sheep, DD and DEL values were important determinants.

Keywords: Metacarpus, metatarsus, osteometry, variation.

GİRİŞ

Evcil ve yabani memelilerin birçoğunda extremitte autopodium'unun iskeletini oluşturan kemiklerin sayı ve şekilleri bireyler arası morfolojik değişiklikler, ırk, yaş, cinsiyet, diyet biçimi ve çevresel faktörler gibi birçok etkene bağlı olarak farklılık göstermektedir (Alpak vd., 2009; Shehu vd., 2019). Autopodium proximal'den distal'e basipodium (ossa carpi, ossa tarsi), metapodium (ossa metacarpalia, ossa metatarsalia), acropodium (ossa digitorum manus, ossa digitorum pedis) olmak üzere üç ayrı bölümden oluşur (König & Liebich, 2013). Ruminant'larda metapodium'lar, biri büyük (Mc. III+IV, Mt. III+IV) ve diğeri küçük (Mc. V, Mt. II) olmak üzere şekillenmiştir. Büyük metapodial kemikler prenatal hayatta kemik gelişiminin erken dönemlerinde esas kemikler olarak oluşmuş ve birbirleriyle kaynaşmışlardır (Sisson, Grossman, & Getty, 1975). Küçük metapodial kemikler ise tali (sekonder) olarak yer almışlardır (Dursun, 2007).

Ruminant'lar et, süt, yün, deri ve yağ (kemik-organ) verimleri ile sosyo-ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Yaşamda bu denli büyük bir yere sahip olan bu türün kemik kalıntıları da arkeolojik kazı çalışmalarında oldukça sık rastlanılan materyaller arasında yer almaktadır. Bu kalıntılar buldukları yerlere ait toplumların diyet biçimleri, ekonomik ve sosyal faaliyetleri ve yaşam koşulları hakkında fikir elde edilmesine olanak tanırken (Demiraslan, 2018; Gündemir vd., 2020) aynı zamanda hayvan morfolojisini açığa çıkarmada da oldukça önemli olduğu bilinmektedir (Demiraslan vd., 2019). Kemik materyallerinin analizi omuz yüksekliği, ağırlık, cinsiyet, yaş, vb. birçok bilgi sunarken hayvan popülasyonundaki mevcut patolojik durumlar hakkında da veriler sağlamaktadır (Onar vd., 2008). Ayrıca, materyallerin buldukları bölgede yaşayan hayvanların belirlenip tarihsel süreçlerle karşılaştırılması açısından da oldukça önemlidir (Demiraslan, 2018). Hayvan varlığının sayısal yoğunluğu ve dağılımının belirlenmesinde morfolojik veriler önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda morfolojik değişiklikler ile osteolojik değişiklikler arasında daima bağlantı bulunmuştur (Alpak vd., 2009). Bundan dolayı metatarsal ve metacarpal kemikler üzerinde yapılan osteolojik çalışmalar, tür içi ve türler arası

benzerlik ve farklılıkları ortaya koymaktadır (Onar vd., 2008).

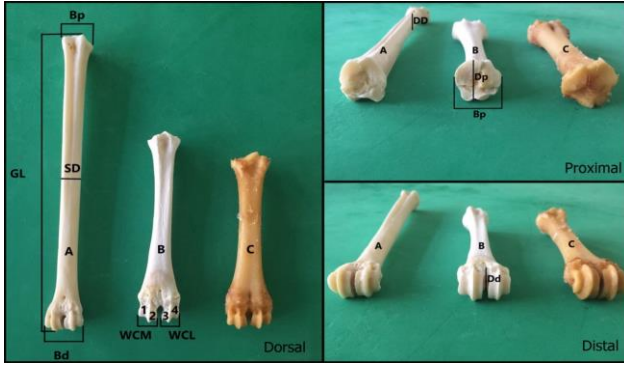
Bugüne kadar koyun ve keçi metapodial kemikleri ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Azarpajouh vd., 2021; Bacınoğlu, 2006; Demiraslan vd., 2019; Guintard & Lallemand, 2003; Gündemir vd., 2020; Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015). Özellikle Hemşin (Demiraslan vd., 2019), Bardhoka (Gündemir vd., 2020), İran (Azarpajouh vd., 2021), Kıvırcık (Bacınoğlu, 2006), İvesi (Kahraman vd., 2022), Tuj ve Morkaraman (Demiraslan vd., 2015) koyunlarında metapodial kemikler osteometrik olarak ırk bazında da incelenmiştir. Bunların dışında kazı çalışmalarından elde edilen ruminant alt sınıfına ait türlerin popülasyondaki sınıflandırılması (Demiraslan, 2018) yapılmış, koyun ve keçi metapodium'larına ait çalışmalarda geometrik morfometri (Özger, 2021), stereoloji (Bacınoğlu, 2006; Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019), radiometri (Kahraman vd., 2022) ve histomorfometri (Gudea & Ştefan, 2013) gibi metotlar kullanılmıştır. Aynı zamanda keçi ve koyun metapodium'larında eşeyssel dimorfizm'in bakıldığı birçok çalışmaya da rastlanmıştır (Bacınoğlu, 2006; Guintard & Lallemand, 2003; Gündemir vd., 2020; Kahraman vd., 2022; Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015). Yapılan detaylı literatür taramalarında karaca metapodial kemikleri üzerine yapılmış sınırlı sayıda çalışmaya (Çakır vd., 1998; Czyzowski vd., 2021) rastlanılmasına rağmen çalışmamızdaki gibi günümüz karaca, Karayaka koyunu ve Saanen keçisi kemiklerinin karşılaştırıldığı osteometrik bir çalışmaya rastlanmadı.

Bu çalışma ile günümüzde yetiştirilen karaca, Karayaka koyunu ve Saanen keçisi olmak üzere 3 farklı tür ruminant'ta metapodial kemiklerin morfometrik verilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi ile türler arası benzerlik ve farklılıklarının ortaya konması ve elde edilen yeni verilerin literatüre kazandırılması amaçlandı.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada fakülte kliniklerine getirilen yaralanma ve hastalıklar sonucunda kurtarılamayan ergin 3 adet karaca (*Capreolus capreolus*) ile mezbahadan temin edilen 3 adet Karayaka koyunu ve 2 adet Saanen keçisi (*Capra aegagrus hircus*)'ne ait toplam 16 adet metacarpus ve 16 adet metatarsus kullanıldı. Metapodium'lara (32

adet) ait ölçümler dijital kumpas (Mitutoyo, Japan) ile Guintard ve Lallemand (2003) tarafından kullanılan 13 parametre baz alınarak (Şekil 1) yapıldı. Bu veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile analiz edildi. Bu veriler, ortalamalar ve standart ortalama hatası gibi tanımlayıcı istatistiklerle özetlendi. Tüm istatistiksel analizler ve hesaplamalar IBM SPSS Statistics 21.0 istatistik programı kullanıldı. Metapodium'lardan alınan ölçümlerin önem seviyelerini belirlemek için $p<0,01$ ve $p<0,05$ baz alındı.



Şekil 1. Metatarsus ölçüm parametreleri. A: Karaca, B: Karayaka koyunu, C: Saanen keçisi. GL: Maksimum uzunluk; Bp: Proximal ucun maksimum genişliği; Dp: Proximal ucun maksimum derinliği; SD: Diafiz'in en küçük genişliği (medio-lateral yönde); DD: Diafiz'in en küçük derinliği (dorso-palmar yönde); Bd: Distal ucun maksimum genişliği (medio-lateral yönde); Dd: Distal ucun derinliği (dorso-palmar yönde); 1: Condylus medialis'in external trochlea'sının dorso-palmar çapı (DEM); 2: Condylus medialis'in internal trochlea'sının dorso-plantar çapı (DIM); 3: Condylus lateralis'in internal trochlea'sının dorso-plantar çapı (DIL); 4: Condylus lateralis'in external trochlea'sının dorso-plantar çapı (DEL); WCM: Condylus medialis'in medio-lateral genişliği; WCL: Condylus lateralis'in medio-lateral genişliği.

Figure 1. Metatarsus measurement parameters. A: Roe deer, B: Karayaka sheep, C: Saanen goat. GL: Maximum length; Bp: Maximum width of the proximal end; Dp: Maximum depth of the proximal end; SD: Smallest width of the diaphysis (medio-lateral direction); DD: The smallest depth of the diaphysis (in the dorso-palmar direction); Bd: Maximum width of the distal end (in the medio-lateral direction); Dd: Depth of the distal end (in the dorso-palmar direction); 1: Dorso-palmar diameter of the external trochlea of the condylus medialis (DEM); 2: Dorso-plantar diameter of the internal trochlea of the condylus medialis (DIM); 3: Dorso-plantar diameter of the internal trochlea of the condylus lateralis (DIL); 4: Dorso-plantar diameter of the external trochlea of condylus lateralis (DEL); WCM: Medio-lateral width of condylus medialis; WCL: Medio-lateral width of condylus lateralis.

BULGULAR

Karaca, Karayaka koyunu ve Saanen keçisi metapodial kemiklerine ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1'de gösterildi. Bu veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile araştırıldığında metacarpus'ta karaca için Bp, Bd, Dd, DIM, DIL, WCL parametrelerinin $p<0,01$ önem seviyesine sahip olduğu belirlendi. Bu sonuçlardan yola çıkarak karaca'nın metacarpus'unun Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'ne göre daha belirgin olarak ayırt edilebildiği sonucuna varıldı (Şekil 2). Metacarpus'tan elde edilen Dp, DD, DEL, DEM ve WCM parametrelerinin üç tür için de $p<0,05$ önem seviyesinin üstünde bulunması bu parametrelerin tür ayrımında anlam taşımadığını gösterdi.

Ayrıca istatistiki açıdan Karayaka koyunu ve Saanen keçisi metacarpus'u için ayırt edici bir parametre bulunamadı. Metatarsus'ların Duncan çoklu karşılaştırma testi verileri Saanen keçisi metatarsus'larını karaca ve Karayaka koyunu'ndan ayırt etmede kullanılacak birçok parametre olduğunu gösterdi. Metatarsus'lardan elde edilen verilerde Saanen keçisi'nin Bp, Dp, Dd, DIM, DIL ve WCM parametrelerinin $p<0,01$ önem seviyesi üstünde olduğu saptandı, bu parametrelerin Saanen keçisi'ni diğer iki türden ayırt etmede kullanılabilecek istatistiksel olarak çok anlamlı parametreler olduğu belirlendi (Şekil 3). DEM ve WCL parametrelerinin ise Saanen keçisi metatarsus'larında $0,01<p<0,05$ önem seviyesi aralığında olması tür ayrımında diğer iki türe göre önemli veriler sağladığını gösterdi.

Tablo 1. Karaca, Karayaka koyunu ve Saanen keçisi metacarpus ve metatarsus'una ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri.

Table 1. Arithmetic mean and standard deviation values of metacarpus and metatarsus of roe deer, Karayaka sheep and Saanen goat.

Morfometrik ölçümler	Metacarpus (x±SD mm)	Metatarsus (x±SD mm)
GL	Karaca	157,89±2,22
	Koyun	134,23±9,23
	Keçi	109,63±3,20
Bp	Karaca	22,08±0,77
	Koyun	26,92±2,44
	Keçi	29,44±0,14
Dp	Karaca	15,83±0,79
	Koyun	19,87±2,01
	Keçi	18,56±2,04
SD	Karaca	11,69±0,32
	Koyun	13,45±0,86
	Keçi	17,06±0,93
DD	Karaca	9,54±0,56
	Koyun	10,58±1,43
	Keçi	11,15±0,12
Bd	Karaca	21,77±0,59
	Koyun	28,49±2,22
	Keçi	30,14±0,14
Dd	Karaca	13,93±0,73
	Koyun	18,14±1,42
	Keçi	19,54±0,02
DIM	Karaca	12,19±0,51
	Koyun	15,27±0,98
	Keçi	16,86±0,06
DEM	Karaca	10,63±0,56
	Koyun	12,37±1,44
	Keçi	11,97±0,06
DIL	Karaca	12,38±0,74
	Koyun	15,38±1,30
	Keçi	16,78±0,41
DEL	Karaca	10,82±0,71
	Koyun	11,74±1,02
	Keçi	11,53±0,07
WCM	Karaca	9,79±0,42
	Koyun	13,33±0,97
	Keçi	13,89±0,03
WCL	Karaca	10,00±0,23
	Koyun	13,06±0,85
	Keçi	13,41±0,53

*x: aritmetik ortalama, SD: standart sapma, n: 32.
*x: arithmetic mean, SD: standard deviation, n: 32

Karayaka koyunu metatarsus'larında DD ve DEL parametrelerinin $0,01<p<0,05$ önem seviyesi aralığında bulunması bu tür için karaca ve Saanen keçisi kemiklerinden ayırt etmede önemli veriler sağlayan iki parametre olduğunu gösterdi (Şekil 4). Saanen keçisi metatarsus'larında DIL parametresi verileri ($p<0,01$) diğer iki türden ayırt edici istatistiki anlamlılık farklılıkları ortaya koyarken Karayaka koyunu'nda DEL parametresinin ($p<0,05$) anlamlı veri farklılığı olduğu

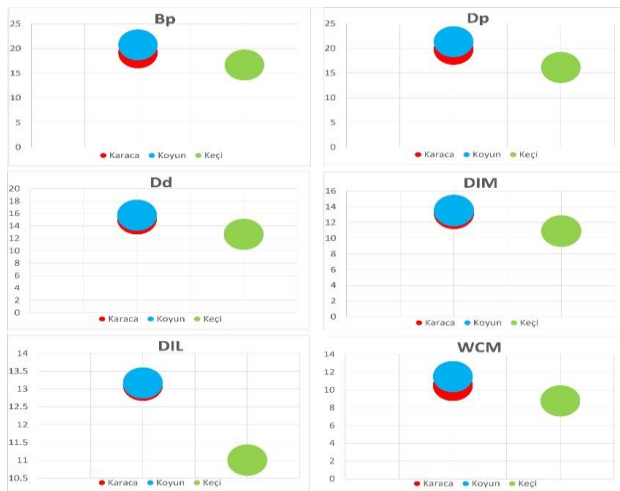
belirlendi. Bundan yola çıkarak tür ayırımında Saanen keçisi'nde condylus lateralis'in internal trochlea'sının, Karayaka koyunu'nda ise external trochlea'sının verilerinin kullanılabilmesi sonucuna varıldı.

Çalışmada elde edilen GL ve SD değerlerinin hem metacarpus hem de metatarsus'ta Duncan çoklu karşılaştırma testi önem seviyesi $p < 0,01$ değerine sahip olması karaca, Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'nde çok önemli derecede türler için ayırt edici bir parametre olduğunu ortaya koydu (Şekil 5-6). Ayrıca metatarsus'ta bu değerlere ek olarak Bd değerinin $p < 0,01$ önem değerine sahip olduğu saptandı ve türler arası metatarsus'lar için çok önemli derecede ayırt edici bir parametre olarak belirlendi (Şekil 6).



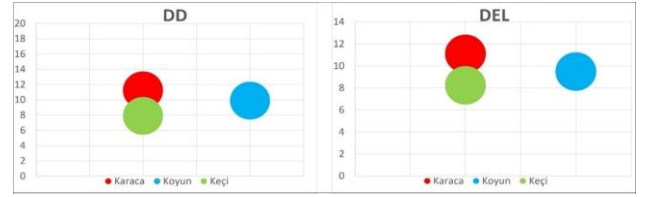
Şekil 2. Metacarpus'ta karaca'nın Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'nden ayırt edilmesini sağlayan parametreler.

Figure 2. Parameters to distinguish roe deer from Karayaka sheep and Saanen goat in metacarpus.



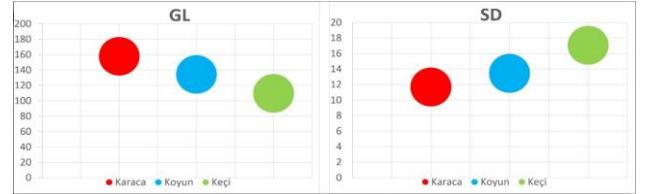
Şekil 3. Metatarsus'ta Saanen keçisi'nin karaca ve Karayaka koyunu'ndan ayırt edilmesini sağlayan parametreler.

Figure 3. Parameters to distinguish Saanen goat from roe deer and Karayaka sheep in metatarsus.



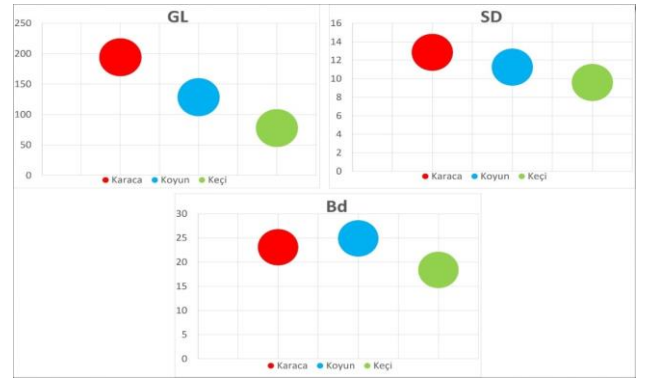
Şekil 4. Metatarsus'ta Karayaka koyunu'nun karaca ve Saanen keçisi'nden ayırt edilmesini sağlayan parametreler.

Figure 4. Parameters that distinguish Karayaka sheep from roe deer and Saanen goats in metatarsus.



Şekil 5. Metacarpus'ta karaca, Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'nin birbirinden ayırt edilmesini sağlayan parametreler.

Figure 5. Parameters for distinguishing roe deer, Karayaka sheep and Saanen goat from each other in metacarpus.



Şekil 6. Metatarsus'ta Saanen keçisi'nin karaca ve Karayaka koyunu'ndan ayırt edilmesini sağlayan parametreler.

Figure 6. Parameters to distinguish Saanen goat from roe deer and Karayaka sheep in metatarsus.

TARTIŞMA

Literatürde metapodial kemiklerin maximum uzunluğu (GL) için ruminant türleri arasında farklı ölçüm değerleri bulunmaktadır. Metacarpus ve metatarsus GL değerleri yaklaşık olarak sırasıyla Yukarı Anzaf Kalesinden çıkarılan koyunlarda (Onar vd., 2008) 122,72 mm, 131,72 mm, İstanbul Yenikapı Metro ve Marmaray bölgesinde çıkarılan koyunlarda (Pazvant vd., 2015) 124,91 mm, 134,05 mm, Hemşin koyunlarında (Demiraslan vd., 2019) 134,40 mm, 139,16 mm, Bardhoka koyunlarında (Gündemir vd., 2020) 143,84 mm, 153,10 mm, Karagouniko koyunlarında (Poullis vd., 2017) 149,71 mm, 161,57 mm, Morkaraman koyunlarında (Demiraslan vd., 2015) 135,37 mm, 144,60 mm, Tuj koyunlarında (Demiraslan vd., 2015) 133,48 mm, 143,50 mm olarak bildirilmiştir. Yapılan çalışmada Karayaka ırkı koyunlarda bu değer sırasıyla 134,23 mm, 128,56 mm ölçüldü. Buna göre Karayaka ırkı koyunların metacarpus uzunluğu günümüz koyun ırklarından Karagouniko koyunlarına

(Poullis vd., 2017) göre belirgin ölçüde kısa iken Hemşin (Demiraslan vd., 2019), Morkaraman (Demiraslan vd., 2015) ve Tuj koyunlarına (Demiraslan vd., 2015) benzer olduğu görüldü. Fakat Karayaka koyunu'nda metatarsus uzunluğunun hem günümüz koyun ırklarının tümüne (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Poullis vd., 2017) göre hem de geçmiş dönem koyun ırklarına (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) göre kısa olması dikkat çekiciydi. Keçi metacarpus ve metatarsus'unda ise GL değerleri yaklaşık olarak sırasıyla Yukarı Anzaf Kalesinden çıkarılan keçilerde (Onar vd., 2008) 100,96 mm, 106,68 mm, İstanbul Yenikapı Metro ve Marmaray bölgesinde çıkarılan keçilerde (Pazvant vd., 2015) 115,52 mm, 121,13 mm, Helen keçisi'nde (Poullis vd., 2017) 119,50 mm, 126,74 mm bildirilmiştir. Çalışmada Saanen keçisi'ne ait GL değerleri ise sırasıyla 109,63 mm, 114,91 mm olarak ölçüldü. Keçi metacarpus ve metatarsus maximum uzunluğuna bakıldığında Saanen keçisi hem metacarpus'unun hem de metatarsus'unun Yukarı Anzaf Kalesinden çıkarılan keçilerden (Onar vd., 2008) uzun, Helen keçisi (Poullis vd., 2017) ve Yenikapı Metro ve Marmaray bölgesinde çıkarılan keçilerden (Pazvant vd., 2015) kısa olduğu görüldü. Yapılan çalışmada karaca metapodial kemiklerinden elde edilen GL değerlerinin hem Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'nden uzun olduğu belirlendi. Duncan çoklu karşılaştırma testi ile çalışmamızda kullanılan türler karşılaştırıldığında ise GL ($p<0,01$) parametresinin bu türleri birbirinden ayırmada kullanılabilecek bir parametre olduğu saptandı.

Koyun metacarpus ve metatarsus SD parametre değerleri literatürde (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015; Poullis vd., 2017) metacarpus için 13,45-17,00 mm metatarsus için ise 11,25-14,55 mm arasında bildirilmiştir. Karayaka koyunu'nda SD değerleri sırasıyla yaklaşık olarak 13,45 mm, 11,25 mm olarak ölçüldü. Karayaka koyunu'nda bu değerlerin hem günümüz koyunlarından (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Poullis vd., 2017) hem de geçmiş dönem koyunlarından (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) düşük olması, bu ırkta diafiz genişliğinin (medio-lateral) diğer koyun ırklarına göre küçük olduğunu gösterdi. Keçi metacarpus ve metatarsus SD değerleri ise sırasıyla Yukarı Anzaf Kalesinden çıkarılan keçilerde (Onar vd., 2008) 15,07 mm, 12,43 mm, İstanbul Yenikapı Metro ve Marmaray bölgesinde çıkarılan keçilerde (Pazvant vd., 2015) 17,30 mm, 13,53 mm, Helen keçisi'nde (Poullis vd., 2017) 17,03 mm, 13,92 mm olarak belirtilmiştir. Saanen keçisi metacarpus ve metatarsus SD değerleri ise sırasıyla 17,06 mm, 14,34 mm idi. Buna göre Saanen keçisi metapodial kemiklerinin SD değerinin Helen keçisi (Poullis vd., 2017) ve İstanbul Yenikapı Metro ve

Marmaray bölgesinde çıkarılan keçilerle (Pazvant vd., 2015) benzerlik gösterdiği, Yukarı Anzaf Kalesinden çıkarılan keçilerden (Onar vd., 2008) yüksek olduğu gözlemlendi. Çalışmada karaca metacarpus ve metatarsus SD değerleri sırasıyla 11,69 mm, 12,85 mm olarak ölçüldü. Bu değerler karaca'nın en küçük diafiz genişliğinin (medio-lateral) Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'nden daha küçük olduğunu gösterdi. Duncan çoklu karşılaştırma testi ile çalışmamızda kullanılan türler karşılaştırıldığında hem metacarpus hem de metatarsus'ta SD önem değerinin ($p<0,01$) çok anlamlı olması bu türleri birbirinden ayırmada kullanılabilecek bir parametre olduğunu ortaya koydu.

Literatürde Bd parametre değeri koyun metacarpus'unda 25,12-29,01 mm, metatarsus'ta 24,25-27,69 mm değer aralığında bildirilmiştir (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015; Poullis vd., 2017). Çalışmada Karayaka koyun ırkında bu değerlerin sırasıyla 28,49 mm, 24,91 mm olması metacarpus'ta günümüz koyun ırklarına (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Poullis vd., 2017) benzerlik gösterirken geçmiş dönem koyunlarından (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) daha yüksek bulundu. Metatarsus Bd değeri ise geçmiş dönem koyunlarıyla (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) benzerlik gösterirken, günümüz koyun ırklarına (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Poullis vd., 2017) oranla düşüktü. SD parametresi göz önünde bulundurulduğunda bu değerlerin Karayaka koyunu'nda diğer türlere göre daha küçük olması beklenirken özellikle metacarpus'ta büyümesi bu tür için önemli bir parametre olarak değerlendirildi. Saanen keçisi'nde metapodial Bd değerleri literatürle (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015; Poullis vd., 2017) oldukça benzerdi. Karaca'da ise metacarpus ve metatarsus Bd değeri sırasıyla 21,77 mm, 23,07 mm ölçüldü. Karayaka koyunu ve Saanen keçisi değerlerine oranla karaca'nın hem metacarpus hem de metatarsus değerlerinin düşük olması distal ucun maksimum genişliğinin daha dar olduğunu gösterdi. Fakat çalışmada sadece metatarsus için Bd parametre değerleri istatistik olarak 3 tür içinde çok anlamlı ($p<0,01$) bulundu. Bu sonuç çalışmada kullanılan türlerin metatarsus'larını birbirinden ayırt etmede kullanılabilecek bir parametre olduğunu ortaya koydu.

Çalışmada Karayaka ırkı koyunlarda metacarpusta Bp değerinin günümüz koyunları (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Poullis vd., 2017) ile benzerlik gösterdiği, geçmiş dönem koyunlarından (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) ise daha geniş olduğu görüldü. Metatarsus Bp değerleri karşılaştırıldığında ise günümüz koyunlarının (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Poullis vd., 2017) proximal uçlarının maksimum

genişliğinden (medio-lateral) daha dar olduğu ve geçmiş dönem koyunlarına (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) benzerlik gösterdiği görüldü. Bu sonuçlar metacarpus SD değeri ile karşılaştırıldığında tıpkı Bd değerinde olduğu gibi beklentinin üzerinde olması Karayaka koyunu için önemliydi. Saanen keçisi'nde Bp değerinin metapodium'larda hem Helen keçisi (Pourlis vd., 2017) hem de geçmiş dönem keçilerinden (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) daha geniş olduğu gözlemlendi. Karaca metapodium Bp değerleri Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'yle karşılaştırıldığında daha dar olduğu saptandı. Çalışmada Duncan çoklu karşılaştırma testi ile Bp değerinin istatistik olarak metacarpus'ta karaca için ($p<0,01$), metatarsus'ta ise Saanen keçisi için çok anlamlı ($p<0,01$) çıkması bu değerlerin metacarpus'ta karaca için, metatarsus'ta ise Saanen keçisi için ayırıcı bir parametre olduğunu gösterdi.

Yapılan çalışmada Karayaka koyun ırkında metacarpus Dp parametre değerinin günümüz koyunlarına (Gündemir vd., 2020; Pourlis vd., 2017) benzediği ancak geçmiş dönem koyunlarından (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) uzun olduğu, metatarsus Dp değerinin ise geçmiş dönem koyunlarına (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) benzerlik gösterdiği ve günümüz koyun ırklarından (Gündemir vd., 2020; Pourlis vd., 2017) kısa olduğunu ortaya koydu. Bu karşılaştırmalar sonucu Dp parametresinin metacarpus'ta uzun metatarsus'ta kısa olması Karayaka koyunu'nun basış ya da yere yük bindirme şekline kaynaklanabileceğini düşündürdü. Keçi metacarpus Dp değeri Helen keçisi (Pourlis vd., 2017) ve İstanbul Yenikapı Metro ve Marmaray bölgesinde çıkarılan keçilerle (Pazvant vd., 2015) benzer Yukarı Anzaf Kalesinden çıkarılan keçilerden (Onar vd., 2008) yüksek bulundu. Bu parametre çalışmada kullanılan diğer türlerle karşılaştırıldığında metatarsus'ta Saanen keçisi için çok anlamlı ($p<0,01$) bulundu. Karacada metapodial Dp değerleri ise Saanen keçisi ve Karayaka koyunu'ndan düşüktü.

Karayaka koyununda metacarpal Dd değeri günümüz koyun ırklarına (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pourlis vd., 2017) benzerlik gösterir iken geçmiş dönem koyun ırklarından (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) yüksek metatarsal Dd değeri ise hem günümüz koyun ırklarından (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pourlis vd., 2017) hem de geçmiş dönem koyun ırklarından (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) düşüktü. Saanen keçisi'nde Dd değerinin metapodium'larda hem Helen keçisi (Pourlis vd., 2017) hem de geçmiş dönem keçilerinden (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) daha uzun olduğu görüldü. Karaca metacarpus ve metatarsus Dd değeri ise sırasıyla 13,93 mm, 15,13 mm idi. Çalışma türleri ile karşılaştırıldığında Karayaka koyunu ve Saanen

keçisi'nden daha kısa olduğu görüldü. Dd değerinin istatistik olarak metacarpus'ta karaca, metatarsus'ta ise Saanen keçisi için çok anlamlı ($p<0,01$) olması bu parametrenin metacarpus'ta karaca için, metatarsus'ta ise Saanen keçisi için belirleyici olduğunu gösterdi.

DD değeri için metacarpus ve metatarsus literatür verileri (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015; Pourlis vd., 2017) karşılaştırıldığında Karayaka koyunu'nun metacarpus DD değerinin Bardhoka (Gündemir vd., 2020) ve Karagouniko (Pourlis vd., 2017) koyunlarından , metatarsus'a ait DD değerlerinin ise Bardhoka (Gündemir vd., 2020) Karagouniko (Pourlis vd., 2017), Morkaraman ve Tuj (Demiraslan vd., 2015) koyunlarından küçük olduğu saptandı. Saanen keçisinde DD değerinin ise günümüz Helen keçisi'ne (Pourlis vd., 2017) benzer olduğu gözlemlendi. Karaca metacarpus ve metatarsus DD değeri ise sırasıyla 9,54 mm, 11,24 mm olarak ölçüldü. Bu değerlerin diğer türlerle karşılaştırıldığında önemsiz bulunması bu parametrenin çalışmada kullanılan türlerin ayırımında kullanımının anlamsız olduğunu ortaya koydu.

Rowley Conwy morfometrik olarak koyun ve keçi metapodium'larını incelediği çalışmasında metacarpus'ta WCL ve WCM değerlerinin tür ayırımı için daha az güvenilir olduğunu bildirmiştir (Rowley-Conwy, 1998). Yapılan çalışmada da metapodium'lara ait WCM ve WCL değerleri Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'nde genel olarak literatürde bildirilen koyun (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pazvant vd., 2015; Pourlis vd., 2017) ve keçi (Pazvant vd., 2015; Pourlis vd., 2017) türleriyle uyumlu bulunması bu görüşü desteklemektedir. Ayrıca karaca'dan elde edilen metapodial WCM değerleri Karayaka koyunu ve Saanen keçisi ile karşılaştırıldığında daha küçük değerlere sahip olduğu gözlemlendi. Fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Karaca'da WCL değerlerinin ise Karayaka koyunu ve Saanen keçisi karşılaştırıldığında metacarpus için daha düşük olduğu, metatarsus için ise belirgin bir fark göstermediği saptandı. Karaca metacarpus WCL değerinin $p<0,01$ önem seviyesine sahip olması bu parametrenin karaca için spesifik olduğunu ortaya koydu.

DIM ve DIL parametreleri için Karayaka koyunu ile literatürdeki diğer koyunların (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pazvant vd., 2015; Pourlis vd., 2017) değerleri karşılaştırıldığında metacarpus'ta günümüz koyun ırklarından (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pourlis vd., 2017) belirgin derece düşük, geçmiş dönem koyunlarından (Pazvant vd., 2015) yüksekti. Metatarsus'ta ise hem geçmiş dönem (Pazvant vd., 2015) hem de günümüz koyun ırklarından (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pourlis vd.,

2017) düşük bulundu. Saanen keçisi metapodial kemiklerinde söz konusu parametrelerin hem Helen keçisi'nden (Pourlis vd., 2017) hem de geçmiş dönem (Pazvant vd., 2015) keçilerinden yüksek olduğu görüldü. Duncan çoklu karşılaştırma testi verilerine göre karaca metacarpus'unda ve Saanen keçisi metatarsus'unda DIM ve DIL değeri önem seviyesinin anlamlı ($p<0,01$) olması, DIM ve DIL parametrelerinin metacarpus'ta karaca için, metatarsus'ta ise Saanen keçisi için ayırıcı bir parametre olduğunu ortaya koydu.

Karayaka koyunu DEM ve DEL değerleri genel olarak metacarpus'ta literatüre (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pazvant vd., 2015; Pourlis vd., 2017) benzerlik gösterirken, metatarsus'ta ise literatüre (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pazvant vd., 2015; Pourlis vd., 2017) göre daha düşüktü. Saanen keçisi'nde aynı parametreler hem geçmiş dönem keçileri (Pazvant vd., 2015) hem de Helen keçisi'ne (Pourlis vd., 2017) göre daha yüksek bulundu. DEM parametresinin Duncan çoklu karşılaştırma testi verilerinde $p<0,05$ önem seviyesinin üstünde çıkması çalışmada kullanılan türlerin birbirinden ayırt edilmesinde bu parametrenin anlam taşımadığını gösterdi. DEL parametresi ise Karayaka koyunu'nda metatarsus için anlamlıydı ($p<0,05$). Bundan dolayı DEL parametresinin Karayaka koyunu için belirleyici bir parametre olduğu saptandı.

Sonuç olarak bu çalışma ile Karayaka koyunu, Saanen keçisi ve karaca metapodium'larına ait belirleyici ölçüm noktaları belirlendi. Karayaka koyunu'nda metatarsus uzunluğu (GL) hem günümüz koyun ırklarına (Demiraslan vd., 2015; Demiraslan vd., 2019; Gündemir vd., 2020; Pourlis vd., 2017) hem de geçmiş dönem koyun ırklarına (Onar vd., 2008; Pazvant vd., 2015) göre kısaydı. Yapılan çalışmada kullanılan üç tür için ayırt edici parametreler metacarpus için GL ve SD metatarsus için GL, SD, Bd idi. Tür bazında karaca metacarpus'unu Karayaka koyunu ve Saanen keçisi'nden ayıran parametreler Bp, Bd, Dd, DIM, DIL ve WCL, Saanen keçisi metatarsus'unu karaca ve Karayaka koyunu'ndan ayıran parametreler Bp, Dp, Dd, DIM, DIL WCM ve Karayaka koyunu metatarsus'unu karaca ve Saanen keçisi'nden ayıran parametreler ise DD ve DEL olarak belirlendi.

KAYNAKLAR

- Alpak, H., Onar, V. & Mutuş, F. (2009).** The relationship between morphometric and long bone measurements of the Morkaraman sheep. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, **33**(3), 199-207.
- Azarapajouh, S., Munita, M.P. & Calderón Díaz, J.A. (2021).** Length of metacarpal and metatarsal bones

in five Iranian sheep breeds and their associations with ungula measurements. *Bio Med Central Veterinary Research*, **17**(1), 1-9.

- Bacinoğlu, D. (2006).** *Kıvrıkcık ırkı koyunlarda metapodium'ların morfolojik ve stereolojik metodlarla incelenmesi.* Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çakır, A., Kabak, M. & Ögüt, İ. (1998).** Karacada (capreolus capreolus) metapodium ve capsula ungulae'nin makro anatomik ve morfolojik olarak incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **45**(02.03).
- Czyzowski, P., Okrasa, A., Beeger, S. & Karpinski, M. (2021).** The use of radiography for measurements of the medullary cavity in the metacarpal bone in the European roe deer *Capreolus capreolus* for assessment of ontogenetic quality-preliminary study. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, **17**(4).
- Demiraslan, Y. (2018).** Skeletal remains of ruminantia uncovered in excavations performed in ancient city of Kibyra. *Journal of Applied Biological Sciences*, **12**(2), 12-18.
- Demiraslan, Y., Gürbüz, I., Aslan, K. & Akbulut, Y. (2015).** The stereological and morphometrical analysis of metapodium in Tuj and Morkaraman sheep. *Arc Journal of Animal and Veterinary Sciences*, **1**(1), 12-23.
- Demiraslan, Y., Gürbüz, İ., Kırbaş, G. & Aslan, K. (2019).** Hemişin koyunlarında metapodium'ların morfolojik ve stereolojik incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **6**(1), 1-14.
- Dursun, N. (2007).** Veteriner Anatomi I. *Medisan Yayınevi Ankara*.
- Gudea, A. & Ştefan, A. (2013).** Histomorphometric, fractal and lacunarity comparative analysis of sheep (*Ovis aries*), goat (*Capra hircus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) compact bone samples. *Folia morphologica*, **72**(3), 239-248.
- Guintard, C. & Lallemand, M. (2003).** Osteometric study of metapodial bones in sheep (*Ovis aries*, L. 1758). *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, **185**(6), 573-583.
- Gündemir, O., Pazvant, G., Jashari, T. & Dayan, M. (2020).** A morphometric study of metapodium in bardhoka sheep. *Research in: Agricultural & Veterinary Sciences*, **4**, 30-38.
- Kahraman, M., Demircioğlu, I., Gungoren, G., Gündemir, O., Ozkan, E., Das, A. & Yilmaz, B. (2022).** Determination of the correlations between the morphological characteristics and metapodial radiometric measurements of Awassi sheep. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, **38**(3).

- König, H. E. & Liebich, H. G. (2013).** *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas*: Thieme Medical Publishers, Incorporated.
- Onar, V., Pazvant, G. & Belli, O. (2008).** Osteometric examination of metapodial bones in sheep (*Ovis aries* L.) and goat (*Capra hircus* L.) unearthed from the Upper Anzaf Castle in Eastern Anatolia. *Revue de Médecine Vétérinaire -Toulouse*, **159**, 150-158.
- Özger, G. (2021).** The Late Bronze Age animal mobility and herding strategies: A geometric morphometric study of *Ovis aries* and *Capra hircus* remains from Hittite period Şapinuwa (Ortaköy/Turkey). *Middle East Technical University*,
- Pazvant, G., Onar, V., Alpak, H., Kahvecioğlu, O., Armutak, A. & Kızıltan, Z. (2015).** Osteometric examination of metapodial bones in sheep (*Ovis aries* L.) and goat (*Capra hircus* L.) unearthed from the Yenikapı Metro and Marmaray excavations in Istanbul. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **21**(2).
- Pourlis, A., Katsoulos, P. & Chatzis, T. (2017).** Metrical data of metapodial bones in female Karagouniko sheep and Hellenic goat. *Revue de Medecine Veterinaire*, **168**(10/12), 241-246.
- Rowley-Conwy, P. (1998).** Improved separation of Neolithic metapodials of sheep (*Ovis*) and goats (*Capra*) from Arene Candide cave, Liguria, Italy. *Journal of Archaeological Science*, **25**(3), 251-258.
- Shehu, S., Bello, A., Danmaigoro, A., Abdulrasheed, H., Atabo, S. & Mahmud, M. (2019).** Osteometrical study on age related changes of the skull of Yankasa ram. *Journal Of Animal Science And Veterinary Medicine* , **4**(2), 71-77.
- Sisson, S., Grossman, J. D., & Getty, R. (1975).** *Sisson and Grossman's The Anatomy of the Domestic Animals*: Saunders.



Microbial Decolorization of Reactive Violet 1: Biosorption Optimization by Central Composite Design

Belma NURAL YAMAN

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir Turkey

Geliş/Received: 26.07.2023

Kabul/Accepted: 18.10.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Nural Yaman, B. (2023). Microbial Decolorization of Reactive Violet 1: Biosorption Optimization by Central Composite Design. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 603-611. <https://doi.org/10.35229/jaes.1332807>

Atıf yapmak için: Nural Yaman, B. (2023). Reaktif Mor 1'in Mikrobiyal Dekolorizasyonu: Merkezi Kompozit Tasarım İle Biyosorpsiyon Optimizasyonu. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 603-611. <https://doi.org/10.35229/jaes.1332807>

*<https://orcid.org/0000-0003-2576-1300>

*Corresponding author's:

Belma NURAL YAMAN

Department of Biomedical Engineering,
Faculty of Engineering and Architecture,
Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir,
Türkiye

✉: bnural@ogu.edu.tr

Abstract: Biological treatment of wastewater containing dyes utilizing aerobic, anaerobic, or combined aerobic-anaerobic biodegradation techniques is often utilized due to its relative affordability and lack of hazardous consequences. Different microorganisms including bacteria, fungi, and algae have been preferred to decolorize the different dyes. Up to 10% of the dyes used in the textile industry remain as wastewater, and wastewater containing this dye must be treated appropriately before mixing with natural spring waters. The objective of variety search is to identify the factor combination with the highest desirability combination. Desirability functions are frequently employed in RSM optimization. In this study, four bacterial biomasses have been tested for their capacity to decolorize dyes. Screening studies included four distinct biomasses and four distinct reactive dyes. The bacterial strain #288 has a biosorption yield of about 70% on Reactive Violet 1. Response Surface Methodology classified under the central composite design was employed to maximize the biosorption percentage and biosorption capacity. At the end of the studies, Reactive Violet 1 was adsorbed by #288 with 93.7% biosorption yield and the biosorption capacity was estimated to be 325.7 mg/g. Fourier Transmission Infrared Spectroscopy and Scanning Electron Microscopy were used to characterize the untreated and dye-loaded biomass. In conclusion, strain #288 was shown to be an effective biomass in removing Reactive Violet 1 from textile wastewater.

Keywords: Biosorption, environmental treatment, reactive azo dye, response surface methodology.

Reaktif Mor 1'in Mikrobiyal Dekolorizasyonu: Merkezi Kompozit Tasarım İle Biyosorpsiyon Optimizasyonu

Öz: Aerobik, anaerobik veya kombine aerobik-anaerobik biyolojik degradasyon teknikleri boya içeren atık suların iyileştirilmesinde oldukça sık kullanılmaktadır. Boya gideriminde fungus, bakteri ve alglerin yer aldığı mikroorganizmalar tercih edilmektedir. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyaların %10'u atık su olarak kalmakta ve bu boya içeren atık suların doğal kaynak sularına karışmadan önce uygun şekilde iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu alanda yapılan çalışmaların asıl amacı, iyileştirmede etkili faktörlerin kombinasyonlarını deneyerek en yüksek giderimi sağlayan istenirlik fonksiyonuna ulaşmaktır. Bu istenirlik fonksiyonları da Yanıt Yüzey Metodolojisi optimizasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, dört bakteri biyokütlesinin renk giderimindeki kapasiteleri test edilmiştir. Tarama çalışmaları, dört farklı biyokütle ve dört farklı reaktif boya içermektedir. Bakteriye suş #288'in, Reaktif Mor 1'de yaklaşık %70'lik bir biyosorpsiyon verimine sahip olduğu bulunmuştur. Biyosorpsiyon yüzdesini ve biyosorpsiyon kapasitesini maksimize etmek için merkezi kompozit tasarım altında sınıflandırılan Yanıt Yüzey Metodolojisi kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda Reaktif Mor 1 %93,7 oranında #288 kodlu bakteriyel suş tarafından adsorbe edilmiş ve biyosorpsiyon kapasitesi 325,7 mg/g olarak hesaplanmıştır. Muamele edilmemiş ve boya yüklü biyokütleyi karakterize etmek için Fourier Transmission Infrared Spektroskopisi ve Taramalı Elektron Mikroskopisi kullanılmıştır. Sonuç olarak, #288 suşunun tekstil atık sularından Reaktif Mor 1'i gidermede etkili bir biyokütle olduğu gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyosorpsiyon, çevresel iyileştirme, reaktif azo boya, yanıt yüzey metodolojisi.

*Sorumlu yazar:

Belma NURAL YAMAN

Biyomedikal Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir
Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

✉: bnural@ogu.edu.tr

INTRODUCTION

Biological treatment of wastewater containing dyes using aerobic, anaerobic, or combination aerobic-anaerobic biodegradation processes is frequently used due to its relative affordability and lack of harmful byproducts. A variety of microorganisms such as bacteria, fungi, and algae were utilized to decolorize and mineralize various colors (Roy et al., 2018). They have been identified as potential adsorbents for removing dyes, metals, aromatic compounds, insecticides, and other pollutants (Waheed et al., 2021). The biological adsorbents could be called biosorbents. They have a cheap operating cost, are non-hazardous, can regenerate, and have a high pollution intake capability. Many dye particles, metals, and other pollutants can be used as carbon or nitrogen sources by pure and mixed cultures of bacterial species (Khan et al., 2013; Pathak et al., 2015).

Organic dyes are widely utilized in the textile, paper, and paint industries, and it is estimated that 10,000 distinct textile dyes are accessible globally, with an annual production of approximately 7×10^9 tons (Benkhaya et al., 2020). Up to 10% of applied dyes in the textile sector do not bond to the fabrics and are eliminated as colored wastewaters, which must be adequately treated before discharge into different water bodies (Al-Zawahreh et al., 2021). Because of their high visible light absorption, colored pollutants have a deleterious impact on aquatic life's photosynthetic activity (Al-Zawahreh et al., 2021; Ribas et al., 2014). The one class of organic dyes is reactive dyes which are a highly successful family of synthetic dyes because of their simplicity of application, outstanding wet-fastness qualities, reasonable price, and brilliance in hues. Reactive dyes have gained popularity due to their great wet-fastness, brilliance, and color range. Many reactive dye molecules with mono or hetero-reactive groups are referred to as bifunctional dyes; these dyes have good fastness properties and a greater fixation value (Patel et al., 2023).

Response Surface Methodology (RSM) is a regression-based strategy that consists of a combination of mathematical and statistical methods for expressing the effects of specified factors on response variables. Central Composite Design (CCD) is one of the RSM techniques. Desirability functions are commonly used in RSM optimization, and the goal here is to find the factor combination with the highest desirability combination. Many researchers in biological processes have achieved successful findings using the RSM technique (Öge et al., 2023). However, it has been discovered that most statistical software is insufficient in approximating the global optimum outcome.

Different structures of synthetic dyes are frequently used in the textile industry during fiber processing, the

effluents produced are markedly variable in chemical composition, including organics, nutrients, sulfur compounds, salts, and various toxic substances (Chen et al., 2003; Ghodake et al., 2009). Various physicochemical operational parameters, such as agitation, oxygen, temperature, pH, dye structure, dye concentration, supplementation of different carbon and nitrogen sources, electron donor, and redox mediator, all have a direct impact on the bacterial decolorization performance of azo dyes in biological treatment processes. Thus, previous identification of the effect of each element on the bacterial decolorization of azo dyes is required to make the process more effective, quicker, and realistically applicable (Saratale et al., 2011).

In light of this knowledge, it was considered that the optimization of Reactive Violet 1 to maximize the biosorption and capacity in this research. In this context, central composite design from response surface methodology was used in optimization studies. The three levels of environmental parameters were studied. The characterization of biomass before and after biosorption by FTIR and SEM was carried out.

Scientific Publication Screening: There are some studies on the decolorization of Reactive Violet (RV) dyes in the literature. Moosvi and his colleagues utilize a bacterial mix culture to decolorize RV5. The decolorization rate was reported to be 94% after 37 hours under a wide range of pH (6.5-8.0) and temperature (25 °C - 40 °C) conditions (Moosvi et al., 2005). Jain and his colleagues investigated the decolorization of RV5 by a bacterial consortium. After 40 hours, the decolorization efficiency was determined to be 90%. The reactive dye was then characterized using several approaches (Jain et al., 2012). The haloalkaliphilic strain was employed by Prabhakar and colleagues to decolorize the RV1. To achieve the best decolorization rate, Box-Behnken from Response Surface Methodology was used. In 51 hours, the bacterium eliminated 96.33% of the RV1 (Prabhakar et al., 2019). Prabhakar and colleagues utilized the same haloalkaliphilic strain to demonstrate the effect of textile industrial solvent on RV1 elimination. However, the maximum decolorization rate obtained with alone dye was 96.8%. Other solvents had a negative impact on the removal reaction (Prabhakar et al., 2019).

MATERIAL AND METHOD

Biological Adsorbents: Four microorganisms were used as adsorbents isolated from industrial wastewater and deposited in glycerol stock in the laboratory. Bacterial strains were coded to be #288, #351, #201, and #HE1. Then every microorganism was incubated in Nutrient Broth with 100 ml. After inoculation of 10%, the microorganism cultures were incubated at 35 °C by shaking 150 rpm in 100

ml x 10 Erlen Mayer (Lab Companion SI 600R, USA). At the end of incubation, the cultures were centrifuged at 5000 rpm for 10 min (Beckman Coulter, Allegra X-30). The supernatants were removed, and pellets were left to dry at 50 °C. The dried pellets were crushed in mortar then their weighing was done.

Adsorbates: Four textile dyes including Reactive Blue 72 (RB72), Reactive Orange 12 (RO12), Reactive Violet 1 (RV1), and Reactive Yellow 85 (RY85) taken from a local textile company were used as an adsorbate. Before application, the dyes' maximum absorption wavelengths were determined, and all concentrations were prepared based on the standard curves of dyes. All spectrophotometric readings were practiced by the CPS Controller UV-VIS Spectrophotometer (Schimadzu UV-2550; Kyoto, Japan). The optimum wavelength enabled for RB72, RO12, RV1, and RY85 was 628 nm, 418 nm, 558.5 nm, and 422 nm, respectively.

Screening of dye biosorption: In dye biosorption studies, four textile dyes (RB72, RO12, RV1, RY85) were treated by four bacterial isolates coded with #288, #351, #201 and #HE1. The experimental setup was designed in a 25 mL working volume with a pH 2 dye solution (Akar et al., 2009). 2.5 mg (0.1 g/L) biomass was used, and incubation was completed at 25 °C by 150 rpm for 30 min. The initial dye concentrations were prepared as 50 ppm. The experiments were practiced in triplicate. At the end of the experimental steps, biosorption % and biosorption capacity were calculated based on Equation 1 (Razmovski et al., 2008) and Equation 2 (Wang et al., 2016).

$$C_0 = \text{initial dye concentration}$$

$$C_t = \text{dye concentration at "t" time}$$

$$\text{Biosorption \%} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$C_0 = \text{initial dye concentration}$$

$$C_t = \text{dye concentration at "t" time}$$

$$q = \text{biosorption capacity}$$

$$q = \frac{C_0 - C_t}{m} \times V \quad (2)$$

Response surface methodology in optimization study for dye biosorption: The central composite design was used to optimize the parameters of incubation time, biomass amount, and initial dye compound concentration for biosorption % and biosorption capacity. Table 1 lists the three factors and their levels.

Table 1. Parameters and their levels.

Parameter	Unit	-1	0	+1
Incubation time (A)	min	30	60	90
Biomass (B)	g/L	0.2	0.6	1
Dye concentration (C)	g/L	50	125	200

The best-fitting models were identified using quadratic regression, in which inconsequential model parameters were removed from the models and only variables with significant values were chosen for model creation using Central Composite Design. Design-Expert version 11.0 (Stat-Ease In., Minneapolis, USA) was used for the computational work, which included the assignment of experimental points, randomization, analysis of variance fitting of the quadratic models and graphical representations, as well as optimization.

Characterization of adsorbent

Fourier Transmission Infrared Spectroscopy: IR spectra in the 4000–400 cm⁻¹ region were obtained using a KBr pellet by Bruker Tensor FT-IR spectrometer (Aytar Celik et al., 2021; Cengiz et al., 2014; Dolphen et al., 2007).

Scanning Electron Microscope: To determine the morphology and to detect the surface element of biomass before and after biosorption was analyzed by FE-SEM (Hitachi Regulus 8230 FE-SEM) (Aytar Celik et al., 2021; Aytar et al., 2016).

Statistical Analysis: The averages and standard deviations of the data are shown (n = 3). Using the package program of JMP (version 6.0.0), analysis of variance was carried out. The Student's t-test was used to establish the significance ratings between the averages (p < 0.001 was regarded as significant).

Design-Expert version 11.0 (Stat-Ease In., Minneapolis, USA) was used to analyze experimental data according to the ANOVA test.

RESULTS AND DISCUSSION

Microbial Adsorbent Selection: The bacterial particles were used in the decolorization of dyes. All results have been commented according to statistical analysis. The selection was made based on biosorption efficiency and biosorption capacity. Both the biosorption efficiency and biosorption capacity were calculated and then the values were given in Table 2. Based on the biosorption efficiency and biosorption capacity except for #HE1 and #351 isolates, other adsorbents have the potential to decolorize all dyes. #202 and #288 particles were more significant for decolorization. However, the most biosorption yield belongs to isolate #288 with 69.20% biosorption on Reactive Violet 1. Under this biosorption yield, the biosorption capacity was found as highest value (Table 2).

Optimization study for dye biosorption: The results of the statistical examination of the parameters' effects on biosorption % and biosorption capacity are presented in Table 3. Biosorption yield (%) and biocapacity were computed for each experimental set and evaluated as a response within the scope of experiments in the design matrix.

Table 2. Biosorption % and biosorption capacity of adsorbents.

		<i>RB72</i>	<i>RO12</i>	<i>RY85</i>	<i>RY1</i>
#202	Biosorption (%)	14.74± 0,01 ^b	20.36± 0,04 ^b	21.47± 0,03 ^b	30.52± 0,00 ^b
	Biosorption capacity (mg/g)	78.83± 10,11 ^B	102.68± 20,86 ^B	106.50± 18,37 ^B	139.86± 3,79 ^B
#288	Biosorption (%)	23.75± 0,01 ^a	29.14± 0,05 ^a	50.02± 0,03 ^a	69.20± 0,17 ^a
	Biosorption capacity (mg/g)	127.00± 6,04 ^A	146.90± 26,36 ^A	248.17± 15,48 ^A	317.18± 79,23 ^A
#351	Biosorption (%)	18.02± 0,03 ^b	13.33± 0,00 ^{bc}	7.81± 0,00 ^c	17.91± 0,03 ^b
	Biosorption capacity (mg/g)	89.33± 18,27 ^B	70.20± 4,10 ^{BC}	38.21± 4,23 ^C	85.22± 17,52 ^C
#HE1	Biosorption (%)	13.54± 0,02 ^b	8.71± 0,00 ^c	0.75± 0,01 ^d	17.40± 0,05 ^b
	Biosorption capacity (mg/g)	67.16± 12,11 ^B	45.91± 2,06 ^C	3.65± 6,51 ^D	82.81± 28,02 ^D

**a-d: Within each column, different superscript lowercase letters show differences between the different biosorptions ($p < 0.001$)

*A-D: Within each column, different superscript uppercase letters show differences between the different biocapacities ($p < 0.001$)

**Data are presented as mean ± standard deviation ($n = 3$)

Table 3. Design matrix and analysis results of biosorption % and biosorption capacity under different conditions.

Experiments Number	FACTORS			RESPONSES	
	Incubation time (min) A	Biomass (g/L) B	Dye conc. (g/L) C	Biosorption (%)	Biosorption capacity (mg/g)
1	30	0.2	50	70	201
2	90	0.2	50	82	236
3	30	1	50	100	58
4	90	1	50	92	55
5	30	0.2	200	39	400
6	90	0.2	200	42	424
7	30	1	200	99	199
8	90	1	200	99	199
9	30	0.6	125	93	194
10	90	0.6	125	95	207
11	60	0.2	125	58	369
12	60	1	125	98	123
13	60	0.6	50	84	80
14	60	0.6	200	69	231
15	60	0.6	125	98	205
16	60	0.6	125	98	205
17	60	0.6	125	98	205
18	60	0.6	125	98	205
19	60	0.6	125	98	205
20	60	0.6	125	98	205

The quadratic regression model equations were fitted with the selected parameters. These equations related to parameters were represented in Eq.3 and Eq.4 for biosorption percent and biosorption capacity, respectively, based on the coded levels of these parameters. The basic factors were kept constant for the model. Except this, a dual interaction was found between biomass and dye concentration.

$$Y_{Biosorption (\%)} = 94.96 + 0.90A + 19.70B - 8.00C + 9.62BC - 8.81B^2 - 10.31C^2 \tag{3}$$

$$Y_{Biosorp\ cap} = 201.49 + 6.90A - 99.60B + 82.30C - 12.75BC + 54.06B^2 - 36.44C^2 \tag{4}$$

The ANOVA results of the statistical evaluation are shown in Table 4. It shows that the R² values for biosorption % and biosorption capacity were found to be very close to the value of 1. However, the best model belongs to biosorption capacity according to R². The

relevance of the model has been checked by determination coefficient (R²). The R² value of 0.9362 and 0.98 depict the acceptable validity to the predicted values for the response, respectively, biosorption % and biosorption capacity. The adjusted R² value of 0.9067 and 0.97 is a reasonable agreement with predicted values. The predicted R² was used to evaluate how well a regression model predicts. Although it is preferred to use biosorption efficiency, the predictability of biosorption capacity turned out to be more reliable. On the other hand, the prediction of biosorption efficiency was acceptable for following experiment.

The parameter that affects the model's response more than the others in regression equations is the one with the highest coefficient. If the coefficient is positive, the parameter has a proportional effect on the response. If the coefficient is negative, the parameter has an inverse effect on the answer. When Eq (3) was examined, it was seen that the parameter that has the most effect on biosorption was

biomass amount. However, it was found that biomass amount is proportional to the biosorption and inversely proportional to the biosorption capacity, so, as the biomass amount increases, biosorption increases, but biosorption capacity decreases (Hu et al., 2020) (Figure 1). The same

results have been obtained by Hu et al., on Pb^{2+} biosorption from aqueous solutions. As expected, high biomass amount has huge potential to decolorize the dye; but when the biomass decolorizes the dye at the high biomass concentration, it could not absorb all dye to its surface.

Table 4. ANOVA results of statistical evaluation.

	Sources of variations	Degree of freedom	Sum of Squares	Mean square	f-value	p-value
Biosorption	Regression model	6	6735.44	1122.57	31.77	0.0001
	Lack of fit	1	459.36	57.42		
	Error	1	0.00	0.00		
	Corrected total	19	7149.80			
	$R^2 = 0.9362$; Adj- $R^2 = 0.9067$; Pred $R^2 = 0.7988$					
Biosorption capacity	Regression model	6	1.781E+05	29690.65	155.37	<0.0001
	Lack of fit	8	2484.29	476.10		
	Error	5	0.00	0.00		
	Corrected total	19	1.806E+05			
	$R^2 = 0.98$; Adj- $R^2 = 0.97$; Pred $R^2 = 0.9534$					

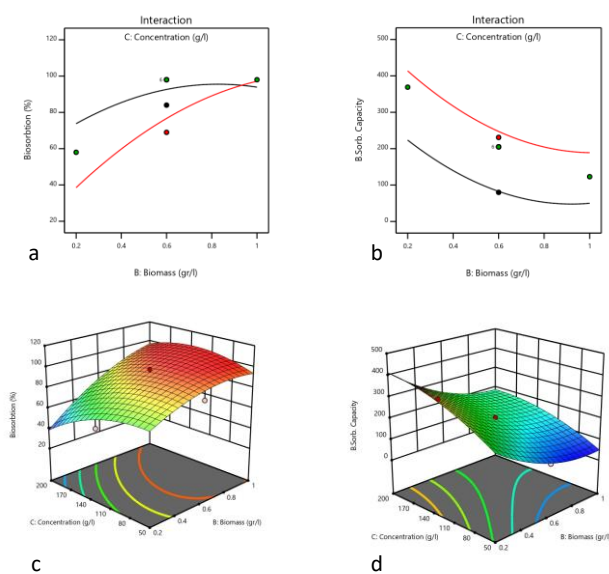


Figure 1: Dual interaction on biosorption % and biosorption capacity. a-c: dye concentration and biomass interaction on biosorption %. Two and three-dimensional graphs, respectively. b-d: dye concentration and biomass interaction on biosorption capacity. Two and three-dimensional graphs, respectively.

Verification Experimental: The optimum conditions were determined to maximize both biosorption % and biosorption capacity. Incubation time, 90 min, biomass measurement, 04022 g/L, and initial dye concentration 134.04 g/L, and under these conditions, the model estimated that a maximum of 82.2754% and 281.025 were obtained at the end of biosorption. In the optimum conditions given by the model, biosorption % and biosorption capacity were found as 93.7% and 325.7 mg/g respectively at the end of verification experiments. The two values are very close to the predicted values by the model. This suggest the model is reliable according to these values.

Characterization of Biomasses

The Determination of Functional Group: RV1 may have been biosorbed onto the adsorbent via functional

groups consisting of $-SO_3$, hydroxyl, amide, and carboxyl groups, according to IR spectra of untreated and dye-loaded biomasses. These findings suggest that the functional groups on the biosorbent surface may be involved in the biosorption process. The functional groups found in the untreated biomass are most likely involved in the biosorption of the dyestuffs under consideration.

Dolphen and coworkers have reported the wavelength of functional group peaks. These wavelengths were identified for functional groups which are identified following. 1558 cm^{-1} for $-NH_2$, 1621 cm^{-1} for amide II, 1654 cm^{-1} for amide I, 1205 cm^{-1} and 1258 cm^{-1} for $-CNH$, 1025 cm^{-1} for C-N, 3363 cm^{-1} and 3438 cm^{-1} for N-H (Dolphen et al., 2007).

As shown in Figure 2, the FT-IR spectra of untreated biomass and dye-loaded biomass were utilized to identify biosorption sites. Three peaks appeared in the range of $3600\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ for untreated and dye-loaded biomasses. The change in the number of peaks at the range of $2000\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ was determined, three peaks increased seven peaks for dye-loaded biomass. At the range of $800\text{--}2000\text{ cm}^{-1}$, it increased the number of peaks. The dye-loaded biomass has more peaks. Amide I functional group was detected for untreated and dye-loaded biomasses at 1653 and 1657 cm^{-1} . $-CNH$ functional group was detected for untreated and dye-loaded biomasses at 1237 and 1231 cm^{-1} . At 2359 and 2367 cm^{-1} , the $-OH$ group was detected for untreated and dye-loaded biomasses, respectively.

The bands found at $898\text{--}651\text{ cm}^{-1}$ following biosorption were linked to biosorption properties for aromatic skeletal groups (Aytar Celik et al., 2021). Furthermore, the 673.6 cm^{-1} band was found solely in dye-loaded biomass in this study.

Surface Morphology: The surface of the untreated biomass is heterogeneous, smooth, and porous, as seen in the SEM image in Figure 3a-3b. SEM image of the dye-loaded biomass looks as loading rounder and fuller with dye in Figure 3c-3d.

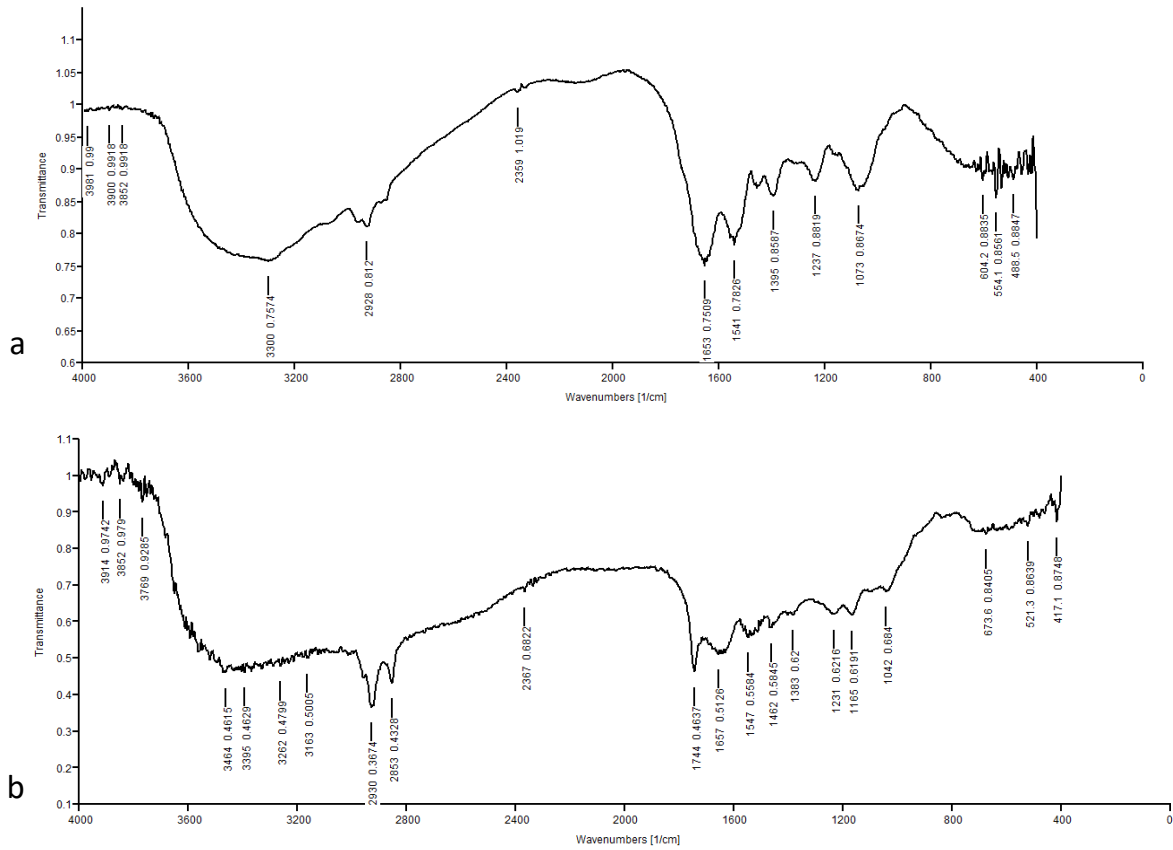


Figure 2: FTIR spectrum, a: FTIR spectra of untreated biomass, b: FTIR spectra of dye-loaded biomass.

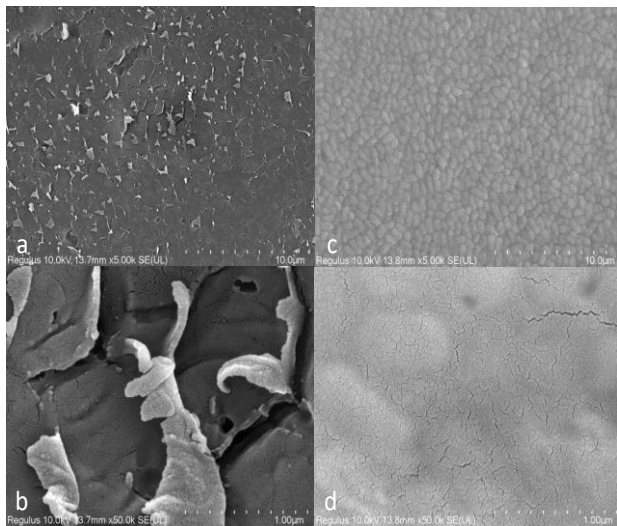


Figure 3: Scanning electron micrograph of untreated and dye-loaded biomass. a-b: untreated biomass at 10 µm and 1µm scale. c-d: dye-loaded biomass at 10 µm and 1µm scale.

SEM-EDX images present the elemental content of untreated and dye-loaded biomasses (Figure 4). When the presence percentage of carbon was decreased, the percentage of oxygen and nitrogen was increased. The result has showed that, azo dye (RV1) absorbed by biomass. So mean that, SEM micrographs indicated that #288 can also play a role in the decolorization process.

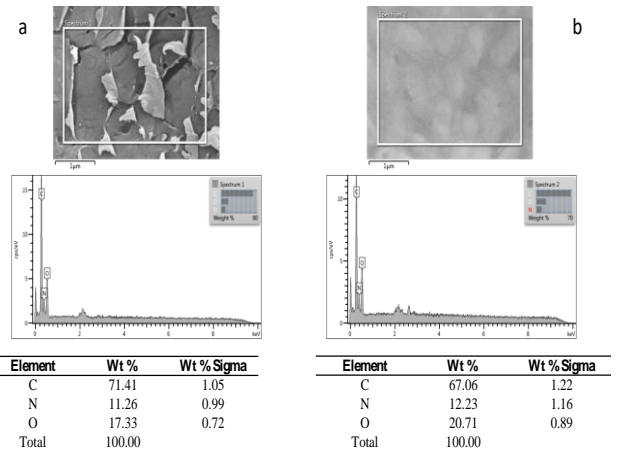


Figure 4 SEM-EDX value and graph. a: untreated biomass b: dye-loaded biomass.

DISCUSSION

To sum up, #288 coded as a bacterial strain was used to decolorize the Reactive Violet 1 in this study. The initial dye concentration, biomass measurement, and incubation time were optimized by Central Composite Design. 134 g/L dye was removed 93% biosorption yield in 90 min using 0.1 g/L biomass. In this condition, biosorption capacity was found as 325.7 mg/g. Untreated and dye-loaded biomasses were characterized by FTIR and SEM. According to IR spectra, characteristic functional

groups were determined for untreated and dye-loaded biomasses. SEM analyzed surface morphologies of untreated and dye-loaded biomasses. On the other hand, levels of carbon, nitrogen, and oxygen were measured by EDX for untreated and dye-loaded biomasses. Based on these results, the comparison with other studies in the literature is outlined below.

Ganoderma cupreum AG-1 was used to decolorize azo dye Reactive Violet 1 in a study by Gahlout and co-workers. The environmental and medium conditions were optimized and took advantage of the presence of ligninolytic enzymes including laccase etc. At lower concentrations, it was found that the percentage of decolorization was higher and might reach up to 98% at the lowest concentration of 0.1 g/L. They analyzed degradation products; therefore, they used control dye and products. Degraded product has major changes in the fingerprint region based on FTIR spectrum (Gahlout et al., 2013).

Bello and his friends studied on adsorption of Remazol Brilliant Violet-5R on carbon derived from cocoa pod husks (CPHAC). They examined the effects of concentration of dye, time, temperature, and pH. Isotherm models were studied to the fitted model. They found Freundlich model for this adsorption. CPHAC was good at acidic pH and at the end of time evaluation, CPHAC is good at adsorbing dye with 97,8% removal at 100 mg/l. On the other hand, they characterized the adsorbent by FTIR, SEM. Characteristic peaks of CPHAC were determined and intermolecular bonds due to high temperature (Bello et al., 2012).

A maximum 93% decolorization of Reactive Violet 5R by the bacterial consortium JW-2 was observed at 37 °C, according to Moosvi and coworkers. They added that the pace at which Reactive Violet 5R dye decolorizes diminishes with a greater increase or decrease in temperature from the ideal (Moosvi et al., 2007)

Zuorro and his friends investigated the adsorption of azo dyes on non-living microalga which was identified as *Nannochloropsis oceanica*. They chose the Reactive Violet 5 (RV5) as a dye that is used widely in textile dyeing. At 10, 25, and 40 °C, the kinetics of RV5 biosorption on the biomass were researched. The Temkin equation was found to accurately reflect equilibrium data. Then the kinetic model was fitted to experimental setups. *Nannochloropsis oceanica* biomass removed above 95% of dye in a few hours. In summary, the results show that *Nannochloropsis oceanica*'s non-living cells can be a successful biosorbent for the treatment of textile wastewaters including azo dyes. The biomass has been evaluated by FTIR before and after dye adsorption. The standard peaks were determined according to the literature. They have decided the peaks belonging to

methyl/methylene groups, Amide I, Amide II, carbohydrates, and hydroxyl/ether (Zuorro et al., 2017).

Mohammad Hanapi et al., have been reported to remove colors from the textile dye effluents by *Bacillus cereus*. In order to establish the ideal treatment process conditions for the wastewater degradation of textile dyes, Central Composite Design (CCD) from Response Surface Methodology (RSM) was utilized for this content. With low pH, agitation, a medium initial concentration of bacterial inoculum, and ten days of biodegradation, the maximum decolorization rate was 88.67%. The researchers chose different factors to analyze in RSM. Therefore, the interaction between pH and agitation was found as significant (Mohammad Hanao et al., 2021).

Maximum RV1 biosorption (%) onto PSP obtained by means of the Box-Behnken method was approximately 83.22%. The initial dye concentration was chosen as 100 mg/L. The best operating conditions were as follows: pH: 2.0, biosorbent amount: 0.6 g (in 25 mL dye solution), reaction time: 56.9 min, and temperature 27.3 °C. The dual interaction has been reported between pH-temperature; and pH-biosorbent amount (Akar et al., 2016).

Consequently, To the best of our knowledge, the wastewater of textile dye is one of the general environmental problems. Every finding or suggested solution is very important to treat these waters. In this study, four different bacterial biomasses have been evaluated due to their ability for dye decolorization. Four different biomasses and four different reactive dyes were used in screening studies. According to our results, #288 coded bacterial strain has the highest biosorption yield at approximately 70% on Reactive Violet 1. The central composite design from response surface methodology was used to maximize the biosorption % and biosorption capacity. The chosen factors have been determined differently from the literature. Dual interaction has been reported between dye concentration and biomass amount. At the end of experiments, the biosorption of Reactive Violet 1 by #288 was increased to 93.7%, and biosorption capacity was calculated as 325.7. This result shows that #288 is good on adsorption of Reactive Violet 1 from textile wastewaters.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank Prof. Dr. Okan Zafer YEŞİLEL (FT-IR Spectroscopy Research Laboratory at Eskisehir Osmangazi University) for the FTIR analysis. I would like to thank Microbiota Biotechnology SC for giving the bacterial isolates.

REFERENCES

- Akar, S.T., Akar, T. & Çabuk, A. (2009).** Decolorization of a textile dye, Reactive Red 198 (RR198), by *Aspergillus parasiticus* fungal biosorbent. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **26**(2), 399-405. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322009000200018>.
- Akar, T., Turkyilmaz, S., Celik, S. & Akar, S.T. (2016).** Treatment design and characteristics of a biosorptive decolorization process by a green type sorbent. *Journal of Cleaner Production*, **112**, 4844-4853.
- Al-Zawahreh, K., Barral, M.T., Al-Degs, Y. & Paradelo, R. (2021).** Comparison of the sorption capacity of basic, acid, direct and reactive dyes by compost in batch conditions. *Journal of Environmental Management*, **294**. DOI: [10.1016/j.jenvman.2021.113005](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113005)
- Aytar Celik, P., Abutaha, A.M.K., Nural Yaman, B., Cakmak, H., Hosgün, S. & Cabuk, A. (2021).** Efficient removal of Reactive Orange 13 with magnetic *Mucor circinelloides* from mill scale. *Desalination And Water Treatment*, **226**, 347-361. DOI: [10.5004/dwt.2021.27236](https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27236)
- Aytar, P., Bozkurt, D., Erol, S., Özdemir, M. & Çabuk, A. (2016).** Increased removal of Reactive Blue 72 and 13 acidic textile dyes by *Penicillium ochrochloron* fungus isolated from acidic mine drainage. *Desalination and Water Treatment*, **57**(41), 19333-19343. DOI: [10.1080/19443994.2015.1098567](https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1098567)
- Bello, O.S., Siang, T.T. & Ahmad, M.A. (2012).** Adsorption of Remazol Brilliant Violet-5R reactive dye from aqueous solution by cocoa pod husk-based activated carbon: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, **7**(3), 378-388. DOI: [10.1002/apj.557](https://doi.org/10.1002/apj.557)
- Benkhaya, S., M'rabet, S. & El Harfi, A. (2020).** A review on classifications, recent synthesis and applications of textile dyes. *Inorganic Chemistry Communications*, **115**, 107891. DOI: [10.1016/j.inoche.2020.107891](https://doi.org/10.1016/j.inoche.2020.107891)
- Cengiz, G., Aytar, P., Şam, M. & Çabuk, A. (2014).** Removal of Reactive Dyes using Magnetically Separable *Trametes versicolor* Cells as a New Composite Biosorbent. *Separation Science and Technology*, **49**(12), 1860-1871. DOI: [10.1080/01496395.2014.903496](https://doi.org/10.1080/01496395.2014.903496)
- Chen, K.C., Wu, J.Y., Liou, D.J. & Hwang, S.C.J. (2003).** Decolorization of the textile dyes by newly isolated bacterial strains. *Journal of Biotechnology*, **101**(1). DOI: [10.1016/S0168-1656\(02\)00303-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(02)00303-6)
- Dolphen, R., Sakkayawong, N., Thiravetyan, P., & Nakbanpote, W. (2007).** Adsorption of Reactive Red 141 from wastewater onto modified chitin. *Journal of Hazardous Materials*, **145**(1-2), 250-255. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2006.11.026](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.026)
- Gahlout, M., Gupte, S. & Gupte, A. (2013).** Optimization of culture condition for enhanced decolorization and degradation of azo dye reactive violet 1 with concomitant production of ligninolytic enzymes by *Ganoderma cupreum* AG-1. *3 Biotech*, **3**(2), 143-152. DOI: [10.1007/s13205-012-0079-z](https://doi.org/10.1007/s13205-012-0079-z)
- Ghodake, G., Jadhav, S., Dawkar, V. & Govindwar, S. (2009).** Biodegradation of diazo dye Direct brown MR by *Acinetobacter calcoaceticus* NCIM 2890. *International Biodeterioration and Biodegradation*, **63**(4). DOI: [10.1016/j.ibiod.2008.12.002](https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.12.002)
- Hu X, Cao J, Yang H, Li D, Qiao Y, Zhao J, et al. (2020).** Pb²⁺ biosorption from aqueous solutions by live and dead biosorbents of the hydrocarbon-degrading strain *Rhodococcus* sp. HX-2. *PLoS ONE* **15**(1): e0226557. DOI: [10.1371/journal.pone.0226557](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226557)
- Jain, K., Shah, V., Chapla, D. & Madamwar, D. (2012).** Decolorization and degradation of azo dye – Reactive Violet 5R by an acclimatized indigenous bacterial mixed cultures-SB4 isolated from anthropogenic dye contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, **213-214**, 378-386. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2012.02.010](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.02.010)
- Khan, R., Bhawana, P. & Fulekar, M.H. (2013).** Microbial decolorization and degradation of synthetic dyes: A review. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 12, Issue 1). DOI: [10.1007/s11157-012-9287-6](https://doi.org/10.1007/s11157-012-9287-6).
- Mohammad Hanapi NH., Sayid Abdullah SHY., Ismail A. & Juahir H. (2021).** Central Composite Design: a Response Surface Methodology Approach in Biodegradation of Textile Dye Wastewater. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, **43**(6), 461-475.
- Moosvi, S., Keharia, H. & Madamwar, D. (2005).** Decolorization of textile dye Reactive Violet 5 by a newly isolated bacterial consortium RVM 11.1. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **21**(5), 667-672. DOI: [10.1007/s11274-004-3612-3](https://doi.org/10.1007/s11274-004-3612-3)
- Moosvi, S., Kher, X. & Madamwar, D. (2007).** Isolation, characterization and decolorization of textile dyes by a mixed bacterial consortium JW-2. *Dyes and Pigments*, **74**(3), 723-729. DOI: [10.1016/j.dyepig.2006.05.005](https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2006.05.005)
- Öge, E., Nural Yaman, B. & Buruk Şahin, Y. (2023).** Optimization of biodegradation yield of reactive blue 49: An integrated approach using response surface methodology based marine predators algorithm. *Journal of Microbiological Methods*, **206**, 106691. DOI: [10.1016/j.mimet.2023.106691](https://doi.org/10.1016/j.mimet.2023.106691)
- Patel, M. J., Tandel, R. C., Sonera, S. A., & Bairwa, S. K. (2023).** Trends in the synthesis and application of some reactive dyes: A review. *Brazilian Journal of Science*, **2**(7), 14-29. DOI: [10.14295/bjs.v2i7.350](https://doi.org/10.14295/bjs.v2i7.350)
- Pathak, V.V., Kothari, R., Chopra, A.K. & Singh, D.P. (2015).** Experimental and kinetic studies for phycoremediation and dye removal by *Chlorella*

- pyrenoidosa from textile wastewater. *Journal of Environmental Management*, **163**. DOI: [10.1016/j.jenvman.2015.08.041](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.041)
- Prabhakar, Y., Gupta, A. & Kaushik, A. (2019)**. Effect of some Organic co-pollutants on Decolorization of Reactive Violet 1 dye by an Indigenous Microbial Strain from Textile Wastewater. *Society for Environment and Development*, 159-168.
- Prabhakar, Y., Gupta, A. & Kaushik, A. (2019)**. Enhanced decolorization of reactive violet dye 1 by halo-alkaliphilic *Nesterenkonia* strain: Process optimization, short acclimatization and reusability analysis in batch cycles. *Process Safety and Environmental Protection*, **131**, 116-126. DOI: [10.1016/j.psep.2019.09.004](https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.09.004)
- Razmovski, R. & Šćiban, M. (2008)**. Biosorption of Cr (VI) and Cu (II) by waste tea fungal biomass. *Ecological Engineering*, **34**(2), 179-186.
- Ribas, M.C., Adebayo, M.A., Prola, L.D.T., Lima, E.C., Cataluña, R., Feris, L.A., Puchana-Rosero, M. J., Machado, F.M., Pavan, F.A. & Calvete, T. (2014)**. Comparison of a homemade cocoa shell activated carbon with commercial activated carbon for the removal of reactive violet 5 dye from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal*, **248**, 315-326. DOI: [10.1016/j.cej.2014.03.054](https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.03.054)
- Roy, U., Manna, S., Sengupta, S., Das, P., Datta, S., Mukhopadhyay, A. & Bhowal, A. (2018)**. *Dye Removal Using Microbial Biosorbents*. In *Green Adsorbents for Pollutant Removal. Environmental Chemistry for a Sustainable World*; Crini, G., Lichtfouse, E., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2018; Volume 19. DOI: [10.1007/978-3-319-92162-4_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92162-4_8)
- Saratale, R. G., Saratale, G. D., Chang, J. S., & Govindwar, S.P. (2011)**. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **42**(1), 138-157. DOI: [10.1016/j.jtice.2010.06.006](https://doi.org/10.1016/j.jtice.2010.06.006)
- Waheed, A., Baig, N., Ullah, N. & Falath, W. (2021)**. Removal of hazardous dyes, toxic metal ions and organic pollutants from wastewater by using porous hyper-cross-linked polymeric materials: A review of recent advances. *Journal of Environmental Management*, **287**, 112360.
- Wang, B., Zhou, K., Liu, H. et al. (2016)**. Biosorption Behavior and Reuse Potential of Waste Biomass of *Aspergillus fumigatus*, previously Used in Humic Acid Biosorption, in Removal of Reactive Blue 49. *Environmental Process*. **3**, 843-856. DOI: [10.1007/s40710-016-0188-5](https://doi.org/10.1007/s40710-016-0188-5)
- Zuorro, A., Maffei, G. & Lavecchia, R. (2017)**. Kinetic modeling of azo dye adsorption on non-living cells of *Nannochloropsis oceanica*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **5**(4), 4121-4127. DOI: [10.1016/j.jece.2017.07.078](https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.07.078)



Identifying Trace Element Concentrations in Coastal Seawater in Western Anatolia

Nurdan AKAKÇE

Institute of Nuclear Sciences, Ege University, İzmir, Türkiye

Ege University Application and Research Center for Testing and Analysis (EGE-MATAL), İzmir, Türkiye

Geliş/Received: 30.07.2023

Kabul/Accepted: 08.10.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Akakçe, N. (2023). Identifying Trace Element Concentrations in Coastal Seawater in Western Anatolia. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 612-615. <https://doi.org/10.35229/jaes.1334864>

Atf yapmak için: Akakçe, N. (2023). Batı Anadolu Kıyısındaki Deniz Suyunda Eser Element Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 8(4), 612-615. <https://doi.org/10.35229/jaes.1334864>

*[id](https://orcid.org/0000-0002-3473-1202): <https://orcid.org/0000-0002-3473-1202>

*Corresponding author:

Nurdan AKAKÇE
Ege University Application and Research
Center for Testing and Analysis (EGE-
MATAL), İzmir, Türkiye
✉: nurdan.akakce@ege.edu.tr

Abstract: In this study, we examined seawater from İzmir Bay, Türkiye for its trace element content. Three stations were chosen to carry out our mission. The sample collection process took place between November 2019 and May 2020. We focused on pH levels, dissolved oxygen, total dissolved solids, salinity, conductivity values, and trace elements (Ag, Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, and Zn) concentrations. Trace element analysis was done using an ICP-OES. Trace element concentrations were as follows: Ag (0.4 mg/l), Al (0.47 mg/l), Cu (0.82 mg/l), Li (0.81 mg/l), Pb (0.065 mg/l), and Sr (8.06 mg/l). Meanwhile, Ba, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, and Ni levels were below the measurable limits. Our results are generally high when compared with the literature. Industrial pollution sources (cement, metallurgy, iron and steel industries, electric arc furnaces (EAF-Steel), coal combustion residuals (CCRs), and petrol refineries) all cause marine pollution because they leak trace elements into the sea, which consequently accumulate over time.

Keywords: Trace element, marine ecology, pollution, environmental risk, izmir bay.

Batı Anadolu Kıyısındaki Deniz Suyunda Eser Element Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Öz: Bu çalışmada İzmir Körfezi'nden alınan deniz suyundaki iz element içeriği incelenmiştir. Üç istasyon amaca uygun olarak seçilmiştir. Örnek toplama işlemi Kasım 2019 ve Mayıs 2020 arasında gerçekleştirilmiştir. pH, çözülmüş oksijen, toplam çözülmüş madde miktarı, tuzluluk, iletkenlik seviyelerine ve iz element (Ag, Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, and Zn) konsantrasyonlarına odaklanılmıştır. İz element analizi ICP-OES kullanılarak yapılmıştır. İz element konsantrasyonları sırasıyla şu şekilde bulunmuştur: Ag (0.4 mg/l), Al (0.47 mg/l), Cu (0.82 mg/l), Li (0.81 mg/l), Pb (0.065 mg/l) ve Sr (8.06 mg/l). Ayrıca Ba, Cd, Co, Cr, Fe, Mn ve Ni seviyeleri ölçülebilir limitlerin altında kalmıştır. Sonuçlarımız genel olarak literatürle kıyaslandığında yüksektir. Endüstriyel kirlilik kaynakları (çimento, metalürji, demir - çelik endüstrileri, elektrik ark ocakları (EAF-Çelik), kömür yakma artıkları (CCR) ve petrol rafinerileri) eser elementleri denize sızdırdıkları ve biriktirdikleri için sonuç olarak zamanla deniz kirliliğine sebep olmaktadır

Anahtar kelimeler: İz element, deniz ekolojisi, kirlilik, çevresel risk, izmir körfezi.

INTRODUCTION

Trace elements are hazardous pollutants that deteriorate marine systems by way of flux, moving capacity, toxicity, and bioaccumulation (Abdel Ghani, 2015). Marine pollutants reach the sea via land. Seawater dissolves both primary and trace chemical contents. Trace elements are affected by diffusion, turbulence, advection, and convection as well as biodegradation. All be they very low in volume, trace element concentrations in seawater indicate the presence of marine environmental pollution (Tiwari et

al., 2020). There are three major sources of trace elements in aquatic ecosystems. The first include atmospheric deposition, discharge effluents from rivers, anthropogenic sources, and surface run-offs. The second includes input of components/particles into the seawater from crustal rocks and sediments via various organic interactions (Kara et al., 2015). The third encompasses trace elements flux into oceans and seas from the ocean crust, mid-ocean ridges, hydrothermal vents, glacial meltwater, and Aeolian particles. The main cause of trace element

concentrations in sediment is aqua media; therefore, the trace element enrichment rate is related to the renewal of bottom water and residence times of the elements (Smrzka et al., 2019). Trace elements get distributed in seawater based on their nature (Chojnacka and Saeid, 2017). They also have a cycle in seawater and are basic components of aquatic systems (Smrzka et al., 2019).

Our purpose in doing this study is to assess the flux of trace elements to Izmir Bay from several points, at different times. We feel it necessary to demonstrate the risks they pose to the bay and reveal their sources for the sake of making the bay's marine ecological life more sustainable in the future.

MATERIAL AND METHOD

We collected several seawater were collected from three (A, F, and U) points (A: 38°51' 41" N 27°2' 8" E, F: 38°44' 58" N 26°51' 5" E, and U: 38°22' 6" N 26°49' 45" E) along the west Anatolian coast of Izmir Bay, at three different dates (1: November 27, 2019, 2: January 1, 2020, and 3: May 15, 2020). One litre sample was taken 1-meter beneath the surface of the water. The parameters of pH levels, dissolved oxygen, total dissolved solids, salinity, conductivity values were determined. Seawater parameters were measured in situ by multiparameter (WTW portable multimeter). The prods were calibrated before every measurement. Each sample were placed in plastic bottles and transported to the laboratory at Institute of Nuclear Sciences, Ege University. The samples were filtered and diluted with pure water at about 1:10. trace elements using an ICP-OES (A Perkin Elmer Optima 2000 DV): Ag, Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, and Zn. Pre-enrichment was not done in the samples. Therefore, the effect of salinity on ICP measurements was minimized. Several multi-element standard solutions (Merck) were made to contain all metals whose concentrations were between 20 and 100 mg/ml, so that we could calibrate them (Saç et al, 2012). We then measured each element based on their wavelengths: Ag (328.068 nm), Al (396.153 nm), Ba (233.527 nm), Cd (228.802 nm), Co (228.616 nm), Cr (267.716 nm), Cu (327.393 nm), Fe (238.204 nm), Li (670.784 nm), Mn (257.610 nm), Ni (231.604 nm), Pb (220.353 nm), Sr (407.771 nm), and Zn (206.200 nm).

RESULTS AND DISCUSSION

Two factors dictate how much trace element content seawater – natural ecosystem (e.g. atmosphere, marine condition) and anthropogenic input. Their concentrations can range between 10 mmol/kg at the

upper end, and fmol/kg at the lower end (Elderfield, 2006). We measured each sample for pH, temperature, salinity, conductivity, dissolved oxygen, and total dissolved solids (Table.1). The concentrations of the following elements were obtained: Ag, Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, and Zn. Our findings were as follows: Ag ((0.41) 0.4-0.44 mg/l), Al ((0.47) 0.43-0.5 mg/l), Cu ((0.82) 0.63-1.16 mg/l), Li ((0.81) 0.79-0.85 mg/l), Pb ((0.065) 0.06-0.07 mg/l), and Sr ((8.06) 7.01-8.61 mg/l). By contrast, Ba, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, and Zn concentrations were nondetectable. We found that our seawater samples contained Sr>Cu>Li>Al>Ag>Pb (in that order) (Figs. 1-2-3). Jian et al (2022) indicated surface water tends to contain Sr>Cu>Pb.

Table1. The parameters of pH levels, dissolved oxygen, total dissolved solids, salinity, conductivity values at the stations on sampling dates.

Stations (A,F,U) and sampling dates (1,2,3)	pH	Dissolved Oxygen (mg/l)	T °C	Total Dissolved Solids-TDS (ppt)	Salinity (ppt)	Conductivity (Ohm)
A1	6.75	1.4	17.7	54.8	39.2	9.25
A2	5.25	9.1	11.9	74	36	9.83
A3	6	10	24	45	37	9.72
F1	6.8	10	20.4	53.3	38.5	9.96
F2	5.5	11.3	11.9	49	34	9.25
F3	6	11	21	55	36	9.54
U1	6.9	10.7	19.3	54	38.8	9.27
U2	6.8	11.7	12.4	58	32	9.03
U3	7	10.5	22	59	33	9.11

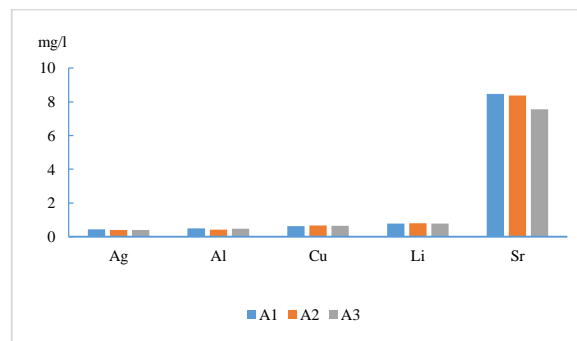


Fig. 1. Concentrations of trace elements in A station on 1. sampling date.

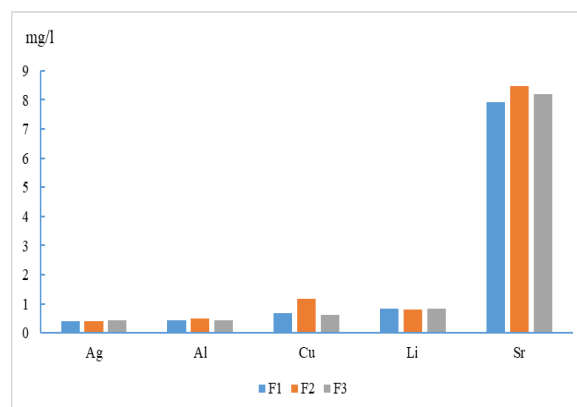


Fig. 2. Concentrations of trace elements in F station on 2. sampling date.

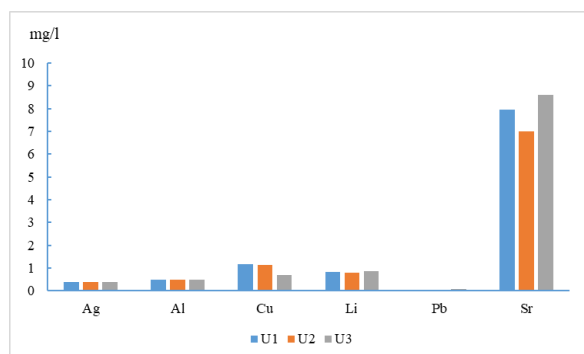


Fig. 3. Concentrations of trace elements in U station on 3. sampling date.

The concentrations of Ag in the ocean can vary between $(0.024 \text{ and } 40) \times 10^{-6} \text{ mg/l}$. Ag is very reactive in aqua media, even at low concentrations. Moreover, Ag^+ is toxic. Al concentrations in ocean and seawater tend to vary between $(0.03 \text{ and } 2) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$; and can be higher than that at the surface layer of seawater due to atmospheric deposition. Likewise, dissolved Al levels are an important indicator of atmospheric input to the sea. For Cu, oceans can contain $25 \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ of Cu (range: $< (1 - 8) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$). Cu concentration in water depends on the pollution source and water pH. Up to about 80% of Cu levels enters water from anthropogenic sources. When it comes to Li, the worldwide mean concentration of Li in seawater is $180 \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (range: $(170 - 200) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$). The worldwide concentration of Pb in oceanic water is between $(0.03 \text{ and } 0.27) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (mean: $0.03 \times 10^{-3} \text{ mg/l}$). Annually, between 20 and 40 kt of Pb enters the marine system via riverain and the atmosphere. Sr concentration in seawater is 8 mg/l (mean) and tends to be the most accumulated element in most hydro-organisms (Elderfield, 2006; Kabata & Szteke, 2015). Our data shows that Ag, Al, Cu, Li, and Pb concentrations in Izmir Bay are significantly higher than in other parts of the world; moreover, Sr concentration suits to world limit. The residence time of the trace elements Ag, Al, Cu, Li, Pb, and Sr in water are respectively; 350, 200, 5000, 2.8×10^6 , 80, and 5.1×10^6 years (Chojnacka & Saeid, 2017).

Cu and Pb concentrations found in surface seawater samples taken from the coast of the Adriatic Sea range between $(1.4-19.7 \text{ and } 1.3-10.8) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (Stankovic et al, 2014). Tiwari et al, (2020) indicated that the sea in Goa, India contains $18 \pm 5.6 \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ of Pb. Kara et al., (2015) discovered the seawater from around the highly industrialized region of Aliğa, Türkiye to be polluted with Al $((101-337) \times 10^{-3} \text{ mg/l})$, Cu $(/0.2-13.2) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$, and Pb $((0.7-10.5) \times 10^{-3} \text{ mg/l})$. The concentrations of Cu and Pb in Coastal Hawaiian waters range from $(0.06-1.04) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ to $(0.006-0.04) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (Bienfang et al, (2009). Pb

concentration in seawater from the Persian Gulf, the northern part is $5.38 \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (Pourang et al (2005). Cu and Pb elements concentrations in the seawater of Dingzi Bay, China (inner bay) range between $(2.36 \text{ and } 1.11) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (Pan et al, 2014). Cu and Pb levels along the west coast of South Korea range between $(0.42-1.23 \text{ and } 0.033-0.091) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (Woo et al, 1998). In the water of Marsa Matrouh Beaches of Egypt contains $66.47 \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ of Al (Abdel Ghani, 2015). Seawater from Sitakund Upazilla, Bangladesh (a major ship demolition area) is polluted with 0.29, 0.011, and 0.113 mg/l of Al, Cu, and Pb, respectively (Hasan et al., 2013). The seawater around the Xisha Islands, South China Sea is riddled with $(0.4-5.66, 4848-5725) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$, and $(0.05-4.34) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ of Cu, Sr, and Pb (Jian et al., 2022). Surface water samples from bays, ports, deltas and, near the industrialized areas in Zonguldak (Türkiye) show trace elements of Cu and Pb at $(2.84-7.73) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ and $(5.19-8.02) \times 10^{-3} \text{ mg/l}$ (Çoban et al, 2009). Al and Cu concentrations in Iskenderun Bay (Türkiye) near electric arc furnaces (EAF-Steel) alongside iron and steel factories have been found to be 0.66 and 0.36 mg/l (Göycüncik et al, 2018).

As a result, when we compare our results with other research, we see that our figures are alarmingly high (with the exception of Sitakund Upazilla Coast, whose Al levels rival ours). Beyond that, Sr levels in seawater from the Xisha Islands are comparable with ours, too. The same goes for Al and Cu concentrations in Iskenderun Bay, as well. High concentrations of trace elements in seawater may be assessed to be related to geological structure and coastal pollution (Tiwari et al, 2020). Our sampling stations are close to cement factories, electric arc furnaces (EAF-Steel), ceramic fabrics, coal combustion residuals (CCRs), and petrol refineries. The ceramic industry generates Sr, while Ag is a by-product of petrol refineries (Kabata & Szteke, 2015). Electric arc furnaces (EAF-Steel) release Zn into the environment (Yatkin & Bayram, 2008). Pb hails from cement, metallurgy, the iron and steel industries, and oil combustion facilities (Hindy et al., 1990; Adriano, 2001; Enamorado-Báez et al., 2015; Cerededa-Balic et al., 2020). Al is a crustal element derived from terrestrial sources (Kara et al., 2015).

CONCLUSION

Coastal pollution studies so that experts can ensure marine environmental safety. Trace elements in seawater pose numerous health risks to aquatic life. In this study, we examined concentrations of several trace elements in seawater samples we took from Izmir Bay on different three dates and then assessed their potential

aquatic risks. Trace element mounds are only increasing over time, and therefore polluting Izmir's coasts. Industrial pollution is contributing to that risk. More studies are needed on this topic but that focus on a wider area and longer time frame. Scientists also need to investigate what impact trace element pollution via sediments is having on local marine organisms. Likewise, experts and the government need to do more to periodically monitor seawater quality.

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to thank Associate Prof. Dr. İnci Tüney Kızılkaya and Prof. Dr. Şenol Sert for their valuable comments on the study.

REFERENCES

- Abdel Ghani, S.A. (2015). Trace metals in seawater, sediments and some fish species from Marsa Matrouh Beaches in north-western Mediterranean coast, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, **41**(2), 145-154. DOI: [10.1016/j.ejar.2015.02.006](https://doi.org/10.1016/j.ejar.2015.02.006)
- Adriano, D.C. (2001). Bioavailability of trace metals. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals, 61-89.
- Bienfang, P., De Carlo, E. H., Christopher, S., DeFelice, S. & Moeller, P. (2009). Trace element concentrations in Coastal Hawaiian waters. *Marine Chemistry*, **113**(3-4), 164-71. DOI: [10.1016/j.marchem.2009.01.007](https://doi.org/10.1016/j.marchem.2009.01.007)
- Cereceda-Balic, F., de la Gala-Morales, M., Palomo-Marín, R., Fadic, X., Vidal, V., Funes, M., Rueda-Holgado, F. & Pinilla-Gil, E. (2020). Spatial distribution, sources, and risk assessment of major ions and trace elements in rainwater at Puchuncaví Valley, Chile: the impact of industrial activities. *Atmospheric Pollution Research*, **11**(6), 99-109.
- Chojnacka, K. & Saeid, A. (2017). Recent Advances in Trace Elements. *Recent Advances in Trace Elements*, 1-576. DOI: [10.1002/9781119133780](https://doi.org/10.1002/9781119133780)
- Çoban, B., Balkis, N. & Aksu, A. (2009). Heavy metal levels in sea water and sediments of Zonguldak, Türkiye Zonguldak deniz suyunda ve sedimentlerinde ağır metal seviyeleri. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, **15** (May 2014), 23-32. Retrieved from <http://www.blackmeditjournal.org/pdf/vol15no1pdf3.pdf>
- Enamorado-Báez, S. M., Gómez-Guzmán, J. M., Chamizo, E. & Abril, J. M. (2015). Levels of 25 trace elements in high-volume air filter samples from Seville (2001-2002): Sources, enrichment factors and temporal variations. *Atmospheric Research*, **155**, 118-129.
- Göycincik, S., Danahaliloğlu, H. & Karayığit, H. B. (2018). İskenderun Körfezi Deniz Suyunun Eser Element Düzeylerinin Araştırılması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, **8**(2), 39-48. DOI: [10.31466/kfbd.421943](https://doi.org/10.31466/kfbd.421943)
- Hasan, A.B., Kabir, S., Selim Reza, A.H.M., Zaman, M.N., Ahsan, M.A., Akbor, M.A. & Rashid, M.M. (2013). Trace metals pollution in seawater and groundwater in the ship breaking area of Sitakund Upazilla, Chittagong, Bangladesh. *Marine Pollution Bulletin*, **71**(1-2), 317-324. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2013.01.028](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.028)
- Hindy, K.T., Shafy, H.I.A. & Farag, S.A. (1990). The role of the cement industry in the contamination of air, water, soil and plant with vanadium in Cairo. *Environmental Pollution*, **66**, 195-205
- Jian, L., Zhang, T., Lin, L., Xiong, J., Shi, H. & Wang, J. (2022). Transfer and accumulation of trace elements in seawater, sediments, green turtle forage, and eggshells in the Xisha Islands, South China Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, **29**(33), 50832-50844. DOI: [10.1007/s11356-022-19354-0](https://doi.org/10.1007/s11356-022-19354-0)
- Kabata Pendias, A. & Szeke, B. (2015). *Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Kara, M., Dumanoglu, Y., Altioek, H., Elbir, T., Odabasi, M. & Bayram, A. (2015). Spatial variation of trace elements in seawater and sediment samples in a heavily industrialized region. *Environmental Earth Sciences*, **73**(1), 405-421. DOI: [10.1007/s12665-014-3434-z](https://doi.org/10.1007/s12665-014-3434-z)
- Pan, J., Pan, J.F. & Wang, M. (2014). Trace elements distribution and ecological risk assessment of seawater and sediments from Dingzi Bay, Shandong Peninsula, North China. *Marine Pollution Bulletin*, **89**(1-2), 427-434. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2014.10.022](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.10.022)
- Pourang, N., Nikouyan, A. & Dennis, J.H. (2005). Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, **109**(1-3), 293-316. DOI: [10.1007/s10661-005-6287-9](https://doi.org/10.1007/s10661-005-6287-9)
- Saç, M.M., Ortabuk, F., Kumru, M.N., İçedef, M. & Sert, S. (2012). Determination of radioactivity and heavy metals of Bakırçay river in Western Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*, **70**(10), 2494-2499. DOI: [10.1016/j.apradiso.2012.06.019](https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.06.019)
- Smrzka, D., Zwicker, J., Bach, W., Feng, D., Himmler, T., Chen, D. & Peckmann, J. (2019). *The behavior of trace elements in seawater, sedimentary pore water, and their incorporation into carbonate minerals: a review. Facies* (65). DOI: [10.1007/s10347-019-0581-4](https://doi.org/10.1007/s10347-019-0581-4)
- Stankovic, S., Tanaskovski, B., Zlatic, B., Arsenovic, M. & Pezo, L. (2014). Analysis of trace elements in surface sediments, mussels, seagrass and seawater along the southeastern Adriatic coast - a chemometric approach. *Pure and Applied Chemistry*, **86**(7), 1111-1127. DOI: [10.1515/pac-2014-0201](https://doi.org/10.1515/pac-2014-0201)
- Tiwari, M., Sahu, S. K., Rathod, T. D., Bhangare, R. C., Ajmal, P. Y. & Vinod Kumar, A. (2020). Determination of trace elements in salt and seawater samples by energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **325**(3), 751-756. DOI: [10.1007/s10967-020-07187-5](https://doi.org/10.1007/s10967-020-07187-5)
- Woo Lee, K., Seong Kang, H. & Hyung Lee, S. (1998). Trace elements in the Korean coastal environment. *Science of the Total Environment*, **214**(1-3), 11-19. DOI: [10.1016/S0048-9697\(98\)00051-5](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00051-5)



İzmir Körfez’inde Dağılım Gösteren Benekli Hani (*Serranus hepatus* Linnaeus, 1758)’nin Yaş, Büyüme ve Beslenme Özellikleri [*]

Erhan IRMAK^{1*} Savaş MATER²

¹Izmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler, İzmir, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İzmir Türkiye

Geliş Tarihi: 03.08.2023

Kabul Tarihi: 06.11.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Irmak, E. & Mater, S. (2023). İzmir Körfez’inde Dağılım Gösteren Benekli Hani (*Serranus hepatus* Linnaeus, 1758)’nin Yaş, Büyüme ve Beslenme Özellikleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 616-620. <https://doi.org/10.35229/jaes.1337172>

How to cite: Irmak, E. & Mater, S. (2023). Age, Growth and Feeding Characteristics of brown comber (*Serranus hepatus* Linnaeus, 1758) Distribution in Izmir Bay. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 616-620. <https://doi.org/10.35229/jaes.1337172>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-8354-338X>
ID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

*Sorumlu yazarın:

Erhan IRMAK
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, Temel Bilimler, İzmir, Türkiye
✉: irmakerhan@yahoo.com

Öz: Bu çalışmada, İzmir Körfezi’nde benekli hani balığının (*Serranus hepatus*, L.,1758) yaş, büyüme ve beslenme özellikleri incelenmiştir. Ocak–Nisan 2005 tarihleri arasında, İzmir Körfezi’nden trol ağı ile aylık olarak toplam 1062 adet *S. hepatus* elde edilmiştir. Bireylerin 0-III yaş grupları arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Minimum, maksimum ve ortalama total boy sırasıyla, 6,0; 11,6 ve $9,51 \pm 0,71$ cm’dir. Minimum, maksimum ve ortalama ağırlık sırasıyla, 3,71; 25,49 ve $13,04 \pm 2,85$ g’dır. Total boy-ağırlık ilişkisi esas alınarak hesaplanan boy ağırlık ilişkileri, $W=0,0182 \cdot L^{2,91}$, $R^2=0,94$ olarak tespit edilmiştir. Von Bertalanffy büyüme parametreleri tüm bireyler için $L_t = 12,52 \cdot [1 - e^{-0,435(t+1,194)}]$ ve $W_t = 39,80 \cdot [1 - e^{-0,135(t+1,035)}]^{2,91}$ olarak hesaplanmıştır. Türün mide içeriği incelenmesi sonucu temel besin grubunun dekapod krustaseler olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Benekli hani, beslenme ekolojisi, ege denizi, izmir körfezi, serranidae.

Age, Growth and Feeding Characteristics of brown comber (*Serranus hepatus* Linnaeus, 1758) Distribution in Izmir Bay

Abstract: In this study, age, growth and feeding habits of brown comber *Serranus hepatus* L.,1758 were investigated from Izmir Bay. 1062 specimens were captured by R/V Egesuf by bottom trawl net between January-April 2005. It is determined that the samples of population distributed between 0-III age groups. Minimum, maximum and mean total length were determined as 6.0; 11.6; and 9.51 ± 0.71 cm, respectively. Minimum, maximum and mean weights were determined as 3.71, 25.49 and 13.04 ± 2.85 g, respectively. The length-weight relationship was determined as $W=0.0182 \cdot L^{2.91}$, $r^2=0.94$. Von Bertalanffy growth parameters were calculated as $L_t = 12.52 \cdot [1 - e^{-0.435(t+1.194)}]$ and $W_t = 39.80 \cdot [1 - e^{-0.135(t+1.035)}]^{2.91}$ for all specimens. As a result of the stomach content analyses of the species, it was revealed that the main prey group was decapod crustaceans.

*Corresponding author:

Erhan IRMAK
İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of
Fisheries, Basic Sciences, İzmir, Türkiye
✉: irmakerhan@yahoo.com

Keywords: Aegean sea, brown comber, feeding ecology, izmir bay, serranidae.

GİRİŞ

Benekli hani balığı olarak bilinen *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758), Dünya denizlerinde 12 cins ve 103 tür ile temsil edilen Serranidae familyasının bir üyesidir. Maksimum 25 cm total boya ulaştığı bilinmektedir. Hem batı ve doğu Akdeniz’de hem de doğu Atlantik kıyılarında 100 m derinliğe kadar, kumlu, çamurlu yumuşak zeminlerde ve

Posidonia yataklarında geniş bir dağılıma sahiptir (Whitehead vd., 1986; Fricke vd., 2022).

Serranidae familyası dünyanın çeşitli bölgelerinde ticari değeri yüksek, büyük boylu balık türlerini kapsamaktadır. Buna karşın denizlerimizdeki, *Serranus* cinsine ait türlerin oldukça küçük boylu olmalarından dolayı bu türlere yönelik bir av yapılmamaktadır. Fakat denizlerimizde ticari değeri olan demersal balık popülasyonlarının gün geçtikçe azalmasından dolayı,

[*] Bu makale, Erhan IRMAK’ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from Erhan IRMAK’s master thesis.

önceleri ıskarta olarak atılan *Serranus cabrilla* ve *Serranus scriba* türleri artık azda olsa bir ticari değer kazanmıştır. *S. hepatus* Türkiye ihtiyofaunası içerisindeki en küçük Serranid türüdür. Bu tür en fazla trol avcılığı ile yakalanmakta ve ıskarta olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeplerden dolayı sularımızda bir ticari değeri yoktur. Fakat ekolojik açıdan yüksek öneme sahiptir. Denizel ekosistemde predatör türlerin başlıca besinini oluşturarak, besin ağındaki enerji akışına katkı sağlar. Bu doğrultuda mevcut çalışma ile benekli hani balığı *S. hepatus*'un İzmir Körfezi'ndeki büyüme ve beslenme özellikleri incelenmiştir.

Serranus hepatus'un biyo-ekolojisine yönelik gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, Ege Denizi'nde Lapropoulou ve Eleftheriou, (1997), Wague ve Papaconstantinou (1997), Labropoulou vd. (1998), Akdeniz'de Mısır kıyılarında Abdallah, (2002), Adriyatik'te Dulčić vd., (2007), Türkiye kıyılarında ise Bilecenoğlu, (2009), Gürkan ve Bayhan, (2010), Yapıcı vd., (2012), Soykan vd., (2013), Erdoğan ve Torku-Koç (2016) ve Tıraşın ve Özgen (2016) karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmalarda türün büyüme özelliklerine yönelik araştırmalar ön plandadır. Ayrıca, farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen genel boy-ağırlık ilişkisi çalışma listelerine *S. hepatus*'ta dahil edilmiştir (Çiçek vd., 2006; Çakır vd., 2008; Akalın vd., 2015; Özvarol, 2014).

MATERYAL VE METOT

Çalışmanın konusunu oluşturan benekli hani balığı *S. hepatus*'a ait örnekler, Ocak 2005-Nisan 2005 periyodunda EGESÜF araştırma gemisi ile dip trolü çekilerek elde edilmiştir. Trol çekiminde 24 mm göz açıklığına sahip geleneksel trol ağları kullanılmıştır. Trol operasyonları İzmir Körfezi'nin dış bölümünde Uzun Ada çevresinde çamurlu ve *Posidonia* ile kaplı zeminde 30-60 m derinlikte aylık olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Toplam 4 trol operasyonu sonucunda 1062 *S. hepatus* örneği elde edilmiştir.



Şekil 1. Örnekleme bölgesi.
Figure 1. Sampling region.

Büyüme özellikleri ve yaş tayini: Her bireyin total boyu milimetrik bölmeli ölçüm cetveli kullanılarak ölçülmüş ve 0,5 cm'lik boy sınıflarına ayrılarak laboratuvar ortamında

incelenmiştir. Balıkların vücut ağırlıkları ise 0,01g hassasiyete sahip Densi markalı dijital hassas terazi ile alınarak kaydedilmiştir. Yaş tayini için örneklerden elde edilen sagittal otolitler kullanılmıştır. Otolitlerdeki yaş halkalarının daha belirgin hale gelmesi için %4'lük NaOH çözeltisinde 30 dk bekletilip temizlendikten sonra %30-90'luk alkol serilerinden geçirilerek şeffaflaştırılmıştır. Otolitler gliserin içerisine konularak Wild marka binoküler mikroskop altında incelenmiştir. Elde edilen 1062 örneğin tamamı yaş tayini için kullanılmıştır.

Boy ağırlık ilişkisinin hesaplanmasında $W = a \cdot L^b$ eşitliği kullanılmıştır. (Ricker, 1979).

Benekli hani balığının boyca büyümesi tüm bireyler için incelenmiştir. W_{∞} değerinin hesaplanması için yukarıdaki boy ağırlık ilişkisi denkleminde (L) yerine (L_{∞}) değeri ile a ve b yerlerine regresyon sabitleri yerleştirilmiştir. Yaşlara göre boyca büyümenin matematiksel olarak hesabında von Bertalanffy büyüme eşitlikleri kullanılmıştır (von Bertalanffy, 1938).

$$\text{Yaş-boy ilişkisi için: } L_t = L_{\infty} * [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

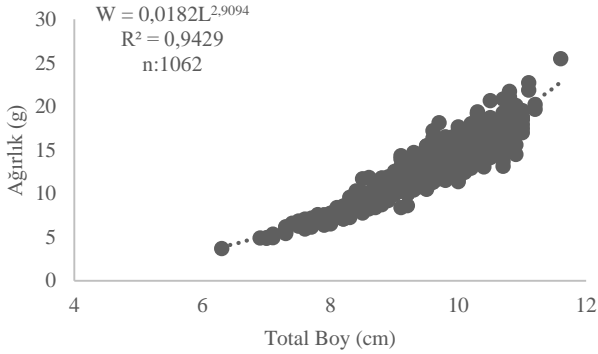
$$\text{Yaş-ağırlık ilişkisi için: } W_t = W_{L_{\infty}} * [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

Besin kompozisyonunun incelenmesi: Benekli hani balığının besin kompozisyonunun belirlenmesi için incelenen örneklerin tamamı kullanılmıştır. Diseksiyon yolu ile alınan mideler %4'lük formaldehit çözeltisinde korunmuştur. Daha sonra laboratuvar ortamında kesilip içindeki besinler 200 mikronluk plankton bezi ile süzölmüş ve besin maddelerinin büyüklüğüne göre çıplak gözle veya binoküler mikroskop yardımıyla tayin edilip sayımı yapılarak hassas terazide ağırlıkları belirlenmiştir. Sonuçta besinin midede olup olmadığının bir ifadesi olan F (Rastlanma Sıklığı), midede bulunan sayısal miktarı ifade eden N (Sayısal Varlık), midede bulunan besin maddelerinin ağırlığını gösteren W (Ağırlık) değerleri ve bunların yüzdelik olarak oranları belirlenmiştir (Holden & Raid, 1974; Hyslop, 1980) ve üç indeksin bir kombinasyonu olan Göreceli Önem İndeksi (IRI) hesaplanarak balığın beslenme rejimi değerlendirilmiştir (Pinkas vd., 1971).

BULGULAR

Boy-ağırlık dağılımı: Ocak-Nisan 2005 tarihleri arasında örneklenen 1062 adet birey, 6-11.6 cm boy aralığında dağılım gösterirken en fazla birey sayısı 8.5 cm boy grubunda olarak ortalama boy 9.51 ± 0.71 cm olarak belirlenmiştir. Boy dağılımlarına göre 8.5-9.5 cm'lik boy sınıfının % 67.5'lik bir oranla baskın olduğu tespit edilmiştir. Balıkların ağırlıklarının 3.71-25.49 g arasında değiştiği, ortalamanın ise 13.04 ± 2.85 g olduğu belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin % 83.33'ünün 9-17 g aralığında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Boy-ağırlık İlişkisi: İncelen popülasyonda boy-ağırlık ilişkisi denklemi, tüm bireyler için $W = 0.0182 \cdot L^{2.91}$ ($R^2 = 0,94$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Bu denklemde ortaya çıkan 'b' değerine göre örneklenen popülasyonun negatif allometrik bir büyüme gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 2. Ocak-Nisan 2005 arasında İzmir Körfezi'nden yakalanan *S. hepatus* bireylerinin boy-ağırlık ilişkisi.

Figure 2. The length-weight relationship of *S. hepatus* captured from İzmir Bay during the study period January-April 2005.

Yaş kompozisyonu ve yaş-boy/ağırlık ilişkisi:

Sagittal otolitler kullanılarak gerçekleştirilen yaş tayinlerinde 1062 bireyin yaşlarının 0-III arasında değiştiği ve II. Yaş grubunun %66.29'luk bir oranla baskın olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla I. yaş grubu %16.85 oranla ikinci sırada, III. yaş grubu 14.51 oranla üçüncü sırada ve 0. yaş grubu % 2.35 oranla son sırada yer almıştır.

Benekli hani popülasyonunda ortalama boy değerleri yaş gruplarına göre sırasıyla, 0. yaş grubunda 6.42 cm, I. yaş grubunda 7.70 cm, II. yaş grubunda 9.40 cm ve

Tablo 2. *S. hepatus*'un genel beslenme kompozisyonu.

Table 2. Diet composition of *S. hepatus*.

Besin grubu	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Decapoda	63.64	40.91	60.30	6440.30	63.36
Brachyura	54.55	27.27	29.34	3087.83	30.38
Copepoda	9.09	13.64	0.73	130.61	1.28
Mysidacea	18.18	9.09	4.78	252.17	2.48
Balık	18.18	9.09	4.86	253.60	2.49

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ekolojik ve ekonomik açıdan yenilenebilir kaynaklardan olan balık stoklarının verimli bir şekilde kullanılması ve ekonomik olmayan türlerin besin zincirindeki önemi nedeniyle türler arası ilişkilerin daha ayrıntılı şekilde anlaşılabilmesi açısından biyo-ekolojilerinin çok iyi bilinmesi ve varlıklarının devamlılığının sağlanması gereklidir. Bu nedenle, ekolojik dengenin ayaklarından biri olan ekonomik öneme sahip birçok avcı balığın besinini oluşturan diğer türler gibi benekli hani balığının da biyo-ekolojisi ile ilgili çalışmalar önem kazanmaktadır. Ekonomik değer taşımayan ancak

III. yaş grubunda 10.50 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Yaşlara göre total boy değerleri kullanılarak tüm bireyler için von Bertalanffy boyca büyüme eşitliği $L_t = 12.52 \cdot [1 - e^{-0.435(t+1.194)}]$ olarak hesaplanmıştır. Tüm bireylerin ortalama ağırlık değerleri yaş gruplarına göre sırasıyla, 0. yaş grubunda 6.10 g, I. yaş grubunda 9.56 g, II. yaş grubunda 13.37 g ve III. yaş grubunda 16.70 g olarak belirlenmiştir ve von Bertalanffy'e göre hesaplanan ağırlıkça büyüme eşitliği $W_t = 39.80 \cdot [1 - e^{-0.135(t+1.035)}]^{2.91}$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Ocak-Nisan 2005 arasında İzmir Körfezi'nden yakalanan *S. hepatus* bireylerinin yaş-boy dağılımları.

Table 1. Age-length distribution of *S. hepatus* captured from İzmir Bay between January-April 2005.

Boy Grubu (cm)	Yaş			Σ Birey Sayısı
	0	I	II	
6	8			8
6,5	11			11
7	5			5
7,5	1	67		68
8		95	13	108
8,5		12	320	332
9		4	217	221
9,5		1	152	153
10			2	2
10,5				
11				
11,5				
Toplam	25	179	704	1062

Besin kompozisyonu: Karnivor bir tür olan benekli hani balığının diyetini tanımlamak için mide içerikleri analiz edilmiştir. Buna göre balığın beslenmesinde Dekapod krustaselerin %93.6 (IRI)'lık bir oranla ilk sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Bunlar içerisinde yengeçler önemli bir miktarı oluşturmuştur. Sırasıyla küçük balıklar, mysidler ve kopepodlar benekli hani balığının diyetinde yer almıştır (Tablo 2).

ekolojik önem arz eden benekli hani balığı ile ilgili yapılan çalışmaların Ege Denizi'nde yoğunluk kazandığı görülmektedir. Yapılan çalışmalar daha ziyade balığın büyümesi üzerinedir. Boy-ağırlık ilişkisi incelendiğinde, bu çalışmada olduğu gibi Wague ve Papaconstantinou (1997), Abdallah (2002), Bilecenoğlu (2009), Yapıcı vd., (2012), Özvarol (2014), Erdoğan ve Torku Koç (2016), Başusta vd., (2017) çalışmalarında 'b' değerine göre *S. hepatus*'un negatif allometrik bir büyüme gösterdiğini ifade etmişlerdir. Çiçek vd., (2006), Sangün vd., (2007), Dulčić vd., (2007), Soykan vd., (2013), Akalın vd., (2015) çalışmalarında balığın pozitif allometri gösterdiğini belirtmişlerdir (Tablo 3).

Tablo 3. *S. hepatus* 'un farklı bölgeler için boy-ağırlık ve yaş-boy ilişkisi
Table 3. *S. hepatus* length-weight and age-length relationship for different regions.

Bölge	N	Boy-Ağırlık İlişkisi			Yaş-Boy İlişkisi			
		a	b	R ²	L _∞	K	t ₀	Kaynak
Thermaikos Körfezi	3350	0,1777	1,89	-	14,66	0,23	-2,56	Wague ve Papaconstantinou (1997)
Girit	1268	-	-	-	15,2	0,36	-0,57	Labropoulou vd (1998)
Mısır	153	0,039	2,55	-	-	-	-	Abdallah (2002)
Mersin	584	0,016	3,02	0,96	-	-	-	Çiçek vd (2006)
İskenderun Körfezi	573	0,0143	3,04	0,95	-	-	-	Sangün vd (2007)
Adriyatik	1218	0,010	3,18	-	14,82	0,21	-1,67	Dulcic vd (2007)
İzmir Körfezi	603	0,0157	2,99	0,97	11,9	0,56	-1,14	Bilecenoğlu (2009)
İzmir Körfezi	5222	0,0200	2,89	0,85	12,5	0,54	-1,08	Yapıcı vd (2012)
İzmir Körfezi	2410	0,013	3,11	0,96	13,19	0,25	-0,63	Soykan vd (2013)
Antalya Körfezi	100	0,0288	2,73	0,72	-	-	-	Özvarol (2014)
Çandarlı Körfezi	762	0,0107	3,1	0,92	-	-	-	Akalın vd (2015)
Bandırma	162	0,0216	2,84	0,75	12,46	0,19	-4,32	Erdoğan ve Torcu-Koç (2016)
İskenderun Körfezi	202	0,0172	2,96	0,84	-	-	-	Başusta vd (2017)
İzmir Körfezi	1062	0,0182	2,91	0,94	12,52	0,435	-1,194	Bu çalışma

Yaş kompozisyonuna bakıldığında 0-III arasında değiştiği ve II yaş gurubunun baskın olduğu, bunu da sırası ile I, III ve 0. yaş gurubunun takip ettiği belirlenmiştir. Wague ve Papaconstantinou (1997) inceledikleri *S. hepatus* popülasyonunda yaş aralığını 0-IV olarak tespit etmişler ve II. yaş grubunun baskın olduğunu vurgulamışlardır. Labropoulou vd., (1998), 0-V yaş aralığına sahip örneklerinde II.ve III. yaşların baskın olduğunu belirtmişlerdir. Yapıcı vd., (2012) çalışmalarında maksimum IV yaşa sahip bireyler tespit ederek benzer şekilde II. ve III. Yaşların baskın olduğunu ifade etmişlerdir. Bahsi geçen çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar bazıları ile benzerlik göstermektedir. *S. hepatus*'un nispeten kısa ömürlü bir tür olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Sonuçlar arasındaki farklılıkların ise örnek sayısından, örnekleme mevsiminden, örnekleme sayısından, kullanılan ağların seçiciliğinden ve ortamın ekolojik özelliklerinin farklı oluşlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, Wague ve Papaconstantinou (1997)'nin tespit ettiği yaşlara göre ortalama boy değerleri ile bu çalışmadaki sonuçlar birbirine yakındır. Aksine, Labropoulou vd., (1998) I, II ve III. yaşlara ait boy değerleri bu çalışmadaki ortalamadan yüksektir. İncelediğimiz örneklerde ilk yıl büyümenin hızlı olduğu ve bunu takip eden yıllarda büyümenin yavaşladığı görülmektedir (Tablo 1).

Wague ve Papaconstantinou (1997) ile Labropoulou vd., (1998)'nin ulaştıkları ' L_{∞} ' değeri bu çalışmada hesap edilenden yüksek olmasına karşın Bilecenoğlu (2009) ve Yapıcı vd., (2012)'nin elde ettikleri sonuçların burada bulduğumuz değere oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Besin kompozisyonu bakıldığında *S. hepatus*'un ağırlıklı olarak dekapod krustaseler (% 93.6) ile beslendiği tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda, Labropoulou ve Eleftheorou (1997) ve Labropoulou vd., (1998) çalışmalarında *S. hepatus*'un % 60'dan fazla bir oranla dekapodlar ile beslendiğini ifade etmişlerdir. Bilecenoğlu,

(2009) İzmir Körfezi'nde *S. hepatus*'un diyetinde crustaselerin % 94.42'lik bir oranla baskın olduğunu belirtmiştir. Tıraşın ve Özgen (2016) *S. hepatus*'un % 65.38 oranında dekapodlar ile beslendiğini, mysidlerin ise ikinci sırada % 30.96'lık bir oranla yer aldığını tespit etmişlerdir. Yapıcı vd., (2012) *S. hepatus*'un beslenme rejiminde krustaselerin % 97.51 oranında yer aldığını küçük balıkların ise % 2.49'luk bir orana sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Oldukça büyük olan ağız yapısı ile avını bütün yuttuğu görülen *S. hepatus*'un beslenmesi üzerine yapılan tüm çalışmalarda bu çalışma ile paralel olarak türün besininin çok önemli bir kısmını dekapod krustaseler oluşturmaktadır. Özellikle yengeçler dekapodlar içerisinde en fazla yer alan besin grubu olmuştur.

Sonuç olarak; Benekli hani balığının ekonomik değer arz etmemesine karşın dip trolü gibi av araçlarına açık hedef olması, izleme çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmayla *S. hepatus*'un İzmir Körfezi için büyüme, yaş ve beslenme özellikleri hakkında detaylı bilgiler sunulmuştur. Elde edilen bu bilgiler ile türün Biyo-Ekolojisine katkı sağlanmak amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdallah, M. (2002).** Length-Weight Relationship of Fishes Caught byTrawl off Alexandria, Egypt. *Naga ICLARM Q.* 25(1), 19-20.
- Akalın, S., İlhan, D. & Özaydın, O. (2015).** Length-weight relationships for 30 demersal fish species from Çandarlı Bay (North Aegean Sea, Turkey). *Croatian Journal of Fisheries*, 73, 73-76.
- Başusta, A., Başusta, N. & Sangün, L. (2017).** Length-Weight Relationship of Brown Comber, *Serranus hepatus*, Linnaeus, 1758 from Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean, Turkey. *NEsciences*, 2(1), 1-5
- Bilecenoğlu, M. (2009).** Growth and feeding habits of the brown comber, *Serranus hepatus* (Linnaeus,

- 1758) in Izmir Bay, Aegean Sea. *Acta Adriatica*, **50**(1), 105-110.
- Çakır, D.T., Koç, H.T., Başusta, A. & Başusta, N. (2008).** Length-weight relationships of 24 fish species from Edremit Bay, Aegean Sea. *E-journal of New World Sciences Academy*, **3**, 47-51.
- Çiçek, E., Avsar, D., Yeldan, H. & Özütok, M. (2006).** Length-weight relationships for 31 teleost fishes caught by bottom trawl net in the Babadilliman Bight (northeastern Mediterranean). *Journal of Applied Ichthyology*, **22**, 290-292.
- Dulčić, J., Skoko, M.S., Paladin, A. & Kraljević, M. (2007).** Age, growth and mortality of brown comber *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Serranidae), in the eastern Adriatic (Croatian coast). *Journal of Applied Ichthyology*, **23**, 195-197.
- Erdoğan, Z. & Torcu-Koç, H. (2016).** Some biological aspects of brown comber, *Serranus hepatus* (L.) (Pisces: Serranidae), in the Sea of Marmara, Turkey. *Acta Biologica Turcica* **29**(3), 104-110.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (Eds) (2022).** Eschmeyer's Catalog of Fishes: Accessed:11/2022.
<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- Gürkan, Ş. & Bayhan, B. (2010).** Biometric properties of brown comber, *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) in İzmir Bay (in Turkish). *Journal of Eğirdir Fisheries and Water Products*, **6**(1), 14-19.
- Holden, M.J. & Raitt, D.F.S. (1974).** Manual of Fisheries Science. Part 2 Methods of Resource Investigation and Their Application. *FAO Fisheries Technical Rap., No: 115*, Rev. 1, 214 p.
- Hyslop, E.J. (1980).** Stomach contents analysis a review of methods and their application, *Journal of Fish Biology*, **17**, 411-429.
- Labropoulou, M. & Eleftheriou, A. (1997).** The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of Fish Biology*, **50**, 324-340.
- Labropoulou, M., Tserpes, G. & Tsimenides, N. (1998).** Age, Growth and Feeding Habits of the Brown Comber *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) on the Cretan. *Shelf. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **46**, 723-732.
- Özvarol, Y. (2014).** Length-weight relationships of 14 fish species from the Gulf of Antalya (northeastern Mediterranean Sea, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, **38**, 342-346.
- Pinkas, L.M., Oliphant, S. & Iverson, I.L.K. (1971).** Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian Waters, California. *Fish Game*, **152**, 1-105.
- Ricker, W.E. (1979).** Growth Rates and Models, in Fish Physiology (Har, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R., eds.), Vol. VIII, *Bioenergetics and Growth*, Academic Press, pp. 677-743.
- Sangün, L., Akamca, E. & Akar, M. (2007).** Weight-length relationships for 39 fish species from the North- Eastern Mediterranean coast of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **7**(1), 37-40.
- Soykan, O., İlkyaz, A.T., Metin, G. & Kınacıgil, H.T. (2013).** Growth and reproduction of brown comber (*Serranus hepatus* Linnaeus, 1758) in the central Aegean Sea, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **37**, 211-217
- Tıraşın, M.E. & Özgen, Ö. (2016).** Feeding Ecology of Brown Comber *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) in Izmir Bay (Turkey). *Abstracts Book of International Grouper Workshop*, 07-08 October 2016, Bodrum, Turkey.
- von Bertalanffy, L. (1938).** A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, **10**, 181-213.
- Wagué, A. & Papaconstantinou, C. (1997).** Âge, croissance et mortalité du serran hepate *Serranus hepatus* (L., 1758) (poisson, Serranidae) dans le Golfe de Thermaikos (mer Égée, Grèce), *Marine Life*, **7**(1-2), 39-46.
- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (1986).** *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Volume II, (780-791). Paris: UNESCO.
- Yapıcı, S., Filiz, H. & Özkan, Ö. (2012).** Age, growth, reproduction and feeding habits of brown comber, *Serranus hepatus* (L., 1758) in eastern Aegean Sea. *Biharean Biologist*, **6**(2), 99-107.



Length-Weight, Length-Length Relationships and Condition Factor of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) in the Munzur River

Ebru İfakat ÖZCAN* Osman SERDAR
Munzur University, Faculty of Fisheries, Tunceli, Turkey

Geliş/Received: 08.08.2023

Kabul/Accepted: 19.09.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Özcan, E.İ. & Serdar, O. (2023). Length-Weight, Length-Length Relationships and Condition Factor of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) in the Munzur River. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 621-625. <https://doi.org/10.35229/jaes.1339601>

Atıf yapmak için: Özcan, E.İ. & Serdar, O. (2023). Munzur Nehri'ndeki *Squalius cephalus*'un (Linnaeus, 1758) Boy-Ağırlık, Boy-Boy İlişkileri ve Kondisyon Faktörü. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 621-625. <https://doi.org/10.35229/jaes.1339601>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2017-6647>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1744-8883>

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

Abstract: In this study; some features were investigated such as length-weight, length-length relationships and condition factor of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) were obtained between 2019-2021 from Munzur River. 49 of the *S. cephalus* samples were female and 59 were male; female/male ratio was found 1/1.20. Total length and weight ranged between 8.2-24.1 cm and 6.8-148.6 g for female; 8.9-24.3 cm and 7.3-156.8 g for male. The length-weight relationship of *S. cephalus* was found as $W = 0.0079L^{3.1229}$ ($R^2 = 0.965$) in females, $W = 0.0074L^{3.1536}$ ($R^2 = 0.971$) in males and $W = 0.0076L^{3.1407}$ ($R^2 = 0.969$) in all individuals. It was determined that the b value was statistically different from 3 in female, male and all individuals (t-test; $p < 0.05$). The growth of *S. cephalus* was determined positive allometric ($b > 3$) in the Munzur River. The relationship between total, fork and standard lengths was determined for female, male and all individuals were quite strong ($P < 0.001$; $R^2 > 0.927$). Condition factor of *S. cephalus* varies between 0.827-1.438 in females and 0.826-1.517 in males from Munzur River.

Keywords: Length-weight relationship, length-length relationship, condition factor, *Squalius cephalus*, munzur river.

Munzur Nehri'ndeki *Squalius cephalus*'un (Linnaeus, 1758) Boy-Ağırlık, Boy-Boy İlişkileri ve Kondisyon Faktörü

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

Öz: (Linnaeus, 1758) boy-ağırlık, boy-boy ilişkileri ve kondisyon faktörü gibi bazı özellikleri incelenmiştir. *S. cephalus* örneklerinin 49'u dişi ve 59'u erkek; dişi/erkek oranı 1/1,20 olarak bulunmuştur. Dişilerde toplam boy ve ağırlık 8,2-24,1 cm ile 6,8-148,6 gr; erkeklerde 8,9-24,3 cm ve 7,3-156,8 gr arasında değişmektedir. *S. cephalus*'un boy-ağırlık ilişkisi dişilerde $W = 0,0079L^{3,1229}$ ($R^2 = 0,965$), erkeklerde $W = 0,0074L^{3,1536}$ ($R^2 = 0,971$) ve tüm bireylerde $W = 0,0076L^{3,1407}$ ($R^2 = 0,969$) olarak bulunmuştur. b değerinin dişi, erkek ve tüm bireylerde istatistiksel olarak 3'ten farklı olduğu belirlenmiştir (t-testi; $p < 0,05$). Munzur Nehri'nde *S. cephalus*'un büyümesinin pozitif allometrik ($b > 3$) olduğu belirlenmiştir. Dişi, erkek ve tüm bireyler için total, çatal ve standart boylar arasındaki ilişki oldukça güçlü bulunmuştur ($P < 0,001$; $R^2 > 0,927$). Munzur Nehri'nde *S. cephalus*'un kondisyon faktörü dişilerde 0,827-1,438 ve erkeklerde 0,826-1,517 arasında değişmektedir.

Anahtar kelimeler: Boy-ağırlık ilişkisi, boy-boy ilişkisi, kondisyon faktörü, *Squalius cephalus*, munzur nehri.

INTRODUCTION

The genus *Squalius*, called *Leuciscus*, is a large group represented by 45 species in the family Cyprinidae and has been revised as *Squalius* since 2011. The freshwater mullet *S. cephalus* has commercial value and wide

distribution in all of Europe, Black Sea, Caspian Sea and Azov Sea Basins, Caucasus and Anatolia (Kottelat & Freyhof, 2007). There are various studies on this species in different water resources in our country (Ünver & Erk'akan, 2012; Demiroğlu et al., 2016; Benzer & Gül, 2017; Özcan et

al., 2017; Özpiçak et al., 2018; Çelik, 2019; Özcan & Serdar, 2019).

Length and weight values of fish are used determining growth rates. However, length value is most commonly used in the expression of growth because it is easier to measure and shows less variation (Çetinkaya, 1989). The "b" value in the length-weight relationship is an indicator of the body shape of the fish and directly affected by the characteristics of the habitat in which the fish live (Ricker, 1975).

In fisheries biology, length-weight and length-length relationships of fish species are frequently used for different purposes such as estimating fish weight from fish length or estimating the total length from the standard length of a damaged fish, as well as useful in comparing the stocks of the same species in different habitats. In addition, a and b values, which are the length-weight relationship parameters, allow the morphology of and life processes compared of fish species distributed in different habitats (Yılmaz et al., 2010).

Condition factor in fish is one of the most important parameters related to body shape of the fish. This parameter can give information about the development of the related fish species in its habitat. This may allow researchers to make inter-habitat comparisons by comparing the condition factors of fish populations of the same species living in different environments. In addition, it provides information to researchers on issues such as condition factor, population density, nutritional status and effect of climate change on growth (Froese, 2006).

With this study, it was aimed to determine for the first time some population characteristics such as length-weight, length-length and condition factor of *S. cephalus* in Munzur River, and it will allow comparison with future studies on this species.

MATERIAL AND METHOD

The Munzur River starts in many branches from the southern slopes of the hills in the middle part of the Munzur Mountains. These branches unite in the Ovacık depression area, which is the largest plain of the province. Munzur River joins the Pülümür River in the borders of Tunceli city center (Saler & Haykır 2011). Uzunçayır Dam Lake is located, which was established to generate energy on the Munzur River (Saler et al., 2014; Bulut et al., 2021).

In this study, non-living 108 *S. cephalus* specimens were obtained from local fishermen in the Munzur River between 2019-2021 (Figure 1). The obtained fish were brought to the laboratory immediately and their total length was measured on a measuring board with ± 1 mm; the weights were recorded by measuring with an electronic balance with ± 1 g. The sexes of the fish were determined by opening their bellies and examining their gonads. Those with milky white and smooth surface gonads were evaluated as

male, those with greenish yellow and granular surface gonads as female (Lagler et al., 1977).



Figure 1. Munzur River (URL-1 2023).

Average length and weight values for each sex were calculated. In our study, the formula $W=aL^b$ (Bagenal & Tesch, 1978) was used to calculate the length-weight relationships. In this formula, W= fish weight (g), L= fish total length (cm), a and b represent the relationship constants. For this species, the 95% confidence interval (95%CI) of the b value was also calculated (Zar, 1999).

The relations between total length-standard length, total length-fork length, fork length-standard length, values were calculated with the linear relationship equation $y=ax+b$ and correlation coefficients were determined.

Condition factor, which is an indicator of the nutritive capacity of the environment was calculated with the following formula:

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

RESULT AND DISCUSSION

Total length and weight of female individuals of *S. cephalus* ranged between 8.2-24.1 cm and 6.8-148.6 g, the mean length was found 14.88 ± 0.47 cm in Munzur River, respectively. In males of *S. cephalus*, the total length and weight ranged between 8.9-24.3 cm and 7.3-156.8 g, the mean length was found 15.37 ± 0.41 cm, respectively. It was observed that the most dominant length group was 14.0-16.0 cm length group (Figure 2). Female and male individuals the difference between length and weight values was found to be statistically significant ($P > 0.05$). For this purpose, the length-weight relationship was evaluated separately for females, males and all individuals. In previous studies on *S. cephalus*; Bostancı & Polat (2009), 18.5-35.3 cm fork length and 124.4-667.6 g weight in Çamlıdere Dam Lake; İnnal (2010), 8.0-38.4 cm fork length and 8.3-845.0 g weight in Çamkoru Pond; Gaygusuz (2012), 1.9-34.7 cm total length and 0.04-509.50 g weight in streams flowing into Darlık Dam Lake; Çoban et al., (2013), 15.8-22.9 cm standard length in Uzunçayır Dam Lake; Kaptan (2014), 2.6-30.1 cm total length and 0.14-357.50 g weight in the Istranca Stream;

Aydın et al., (2015), 16.5-42.4 cm total length and 62.7-1365.2 g weight in Keban Dam Lake; Demirool et al., (2016) total length values were 13.00-36.20 cm for males and 13.60-33.80 cm for females; weight values of 25.82-616.00 g for males and 22.10-494.00 g for females in Uzunçayır Dam Lake; Özcan et al., (2017) found as 6.0-26.0 cm total length and 4.8-212.0 g weight in the Karasu River (Erzincan-Erzurum). Differences in length and weight values in studies conducted with the same species may be caused by sampling location and time, sampling method, fork length or total length values used in the study and many ecological factors (Suiçmez et al., 2011; Gündüz, 2014).

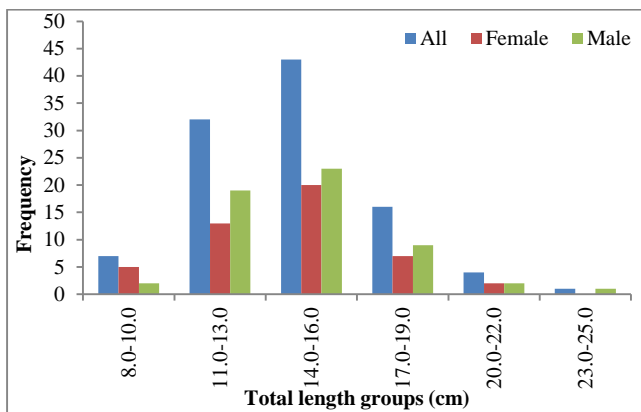


Figure 2. Distribution of total length groups-frequency of *S. cephalus* in Munzur River.

49 were female and 59 were male of the *S. cephalus* obtained from the Munzur River; female/male ratio was found to be 1/1.20. Sex composition; Bostancı & Polat (2009), 71.3% female and 28.7% male in Çamlıdere Dam Lake; İnnal (2010), stated 61.2% female, 30.6% male and 8.14% unidentified individuals and the female/male ratio was 1.0/0.5 in Çamkoru Pond. Gaygusuz (2012), stated 7.62% unidentified, 33.71% females and 58.67% males and the female/male ratio was 1/1.74% in the streams flowing

into Darlık Dam. Kaptan (2014), found the female/male ratio of *S. cephalus* 1/1.74 in the Istranca Creek. It is seen female/male ratios are generally different in each examined studies. In this regard, it can be considered normal that there are differences between different populations of the same species.

The length-weight relationship of *S. cephalus* was found as $W = 0.0079L^{3.1229}$ ($R^2 = 0.965$) in females, $W = 0.0074L^{3.1536}$ ($R^2 = 0.971$) in males and $W = 0.0076L^{3.1407}$ ($R^2 = 0.969$) in all individuals. The 95% confidence interval of the b value calculated as 3.035-3.252 for all individuals. In addition, it was determined that the b value was statistically different from 3 in female, male and all individuals (t-test; $p < 0.05$). The growth of the *S. cephalus* was determined positive allometric ($b > 3$) in the Munzur River. The high R^2 value showed a very strong relationship between length and weight in female, male and all individuals (Figure 3, 4, 5, Table 2). The b values obtained from the length-weight relationship of *S. cephalus* in previous studies are as follows; Bostancı & Polat (2009), 3.03 for all individuals in Çamlıdere Dam Lake; İnnal (2010), 3.01 for all individuals in Çamkoru Pond; Gaygusuz (2012), 3.14 for all individuals in Darlık Dam Lake; Kaptan (2014), 3.1494 for all individuals in the Istranca Stream; Aydın et al., (2015), 3.1484 for all individuals in Keban Dam Lake; Demirool et al., (2016), 3.1357 for all individuals in Uzunçayır Dam Lake; Özcan et al., (2017), 3.24 for all individuals in Karasu River (Erzincan-Erzurum); Özpiçak et al., (2018), 3.224; 3.285; 3.298; 3.210 for Abdal, Akçay, Terme and Yedikır in the Central Black Sea Region, respectively. These growth parameters in fish may differ from species to species, as well as between individuals of the same species living in different habitats. In addition to these, it is known that seasonal changes can be seen depending on the amount of food and reproduction in the environment (Yakut, 2019).

Table 1. Total length, weight and condition factor values of *S. cephalus* in Munzur River

Sex	n	Total Length (cm)		Weight (g)		Condition Factor	
		Ort±S.E	Min-Max	Ort±S.E	Min-Max	Ort±S.E	Min-Max
Female	49	14.88±0.47	8.2-24.1	42.12±4.74	6.8-148.6	1.109±0.02	0.827-1.438
Male	59	15.37±0.41	8.9-24.3	47.93±4.14	7.3-156.8	1.123±0.02	0.826-1.517
All	108	15.15±0.32	8.2-24.3	45.29±3.20	6.8-156.8	1.117±0.01	0.826-1.517

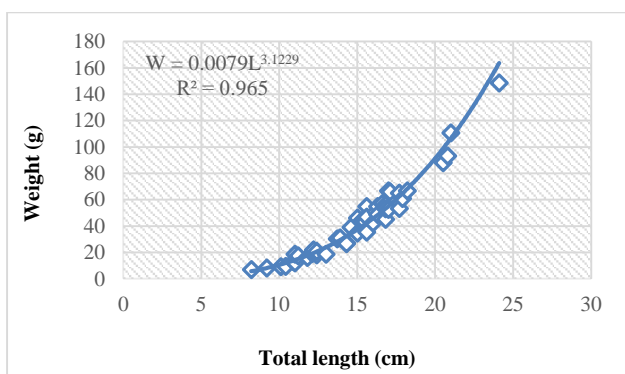


Figure 3. Length-weight relationship in females of *S. cephalus* from Munzur River.

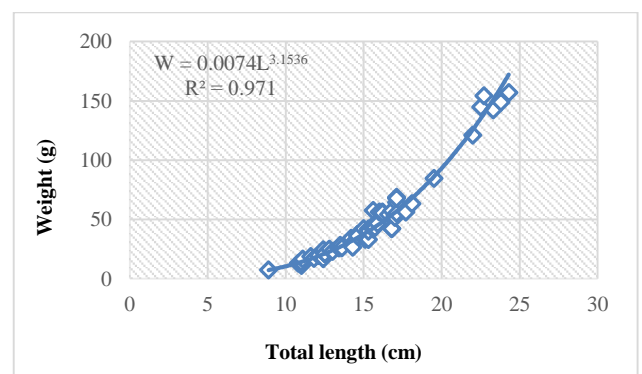


Figure 4. Length-weight relationship in males of *S. cephalus* from Munzur River.

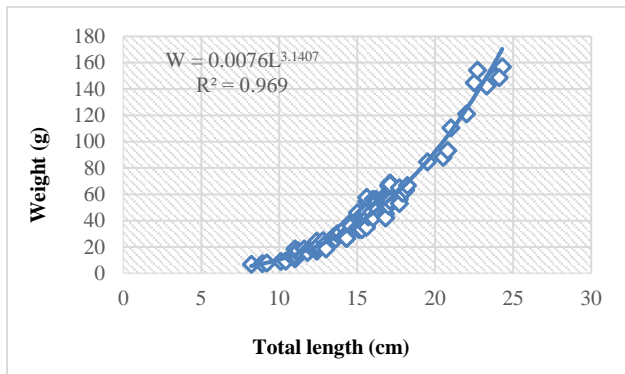


Figure 5. Length-weight relationship all individuals of *S. cephalus* from Munzur River.

Table 2. Length-weight relationship parameters of *S. cephalus* in Munzur River.

Sex	Length-weight parameters			
	a	b	%95 Confidence Interval	R ²
Female	0.0079	3.1229	3.036-3.252	0.965
Male	0.0074	3.1536	3.035-3.252	0.971
All	0.0076	3.1407	3.035-3.252	0.969

The relationship between total, fork and standard lengths of *S. cephalus* in Munzur River is given in Table 3. It was determined that the length-length relations for female, male and all individuals were quite strong ($P < 0.001$; $R^2 > 0.927$). It provides convenience in comparison with other studies using different length measurements with LLRs. Özcan et al., (2017) investigated LLRs of *S. cephalus* from Karasu River and found highly significant relationships ($R^2 > 0.95$, $P < 0.001$). Özpiçak et al., (2018) determined LLRs were significantly important ($P < 0.001$) and coefficient of determination (R^2) ranged from 0.916 to 0.999 for inhabiting a few inland waters of Middle Black Sea Region of Turkey.

Table 3. Length-length relationships of *S. cephalus* in the Munzur River.

Sex	Equation	a	b	R ²
Female	TL=a+bFL	1.4676	0.9544	0.927
	FL=a+bSL	0.1875	1.0792	0.988
	SL=a+bTL	0.6527	0.9064	0.952
Male	TL=a+bFL	0.5285	1.0236	0.974
	FL=a+bSL	0.0893	1.0906	0.990
	SL=a+bTL	0.1178	0.8653	0.966
All	TL=a+bFL	0.9734	0.9904	0.952
	FL=a+bSL	0.1497	1.0840	0.989
	SL=a+bTL	0.3741	0.8853	0.959

Condition factor of *S. cephalus* varies between 0.827-1.438 in females and 0.826-1.517 in males from Munzur River. Aydın et al., (2015) stated that the condition factor values of *S. cephalus* male individuals showed a distribution between 0.9325-1.7282, while female individuals showed a distribution between 1.001- 1.8484 in Keban Dam Lake. Demirolo et al., (2016) stated that the condition factor values of *S. cephalus* varied between 1.041-1.233 for males and 0.890-1.298 for females in Uzunçayır Dam Lake.

In conclusion; length-weight, length-length relationships and condition factor are very important in

fisheries management. Due to the diversity and abundance of water resources in our country, it provides the opportunity for fish species with different characteristics to live. The population characteristics of the fish living in these environments should be compared, management plans should be established and the fish populations should be hunted and the sustainability of the fish stocks should be ensured.

REFERENCES

- Aydın, R., Yüce, S., Şen, D., Çoban, M.Z., Birici, N., Uslu, A.A. & Küçükylmaz, M. (2015). Keban Baraj Gölü'nde Yaşayan Tatlısu Kefali (*Squalius cephalus*, L., 1758)'nin Büyüme Özellikleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 59-69.
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. (1978). *Age and growth. In: Methods for assessment of fish production in freshwaters*. 3rd edn. T. Bagenal (Ed.). IBP Handbook No. 3. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 101-136.
- Benzer, S. & Gül, A. (2017). Population structure and some growth properties of chub *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) in Devres Stream of Kızılırmak River, Turkey. *Journal of Fisheries*, 5(3), 513-518. DOI: 10.17017/jfish.v5i3.2017.247
- Bostancı, D. & Polat, N. (2009). Age Determination and Some Population Characteristics of Chub (*Squalius cephalus* L., 1758) in the Çamlıdere Dam Lake (Ankara, Turkey). *Turkish Journal of Science and Technology*, 4(1), 25-30.
- Bulut, H., Sesli, A. & Tepe, R. (2021). Uzunçayır Baraj Gölü Güncel Zooplanktonunun Bazı Su Kalite Parametreleri ile Değerlendirilmesi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(3), 429-441. DOI: 10.29132/ijpas.938647
- Çelik, Ç. (2019). Length, Weight and Age Characteristics of Chub [*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)] in the Istanca Brook (İstanbul). *Turkish Journal of Bioscience and Collections*, 3(1), 11-18. DOI: 10.26650/tjbc.20190003
- Çetinkaya, O. (1989). *Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği* (Ders Notları). Akdeniz Üniv. Eğirdir Su Ürünleri YO, Eğirdir, 65s.
- Çoban, M.Z., Gündüz, F., Yüksel, F., Demirolo, F., Yıldırım, T. & Kurtoğlu, M. (2013). Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Balık Faunası. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 35-44. DOI: 10.17693/yunus.00196
- Demirolo, F., Gündüz, F., Yıldız, N., Kurtoğlu, M., Çoban, M.Z. & Yüksel, F. (2016). Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli-Türkiye)'nde yaşayan tatlısu kefali (*Squalius cephalus*)'nin bazı büyüme parametreleri. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2(2), 67-76.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.

- Gaygusuz, Ö. (2012).** *Darlık Barajına Akan Bazı Derelerde Cyprinidae Familyasına Ait İki Türün Biyokolojik Özellikleri.* Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gündüz, F. (2014).** *Determination of biological characteristics of *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843 population in the Uzunçayır dam lake (Tunceli).* Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Su Ürünleri Anabilim Dalı, 61s.
- İnnal, D. (2010).** Population Structures and Some Growth Properties of Three Cyprinid Species [*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758); *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) and *Alburnus escherichii* Steindachner, 1897] Living in Camkoru Pond (Ankara, Turkey), *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **16-B**, 297-304.
- Kaptan, Ç. (2014).** *Istranca Deresi'ndeki Tatlı Su Kefalinin [*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)] Büyüme, Beslenme Ve Üreme Biyolojisi.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007).** Handbook of European Freshwater Fishes. The World Conservation Union (IUCN), Switzerland, 646 p.
- 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 relationships and seasonal cycle in gonad weight and condition in Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, **20**, 210-219. DOI: 10.2307/1540
- Özcan, E.İ., Serdar, O. & Aydın, R. (2017).** Karasu Nehri'ndeki (Erzincan-Erzurum) *Squalius cephalus*'un (L., 1758) Boy-ağırlık ve Boy-Boy ilişkisi. *Yunus Araştırma Bülteni*, **1**, 109-114.
- Özcan, E.İ. & Serdar, O. (2019).** 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. DOI: 10.12714/egejfas.2019.36.1.03
- Özpiçak, M., Saygın, S., Hançer, E., Aydın, A., Yılmaz, S. & Polat, N. (2018).** Length-weight and length-length relationships of chub (*Squalius cephalus*, L., 1758) inhabiting a few inland waters of the Middle Black Sea Region. *Ege Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, **35**(2), 175-179. DOI: 10.12714/egejfas.2018.35.2.10
- Ricker, W.E. (1975).** Computation and interpretation of Biological statistics of fish populations, *Bull Fish Res. Board. Can.*, **191**, 382.
- Saler, S. & Haykır, H. (2011).** Zooplankton composition of Pulumur Stream (Tunceli-Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **10**(11),1401-1403. DOI: 10.3923/javaa.2011.1401.1403
- Saler, S., Haykır, H. & Baysal, N. (2014).** Zooplankton of Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com*, **8**(1), 1-7. (ShortCommunication). DOI: 10.3153/jfscom.2014001
- Suicmez, M., Yılmaz, S. & Seherli, T. (2011).** Age and Growth Features of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) from Almus Dam Lake, Turkey. *Suleyman Demirel Univ. J. Sci.*, **6**, 82-90.
- URL-1 (2023).** [https://www.google.com/maps/place/Munzur Irmağı](https://www.google.com/maps/place/Munzur+Irmağı), 09.06.2023
- Ünver, B. & Erk'akan, F. (2012).** Population characteristics of *Squalius cephalus* in Lake Tödürge (Sivas). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **29**, 95-100. DOI: 10.12714/egejfas.2012.29.2.5000156440
- Yakut, Ü. S. (2019).** Keban Baraj Gölü *Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843) populasyonunda büyüme parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 32s.
- Yılmaz, S., Polat, N. & Yazıcıoğlu, O. (2010).** Samsun ili iç sularında yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi/The Black Sea Journal of Sciences*, **1**, 39-47.
- Zar, J.H. (1999).** Biostatistical Analysis, 4th edn. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 663p.



Comparative Assessment of Nutritional Composition, Polyphenol Content and Antioxidative Properties of Edible and Medicinal Mushroom: *Coriolus versicolor*

Özlem ERDAL ALTINTAŞ^{1*} Pınar AYTAR ÇELİK^{2,3}

¹Medical Laboratory Techniques Program, Suhu Vocational School of Health Services, Afyonkarahisar Health Sciences University, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

²Department of Biotechnology and Biosafety, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Eskisehir Osmangazi University, 26040, Eskisehir, Türkiye

³Environmental Protection and Control Program, Eskisehir Osmangazi University, 26110, Eskisehir, Türkiye

Geliş/Received: 09.08.2023

Kabul/Accepted: 18.11.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Erdal Altıntaş, Ö. & Aytar Çelik, P. (2023). Comparative Assessment of Nutritional Composition, Polyphenol Content and Antioxidative Properties of Edible and Medicinal Mushroom: *Coriolus versicolor*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 626-634. <https://doi.org/10.35229/jaes.1339958>

Atıf yapmak için: Erdal Altıntaş, Ö. & Aytar Çelik, P. (2023). Yenilebilir ve Tıbbi Mantar *Coriolus versicolor*'un Besin Bileşimi, Polifenol İçeriği ve Antioksidatif Özelliklerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 626-634. <https://doi.org/10.35229/jaes.1339958>

*<https://orcid.org/0000-0003-4680-1738>
<https://orcid.org/0000-0002-9447-1668>

*Corresponding author's:

Özlem ERDAL ALTINTAŞ

¹Medical Laboratory Techniques Program,
Suhu Vocational School of Health Services,
Afyonkarahisar Health Sciences University,
03200, Afyonkarahisar, Turkey

✉: ozlem.erdal.eg@gmail.com

Abstract: In recent years, edible and medicinal mushrooms have a very important position in functional food and bioactive components. Mushrooms attract the attention of the medical industry with their nutritional properties as well as their benefits for consumer health. The objectives of this research were to reveal the nutritional composition, antioxidant potential, phenolic and flavonoid content of the commercially edible and medicinal mushroom *Coriolus versicolor* and to evaluate its anti-cancer effect against HT-29 cells. In this context, the nutrient composition was analyzed in accordance with the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) procedure. *C. versicolor* showed a high nutritional value with protein, carbohydrate, dietary fiber and glucan content. The total phenolic (TPC) and total flavonoid contents (TFC) of the water, ethanol and methanol extracts of the specified mushroom were determined, and it was found that the ethanol extract had the highest TPC (172.80±2.35 mg GAE/g dw) and TFC (48.72±2.89 mg QE/g dw) values among the three extract types. In addition, the antioxidant capacity of extracts was compared with different methods (DPPH, ABTS, FRAP, and CUPRAC). The ethanol extract showed the highest DPPH (39.16±0.82 µM TE/g dw), ABTS (29.19±1.30 µM TE/g dw) and CUPRAC (37.17±0.79 µM TE/g dw) activities among the other extracts, while FRAP (21.01±1.62 µM TE/g dw) activity for water extract was determined to be the highest. Finally, when the anti-cancer effects of these extracts were evaluated against HT-29 cells, it was observed that ethanol, methanol and water extract inhibited 82.43%, 79.15% and 65.56%, respectively, at the end of 48 hours.

Keywords: Anti-cancer activity, antioxidative, *Coriolus versicolor*, mushroom extract, nutritional composition, polyphenol content.

Yenilebilir ve Tıbbi Mantar *Coriolus versicolor*'un Besin Bileşimi, Polifenol İçeriği ve Antioksidatif Özelliklerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Öz: Son yıllarda, yenilebilir ve tıbbi mantarlar, fonksiyonel gıda ve biyoaktif bileşen kaynakları olarak daha fazla dikkat çekmektedir. Besleyici özelliklerinin yanı sıra mantarlar, tüketici sağlığına olan faydaları ile de medikal endüstrinin ilgisini çekmektedir. Bu çalışma, ticari olarak satın alınan, yenilebilir ve tıbbi mantar *Coriolus versicolor*'un besin bileşimini, antioksidan potansiyelini, fenolik ve flavonoid içeriğini belirleyerek HT-29 hücrelerine karşı anti-kanser etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda, ilk olarak, besin bileşimi Resmî Analitik Kimyacılar Birliği (AOAC) prosedürüne göre belirlenmiştir. *C. versicolor* mantarı, sahip olduğu protein, karbonhidrat, diyet lifi ve gluklan içeriği ile yüksek bir besin değeri göstermektedir. Belirtilen mantarın su, etanol ve metanol ekstraktlarının toplam fenolik (TPC) ve toplam flavonoid içerikleri (TFC) belirlenmiş ve etanol ekstraktının üç ekstre türü içerisinde en yüksek TPC (172,80±2,35 mg GAE/g ekstre) ve TFC (48,72±2,89 mg QE/g ekstre) değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, bu ekstraktların antioksidan kapasitesi farklı yöntemlerle (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC) karşılaştırılmıştır. Etanol ekstre diğer ekstraktlar arasında en yüksek DPPH (39,16±0,82 µM TE/g ekstre), ABTS (29,19±1,30 µM TE/g ekstre) ve CUPRAC (37,17±0,79 µM TE/g ekstre) aktivitelerini gösterirken, su ekstrelerinin FRAP (21,01±1,62 µM TE/g ekstre) aktivitesi en yüksek olarak belirlenmiştir. Son olarak, bu ekstraktların HT-29 hücreleri üzerindeki anti-kanser etkileri değerlendirildiğinde, 48 saat sonunda etanol, metanol ve su ekstraktlarının sırasıyla %82,43, %79,15 ve %65,56 oranında inhibe ettiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antikanser aktivite, antioksidatif, besin bileşimi, *Coriolus versicolor*, mantar ekstre, polifenol bileşimi.

*Sorumlu yazar:

Özlem ERDAL ALTINTAŞ

Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı,
Şuhot Sağlık Hizmetleri Meslek
Yüksekokulu, Afyonkarahisar Sağlık
Bilimleri Üniversitesi, 03200,
Afyonkarahisar, Türkiye.

✉: ozlem.erdal.eg@gmail.com

INTRODUCTION

Recently, mushrooms have attracted great interest in food science and pharmacology due to their potential nutritional value and medicinal properties. They play an important role in our health with their use as food supplements (Assemie & Abaya, 2022; Lopez-Hortas et al., 2022). Edible mushrooms, are mainly consumed as fresh mushrooms with fruiting bodies or dried products. Medicinal mushrooms are mostly used in biopharmaceutical applications in powdered, loose, or liquid extract forms (Elkhateeb et al., 2019). The chemical composition of mushrooms, which usually consists of 90% water and 10% dry matter, is important in terms of nutritional value. Mushrooms are good sources of protein, especially with their amino acid content (aspartate, glutamate, etc.) and are generally analogous to animal proteins. In this context, they are considered an ideal supplement for vegetarian diets (Assemie & Abaya, 2022; Mwangi et al., 2022; Sganzerla et al., 2022). The protein and total carbohydrate content of mushrooms differ between 15%-35% and 35%-70% of dry weight, respectively, according to the species and cultivation process. Furthermore, mushrooms are characterized as healthy food sources thanks to their high fiber content (chitin and β -glucans) and low-fat content. In addition to the valuable nutritional composition of mushrooms, their bioactive compounds provide consumers with both a good food source and positive medical effects on health and medicinal mushrooms have been used worldwide in folk medicine for centuries. (Stojanova et al., 2021; Wu et al., 2021). Mushrooms are foods with high antioxidant value owing to their polysaccharides and phenolic compounds. Antioxidants have an important value in human nutrition and protect cells from the negative effects of free radicals. Phenolics are aromatic hydroxyl compounds known for their high antioxidant potential. Flavonoids are the compounds responsible for the antioxidant activity specific to polyphenolic compounds, both as hydrogen donors in stabilized radical formation and due to their ability to chelate transition metal ions (Raseta et al., 2020; Stojanova et al., 2021).

Mushrooms and mushroom extracts have gained important biological activities such as antioxidant, antimicrobial, anti-cancer, anti-inflammatory, antiobesity, hypocholesterolemic, hypoglycaemic and immunomodulatory thanks to their secondary metabolites (polysaccharides, proteins, peptides, terpenoids, polyphenols, vitamins, and mineral elements). The chemical profile of medicinal mushrooms varies according to species, strain, cultivation conditions, the degree of maturity and the proportion of individual anatomical parts in the total mass of

the mushroom (Barros et al., 2007; Safin et al., 2022). In virtue of their nutritional composition and bioactive compounds as well as their biological properties, mushrooms are attracting more attention as functional foods and nutraceutical agents to provide better health conditions (Matijasevic et al., 2016; Abdelshafy et al., 2022). The potential of several mushroom species as antitumor agents has been observed and it has been proposed to be used as a biological factor in the control of many types of cancer. Many studies have shown that *Auricularia* species against ACHN, MCF-7 and CoLo-205 cancers (Arora et al., 2013), *Ganoderma lucidum* against human lung cancer (A549, H441 and H661) (Chen et al., 2016), *Coprinus* species against human colon cancer (CoLo-205) (Khan et al., 2016), *Lentinus edodes* species against colorectal carcinoma cells (HCT-116, SW-480) (Seklic et al., 2021). Some species of mushrooms known to be beneficial for health are used as a supply of bioactive compounds in the development of functional foods and new pharmaceuticals (Abdelshafy et al., 2022). In this context, *Coriolus versicolor*, an important medicinal mushroom, will be evaluated in this study.

C. versicolor, also known as *Trametes versicolor* or *Polyporus versicolor* in the literature, belongs to the family Polyporaceae and is included in the Basidiomycotina section (Cruz et al., 2016). Polysaccharides of *C. versicolor* [(polysaccharopeptide (PSP) and polysaccharopeptide Krestin (PSK)] have antioxidant effects and especially have blood sugar lowering effect. It is also used in the treatment and prevention of tumor diseases such as hepatitis B, liver, breast and stomach cancer and some immune deficiency diseases. These polysaccharides with therapeutic properties are the best known commercially from *C. versicolor* extracts. Both polysaccharides (PSP and PSK) consist of β -glucans, D-glucose polymers with β -1,3 and α -1,4 glycosidic bonds, but some may also contain some may contain six-carbon sugars (Knezevic et al., 2018).

In this context, the objective of this research was to reveal the nutritional composition of the medicinal and edible mushroom *C. versicolor* and to compare the antioxidant activities and phenolic contents of three different extracts (aqueous, ethanolic and methanolic) obtained from this mushroom species. In addition, the anti-cancer activities of these extracts on HT-29 human colon adenocarcinoma cells were evaluated.

MATERIAL AND METHOD

Mushroom material: The commercial *Coriolus versicolor* mushroom was purchased from AGROMA Food Agriculture Livestock Industry Trade Limited Company (Denizli, Turkey). The *Coriolus versicolor* mushroom used in this study was harvested in Denizli prefecture in Turkey in 2022.

Evaluation of mushroom extracts nutritional value: The proximate nutritional composition, including ash, total protein, total carbohydrates, fat, total dietary fiber (TDF) and glucan content was carried out according to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) procedure for the dried and milled *Coriolus versicolor*.

Ash content was analyzed by burning of the sample in a muffle furnace (930.22 method, AOAC 2012). *Total protein content* of the sample was measured over the total nitrogen content determined by Kjeldal method (AOAC, 2007). *Total carbohydrate content* was determined using the method described by DuBois et al., (1956) and glucose was used as a standard. *Fat content* was analyzed by extraction in the soxhlet system (Method 920.39, AOAC 2012). *Dietary fiber content* was determined as total dietary fiber (TDF), soluble dietary fiber (SDF) and insoluble dietary fiber (IDF) content by K-TDFR-100A (Megazyme Int., Dublin, Ireland) according to AOAC (method 991.43, AOAC, 2007). The results were expressed as g/100 g dried and milled mushrooms. *Glucan contents* were determined as total, α - and β -glucan contents using the β -glucan Assay Kit (Mushroom and Yeast) (Megazyme Int., Dublin, Ireland) according to the kit instructions. Results were expressed as g/100 g of dried and milled mushroom.

Preparation of mushroom extracts: The dried *C. versicolor* (Cv) mushrooms were powdered by grinding with a laboratory blender. Powdered materials were mixed in liquid (water, 50% aqueous ethanol, and 50% aqueous methanol) ratio of 1:20 (g/mL), and the blends were ultrasonication at room temperature for 30 min. Next, they were subject to solid-liquid extraction for 24 h at room temperature, in dark conditions, on a magnetic stirrer (540 rpm). At the end of the period, the extracts were centrifuged (5000 g for 15 min) and then filtered Whatman No:1. Solvents were completely evaporated with a rotary evaporator (Heidolph Laborota 4000) and then samples were lyophilized. Finally, *C. versicolor* water extract (Cv-dH₂O), 50% (v/v) aqueous ethanol extract (Cv-EtOH) and 50% v/v methanol extract (Cv-MeOH) were obtained and stored at +4 °C further experimental assays.

Evaluation of total phenolic and flavonoid content: The total phenolic content (TPC) of the *C. versicolor* extracts (Cv-dH₂O, Cv-EtOH, and Cv-MeOH) was measured by using a Folin-Ciocalteu colorimetric assay with minor changes (Gamez-Meza et al., 1999). Gallic acid as a standard ($R^2=0.9974$) and expressed as mg gallic acid equivalents (GAE) per g of extract (mg GAE/g dw). The total phenolic content (TFC) of the extracts was analyzed with the AlCl₃ colorimetric method (Chang et al., 2002), and Quercetin as a standard ($R^2=0.9967$). The findings were expressed as milligrams of Quercetin equivalent per gram of dry extract (mg QE/g dw)

In vitro antioxidant capacity

DPPH radical scavenging activity: DPPH radical scavenging activity of *C. versicolor* extracts (Cv-dH₂O, Cv-EtOH and Cv-MeOH) was detected using the method described by Brand-Williams et al., (1995) with minor changes. In brief, freshly prepared methanol DPPH solution with a concentration of 4×10^{-4} M was mixed with each extract at a ratio of 4:1 (v/v) and the absorbance was measured at a wavelength of 517 nm after incubation. DPPH radical scavenging activity was given as a function of Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) (μ M TE/g dw).

ABTS radical scavenging activity: ABTS radical cation scavenging activity of *C. versicolor* extracts (Cv-dH₂O, Cv-EtOH and Cv-MeOH) was evaluated by slightly modifying the method reported by Re et al., (1999). Firstly, ABTS stock solution was reacted with K₂S₂O₈ to obtain ABTS⁺. The mixture was kept in the dark and overnight at room temperature. Each extract was mixed with ABTS⁺ solution in a 1:10 v/v ratio. The resulting reaction mixture was incubated at room temperature in the dark and the absorbance was measured at a wavelength of 734 nm. ABTS radical cation scavenging activity was expressed as a function of TEAC (μ M TE/g dw).

Ferric-reducing antioxidant power activity (FRAP): Ferric reducing antioxidant power activity of *C. versicolor* extracts (Cv-dH₂O, Cv-EtOH and Cv-MeOH) was measured by the method according to Benzie and Strain, (1996). Each extract was mixed with FRAP solution in a 1:9 v/v ratio. The mixture was incubated at 37 °C under dark conditions and the absorbance was measured at 593 nm wavelength. Results were expressed as a function of TEAC (μ M TE/g dw).

Cupric ion reducing antioxidant capacity (CUPRAC): The cupric ion-reducing antioxidant capacity of *C. versicolor* extracts (Cv-dH₂O, Cv-EtOH and Cv-MeOH) was evaluated the method described by Apak et al., (2004) with minor modifications. One mL each of CuCl₂ solution (1.0×10^{-2} M), neocuproin solution (7.5×10^{-3} M) and NH₄OOCCH₃ buffer solution (1M) (pH: 7.0) were mixed in a test tube. Each extract was added to the reaction mixture obtained by mixing with water in a 1:10 v/v ratio. After incubation, absorbance was measured at 450 nm wavelength. The results were expressed as a function of TEAC (μ M TE/g dw).

In vitro anti-cancer activity

Cell culture and cell line: HT-29 (ATCC HTB-38) (human colon adenocarcinoma) cells were used in in vitro studies. Cells were kept in Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) consisting of high glucose and supplemented with 10% fetal bovine serum and 1% antibiotic solution.

MTT cytotoxicity assay: The cytotoxic property of *C. versicolor* extracts was evaluated in HT-29 cells by MTT

assay reported by Khodavirdipour et al., (2021). Concisely, cells at 70-80% confluency were trypsinized and seeded in a 96-well plate at a density of 1×10^4 cells/well. After overnight attachment, the medium was removed from the wells and a serial twofold dilution (1000-62.5 $\mu\text{g/mL}$) was added from the stock solution prepared at a concentration of 1000 $\mu\text{g/mL}$. Plates were incubated 5% CO_2 at 37 °C for 24 and 48 hours. After incubation, the medium was removed from each well, MTT reagent (Sigma-Aldrich®, Germany) was added and incubated for two hours at 37 °C in 5% CO_2 . After incubation, the MTT reagent was aspirated, DMSO was added to dissolve formazan crystals and the plate was shaken for 5 min at room temperature. Absorbance was measured with an ELISA multifunctional microplate reader (Thermo Scientific™ Multiskan Go™, USA) at a wavelength of 570 nm. Untreated cells (without mushroom extract) were used as negative control, while DMSO-treated cells were used as vehicle control. Each experiment was performed in eight replicates (n=8). The inhibition (%) of the mushroom extracts was determined by Eq. 1. The IC_{50} was calculated and analyzed by GraphPad Prism v. 8.

$$\text{Inhibition (\%)} = \left[\frac{A_{570 \text{ nm of treated cells}}}{A_{570 \text{ nm of control cells}}} \right] \times 100 \quad \text{Eq.1}$$

Statistical analysis: The results were expressed as Mean \pm SD. *In vitro* test data were statistically analyzed with One-Way ANOVA and Tukey's multiple comparisons tests. The data were presented as a mean with a 95% confidence interval (CI). P-values less than 0.05 were deemed statistically significant.

RESULTS

Nutritional composition: The nutrient contents of the *C. versicolor* mushroom were given in Figure 1a. This edible and medicinal mushroom was determined to have approximately 9.07% ash, 29.22% protein, 56.16% carbohydrate and 2.03% fat content by the AOAC procedures. According to Assemie and Abaya, (2022) most the edible mushroom contain (35-70%) carbohydrates, (15-34.7%) protein, (10%) fat and (6-10.9%) minerals, also Cui

and Chisti, (2003) reported that the content of PSP (polysaccharopeptide) and PSK (polysaccharopeptide Krestin) extracted from *C. versicolor* typically contain (34-35%) soluble carbohydrates, (28-35%) protein, (~7%) moisture, (6-7%) ash and the remainder are free sugars and amino acids. So, the present findings content of *C. versicolor* were in agreement with the reported values. Recently, dietary fibers of edible plant and macrofungal origin have come to the forefront with various health effects in obesity, diabetes, cancer, and intestinal diseases (He et al., 2022). Dietary fiber and glucan which are resistant to digestive enzymes are among the important components of edible mushrooms. Dietary fiber (TDF, IDF, and SDF) and glucan content (total, α , and β) of *Coriolus versicolor* mushroom are given in Figure 1b. IDF and SDF contents were determined as 31.42 ± 1.04 g/100 g dw and 2.87 ± 0.83 g/100 g dw, respectively. Total glucan content was determined as 21.04 ± 0.77 g/100 g dw and this content was formed by β -glucans (16.82 ± 1.41 g/100 g dw) and α -glucans (3.95 ± 1.41 g/100 g dw) (Figure 1c). The dietary fiber and glucan content of *C. versicolor* has been reported previously. For example, *T. versicolor* NBIMCC 8939 contained 39.53 ± 0.61 g/100g dw TDF, 36.21 ± 0.45 g/100g dw IDF and 1.99 ± 0.15 g/100g dw SDF (Angelova et al., 2022). Also in another study, selenium-enriched crude exopolysaccharides of *C. versicolor* were determined to have 31.12 ± 1.76 mg/g total glucan, 8.33 ± 0.02 mg/g α -glucan and 19.48 ± 1.6 mg/g β -glucan contents (Miletic et al., 2021). Wild-type *C. versicolor* collected from North Rhine Westphalia, Germany, was found to contain 61.194 ± 11.611 g/100g dw total glucans, 0.406 ± 0.232 g/100g dw α -glucan and 60.788 ± 11.795 g/100g dw β -glucan (Sari et al., 2017). When the studies in the literature are evaluated, in general, the nutrient composition of mushrooms varies from species to species, but it depends largely on the environment and cultivation techniques. According to the results obtained in our study, the composition of *C. versicolor* mushroom showed a high nutritional value with high protein, carbohydrate, dietary fiber, and glucan content.

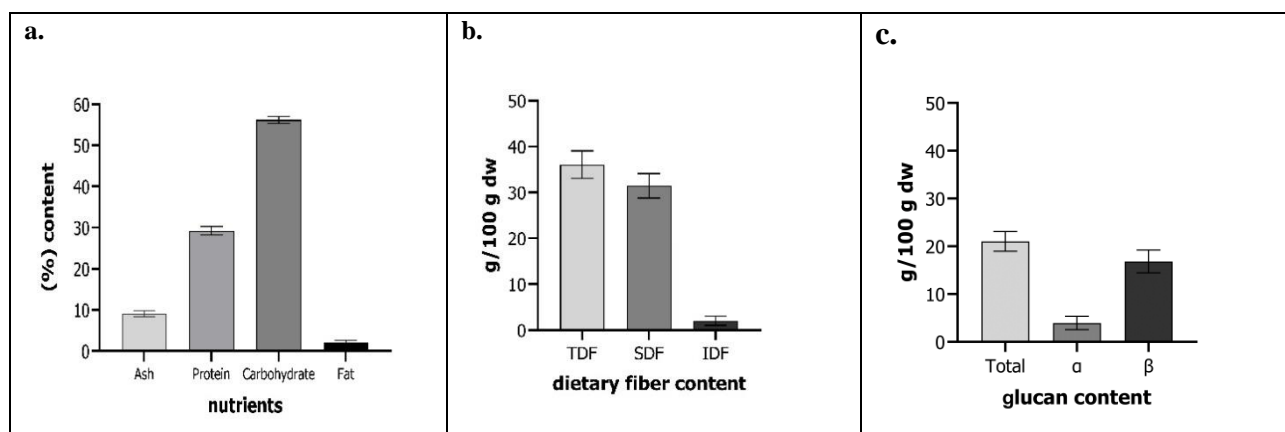


Figure 1. a. Nutrients b. dietary fiber and c. glucan content of *C. versicolor*

Total phenolic and flavonoid contents

Phenolic and flavonoid compounds are important metabolites generally found in edible and medicinal mushroom species. Thanks to these metabolites, mushrooms provide many benefits for human health (as well as anti-allergenic, anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, and anti-tumor effects) and are also of interest as functional foods and nutraceutical agents (Abdelshafy et al., 2022; Silva et al., 2023).

Three different extracts (water, 50% aqueous ethanol, and 50% aqueous methanol) were obtained to evaluate TPC and TFC of *C. versicolor*. TPC ranged from 91.30±1.07 to 172.80±2.35 mg GAE/g dw, while TFC ranged from 30.36±1.14 to 48.72±2.89 mg QE/g dw (Figure 2). TPC and TFC of ethanol extract were higher than the other extracts. In research carried out by Matijasevic et al., (2016), the TPC of the *C. versicolor* methanol extract was measured as 25.8±1.4 mg GAE/g dw and TFC as 4.3±0.2 mg CE/g dw. In another study, water

and ethanol extracts were obtained from *C. versicolor* mushroom collected from the Republic of North Macedonia and it was determined that the water extract had a composition of TPC 12.88±5.25 mg GAE/g dw and TFC 5.95±1.37 mg QE/g dw (Stojanova et al., 2021). Our results are consistent with the TPC of *T. versicolor* water and ethanol extracts (110.2±0.8 and 163.5±0.8 mg GAE/100 g dw respectively), reported by Raseta et al., (2020). The same authors measured the TFC in the water and ethanol extract at 31.4±0.7 mg QE/100 g dw and 37.8±0.3 mg QE/100 g dw respectively, which is in accordance with the current results. In general, polyphenol content varies depending on the solvent used. In the literature, higher phenol yields were obtained in ethanol and methanol organic solvents. The results obtained in our research are in harmony with the literature; ethanol was found to be a good choice for the processing of *C. versicolor* mushroom when ethanol was used as a solvent.

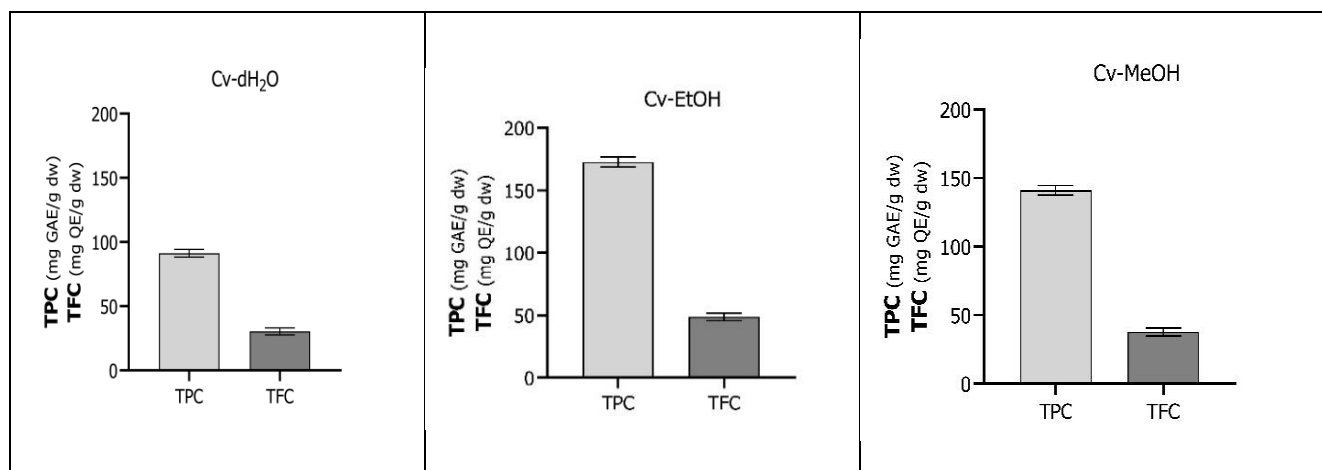


Figure 2. Total phenolic and flavonoid content of *C. versicolor* extracts

Antioxidant capacity

Antioxidant compounds of mushroom extracts have become an important resource in pharmaceutical and food industries to supply products with bioactive components, replacing synthetic antioxidant substances (Zielinski et al., 2016). Phenolic and flavonoid contents of edible and medicinal mushrooms are responsible for the antioxidant activity of mushroom extracts (Abd Razak et al., 2019; Aljadi & Kamaruddin, 2004). In addition, a strong correlation has been found between the polyphenol content and antioxidant activity of mushroom species thanks to its ability to scavenge hydroxyl groups (Smolskaite et al., 2015; Abd Razak et al., 2019; Contato et al., 2020). Four different antioxidant tests (DPPH, ABTS, FRAP, and CUPRAC) were applied to investigate the antioxidant capacity of *C. versicolor* extracts and the results obtained are indicated in Table 1.

DPPH radical scavenging activity: In the current study, all extracts were found to be efficient scavengers against DPPH radicals. EtOH extract showed the highest radical scavenging capacity, while water extract was the lowest radical scavenger.

ABTS radical scavenging activity: All extracts showed ABTS radical scavenging activity and ethanol extract was found to have the highest ABTS radical scavenging activity among all extracts.

Ferric reducing antioxidant power activity (FRAP): Among all extracts, water extract was determined to have the highest FRAP activity.

Cupric ion-reducing antioxidant capacity (CUPRAC): It was determined that all extracts were effective against cupric ions and, especially ethanol extract had the highest CUPRAC activity among all extracts.

The antioxidant activity of extracts obtained from *C. versicolor* has previously been reported. For example,

the dried and milled crude extract obtained from the *C. versicolor* mushroom showed 52.2±2.2 ($\mu\text{mol TE/g dw}$) DPPH scavenging ability, 69.5±2.0 ($\mu\text{mol TE/g dw}$) CUPRAC and 143.1±5.5 ($\mu\text{mol TE/g dw}$) ABTS scavenging ability (Kozarski et al., 2020). Another study used 80% ethanol, methanol, and water extracts from *T. versicolor* NBIMCC 8939 for DPPH, ABTS, FRAP, and CUPRAC activity. Among the three extracts, water extract was determined to have the highest DPPH (5.63±0.11 $\mu\text{M TE/g dw}$), ABTS (28.16±0.49 $\mu\text{M TE/g dw}$), CUPRAC (52.21±0.28 $\mu\text{M TE/g dw}$) activities and methanol extract was determined to have the highest FRAP (6.12±0.11 $\mu\text{M TE/g dw}$) activity (Angelova et al., 2022).

In an additional study, the antioxidant activity of *C. versicolor* was evaluated. DPPH (773 mM TE/g dw), ABTS (2.930 mM TE/g dw), and FRAP (1.710 mM TE/g dw) tests revealed antioxidant activity (Maeng et al., 2017). When the antioxidant capacity values measured in the present study were compared with previous studies, it was observed that some antioxidant capacity types were higher or lower than others. The main reason for this situation may be due to the habitat of the mushroom, cultivation, collection time, the concentrations used in antioxidant activity analyses, extraction solvent and extraction methods, etc.

Table 1. *In vitro* antioxidant activity values of *C. versicolor* extracts.

	Mushroom Extracts		
	Cv-dH ₂ O	Cv-EtOH	Cv-MeOH
DPPH ($\mu\text{M TE/g dw}$)	12.02±1.75	39.16±0.82	30.05±1.48
ABTS ($\mu\text{M TE/g dw}$)	19.08±1.60	29.19±1.30	24.27±0.76
FRAP ($\mu\text{M TE/g dw}$)	21.01±1.62	15.63±1.24	12.45±0.80
CUPRAC($\mu\text{M TE/g dw}$)	16.33±0.56	37.17±0.79	28.64±0.93

Anti-cancer activity: The anti-cancer effects of water, ethanol and methanol extracts of *C. versicolor* on HT-29 (ATCC HTB-38) (human colon adenocarcinoma) cells for 24 and 48 hours were evaluated. The results are given in Figure 3. During 24 and 48 hours, it was shown that the inhibition percentages increased with the increase in concentration in all three extract types and accordingly, the highest concentration (1000 $\mu\text{g/mL}$) in all three extracts was determined to have the highest anti-cancer activity against HT-29 cells. At the highest concentration of water extract 60.83% and 65.56%, at the highest concentration of methanol extract 71.27% and 79.15%, and finally, at the highest concentration of ethanol extract, 75.19% and 82.43% inhibition percentages against HT29 cells were obtained at 24 and 48 hours, respectively. The IC₅₀ values of water, ethanol and methanol extracts were determined as 636.2 $\mu\text{g/mL}$, 363.8 $\mu\text{g/mL}$ and 396.1 $\mu\text{g/mL}$ after 48 h, respectively. As shown in Figure 3 it was determined that ethanol extract had the highest anti-cancer effect against HT-29 cells among the three extract types. Methanol and water extracts also have a potent anti-cancer effect on HT-

29 cells. In some of the previous studies, the anti-cancer effect of *C. versicolor* was evaluated. For example, the anti-cancer effects of polysaccharide-rich extracts from *T. versicolor* were evaluated in HT-29 cells. This effect was seen even at 10 $\mu\text{g/mL}$, the lowest concentration tested for the extracts. These results suggest that *T. versicolor* extract reduces cell growth and thus reduces the oncogenic potential in colon cancer cells (Roca-Lema et al., 2019).

In a different study, the anti-cancer effect of selected *Trametes* species from Serbia against HeLa, LS174, and A549 cells was evaluated. The results showed that *T. versicolor* basidiocarp extract had the most effective anti-cancer activity against HeLa cells (IC₅₀ 42.40 ± 0.74 $\mu\text{g/mL}$) among the indicated cancer cells (Knezevic et al., 2018). Moreover, the antiproliferative activity of H₂O and EtOH extracts of *T. versicolor* against the growth of MCF-7 cells was evaluated for 24 and 72-hour incubation periods. Notably, ethanol extracts of *T. versicolor* were found to have the strongest growth inhibitory activity (IC₅₀=327.0±0.7 $\mu\text{g/mL}$) after 24 h acute phase and the best chronic cytotoxic activity (IC₅₀=701.8±0.6 $\mu\text{g/mL}$) after 72 h (Raseta et al., 2020). Several studies have shown that compounds as well as extracts isolated from different species of the genus *Trametes* have considerable cytotoxic potential against different types of cancer (Ren et al., 2006; Harhaji et al., 2008; Shnyreva et al., 2018).

CONCLUSION

This study revealed the potential of crude macrofungal biomass as a dietary supplement due to the high protein, carbohydrate, dietary fiber, and glucan content of edible and medicinal mushroom *C. versicolor*. The crude *C. versicolor* mushroom may be an ideal approach to achieve natural dietary supplements with significant health benefits. Furthermore, among the *C. versicolor* extracts examined, the best results of antioxidant analyses were found in the ethanolic extract. Total flavonoid and total phenolic contents were found to have the highest value in ethanol extract and thus phenolic and flavonoid contents were found to be related to antioxidant activity. In this context, this extract has the potential to replace some synthetic antioxidants used for industrial purposes. With the evaluation of its effect on HT-29 cells, it was revealed that ethanol extract could be used in a new treatment approach for colon cancer patients. In the light of these promising results obtained, novel nanoformulations can be designed for the use of this mushroom extract both as a dietary supplement and as a therapeutic agent in anti-cancer therapies, thus maintaining their bioactivity, controlled release, and bioavailability as well as stability throughout storage, processing and consumption.

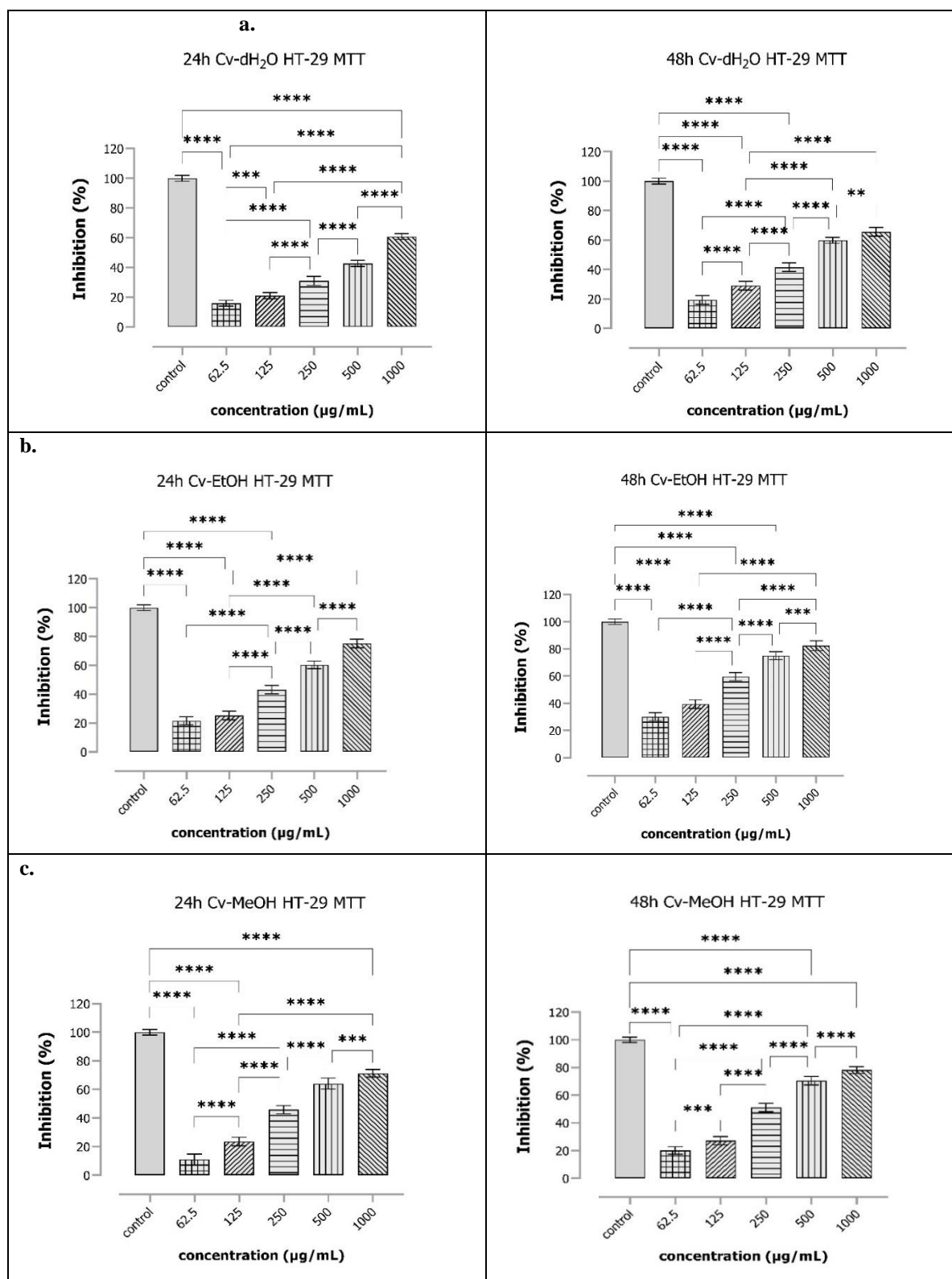


Figure 3. a. Cytotoxicity results of Cv-dH₂O extract, b. Cv-EtOH extract c. Cv-MeOH extract on HT-29 human colon adenocarcinoma cells (A, P value below 0,05 was considered as statistically significant).

REFERENCES

Abd Razak, D.L., Fadzil, N.H.M., Jamaluddin, A., Abd Rashid, N.Y., Sani, N.A. & Manan. M.A. (2019). Effects of different extracting conditions

on anti-tyrosinase and antioxidant activities of *Schizophyllum commune* fruit bodies. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **19**, 101116.
Abdelshafy, A.M., Luo, Z., Belwal, T., Ban, Z. & Li, L. (2022). A comprehensive review on phenolic compounds from edible mushrooms: Occurrence,

- biological activity, application and future prospective. *Food Reviews International*, **62**(22), 1-34.
- Aljadi, A. & Kamaruddin. M. (2004).** Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry*, **85**(4), 513-518.
- Angelova, G., Brazkova, M., Mihaylova, D., Slavov, A., Petkova, N., Blazheva, D., Deseva, I., Gotova, I., Dimitrov, Z. & Krastanov, A. (2022).** Bioactivity of Biomass and Crude Exopolysaccharides Obtained by Controlled Submerged Cultivation of Medicinal Mushroom *Trametes versicolor*. *Journal of Fungi*, **8**(7), 738.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. & Karademir, S.E. (2004).** A novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols, vitamin C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: The CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**(26), 7970-7981.
- Arora, S., Goyal, S., Balani, J. & Tandon. S. (2013).** Enhanced antiproliferative effects of aqueous extracts of some medicinal mushrooms on colon cancer cells. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, **15**(3), 301-314.
- Assemie, A. & Abaya, G. (2022).** The Effect of Edible Mushroom on Health and Their Biochemistry, *International Journal of Microbiology*, (7), Article ID 8744788.
- Association of Official Analytical Chemists. (2012).** *Official Methods of Analysis*, 19th edition, Washington, DC.
- Association of Official Analytical Chemists. (2017).** *Official Methods of Analysis*, 18th edition, Arlington, VA, USA.
- Barros, L., Baptista, P., Estevinho, L.M. & Ferreira, I.C.F.R. (2007).** Effect of Fruiting Body Maturity Stage on Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Lactarius* sp. Mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **55**, 8766-8771.
- Benzie, I.F.F. & Strain, J.J. (1996).** The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, **239**(1), 70-76.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995).** Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, **28**(1), 25-30.
- Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, **10**(3), 178-182.
- Chen, Y., Lv, J., Li, K., Xu, J., Li, M., Zhang, W. & Pang, X. (2016).** Sporoderm-broken spores of *Ganoderma lucidum* inhibit the growth of lung cancer: Involvement of the Akt/mTOR signaling pathway. *Nutrition and Cancer*, **68**(7), 1151-1160.
- Contato, A.G., Inacio, F.D., de Araujo, C.A.V., Brugnari, T., Maciel, G.M., Haminiuk, C.W.L., Bracht, A., Peralta, R.M. & de Souza, C.G.M. (2020).** Comparison between the aqueous extracts of mycelium and basidioma of the edible mushroom *Pleurotus pulmonarius*: Chemical composition and antioxidant analysis. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **14**(2), 830-837.
- Cruz, A., Pimental, L., Rodriguez-Alcala, L.M., Fernandes, T. & Manuela, P. (2016).** Health Benefits of Edible Mushrooms Focused on *Coriolus versicolor*: A Review. *Journal of Food and Nutrition Research*, **4**(12), 773-781.
- Cui, J. & Chisti, Y. (2003).** Polysaccharopeptides of *Coriolus versicolor*: physiological activity, uses, and production. *Biotechnology Advances*, **21**(2), 109-122.
- Elkhateeb, W.A., Daba, G.M., Thomas, P.W. & Wen, T.-C. (2019).** Medicinal Mushrooms as a Source of Natural Therapeutic Bioactive Compounds. *Egyptian Pharmaceutical Journal*, **18**, 145-155.
- DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, **28**, 350-356.
- Gamez-Meza, N., Noriega-Oriega-Rodriguez, J.A., Medina-Juarez, L.A., Ortega-Garcia, J., Cazarez-Casanova, R. & Angulo-Guerrero, O. (1999).** Antioxidant activity in soybean oil of extracts from thompson grape bagasse. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **76**, 14-45.
- Harhaji, L.J., Mijatovic, S., Maksimovic-Ivanic, D., Stojanovic, I., Momcilovic, M., Maksimovic, V., Tufegdžic, S., Marjanovic, Z., Mortica-Stojkovic, M., Vucinic, Z. & Stonic-Grujicic, S. (2008).** Antitumor effect of *Coriolus versicolor* methanol extract against mouse B16 melanoma cells: In vitro and in vivo study. *Food and Chemical Toxicology*, **46**, 1825-1833.
- Khan, A.A., Gani, A., Ahmad, M., Masoodi, F.A., Amin, F. & Kousar, S. (2016).** Mushroom varieties found in the Himalayan regions of India: Antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities. *Food Science and Biotechnology*, **25**(4), 1095-1100.
- Khodavirdipour, A., Zarean, R. & Safaralizadeh, R. (2021).** Evaluation of the Anti-cancer Effect of *Syzygium cumini* Ethanolic Extract on HT-29 Colorectal Cell Line. *Journal of Gastrointestinal Cancer*, **52**, 575-581.
- Knezevic, A., Stajic, M., Sofrenic, I., Stanojkovic, T., Milovanovic, I., Tesevic, V. & Vukojevic, J. (2018).** Antioxidative, antifungal, cytotoxic and antineurodegenerative activity of selected *Trametes* species from Serbia. *PLoS ONE*, **13**(8), e0203064.
- Kozarski, M., Klaus, A., Vunduk, J., & Niksic, M. (2020).** The influence of mushroom *Coriolus versicolor* and hazelnuts enrichment on antioxidant activities and bioactive content of

- dark chocolate, *Food and Feed Research*, **47**(1), 23-32.
- Lopez-Hortas, L., Florez-Fernandez, N., Torres, M.D. & Dominguez, H. (2022).** Update on potential of edible mushrooms: high-value compounds, extraction strategies and bioactive properties. *International Journal of Food Science and Technology*, **57**, 1378-1385
- Maeng, J.H., Shahbaz, H.M., Ameer, K., Jo, Y. & Kwon, J.H. (2017).** Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from *Coriolus versicolor* Mushroom Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Process Engineering*, **40**, e12421.
- Matijasevic, D., Pantic, M., Raskovic, B., Pavlovic, V., Duvnjak, D., Sknepnek, A. & Niksic, M. (2016).** The Antibacterial Activity of *Coriolus versicolor* Methanol Extract and Its Effect on Ultrastructural Changes of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella Enteritidis*. *Frontiers Microbiology*, **4**(7), 1226.
- Miletic, D., Turlo, J., Podsadni, P., Sknepnek, A., Szczepanska, A., Klimaszewska, M., Malinowska, E., Levic, S., Nedovic, V. & Niksic, M. (2021).** Production of bioactive selenium enriched crude exopolysaccharides via selenourea and sodium selenite bioconversion using *Trametes versicolor*. *Food Bioscience*, **42**, 101046.
- Mwangi, R.W., Macharia, J.M., Wagara, I.N. & Bence, R.L. (2022).** The antioxidant potential of different edible and medicinal mushrooms. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **147**, 112621.
- Raseta, M., Popovic, M., Knezevic, P., Sibul, F., Kaisarevic, S. & Karaman, M. (2020).** Bioactive Phenolic Compounds of Two Medicinal Mushroom Species *Trametes versicolor* and *Stereum subtomentosum* as Antioxidant and Antiproliferative Agents. *Chemistry and Biodiversity*, **17**, e2000683
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yan, M. & Rice-Evans, C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, **26**(9), 1231-1237.
- Ren, G., Liu, X.Y., Zhu, H.K., Yang, S.Z. & Fu, C.X. (2006).** Evaluation of cytotoxic activities of some medicinal polypore fungi from China. *Fitoterapia*, **77**, 408-410.
- Roca-Lema, D., Martinez-Iglesias, O., Fernández de Ana Portela, C., Rodriguez-Blanco, A., Valladares-Ayerbes, M., Diaz-Diaz, A., Casas-Pais, A., Prego, C. & Figueroa, A. (2019).** In Vitro Anti-proliferative and Anti-invasive Effect of Polysaccharide-rich Extracts from *Trametes versicolor* and *Grifola Frondosa* in Colon Cancer Cells. *International Journal of Medical Science*, **16**(2), 231-240.
- Safin, R.R., Gainullin, R.H., Safina, A.V. & Gainullin, R.H. (2022).** Methods for evaluating chaga extraction effectiveness based on its porosity change. *Journal of Physics: Conference*, **2373**.
- Sari, M., Prange, A., Lelley, J.I. & Hambitzer, R. (2017).** Screening of beta-glucan contents in commercially cultivated and wild growing mushrooms. *Food Chemistry*, **216**, 45-51.
- Seklic, D.S., Jovanovic, M.M., Virijevic, K., Grujic, J., Zivanovic, M. & Markovic, S.D. (2021).** Effects of Edible Mushrooms *Phellinus linteus* and *Lentinus edodes* Methanol Extracts on Colorectal Cancer Cell Lines. *Biology and Life Sciences Forum*, **6**, 85.
- Sganzerla, W.G., Todorov, S.D. & Silva, A.P.G. (2022).** Research Trends in the Study of Edible Mushrooms: Nutritional Properties and Health Benefits. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, **24**(5), 1-18.
- Shnyreva, A., Shnyreva, A.A., Espinoza, C., Padron, J.M. & Trigos, A. (2018).** Antiproliferative activity and cytotoxicity of some medicinal wood-destroying mushrooms from Russia. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, **20**, 1-11.
- Silva, A., Silva, V., Igrejas, G., Aires, A., Falco, V., Valentao, P. & Poeta, P. (2023).** Phenolic compounds classification and their distribution in winemaking by-products. *European Food Research and Technology*, **249**, 207-239.
- Smolskaite, L., Venskutonis, P.R. & Talou, T. (2015).** Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species. *LWT-Food Science and Technology*, **60**(1), 462-471.
- Stojanova, M., Pantic, M., Karadelev, M., Culeva, B. & Niksic, M. (2021).** Antioxidant potential of extracts of three mushroom species collected from the Republic of North Macedonia, *Journal of Food Process Preservation*, **45**, e15155.
- Wu, J., Yang, Z., Yang, X., Chen, X., Zhang, H. & Zhan, X. (2021).** Synthesis of branched β -1,3-glucan oligosaccharide with narrow degree of polymerization by fungi co-cultivation. *Carbohydrate Polymers*, **273**, 118582
- Zielinski, A.A.F., Haminiuk, C.W.I. & Beta, T. (2016).** Multiresponse optimization of phenolic antioxidants from white tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) and their identification by LC-DAD-Q-TOF-MS/MS. *LWT-Food Science and Technology*, **65**, 897-907.



Allium sativum L. (Sarımsak) Özütünün Farelerde Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkisinin Araştırılması

Suna KIZILYILDIRIM^{1*} Hikmet Yeter ÇOĞUN²

¹Çukurova Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Adana, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Adana, Türkiye

Geliş Tarihi: 12.08.2023

Kabul Tarihi: 13.10.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Kızılyıldırım, S. & Coğun, H.Y. (2023). *Allium sativum* L. (Sarımsak) Özütünün Farelerde Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkisinin Araştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 635-641. <https://doi.org/10.35229/jaes.1342151>

How to cite: Kızılyıldırım, S. & Coğun, H.Y. (2023). Investigation of the Effect of *Allium sativum* L. (Garlic) Extract on Intestinal Microbiota in Mice. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 635-641. <https://doi.org/10.35229/jaes.1342151>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1039-8556>

ID: <https://orcid.org/0000-0001-6559-4397>

***Sorumlu yazarın:**

Suna KIZILYILDIRIM
Çukurova Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi,
Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı,
Adana, Türkiye
✉: skizilyildirim@cu.edu.tr

Öz: Bağırsak mikrobiyotası trilyonlarca bakteri içeren değişen canlı bir ekosistemdir ve insan sağlığında önemli bir rol oynar. *Allium sativum* L. prebiyotik özellikleri ile bağırsak mikrobiyotasını modüle etme, bağırsak iltihabından koruma ve mukus üretimini eski haline getirme potansiyeline sahiptir. Bu çalışma *Allium sativum* L. özütünün bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamıştır.

Çalışmada, *Allium sativum* L. su bazlı ekstresi hazırlandı. Deney için 5 ve 10 gün boyunca *Allium sativum* L. ile beslenen iki deney grubu ve iki kontrol grubu için (her grupta 6 fare) olmak üzere toplamda 24 hayvan kullanıldı. Deney süresince farelere gavajla her gün 300 mg/kg dozda sarımsak özütü verildi. Kontrol grubundaki fareler deney süresi boyunca normal besinlerle beslendi. Deney süresi sonunda farelerin diseksiyonu yapıldı ve bağırsaklar steril ependorflara alındı. Bağırsak örneklerinden DNA ekstraksiyonu QIAamp DNA Mini Kiti ile gerçekleştirildi. DNA örneklerinin 16srRNA bölgesinin sadece V3-V4 bölgeleri amplifiye edildi. Dizileme, Illumina HiSeq-2500 cihazı ile 16S Metagenomik Dizileme Illumina protokolüne göre gerçekleştirildi. Elde edilen verilerin biyoinformatik analizi gerçekleştirildi.

Çalışma sonucunda; 10 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen grubun, 5 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen gruba göre bağırsak mikrobiyotasına daha olumlu katkısı olmuştur. Faydalı bakteriler olan, hem *L. taiwanensis* artış göstermesi hem de *B. bifidum* türünün florada görülmesiyle daha etkili bir sonuca ulaştığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Allium sativum* L., metagenomik dizileme, mikrobiyota.

Investigation of the Effect of *Allium sativum* L. (Garlic) Extract on Intestinal Microbiota in Mice

Abstract: The intestinal microbiota is a changing living ecosystem containing trillions of bacteria and plays an important role in human health. *Allium sativum* L., with its prebiotic properties, has the potential to modulate the intestinal microbiota, protect against intestinal inflammation and restore mucus production. This study aimed to investigate the effects of *Allium sativum* L. extract on intestinal microbiota.

In this study, *Allium sativum* L. water-based extract was prepared. A total of 24 animals were used for the experiment, two for the experimental group and two for the control group (6 mice in each group), which were fed *Allium sativum* L. for 5 and 10 days. During the experiment, the rats were given 300 mg/kg garlic extract by gavage every day. Mice in the control group were fed normal food throughout the experimental period. At the end of the experiment period, the mice were dissected and the intestines were taken into sterile eppendorf tubes. DNA extraction from intestinal samples was performed with the QIAamp DNA Mini Kit. Only the V3-V4 regions of the 16s rRNA region of the DNA samples were amplified. Sequencing was performed with the Illumina HiSeq-2500 instrument according to the 16S Metagenomic Sequencing Illumina protocol. A bioinformatics analysis of the obtained data was performed.

As a result of the study; The group fed with 300 mg/kg/day *Allium sativum* L. extract for 10 days had a more positive contribution to the intestinal microbiota than the group fed with 300 mg/kg/day *Allium sativum* L. extract for 5 days. It has been observed that a more effective result has been achieved with the increase of both *L. taiwanensis* and *B. bifidum* species in the flora, which are beneficial bacteria.

Keywords: *Allium sativum* L., metagenomic sequencing, microbiota.

***Corresponding author:**

Suna KIZILYILDIRIM
Çukurova University, Faculty of Pharmacy,
Department of Pharmaceutical Microbiology,
Adana, Türkiye
✉: skizilyildirim@cu.edu.tr

GİRİŞ

Bağırsak mikrobiyotası, konağa çeşitli metabolik işlevler sağlayan, bağırsak sağlığı ile ilişkili yaklaşık 100 trilyon mikrobiyal topluluktan oluşan canlı bir ekosistemdir (Ley vd, 2006; Clemente vd, 2012). Bacteroidetes, Firmicutes, Actinobacteria, Proteobacteria, Fusobacteria ve Verrucomicrobia, normal bağırsak florasında bulunur; burada Bacteroidetes ve Firmicutes, toplam bakteri filum yapısının %90'ını temsil eder ve Actinobacteria, Proteobacteria ve Verrucomicrobia daha az oranda temsil edilir (Rajilic-Stojanovic vd, 2014; Graf vd, 2015; Klement vd, 2019). Firmicutes/Bacteroidetes oranı, bağırsak mikrobiyotasının bozukluğunu yansıtan önemli bir parametredir. Son yıllarda, biyoinformatik analiz teknolojisi ve yüksek verimli dizileme teknolojisindeki hızlı gelişme ile bağırsak mikrobiyotası araştırmaları hızlı bir ilerleme kaydetmiştir (Chen vd, 2021).

Bağırsak mikrobiyotasındaki faydalı bakteriler, ortam ve besinler için rekabet ederek patojenik bakterilerin çoğalmasını ve büyümesini engeller (Ouwehand vd, 1999). Bakteriyel enfeksiyonlar, diyet değişiklikleri, antibiyotikler gibi bazı faktörler bağırsak mikrobiyotasının bozulmasına yani dizbiyozuna sebep olurlar. Son araştırmalar, disbiyozun, irritabl bağırsak sendromu ve çölyak hastalığı gibi bağırsak bozukluklarının patogenezi ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Carding vd, 2015). Yaşlanma, obezite, beslenme alışkanlıkları ve hareketsiz yaşam tarzı gibi birçok faktörün bağırsak mikrobiyotasındaki değişiklikler ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Kim ve Jazwinski, 2018; Castellanos vd, 2020). Bağırsak mikrobiyotasındaki değişim ile oluşan bağırsak inflamasyonu, bağırsak bariyerinin bozulması, bakteriyel metabolitlerin dolaşımdaki seviyelerini artırır ve çeşitli hastalıkların gelişmesine zemin hazırlar (Tang vd, 2019; Ahmad vd, 2019).

Bağırsak mikrobiyotasını iyileştirmek, insan sağlığını geliştirmek için potansiyel bir hedeftir ve diyet bileşenlerinin (hem mikro hem de makro besinler) önemli bir rol oynadığı kabul edilmektedir (Yang vd, 2020). Modern tıpta, bitkisel ürünler veya takviyeler farmasötik açısından zengin olduğu için hastalıklardan veya enfeksiyonlardan korunmak için büyük önem taşımaktadır (Sasi vd, 2021).

Sarımsak (*Allium sativum* L.), sağlığın korunması ve çeşitli hastalıkların tedavisi için kullanılan bitkilerin en eski belgelenmiş örneklerinden biridir. Sarımsağın tıbbi kullanımının Orta Asya'da ortaya çıktığı ve daha sonra Kuzey Afrika ve Meksika'ya gelmeden önce Çin ve Akdeniz bölgesine yayıldığı görülmektedir (Rivlin, 2001). Çin'de uzun yıllardır tüberküloz, öksürük, soğuk algınlığı, minör vasküler bozukluklar, diyabet, obezite, böbrek ve

karaciğer hasarını tedavi etmek için geleneksel bir ilaç olarak tüketilmektedir (Naji vd, 2017).

Sarımsak, organosülfür bileşikler, saponinler, fenolik bileşikler ve polisakaritler dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşiklere sahiptir. Çiğ sarımsaktaki organosülfür bileşikler, pişmişe göre daha yüksek sindirilebilirliğe sahiptir (Shang vd, 2019). Sarımsak prebiyotik özellikleri ve hücre içi hidrojen sülfür kaynağı ile bağırsak mikrobiyotasını modüle etme, bağırsak iltihabından koruma ve mukus üretimini eski haline getirme potansiyeline sahiptir (Ried vd, 2018).

Bu çalışma, *Allium sativum* L. özütünün bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkilerini araştırmayı hedeflemiştir. Bununla birlikte mikrobiyotada yer alan faydalı ve zararlı mikroorganizma türlerindeki değişikliklerin incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

***Allium sativum* L. özütünün hazırlanması:** Çalışmada, *Allium sativum* L. soğanlarına ait ekstre kullanıldı. *Allium sativum* L. soğanları Adana ilinde yetiştirilen ve yerel bir pazarından temin edildi. *Allium sativum* L. soğanları kuru olarak alındı ve serin bir yerde muhafaza edildi. *Allium sativum* L. pazardan alındığı için ve ticari kültürü olan bitkilerin herbaryumunun yapılmasına gerek duyulmamıştır.

Allium sativum L. soğanları yıkandıktan sonra (90 gr) distile su (200 ml) ile karıştırıldı ve karıştırıcıda 15 dakika öğütülmüştür. Katı kısımları, steril gazlı bez ile süzülerek ayrıştırıldı, ardından 20°C'de 30 dakika 4500 rpm'de santrifüjlenmiştir. Süpernatant, Whatman No. 40 filtre kağıdı yarımıyla süzüldü. Son olarak özüt numuneleri buzdolabında 4°C'de iki gün kaldıktan sonra 3 gün boyunca liyofilize edilmiştir (Ilić vd, 2017). Liyofilize edilen toz halindeki stok özütler koyu şişelerde -20°C de derin dondurucuda stok halinde tutulmuştur. Deney sırasında stok özütler her gün farelere, her fare için kilogram başına 300 mg (300 mg/kg) olacak şekilde destile su ile sulandırılarak gavaj yöntemi ile verilmek üzere hazırlanmıştır.

Deney Hayvanları: Çalışma için Çukurova Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'na başvuruldu ve (16.12.2022, sayı: 8/karar no: 7) onayı alınmıştır. Balb/c albino erkek fareler (8 haftalık, 40-50 gr), Çukurova Üniversitesi Deney Hayvanları Üretim, Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden temin edildi ve hayvan deneyleriyle ilgili tüm prosedürler bu merkezde gerçekleştirilmiştir. Farelerin vücut ağırlığı ölçüldü ve 14 günlük iklimlendirmeden sonra, rastgele seçilerek kontrol ve deney grubu olarak ayrıldı. Çalışma 5 ve 10 gün olmak üzere iki ayrı gruba ayrıldı ve her bir grup (toplamda 4

grup) için 6 fare olmak üzere toplamda 24 hayvan kullanıldı.

Deney grupları aşağıda şekilde gerçekleştirildi;

1) Kontrol grubu (6 fare): Fareler deney süresi boyunca normal besinlerle beslendi.

2) 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü grubu (6 fare): Deney süresince farelere gavajla beş gün boyunca, her gün 300 mg/kg dozda sarımsak özütü verildi.

3) Kontrol grubu (6 fare): Fareler deney süresi boyunca normal besinlerle beslendi.

4) 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü grubu (6 fare): Deney süresince farelere gavajla on gün boyunca, her gün 300 mg/kg dozda sarımsak özütü verildi.

Deney süresi sonunda fareler derin bir anestezide (ketamin-ksilazin) alındı. Anestezi sonrası farelerin diseksiyonu yapıldı ve bağırsaklar alındı.

Bağırsak koleksiyonu: Kontrol ve deney gruplarında yer alan farelerden alınan bağırsak örnekleri 2 ml'lik bir steril ependorf tüplere aktarılarak ve DNA ekstraksiyonuna kadar dik konumda -80°C'de muhafaza edildi.

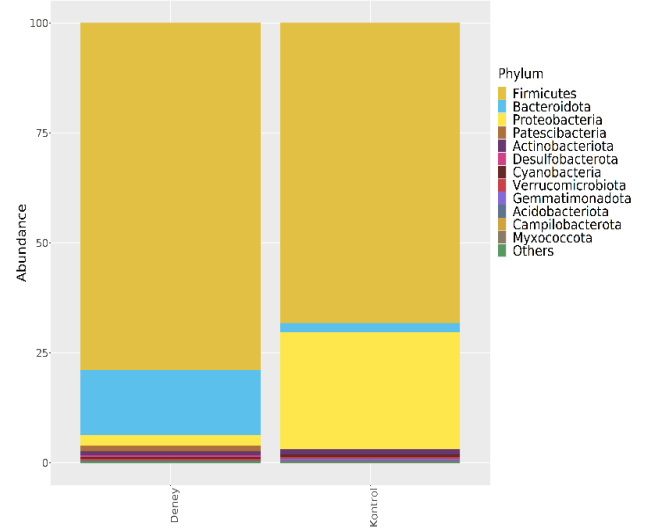
DNA Ekstraksiyonu: Bağırsak örneklerinden DNA ekstraksiyonu, ticari DNA ekstraksiyon ve saflaştırma kiti (QIAamp DNA Mini Kiti, Invitrogen™ Qubit™ dsDNA HS Assay Kiti) kullanılarak üretici firmanın talimatlarına göre gerçekleştirildi.

Mikrobiyota analizi: Bağırsak mikrobiyota analizi, literatürde bildirilen yöntemlere göre gerçekleştirildi (Ata vd, 2019). Bağırsak örneklerinden ekstrakte edilen DNA örnekleri, 16srRNA bölgesinin sadece V3-V4 bölgeleri amplifiye edildi. Analiz, Illumina HiSeq-2500 cihazı ile 16S Metagenomik Dizileme Illumina protokolüne göre gerçekleştirildi. Daha önceki çalışmalarda kullanılan ve bu bölgeyi hedef alan primerler, 16S Amplicon PCR F: 5'-TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCTACGGGNGGCWGCAG-3'R:5'GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVCGCCG3'GACTACHVCGCCG-3' kullanıldı. Ardından veriler gruplandırılarak biyoinformatik analizi gerçekleştirildi (Ata vd, 2019).

BULGULAR

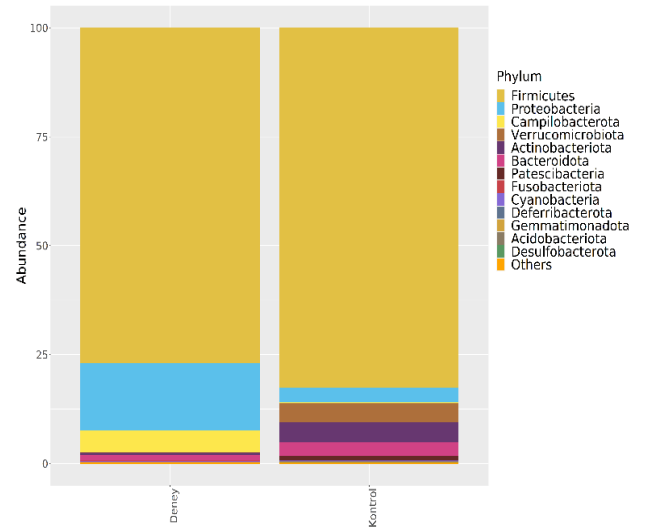
Çalışmada 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütünün 5 ve 10 günde bağırsak mikrobiyotası üzerine etkisi incelendi. Her iki deney grubu kontrol grupları ile kıyaslandı. Beş gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen farelerin bağırsak mikrobiyotasında kontrol grubuna kıyasla Firmicutes ve Bacteroidata filumlarının artış gösterdiği, kontrol grubunda ise deney grubuna göre Proteobacteria

filumunun anlamlı bir şekilde artış gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Beş gün boyunca *Allium sativum* L. özütü ile beslenen farelerin bağırsak mikrobiyotasında filum üzerine etkisi
Figure 1. Effect on the phylum in the intestinal microbiota of mice fed *Allium sativum* L. extract for five days.

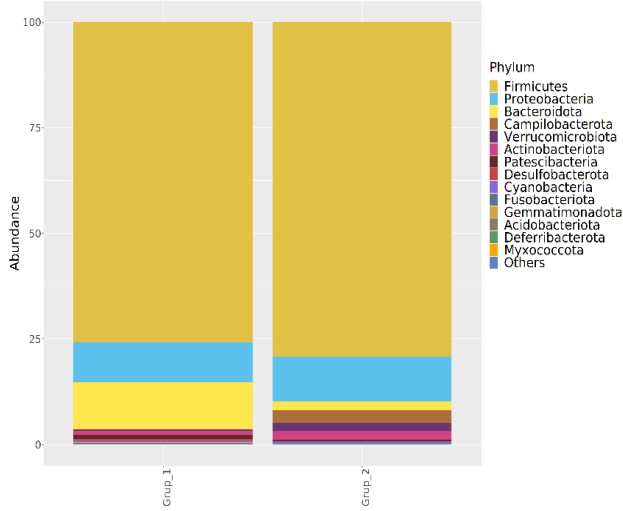
Diğer deney grubu 10 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen farelerin bağırsak mikrobiyotası kontrol grubu ile kıyaslandığında Firmicutes filumunun kontrol grubuna göre azaldığı fakat Proteobacteria ve Campilobacterota filumlarının artış gösterdiği bununla birlikte kontrol grubunda ise Verrucomicrobiota filumunun arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 10 gün boyunca *Allium sativum* L. özütü ile beslenen farelerin bağırsak mikrobiyotasında filum üzerine etkisi.
Figure 2. Effect on the phylum in the intestinal microbiota of mice fed *Allium sativum* L. extract for ten days.

Her iki deney grubunun bağırsak mikrobiyotası filum düzeyinde incelendiğinde, 10 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen grubun

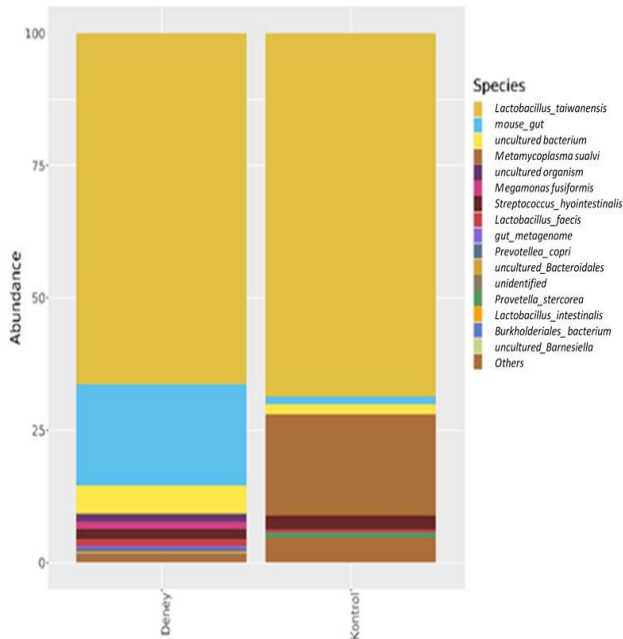
(Deney grubu 2), 5 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen gruba (Deney grubu 1) göre Firmicutes ve Proteobacteria filumlarının artış gösterdiği buna karşılık Bacteroidata filumunun ise azaldığı görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Deney grubu 1 ve 2 bağırsak mikrobiyotası filumlarının kıyaslanması.

Figure 3. Comparison of experimental group 1 and 2 intestinal microbiota phylum.

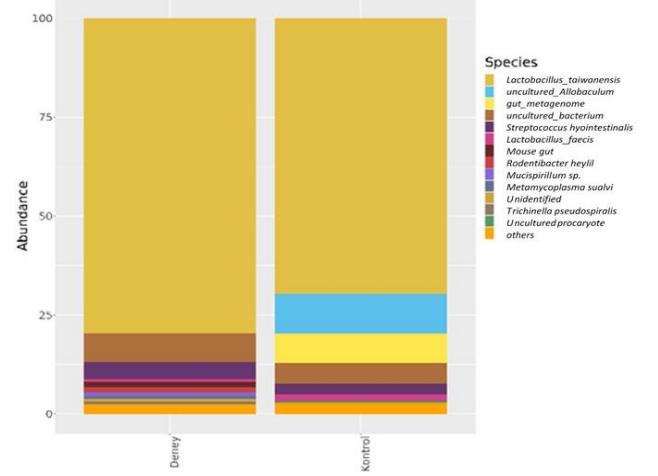
Bağırsak mikrobiyotası tür düzeyinde, 5 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen farelerin kontrol grubu ile kıyaslandığında; kontrol grubunda *Lactobacillus taiwanensis* türünün %85.6, deney grubunda ise %65.9 oranında olduğu ve kontrol grubunda bulunan *Metamycoplasma sualvi* türünün deney grubunda yer almadığı görüldü (Şekil 4).



Şekil 4. Deney grubu 1: Bağırsak mikrobiyotasında bakteri türleri.

Figure 4. Experimental group 1: Bacterial species in the intestinal microbiota.

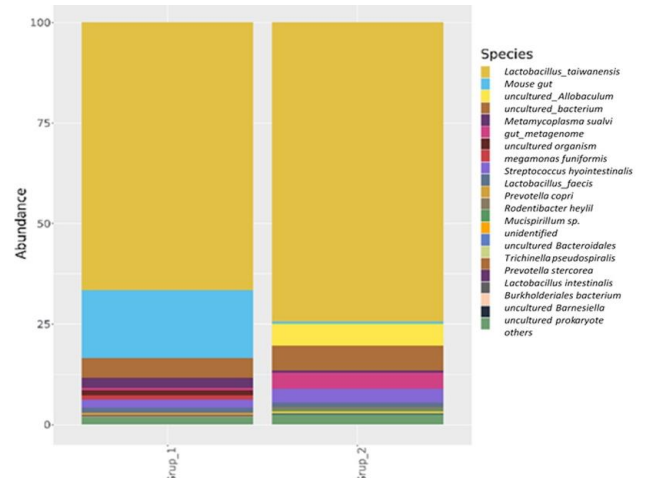
Diğer deney grubu olan 10 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen grup, kontrol grubu ile tür düzeyinde dağılımları kıyaslandığında; kontrol grubunda *L. taiwanensis* türünün %74.4, deney grubunda ise %82.4 oranında olduğu görüldü. Buna karşılık deney grubunda *Streptococcus hyointestinalis* türünün (%5.1) oranı, kontrol grubuna göre (%2,6) arttığı tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Deney grubu 2: Bağırsak mikrobiyotasında bakteri türleri.

Figure 5. Experimental group 2: Bacterial species in the intestinal microbiota.

Her iki deney grubu (Deney grubu 1: 5 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen grup; Deney grubu 2: 10 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen grup) kıyaslandığında; Deney grubu 1'de *L. taiwanensis* % 67.2 oranında bulunurken, 2. Deney grubunda ise %77,5 oranla artış gösterdiği bulunmuştur (Şekil 6). Bununla birlikte 1. Deney grubunda bağırsak mikrobiyotasında yer alan *Lactobacillus intestinalis* türünün ise çok az oranda (% 0,1), 2. deney grubuna göre artış gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 6. Deney grubu 1 ve 2 bağırsak mikrobiyotası bakteri türlerinin kıyaslanması.

Figure 6. Comparison of experimental group 1 and 2 intestinal microbiota bacterial species.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bağırsak mikrobiyotası, sağlıklı bir vücudun korunmasında önemli bir rol oynar (Chu vd, 2018). Bağırsak mikrobiyotasındaki değişiklikler veya dizbiyoza bazı hastalıkların ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır.

Son yıllarda tıbbi bitkiler, yüksek erişimleri ve nispeten daha az yan etkileri nedeniyle sentetik ilaçlardan daha popüler hale gelmiştir. Sarımsak ve biyoaktif bileşiklerinin anti-obeze, anti-enflamatuvar, antimikrobiyal, anti-skar dahil olmak üzere sağlık üzerindeki etkilerini göstermiştir (Negi vd, 2021; Zhao vd, 2021). Sarımsak alımı için herhangi bir standart yoktur. Günlük yaklaşık 1-2 diş sarımsak veya 4 gr bozulmamış sarımsak alımının sağlık açısından faydaları olabileceğini öne sürülmüştür. Ancak bu öneri bilimsel bir referansla kanıtlanmamıştır. Birçok yeni klinik çalışmada, kurutulmuş sarımsak tozunun günlük dozunun yaklaşık 900 mg olduğundan bahsetmiştir. 1 ila 7.2 g/gün arasında değişen yaşlı sarımsak ekstresi alımları başarıyla kullanılmıştır. İnsanlarda bağışıklık gelişimini gösteren çalışmalar, 1.8-10 g/gün kadar etkili olduğunu göstermiştir. İlginç bir şekilde, bu klinik çalışmalarda, yüksek dozlarda bile hiçbir ciddi toksik yan etki bildirilmemiştir (Rahman, 2007).

Bu çalışmada, 300 mg/kg doz sarımsak özütünün 5 ve 10. günlerde bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; 10 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütü ile beslenen grubun, diğer gruba göre hem filum hem de faydalı bakteriler olan bakteri *L. taiwanensis* artış göstermesi veya diğer laktobasil türlerinin görülmesi ve bu türlerin artış göstermesi etkili bir sonuca ulaştığı görülmüştür.

Ried ve arkadaşları çalışmamızdan farklı olarak 3 aylık sarımsak takviyesinin bağırsak mikrobiyotasındaki etkilerine bakmışlardır ve *Lactobacillus* ve *Clostridia* türlerinde belirgin bir artış ile daha yüksek mikrobiyal zenginlik ve çeşitlilik ile açıkça görülen bağırsak mikrobiyotasını iyileştirdiğini bildirmişlerdir (Ried vd, 2018). Farklı bir çalışmada, sarımsak takviyesinin, *Bifidobacterium* bolluğundaki artış ve *Bacteroides* bolluğundaki azalma ile ilişkilendirilmiştir ve bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı düzeye ulaşmasa da klinik olarak önemli olduğunu belirtmişlerdir (Ettehad-Marvasti vd, 2022). Chen ve ark., sarımsak takviyesinin bağırsak mikrobiyom çeşitliliğini artırırken *Prevotella*'nın nispi bolluğunu azalttığını gösterdi. Genel olarak, fare modelinde sarımsak takviyesinin bağırsak mikrobiyom bozukluğunu iyileştirebileceğini tespit etmişlerdir. Sarımsağın alkolik karaciğer fibrozunun neden olduğu bağırsak mikroflorası disbiyozunu tedavi etmek için kullanılabilir güçlü bir ajan olduğunu bildirmişlerdir (Chen vd, 2019). Bununla birlikte sarımsak özleri,

insanlarda ve hayvanlarda ishalin ana nedeni olan enterotoksijenik *E. coli* suşlarının ve diğer patojenik bağırsak bakterilerinin büyümesini engelledi. Sarımsağın antibakteriyel aktivitesinin yanı sıra, bakteriyel enfeksiyon tarafından üretilen toksinleri önlediği bildirilmiştir (Shokrzadeh vd, 2006).

Ayrıca çalışmalarda sarımsağın mide patolojilerini azaltmak için mükemmel bir önleyici ve koruyucu madde olduğu ve inflamatuvar bağırsak hastalığında IL-10 dereglasyonu yoluyla anti-inflamatuvar etkisi bulunduğu da bildirilmiştir (Ettehad-Marvasti vd, 2022; Arreola vd, 2015; Hodge vd, 2002). Bağırsak mikrobiyotası karmaşık ve dinamik bir mikrobiyal topluluk olarak genler, çevre ve bağışıklık sistemi arasında bir bağlantı olarak önemli bir rol oynar. Bazı çalışmalar sarımsak ve bileşenlerinin bağırsak mikrobiyota kompozisyonu üzerindeki faydalı etkisini kanıtlamıştır (Guillamón vd 2021; Merra vd, 2021; Gabriel vd, 2021).

Yapılan çalışmalarda olduğu gibi, sarımsağın bağırsak florasındaki bulunan faydalı mikroorganizma grupları üzerindeki etkilerini inceleyen bu çalışmada da sarımsağın, bağırsak mikrobiyotasının sağlığına katkıda bulunan faydalı mikroorganizmaların artışı sağladığı açıkça görülmüştür.

Sonuç olarak bu çalışmada *Allium sativum* L. özütünün bağırsak mikrobiyotasındaki faydalı mikroorganizma topluluğunun varlığı veya artışı ile bağırsak florasına katkı gösterdiği anlaşıldı. Çalışmada 10 gün boyunca 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütünün bağırsak sağlığı açısından yeterli görülmüştür. Ancak 300 mg/kg/gün *Allium sativum* L. özütünün uzun vadedeki bağırsak mikrobiyotasındaki çeşitliliği üzerine etkisinin incelenmesi, bununla birlikte kısa ve uzun vadedeki etkilerinin de kıyaslanması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Süleyman Demirel Üniversitesi BAP birimine bu çalışmayı (TAB-2022-8688 kodlu araştırma başlangıç projesi) destekledikleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ahmad, A.F., Dwivedi, G., O'Gara, F., Caparros-Martin, J. & Ward, N.C. (2019). The gut microbiome and cardiovascular disease: Current knowledge and clinical potential. *American journal of physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 317(5), 923-938.
- Arreola, R., Quintero-Fabián, S., López-Roa, R.I., Flores-Gutiérrez, E.O., Reyes-Grajeda, J.P., Carrera-Quintanar, L. & Ortuño-Sahagún D. (2015). Immunomodulation and anti-

- inflammatory effects of garlic compounds. *Journal of Immunology Research*, **13**, 401630.
- Ata, B., Yildiz, S., Turkgeldi, E., Brocal, V.P., Dinleyici, E.C., Moya, A. & Urman, B. (2019).** The endobiota study: comparison of vaginal, cervical and gut microbiota between women with stage 3/4 endometriosis and healthy controls. *Scientific Reports*, **9**, 2204.
- Clemente, J.C., Ursell, L.K., Parfrey, L.W. & Knight, R. (2012).** The impact of the gut microbiota on human health: An integrative view. *Cell*, **148**, 1258-1270.
- Carding, S., Verbeke, K., Vipond, D.T, Corfe, B.M. & Owen, L.J. (2015).** Dysbiosis of the gut microbiota in disease. *Microb. Ecol. Health Dis.*, **26**, 26191.
- Castellanos, N., Diez, G.G., Antúnez-Almagro, C., Bressa, C., Bailén, M., González-Soltero, R., Pérez, M. & Larrosa, M. (2020).** Key bacteria in the gut microbiota network for the transition between sedentary and active lifestyle. *Microorganisms*, **24**, 8(5), 785.
- Chen, Y., Zhou, J. & Wang, L. (2021).** Role and mechanism of gut microbiota in human disease. *Front Cell Infect Microbiol.*, **11**, 625913.
- Chen, K., Xie, K., Liu, Z., Nakasone, Y., Sakao, K., Hossain, M, et al. (2019).** Preventive effects and mechanisms of garlic on dyslipidemia and gut microbiome dysbiosis. *Nutrients*, **11**, 1225.
- Chu, F., Shi, M., Lang, Y., Shen, D., Jin, T., Zhu, J. & Cui, L. (2018).** Gut microbiota in multiple sclerosis and experimental autoimmune encephalomyelitis: Current applications and future perspectives. *Mediat. Inflamm*, 8168717.
- Ettehad-Marvasti, F., Ejtahed, H.S., Siadat, S.D., Soroush, A.R., Hoseini-Tavassol, Z., Hasani-Ranjbar, S. & Larijani, B. (2022).** Effect of garlic extract on weight loss and gut microbiota composition in obese women: A double-blind randomized controlled trial. *Front. Nutr.*, **9**, 1007506.
- Gabriel, N.N., Wilhelm, M.R., Habte-Tsion, H-M., Chimwamurombe, P. & Omoregie, E. (2021).** The effects of dietary garlic (*Allium sativum*) and aloe vera crude extract mixtures supplementation on growth performance, feed utilization, hematological parameters, whole body composition, and survival at low pH in African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Sci Afr.*, **11**, e00671.
- Graf, D., Di Cagno, R., Fak, F., Flint, H.J., Nyman, M., Saarela, M. & Watzl, B. (2015).** Contribution of diet to the composition of the human gut microbiota. *Microb. Ecol. Health Dis.*, **26**, 26164.
- Guillamón, E., Andreo-Martínez, P., Mut-Salud, N., Fonollá, J. & Baños, A. (2021).** Beneficial effects of organosulfur compounds from *Allium cepa* on gut health: A systematic review. *Foods*, **10**, 1680.
- Hodge, G., Hodge, S. & Han, P. (2002).** *Allium sativum* (garlic) suppresses leukocyte inflammatory cytokine production in vitro: potential therapeutic use in the treatment of inflammatory bowel disease. *Cytometry*, **48**(4), 209-215.
- Ilić, J.D., Nikolovski, B.G., Petrović, L.B., Kojić, P.S., Loncarević, I.S. & Petrović, J.S. (2017).** The garlic (*A. sativum* L.) extracts food grade W1/O/W2 emulsions prepared by homogenization and stirred cell membrane emulsification. *Journal of Food Engineering*, **205**, 1-11.
- Kim, S. & Jazwinski, S.M. (2018).** The gut microbiota and healthy aging: A mini-review. *Gerontology*, **64**(6), 513-520.
- Klement, R.J. & Paziienza, V. (2019).** Impact of different types of diet on gut microbiota profiles and cancer prevention and treatment. *Medicina*, **55**, 84.
- Ley, R.E., Peterson, D.A. & Gordon, J.I. (2006).** Ecological and evolutionary forces shaping microbial diversity in the human intestine. *Cell*, **124**, 837-848.
- Merra, G., Noce, A., Marrone, G., Cintoni, M., Tarsitano, M.G., Capacci, A., et al. (2021).** Influence of mediterranean diet on human gut microbiota. *Nutrients*, **13**, 7.
- Naji, K.M., Al-Shaibani, E.S., Alhadi, F.A., Al-Soudi, S.A. & D'Souza, M.R. (2017).** Hepatoprotective and antioxidant effects of single clove garlic against CCl4-induced hepatic damage in rabbits. *BMC Complement Altern Med.*, **17**, 411-422.
- Negi, H., Gupta, M., Walia, R., Khataibeh, M. & Sarwat, M. (2021).** Medicinal plants and natural products: More effective and safer pharmacological treatment for the management of obesity. *Curr. Drug Metab*, **22**, 918-30.
- Ouwehand, A., Kirjavainen, P., Grönlund, M.M., Isolauri, E. & Salminen, S. (1999).** Adhesion of probiotic micro-organisms to intestinal mucus. *Int. Dairy J.*, **9**, 623-630.
- Rahman, M.S. (2007).** Allicin and other functional active components in garlic: Health benefits and bioavailability. *International Journal of Food Properties*, **10**, 245-268.
- Rajilic-Stojanovic, M. & de Vos, W.M. (2014).** The first 1000 cultured species of the human

- gastrointestinal microbiota. *FEMS Microbiol. Rev.*, **38**, 996-1047.
- Ried, K., Travica, N. & Sali, A. (2018).** The effect of kyolic aged garlic extract on gut microbiota, inflammation, and cardiovascular markers in hypertensives: The GarGIC trial. *Front Nutr.*, **5**, 122.
- Rivlin, R.S. (2001).** Historical perspective on the use of garlic. *J. Nutr.*, **131**, 951-954.
- Sasi, M., Kumar, S., Kumar M, Thapa, S., Prajapati, U., Tak, Y., et al. (2021).** Garlic (*Allium sativum* L.) bioactives and its role in alleviating oral pathologies. *Antioxidants (Basel)*, **10**(11), 1847.
- Shang, A., Cao, S.Y., Xu, X.Y., Gan, R.Y., Tang, G.Y., Corke, H., Mavumengwana, V. & Li, H.B. (2019).** Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, **8**, 246.
- Shokrzadeh, M. & Ebadi, A.G. (2006).** Antibacterial effect of garlic (*Allium sativum* L.) on *Staphylococcus aureus*. *Pak. J. Biol. Sci.*, **9**, 1577-1579.
- Tang, W.H.W, Li, D.Y. & Hazen, S.L. (2019).** Dietary metabolism, the gut microbiome, and heart failure. *Nat Rev Cardiol*, **16**(3), 137-154.
- Yang, Q., Liang, Q., Balakrishnan, B., Belobrajdic, D.P., Feng, Q.J. & Zhang, W. (2020).** Role of dietary nutrients in the modulation of gut microbiota: A narrative review. *Nutrients*, **12**(2), 381.
- Zhao, X.X., Lin, F.J., Li, H., Li H-B, Wu, D.T., Geng, F., et al. (2021).** Recent advances in bioactive compounds, health functions, and safety concerns of onion (*Allium cepa* L.). *Front Nutr*, **8**, 669805.



Evaluation of Earthquake Impacts on Land Use and Land Cover (LU/LC) Using Google Earth Engine (GEE), Sentinel-2 Imageries, and Machine Learning: Case Study of Antakya

Neslisah CIVELEK^{1,2} Melis İNALPULAT^{2,3*} Levent GENÇ^{2,4}

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies, Department of Geographical Information Technologies, 17020, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart University, Computer-Agriculture-Environment-Planning (ComAgEnPlan) Study Group, 17020, Çanakkale, Türkiye

³Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Agricultural Remote Sensing Laboratory (AGRESEL), 17020, Çanakkale, Türkiye

⁴Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Architecture and Design, Department of Urban and Regional Planning, Land Use and Climate Change Laboratory (LUCCL) 17020, Çanakkale, Türkiye

Geliş/Received: 29.08.2023

Kabul/Accepted: 22.09.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Civelek, N. Inalpulat, M. & Genc, L. (2023). Evaluation of Earthquake Impacts on Land Use and Land Cover (LU/LC) Using Google Earth Engine (GEE), Sentinel-2 Imageries, and Machine Learning: Case Study of Antakya. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 642-650. <https://doi.org/10.35229/jaes.1349826>

Atif yapmak için: Civelek, N. Inalpulat, M. & Genc, L. (2023). Depremın Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü (AKAÖ) Üzerine Etkilerinin Google Earth Engine (GEE), Sentinel-2 Görüntüleri ve Makine Öğrenmesi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Antakya Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 642-650. <https://doi.org/10.35229/jaes.1349826>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7418-1666>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6077-7689>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0074-0987>

Abstract: Natural disasters, especially earthquakes, known to be the most devastating process that threatening human life, ecosystems, and land properties including land use and land cover (LU/LC). Understanding of such changes may help for rehabilitation processes, as well as presentation of baseline to develop management strategies for further steps. Remote sensing technologies have long been used for determination of change directions and magnitudes after earthquakes while development in cloud-based platforms provided users to avoid issues in storage and processing costs, effectively. In present study, it was aimed to determine LU/LC changes occurred around Antakya city of Hatay after February 06, 2023 and February 20, 2023 earthquakes, which caused serious losses. It is important to understand the immediate and short-term changes after earthquake events in different scales whereby there was a lack for the spatial information in the area, and among different scales performance of 10 m pixel size was evaluated, which is widely used to obtain valuable informations on the alternations in land surface properties subsequent to such events. In addition to the overall changes, the changes within 5 km zone from central coordinates were also investigated by considering individual subzones with 1 km width. One of the most widely used machine learning algorithm, random forest (RF), was used classify Sentinel-2 imageries via Google Earth Engine (GEE) platform. Accuracy assessment procedures were implemented to determine reliabilities of LU/LC₂₀₂₂ and LU/LC₂₀₂₃, and accuracies were found over 0.85. Investigation of overall changes have revealed that areas of forest (F) and cultivated fields (CF) were considerably decreased while concrete (C), natural vegetation (N) and water (W) areas have increased. Dispersal of collapse buildings resulted in increase of C class not only at city level, but also within each subzone of 5 km buffer zone. Classification of Sentinel-2 imageries through RF algorithm in GEE provided rapid and reliable results for determining changes in Antakya, may comprise a baseline for risk studies in the area, whereby periodically monitoring of further changes strongly suggested.

Keywords: Antakya, earthquake, GEE, LU/LC, machine learning, sentinel-2.

*Corresponding author's:

Melis İNALPULAT

Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Agricultural Remote Sensing Laboratory (AGRESEL), 17020, Çanakkale, Türkiye,

✉: melissacan@comu.edu.tr

Depremın Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü (AKAÖ) Üzerine Etkilerinin Google Earth Engine (GEE), Sentinel-2 Görüntüleri ve Makine Öğrenmesi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Antakya Örneği

Öz: Doğal afetler, özellikle depremler, insan hayatını, ekosistemleri, arazi kullanımı ve arazi örtüsü gibi arazi /özelliklerini tehdit eden en tahripkar süreçlerden biridir (AK/AÖ). Buna benzer değişimlerin anlaşılması rehabilitasyon süreçlerine yardımcı olmanın yanında sonraki aşamalar için yönetim stratejileri geliştirilmesi açısından bir başlangıç noktası sağlar. Depremler sonrasında değişimin yönü ve büyüklüğünün belirlenmesinde uzaktan algılama teknolojileri uzun zamandır kullanılmakta olup, buluta dayalı platformların geliştirilmesi bu anlamda kullanıcıların depolama ve işleme maliyeti sorunlarından kaçınmasını etkili bir şekilde sağlamıştır. Bu çalışmada, ciddi kayıplara yol açan 6 Şubat 2023 ve 20 Şubat 2023 depremlerinden sonra Hatay iline bağlı Antakya'da meydana gelen AK/AÖ değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Depremlerin hemen ardından ve kısa dönemde gerçekleşen değişimlerin anlaşılması önemli olup, çalışma alanında yersel bilgilere ilişkin eksiklikler vardır ve farklı ölçekler arasında, afetler sonrasında arazi yüzeyi değişimlerinin belirlenmesinde önemli bilgiler

***Sorumlu yazar:**

Melis INALPULAT
 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat
 Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama
 Bölümü, Tarımsal Uzaktan Algılama
 Laboratuvarı (AGRESEL), 17020,
 Çanakkale, Türkiye
 ✉: melissacan@comu.edu.tr

elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan 10 m piksel büyüklüğünün performansı değerlendirilmiştir. Bunun yanında, merkez koordinatlarından 5 km uzağı kapsayan zon içerisinde meydana gelen değişimler 1 km genişliğindeki alt zonlar gözetilerek incelenmiştir. Sentinel-2 görüntülerinin Google Earth Engine (GEE) ile sınıflandırılmasında en çok kullanılan makine öğrenmesi algoritmalarından bir olan rassal orman (RO) algoritması kullanılmıştır. AK/AÖ₂₀₂₂ ve AK/AÖ₂₀₂₃ güvenilirliklerinin belirlenmesi için doğruluk analizi prosedürleri uygulanmış, ve doğruluklar 0.85'in üzerinde bulunmuştur. Genel değişimlerin incelenmesi betonarme (B), doğal vejetasyon (D) ve su (S) alanların artarken orman (O) ve tarım (T) alanlarının dikkate değer şekilde azaldığını göstermiştir. Çöken binaların dağılışı yalnızca şehir düzeyinde değil, 5 km tampon zor içerisindeki her bir alt zon içerisinde B sınıfı artışı ile sonuçlanmıştır. Sentinel-2 görüntülerinin RO algoritması ile GEE'nde sınıflandırılması Antakya'da meydana gelen değişimlerin belirlenmesinde hızlı ve güvenilir sonuçları vermiş olup, bölgede yapılacak risk çalışmaları için altlık teşkil edebilecektir ve gelecekteki değişimlerin periyodik olarak izlenmesi şiddetle önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: AK/AÖ, Antakya, Deprem, GEE, Makine Öğrenmesi, Sentinel-2.

INTRODUCTION

Earthquakes are one of the most devastating disasters for many areas of the world. Severe earthquakes known to result in physical, economic, and social detriments in a certain area, which may significantly impact human life and activities (Ozyavuz et al., 2016; Yavasoglu and Varol Ozden, 2017). As it was mentioned by Ozcelik et al. (2023), preventing earthquake events is not possible while determination of vulnerable zones and considering the sensitivities in planning and management strategies provides avoiding from detrimental effects. Comprehensive and holistic approaches may help to minimize losses against such disasters, and may provide more dependable settlement areas, as well as more effective recovery process. On the other hand, rapid determination of the magnitude of the disaster has great importance. Moreover, monitoring of the post-disaster processes within periodical intervals may provide better understanding of the achievements in renewal and enhancement steps. As it was mentioned by Portillo and Moya, (2023), immediate determination of the earthquake damage presents the major challenge since rapid determination may help to increase survival rates by fastening the actions in the impacted area. In this context, remote sensing technologies present valuable tools and datasets not only in determining extents and recovery status of the impacted areas through land use and land use and land cover (LU/LC) (Joshi et al., 2021), but also for management of sources, disaster reliefs, and emergency regimes (Yan et al., 2018). There are various satellites and airborne systems consisted of different spectral, spatial, temporal and radiometric resolutions, which can be used for evaluating the amount of detriments all over the world. Among these satellite systems, Sentinel-2 provides a strong alternative by being free of charge, having relatively high spatial and temporal resolution. Moreover, different image processing software have developed for this purpose, whereby Google Earth Engine (GEE), one of the well-known cloud-based platforms, widely used for detection of changes in LU/LC statuses (Velastegui Montoya et al., 2022). In the last

decades, use of machine learning algorithms for LU/LC classification became highly prevalent in different studies, whereby random forest (RF) reported to be most preferred algorithm in GEE-based studies (Amani et al., 2020), which is an ensemble method that combines many classification and regression trees (Breiman, 2001; Loukika, 2021).

Türkiye known to located within an important earthquake zone. Due to existence of active fault lines, the country cited to be highly fragile against quakes, and listed in high-risk category (Guner, 2020). Historical records have shown that various earthquakes have occurred in the known history, and caused death of thousands of people, together with serious financial losses. As it is well known, the most recent and destructive earthquakes occurred in Pazarcık (Mw7.7) and Elbistan (Mw7.6) districts of Kahramanmaraş Province on February 06, 2023, and in Hatay Province (Mw6.4) on February 20, 2023, caused over 50 thousand deaths, and great amount of property loss including more than 300 thousand collapsed buildings (Gokceoglu, 2023). Therefore, determination of the changes between impacted areas is significant. Different studies have conducted in the area using remote sensing techniques to determine the effects of earthquake in different aspects and purposes. For instance, a study was conducted within the impacted region from Kahramanmaraş Earthquakes for designating distribution of co-seismic surface ruptures using high-resolution Maxar and GF-2 satellite data (Gao et al., 2023). Levin (2023) used nightly VIIRS Black Marble product of VNP46A1 to assess the impact of earthquake events on artificial nighttime lights in the same area. Yuan et al. (2023) examined the distribution of alternations in night time lights using daily data of NOAA-20 VIIRS NTL. Urban building damage in Kahramanmaraş was identified using Sentinel-1 data SAR change detection by Wang et al., (2023). An et al., (2023) used Sentinel-2 imageries for determination directions of horizontal deformation, and Sentinel-1 and ALOS-2 data for extracting the range and azimuth offsets to assess vertical change in the impacted area. Gkoukoustamos et al., (2023) determined ground deformation of the impacted area through Sentinel-2

imageries and image matching algorithm of normalized cross correlation.

The aim of present study is related to identification of the change in LU/LC status in one of the most impacted areas, Antakya city of Hatay Province, Türkiye using Sentinel-2 imageries and GEE platform. The changes in areas of main LU/LC classes, namely forest (F), water (W), cultivated fields (CF), concrete areas (C), and natural vegetation (N) were investigated in the whole district and within the 5 km zone around the city center to achieve the aim of the study.

MATERIAL AND METHOD

The study was conducted around centre of Antakya District, which is the second biggest district of Hatay Province, Türkiye, covering a survey area of 60 thousand ha. The central coordinates of the district are 36°14'40"N and 36°12'3"E. Typical Mediterranean Climate is dominant in the area, whereby the average annual temperatures range between 15.1°C and 20.0°C. Many agricultural products can grow in the area due to suitability of climate, together with

soil and terrain conditions. On the other hand, the area has faced with three severe earthquake events in February, 2023. Reports have shown that more than 20 thousand people died, and over 55 thousand buildings collapsed as results of the earthquakes. Since the highest losses are occurred around the main settled area, the changes within 5 km buffer zone from the city center that consisted of individual subzones with 1 km intervals were also investigated to evaluate the change amounts in different parts of the residential areas. The area of 5 km zone was 7845 ha, while the subzone areas are ranged from 314 ha to 2825 ha, respectively (Table 1). The locations of Hatay and Antakya city centre in Turkey, and different zones with 1 km distance from each other have shown in Figure 1.

Table 1. Properties of investigated zone/subzones.

Zone Code	Coverage (km)	Survey Area (ha)
0-5	0-5 km	7845
1 st	0-1 km	314
2 nd	1-2 km	941
3 rd	2-3 km	1569
4 th	3-4 km	2196
5 th	4-5 km	2825

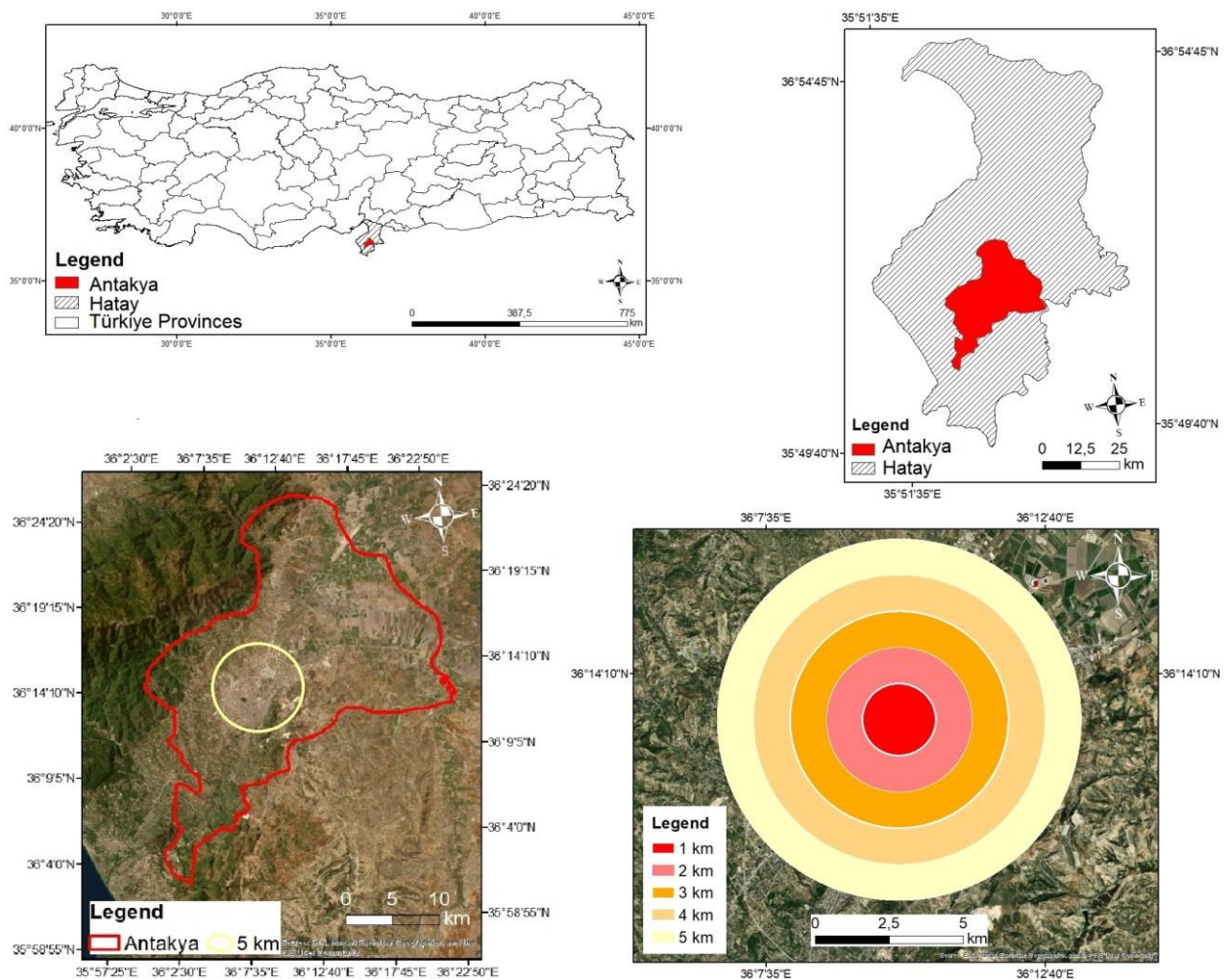


Figure 1. Location of 5 km zone around city center in Antakya District, Hatay Province, Turkey

Satellite Data: Sentinel-2 imageries were used as the main data in the study, which have 13 bands covering different regions of electromagnetic spectrum at different spatial resolutions. The images were selected depending on the acquisition month of different years to ensure similar conditions for avoiding the effects that may source from different illumination, cultivation pattern and climate conditions. The cloud cover threshold was determined as 20%. Pre-earthquake LU/LC status was evaluated through March 16, 2022 imagery. Meanwhile, post-earthquake LU/LC status was determined using the image acquired on March 11, 2023. The visible, near-infrared, and shortwave-infrared bands were used in the study.

Image Processing, Classification and Accuracy Assessment: Prior to the classification, the spatial resolutions of used bands were fixed at 10 m through resampling method. The RF algorithm, one of the most widely used machine learning algorithms for classification, was used to obtain LU/LC maps to evaluate pre-earthquake (LU/LC₂₀₂₂) and post-earthquake (LU/LC₂₀₂₃) statuses of Antakya District. Five main LU/LC types were considered including F, W, CF, C, and N classes. Training samples were collected from each class to implement RF classification procedures through GEE.

Subsequent to the classification, accuracy assessments were conducted using randomly selected reference points (Table 2). The overall accuracy (OA) and overall kappa (OK) values were calculated. In addition to OA (Eq. 1) and OK (Eq. 2), user's accuracy (UA) (Eq. 3) and producer's accuracy (PA) (Eq. 4) of each class were also evaluated to be confident on the reliability of class level accuracies. Steps of the study has summarized as flowchart in Figure 2.

Table 2. Number of reference points for each LU/LC maps.

Class	LU/LC ₂₀₂₂	LU/LC ₂₀₂₃
F	164	146
W	173	140
CF	350	324
C	384	316
N	140	187
Total	1211	1113

$$OA = \frac{\sum NoCCP}{\sum NoRp} \times 100 \quad (Eq. 1)$$

$$OK = \frac{P_o - P_C}{1 - P_C} \quad (Eq. 2)$$

$$UA = \frac{\sum NoCCPLULC}{\sum NoRPLULC} \times 100 \quad (Eq. 3)$$

$$PA = \frac{\sum NoCCP}{\sum NoCPLULC} \times 100 \quad (Eq. 4)$$

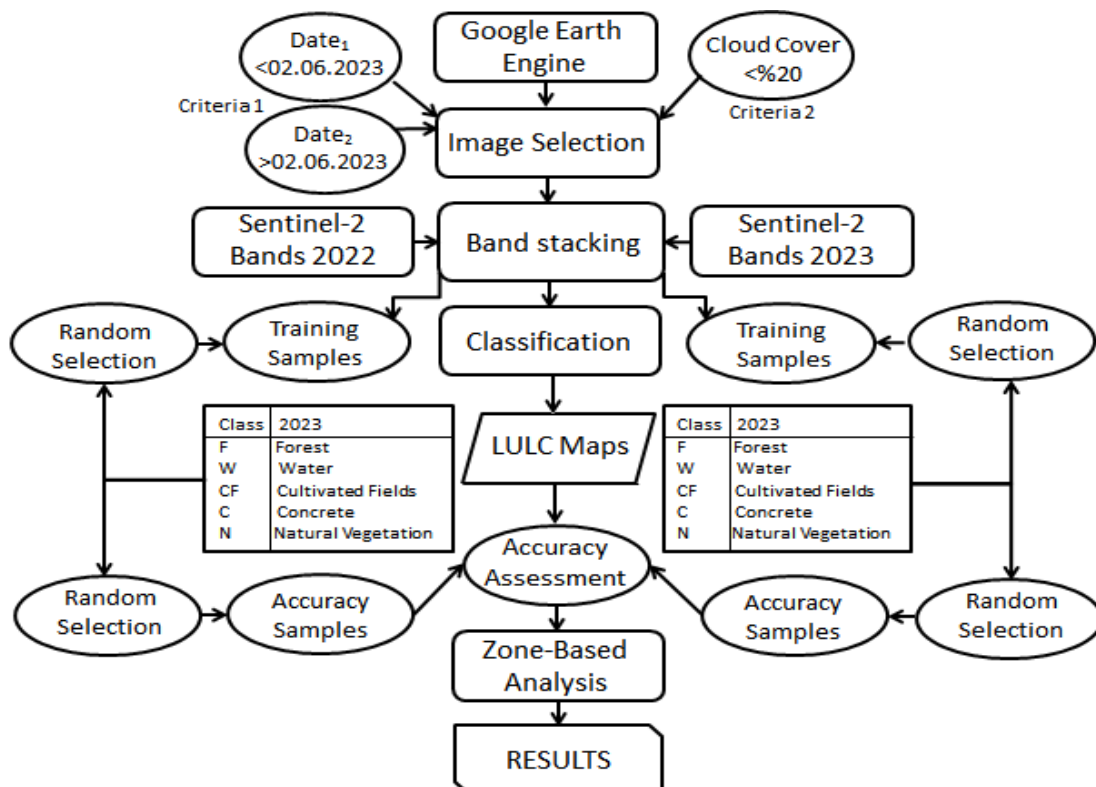


Figure 2. Implemented steps in the study.

RESULTS

Accuracy of Produced Maps: As it is well documented in many studies, K values known to range

between 0-1 (Cohen, 1960), and categorized in different agreement levels by Landis and Koch, (1977). Accordingly, 0.00-0.20 indicates slight agreement, 0.21-0.40 represents fair agreement, 0.41-0.60 designates

moderate agreement, 0.61-0.80 shows substantial agreement, and 0.81–1.00 presents almost perfect agreement levels, respectively. In another point of view, accuracy values over threshold of 0.75 denoted to represent good classifications (Bharatkar and Patel, 2013). In present study, the OA and K values of LU/LC₂₀₂₂ were calculated as 0.88 and 0.85, respectively (Table 3). The OA and K of LU/LC₂₀₂₃ were slightly lower when compared to LU/LC₂₀₂₂ with values of 0.87 and 0.83 by the same order. Depending on the definitions of different K ranges, both pre- and post-earthquake LU/LC maps can be considered as almost perfect agreement level. Moreover, as it can be seen from Table 2, the UA and PA of each class were over the threshold value of 0.75 for pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses of the area. Therefore, findings have demonstrated that the RF classifications were strongly reliable.

Overall LU/LC Changes: The term land use refers to how physical land features on Earth's surface are used by human, while land cover is defined as physical land features covering the earth surface like water bodies, forest, agricultural land (Anderson et al., 1976). The study

considers both terms since natural disasters have great impact on both the use and cover of the land. The pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses of the study area are given in Figure 3a and 3b, respectively. Visual analysis has shown that there are noticeable alternations in classes. The most probable reasons for such changes in cities have reported to arise from exploit of population, lack of coordination, and improper developments in infrastructure (Balamurugan and Aravind, 2015). As it was noted by Demirkesen, (2012), the area is one of the most precise coastal ecosystem areas against earthquakes, covered by fertile plains, erosion induced mountains, volcanic sedimentary and tectonic rock structures, which may help to understand the underlying reasons for magnitude of the changes.

Table 3. Accuracies and Kappa values of LU/LC₂₀₂₂ and LU/LC₂₀₂₃.

Class	LU/LC ₂₀₂₂		LU/LC ₂₀₂₃	
	UA	PA	UA	PA
F	0.91	0.93	0.89	0.91
W	0.97	0.99	0.98	0.94
CF	0.79	0.89	0.80	0.81
C	0.93	0.87	0.93	0.93
N	0.90	0.77	0.73	0.74
OA	0.88		0.87	
OK	0.85		0.83	

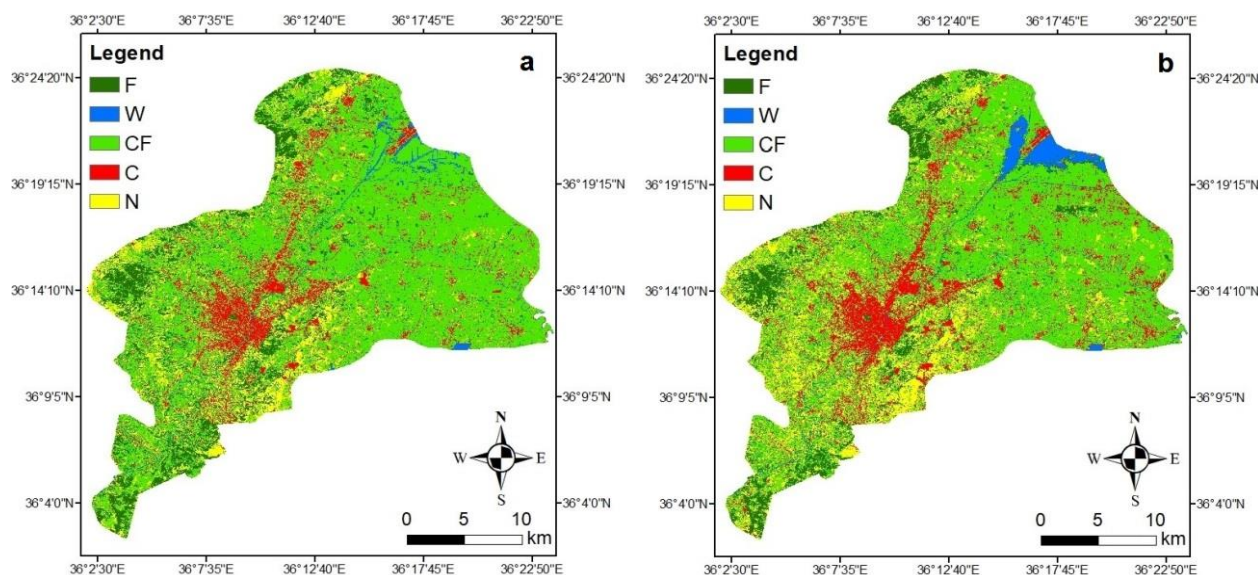


Figure 3. a. Pre-earthquake map (LU/LC₂₀₂₂), and b. post-earthquake map (LU/LC₂₀₂₃) including F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

Depending on the LU/LC₂₀₂₂ and LU/LC₂₀₂₃, the pre-earthquake and post-earthquake areas (ha) of each class, and the amount of change were calculated (Figure 4). The LU/LC₂₀₂₂ demonstrated that the majority of the area was covered by CF areas, and it was followed by F, N, C and W classes, respectively. The areas of W, C, and N classes were increased, while there were considerable decreases in F, and particularly, CF class. Therefore, the order of coverage area was altered as CF, N, C, F and W in the post-earthquake status of LU/LC₂₀₂₂. Area of F class decreased from 8638 ha to 6890 ha with a reduction of

1748 ha. The change in the F areas sourced from fall of trees due to the severity of the disaster and some landslides, whereby comparable result was reported by Chen and Nhakatsugawa, (2021) in Japan. As another noticeable result, water has logged into agricultural lands in the northeastern part of the district due to increased water level after the earthquake, and thus, area of W class seemed to expand. The W area increased by 853 ha and reached to 1740, which was 887 in the same month of previous year, 2022. Similar situation for increased water level was reported by Yoshii et al., (2013), against the earthquakes in

Chile and Japan, which occurred in 2010 and 2011, respectively. On the other hand the C class seemed more dispersed and covering wider area in comparison with pre-earthquake status of 2022 as another conspicuous result of the disaster, which is caused by collapse of buildings, as well as transport of debris to other spaces out of the urbanized area, whereas C areas changed from 6355 ha to 8445 ha with an increase of 2100 ha. Furthermore, this transport process generally led to accumulation of refuse materials of collapse buildings on fertile lands, which reduces CF areas in return. As another important point for the CF areas, agricultural activities are probable to be impeded due to water damage of increased level, especially salty water (Roy et al., 2014). As one of the most observable situation the highest decrease amount seen in CF class areas with a reduction of 3592 ha that was 37583 ha before decreasing to 33991 ha. Conversely, a relative increase has occurred in areas of N class due to lack of cultivation and maintenance activities in some C areas, where the C pixels previously surrounded by N ones, as Lee et al., (2002) has mentioned similar situations in Korea. A considerable increase occurred in N class with 2388 ha, which was priory 8576 ha and reached to 10964 ha. The increase in N area can be connected to decrease in F areas as a result of earthquake (Chen and Nhakatsugawa, 2021).

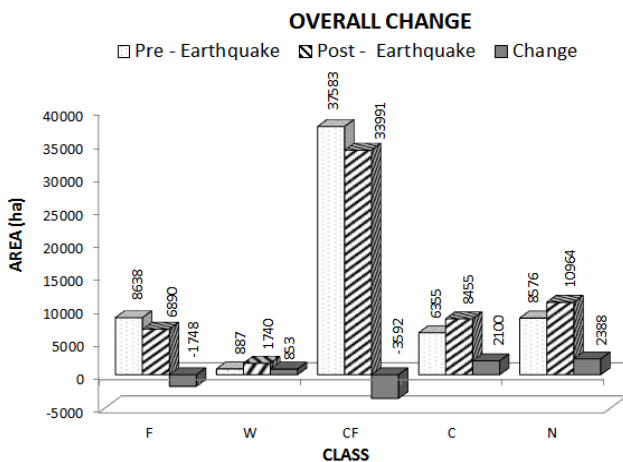


Figure 4. Overall changes in pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses for F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

LU/LC Changes in 0-5 km Zone and Subzones:

The major LU/LC class in terms of coverage area seemed to be CF in the 0-5 km zone according to pre-earthquake status of LU/LC₂₀₂₂, whereas C class comprised the seconder majority, and followed by N, F and W classes, respectively. However, post-earthquake LU/LC₂₀₂₃ status was quite different since the dispersion in C areas resulted in drastic increase in coverage of C, and became dominant in the area. Investigation of the changes within the zone between 0 and 5 km around the city centre has revealed that the directions of the changes in the LU/LC types were

mostly similar to overall changes in Antakya, except the decreases in W (7 ha) and N (80 ha) class areas (Figure 5). Moreover, reduction of F and CF classes were 210 ha and 267 ha, respectively. In addition to the drastic changes in F and CF classes, the most remarkable change was the increase of C areas by 562 ha. The CF class presented main source for the new C areas in 0-5 km zone. However, a part of the C increase has potential to be sourced from actual expansion of the city within the one year period, particularly in the outer sites of 2022 year urban growth boundaries. Thence, for more precise investigation of earthquake-related changes around the settled areas, changes were evaluated considering individual subzones with 1 km intervals in the further steps (Figure 6a-e).

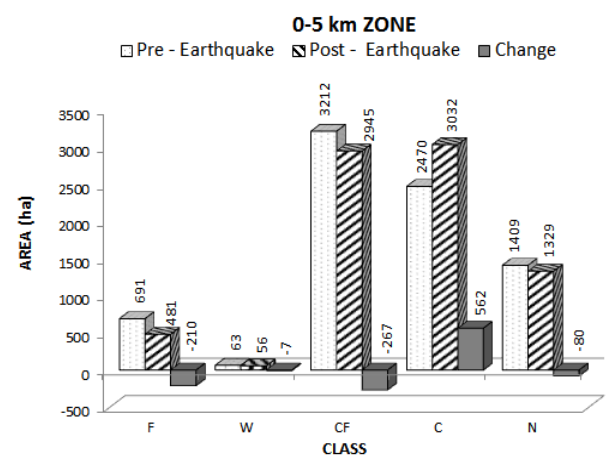


Figure 5. The changes in 0-5 km zone of pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses for F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

Figure 6-10 represents the LU/LC changes in different subzones around city center. Findings have demonstrated that major part of the 1st subzone, which involves 1 km distance from the central coordinates, was covered by C areas, which is an expected situation since the center of the subzone identical to coordinates of central Antakya. The C class coverage was followed by C, CF, N, F, and W class areas, respectively. In comparison to LU/LC₂₀₂₂, the areas of F, W, CF, and N classes were decreased by 11 ha, 2 ha, 2 ha, and 23 ha in the 1st subzone, respectively. The increment in C class was 38 ha, simultaneously, while the increase has sourced from the dispersion of collapsed buildings. N class seemed to be comprised majority of recent C areas in 0-1 km subzone (Figure 6). The dominant class was C in the 2nd subzone that covering 1 km to 2 km apart from the central coordinates. The areas of C and CF were highly close to each other. When the changes are evaluated, similar situations have found with the 1st subzone. However, the amounts of decrease in CF and increase in C were more obvious with the values of 38 ha and 94 ha, respectively. Furthermore, F, W and N class areas were reduced by 17 ha, 2 ha and 38 ha, with the same order. Contrary to first

subzone, both CF and N classes were accounted for new C areas with identical decrease amount (Figure 7). The order of class areas in 3rd subzone were coherent with the 2nd one in the pre-earthquake period, and stayed the same after the earthquake. On the other hand, the severity of reductions in F (24 ha), C (52 ha) and N (54 ha) classes was increased in the 3rd subzone, while C areas increased by 133 ha (Figure 8). The N class found to be the major source for new C areas within this subzone. Since the outer zones are more close to F, CF and N areas, the order of the area dominance significantly alters from C to CF classes in the 4th subzone of LU/LC₂₀₂₂. However, C class became dominant in LU/LC₂₀₂₃. The change in C class has the highest value with 156 ha, while decreases in F, W, C, and N classes were 55 ha, 1 ha, 102 ha, and 2 ha, respectively, whereby majority of new C areas were converted from CF class (Figure 9). Finally, there were reductions in F (103 ha), W (1 ha) and CF (73 ha) classes, whereas areas of C and N classes were increased by 141 ha and 35 ha, respectively. Together with F areas, CF presented new places for C and N areas in the subzone (Figure 10).

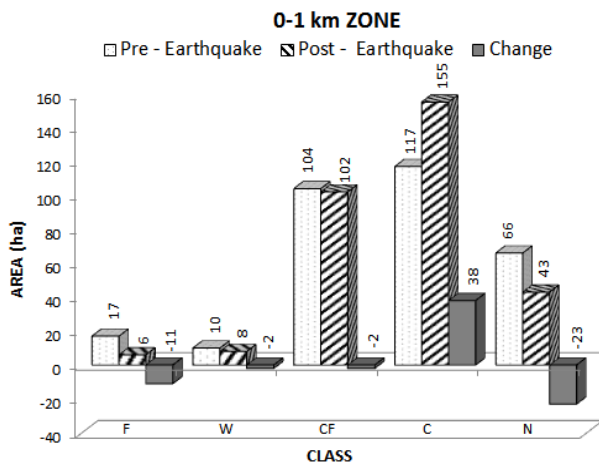


Figure 6. The changes in 0-1 km zone of pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses for F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

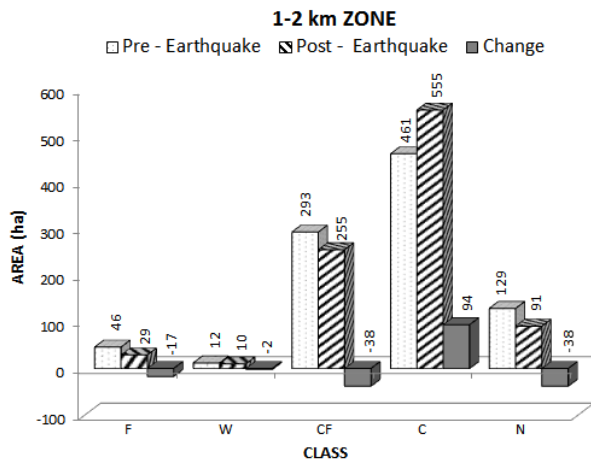


Figure 7. The changes in 1-2 km zone of pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses for F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

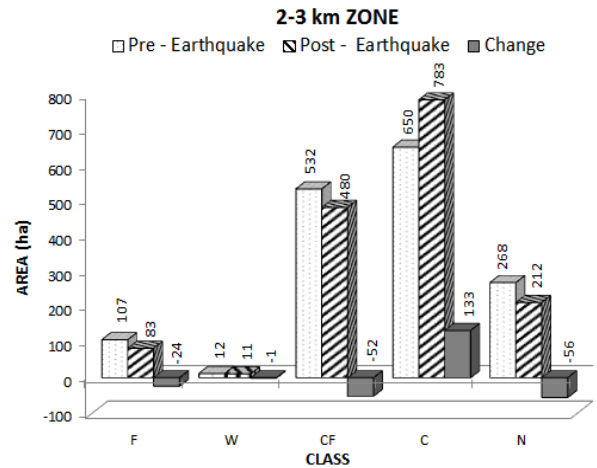


Figure 8. The changes in 2-3 km zone of pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses for F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

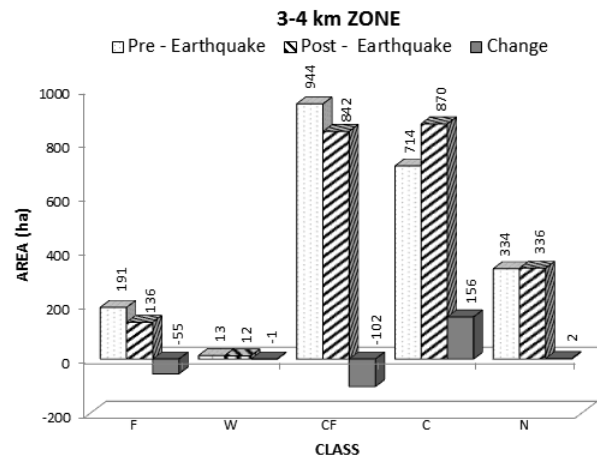


Figure 9. The changes in 3-4 km zone of pre-earthquake and post-earthquake LU/LC statuses for F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

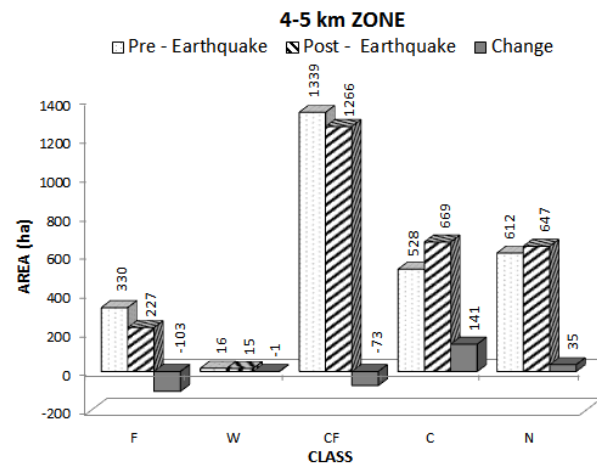


Figure 10. The changes in 4-5 km zone of pre-earthquake and post-earthquake LULC statuses for F (forest), W (water), CF (cultivated fields), C (concrete), and N (natural vegetation).

CONCLUSION

Present study aimed to investigate LU/LC changes in Antakya to assess the impacts of earthquake on LU/LC status within different buffer zones. Depending on

the accuracy results, it can be said that Sentinel-2 imageries can be reliably use for such purposes with high accuracy even under complex dispersal conditions, and using GEE enabled achieving more rapid change and accuracy results while reducing the efforts of labor and storage. Moreover, it was seen that the most observable change was the drastic decrease in CF class area in the city. In comparison, the increase in C areas within 0-5 km zone around the city center seemed more conspicuous. Evaluation of the changes in different subzones provided better understanding of the effects of collapsed buildings on different parts of the central area. Evaluating LU/LC changes after earthquake events provides linking complementary points of disaster management, sustainable development and durability goals. The rehabilitation of the area through socio-economic development can be promoted by adopting appropriate management strategies by considering the underlying reasons of the unforeseen destruction, while aiming the restoration of both human and ecology relate processes. In conclusion, the study believed to present a baseline for researchers from different disciplines, as well as local and regional authorities. However, continuous and more detailed monitoring of the area is strongly suggested to assess the rehabilitation processes for all ecosystems.

REFERENCES

- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S.A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S.M., Moghaddam, S.H.A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q. & Brisco, B. (2020).** Google Earth Engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, **13**, 5326-5350.
- An, Q., Feng, G., He, L., Xiong, Z., Lu, H., Wang, X. & Wei, J. (2023).** Three-dimensional deformation of the 2023 Turkey Mw 7.8 and Mw 7.7 earthquake sequence obtained by fusing optical and SAR images. *Remote Sensing*, **15**, 2656.
- Balamurugan, G. & Aravind, S.M. (2015).** Land use land cover changes in pre- and post-earthquake affected area using Geoinformatics-Western Coast of Gujarat, India. *Disaster Advances*, **8**(4), 8313.
- Bharatkar, P.S. & Patel, R. (2013).** Approach to accuracy assessment tor RS image classification techniques. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, **4**(12), 79-86.
- Breiman, L. (2001).** Random forests. *Mach. Learn.*, **45**, 5-32.
- Chen, Y. & Makoto, N. (2021).** Analysis of changes in land use/land cover and hydrological processes caused by earthquakes in the Atsuma River Basin in Japan. *Remote Sensing*, **13**, 13041.
- Cohen, J. (1960).** A Coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, **20**, 37-46.
- Demirkesen, A.C. (2012).** Multi-risk interpretation of natural hazards for settlements of the Hatay province in the east Mediterranean Region,Turkey using SRTM DEM. *Environ. Earth Sci.*, **65**, 1895-1907.
- Gkougkoustamos, J., Krassakis, P., Kalogeropoulou, G. & Parcharidis, I. (2023).** Correlation of ground deformation induced by the 6 February 2023 M7.8 and M7.5 earthquakes in Turkey inferred by Sentinel-2 and critical exposure in Gaziantep and Kahramanmaras cities. *GeoHazards*, **4**, 267-285.
- Gokceoglu, C. (2023).** 6 February 2023 Kahramanmaraş - Türkiye earthquakes : A general overview. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLVIII-M-1-2023 39th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE-39) "From Human Needs to SDGs"*, 24-28 April 2023, Antalya, Türkiye, 417-424.
- Gou, Y., Li, H., Liang, P., Xiong, R., Chaozhong, H. & Xu, Y. (2023).** Preliminary report of coseismic surface rupture (part) of Turkey's MW7.8 earthquake by remote sensing interpretation. *Earthquake Research Advances*, 100219. DOI: [10.1016/j.eqrea.2023.100219](https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2023.100219)
- Guner, B. (2020).** A periodical approach to earthquake damages in Turkey; 3 periods, 3 earthquakes. *Eastern Geographical Review*, **25**(43), 139-152.
- Joshi, G., Natsuaki, R. & Hirose A. (2021).** Multi-sensor satellite-imaging data fusion for earthquake damage assessment and the significant features. *7th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)*. 1 November 2021, 1-6.
- Landis, J.R. & Koch, G.G. (1977).** The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, **33**(1), 159-174.
- Lee, C.S., You, Y.H. & Robinson, G.R. (2002).** Secondary succession and natural habitat restoration in abandoned rice fields of central Korea. *Restor. Ecol.*, **10**, 306-314.
- Levin, N. (2023).** Using night lights from Space to assess areas impacted by the 2023 Turkey earthquake. *Remote Sensing*, **15**, 2120.
- Loukika, K.N., Keesara, V.R. & Sridhar, V. (2021).** Analysis of land use and land cover using machine learning algorithms on Google Earth Engine for Munneru River Basin, India. *Sustainability*, **13**, 13758.
- Ozcelik, A.E., Corbaci, O.L. & Yuksek, T. (2023).** Spatial analysis of green areas located in affected cities by the Kahramanmaras centered earthquake according to earthquake susceptibility with Geographical Information Systems. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **8**(3), 273-282.
- Ozyavuz, M., Donmez, Y. & Corbaci, O.L. (2016).** Natural disaster management availability of open

and green areas; example of earthquake park. *Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu (DAAYS'16)*, 2-4 Mart 2016, Karabük, Türkiye.

- Portillo, A. & Moya, L. (2023).** Seismic risk regularization for urban changes due to earthquakes: A case of study of the 2023 Turkey earthquake sequence. *Remote Sens.*, *15*, 2754.
- Roy, K., Sasada, K. & Kohno, E. (2014).** Salinity status of the 2011 Tohoku-oki tsunami affected agricultural lands in Northeast Japan. *International Soil and Water Conservation Research*, *2*(2), 40-50.
- Velastegui Montoya, A., Rivera Torres, H., Herrera Matamoros, V., Sades, L. & Pacheco Quevedo, R. (2022).** Application of Google Earth Engine for land cover classification in Yasuni National Park, Ecuador. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 17-22 July 2022, Kuala-Lumpur, Malaysia, 6376-6379.
- Vizzari, M. (2022).** Planetscope, Sentinel-2, and Sentinel-1 data integration for object-based land cover classification in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, *14*(11), 2628.
- Yan, Z., Huazhong, R. & Desheng, C. (2018).** The research of building earthquake damage object-oriented change detection based on ensemble classifier with remote sensing image. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 22-27 July 2018, Valencia, Spain, 4950-4953.
- Yavasoglu, F. & Varol Ozden C.(2017).** Using geographic information systems (GIS) BASED analytic hierarchy process (AHP) earthquake damage risk analysis: Kadikoy case. *Turkish Science Research Foundation*, *10*(3), 28-38.
- Yuan, Y., Wang, C., Liu, S., Chen, Z., Ma, X., Li, W., Zhang, L. & Yu, B. (2023).** The changes in nighttime lights caused by the Turkey–Syria earthquake using NOAA-20 VIIRS Day/Night band data. *Remote Sensing*, *15*, 3438.
- Yoshii, T., Imamura, M., Matsuyama, M., Koshimura, S., Matsuoka, M., Mas, E. & Jimenez, C. (2012).** Salinity in soils and tsunami deposits in areas affected by the 2010 Chile and 2011 Japan Tsunamis. *Pure and Applied Geophysics*, *170*(6-8), 1047-1066.



Effect of Environmental Factors on Preweaning Growth Traits of Morkaraman Lambs

Ferda KARAKUŞ*

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University, 65080 Van, Türkiye

Geliş/Received: 19.09.2023

Kabul/Accepted: 16.11.2023

Yayımlanmış/Published: 31.12.2023

How to cite: Karakuş, F. (2023). Effect of Environmental Factors on Preweaning Growth Traits of Morkaraman Lambs. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 651-657. <https://doi.org/10.35229/jaes.1362722>

Atıf yapmak için: Karakuş, F. (2023). Morkaraman Kuzularının Sütten Kesim Öncesi Büyüme Özellikleri Üzerine Çevresel Faktörlerin Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 651-657. <https://doi.org/10.35229/jaes.1362722>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9107-1079>

*Corresponding author's:

Ferda KARAKUŞ
Department of Animal Science, Faculty of
Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University,
65080 Van, Türkiye.
✉: fkarakus@yyu.edu.tr

Abstract: The aim of this study was to analyze the environmental factors impacting preweaning growth traits in Morkaraman herds and to categorize weaning weight using the Gaussian mixture regression model. The mean live weights of lambs at birth, 60th, and 90th day (weaning) were determined to be 3.97 kg, 17.94 kg, and 24.92 kg, respectively. The effect of lambing years on live weights at all ages was quite significant ($p<0.001$). The effect of dam age on birth ($p<0.01$), 60th day ($p<0.001$), and weaning weight ($p<0.001$) was also highly significant. Male lambs were superior to females in terms of birth weight ($p<0.001$), 60th day ($p<0.01$), and weaning weight ($p<0.001$). Birth type was only found to have a significant effect on birth weight ($p<0.001$). Additionally, it was determined that the weaning weights could be categorized according to districts using the Gaussian mixture regression model. As a result, knowing the effects of environmental factors on the growth traits of lambs, which are effective in the emergence of genetic potential, can provide important contributions to the strategies of breeding and management.

Keywords: Morkaraman, lamb, growth traits, environmental factors.

Morkaraman Kuzularının Sütten Kesim Öncesi Büyüme Özellikleri Üzerine Çevresel Faktörlerin Etkisi

Öz: Bu çalışmanın amacı, Morkaraman sürülerinde sütten kesim öncesi büyüme özelliklerini etkileyen çevresel faktörleri incelemek ve Gauss karışım regresyon modelini kullanarak sütten kesim ağırlığını kategorize etmektir. Kuzuların doğum, 60. ve 90. gün (sütten kesim) ortalama canlı ağırlıkları sırasıyla 3.97 kg, 17.94 kg ve 24.92 kg olarak belirlendi. Kuzulama yılının tüm yaşlardaki canlı ağırlıklar üzerindeki etkisi oldukça önemli bulundu ($p<0.001$). Ana yaşının doğum ($p<0.01$), 60. gün ($p<0.001$) ve sütten kesim ağırlığı ($p<0.001$) üzerindeki etkisi de oldukça önemliydi. Erkek kuzular doğum ağırlığı ($p<0.001$), 60. gün ($p<0.01$) ve sütten kesim ağırlığı ($p<0.001$) bakımından dişilerden daha üstündü. Doğum tipinin yalnızca doğum ağırlığı üzerinde anlamlı bir etkisi bulundu ($p<0.001$). Ayrıca, Gauss karışım regresyon modeli kullanılarak sütten kesim ağırlıklarının ilçelere göre kategorize edilebileceği belirlendi. Sonuç olarak, genetik potansiyelin ortaya çıkmasında etkili olan çevresel faktörlerin kuzuların büyüme özellikleri üzerindeki etkilerinin bilinmesi, ıslah ve yönetim stratejilerine önemli katkılar sağlayabilir.

*Sorumlu yazar:

Ferda KARAKUŞ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Zootekni Bölümü, 65080 Van,
Türkiye
✉: fkarakus@yyu.edu.tr

Anahtar kelimeler: Morkaraman, kuzu, büyüme özellikleri, çevresel faktörler.

INTRODUCTION

Growth traits are a good indicator of the animal's ability to adapt to current environmental conditions. The rapid growth rate is used as a selection criterion as it

determines the meat-producing capacity of animals up to the marketing age. Growth traits are greatly influenced by genetic and non-genetic factors (Lalit Malik et al., 2016). Due to its positive genetic correlation with subsequent live

weights, birth weight is important as an early measurable trait. On the other hand, the most crucial economic factor affecting the financial success of industrial sheep flocks is weaning weight (Mellado et al., 2016).

In general, growth from birth to weaning influences post-weaning development and mature or slaughter weight. The high average daily gain before weaning is an indicator of the genetic potential of the developing lamb and the mothering ability of the ewe. However, it is very important to consider the effects of maternal and environmental factors in addition to genetic potential on birth weight and early growth characteristics (Assan, 2020). Many studies have shown the significant effects of non-genetic environmental factors such as lamb's sex, birth type, birth year, birth season, and dam age on the growth of lambs (Maraveni et al., 2018; Ali et al., 2020; Behrem, 2021; Ehsaninia, 2021; Noyan & Ceyhan, 2021; Hagan et al., 2022).

Economically important traits such as live weight gain, egg, milk, and meat production are quantitative and continuously variable traits (Núñez-Torres & Almeida-Secaira, 2022). Quantitative traits show continuous variation due to many small-acting genes and environmental factors that cause individuals of the same genotype to have different phenotypes. For this reason, animals cannot be divided into classes with strict limits in terms of quantitative characteristics (Pollak, 2001; Toghiani, 2012). On the other hand, it has been shown in various studies that animals can be subdivided according to identifiable and stable phenotypes in terms of quantitative traits (Kebede & Gebretsadik, 2010; Yeşilova et al., 2016; Kebede et al., 2019; Garcia-Baccino et al., 2021).

Garcia-Baccino et al. (2021) reported that in practice, there may be situations where the population is a mixture of n different groups that are known to exist physically, and mixture models can be applied when there is a group structure in the data. In mixture modeling, which has been used in many fields in recent years, firstly, the data set is considered heterogeneous, and the heterogeneity is eliminated by dividing the data set into homogeneous subgroups within itself. Compared to cluster and factor analysis, the first advantage of the mixture model calculates the probability that each animal belongs to which subgroup, and the second advantage is to perform a separate regression analysis for each sub-group (Yeşilova et al., 2008; 2016; Kebede et al., 2019; Garcia-Baccino et al., 2021).

Since they have a long history of adaptability and exceptional gene-environment interactions that aid in survival, local sheep breeds are important genetic resources (Arzik et al., 2022). One of Türkiye's most important local fat-tailed sheep breeds, Morkaraman sheep are raised in the Eastern Anatolia Region. Morkaraman with multi-purpose is primarily bred for meat yield. This breed is known for its robust adaptation to various unfavorable environmental

conditions (Kopuzlu et al., 2014; Şahin & Kopuzlu, 2022). Although there are studies investigating the environmental factors affecting preweaning growth in Morkaraman lambs, there is no report on the analysis using the mixed model. The purpose of this study was to investigate the environmental factors affecting preweaning growth traits in Morkaraman herds and to classify the weaning weight using the Gaussian mixture regression model.

MATERIAL AND METHOD

Study area and flock management: The experimental procedures were approved by Van Yüzüncü Yıl University Ethical Committee on Animal Experimentation (reference no 2023/07-24). The animal material of this study consisted of Morkaraman sheep raised in enterprises involved in the Morkaraman Breed Sheep Breeding Sub-Project (TAGEM/04MOR2013-01) implemented in Ağrı Province in Eastern Türkiye. The study area is located between 39° 43' 7" N latitude and 43° 3' 3" E longitude. The altitude of the province is 1640 m above sea level, and the annual average rainfall is 521.8 mm.

In the enterprises from which data were obtained in the study, the mating season takes place in September-October, and lamb births occur in February-March. During the breeding period, in addition to pasture, rams, and sheep are given grass straw and crushed barley in the morning and evening. Sheep with lambs are housed separately and fed with the concentrate feed and roughage. During the pasture period starting from April, sheep only benefit from the pasture. The lambs are accustomed to feeding at about two weeks of age and are fed with grower feed and alfalfa hay until they come out to pasture.

Lambs are housed with their mothers until weaning at an average of 90 days of age. During the pasture period, they are kept with their mothers in the evenings and suckled. The lambs are grazed in the pasture between May and July and no additional feeding is done during this period. In late July-September, the lambs are fed with alfalfa hay and crushed barley until they are sold.

Data collection: The newborn lambs were weighed within 12 to 24 h of birth and ear-tagged for identification. Data were recorded for the birth weight and weaning weight at about 90 days of age of 18297 Morkaraman lambs born from 2020 to 2022. Environmental factors affecting the preweaning growth included birth year, age of the dam, gender, and birth type. The 60th and 90th day weights of the lambs were calculated by the linear interpolation method. Weaning weight was corrected for 90 days, which is the mean weaning day of the animals.

Statistical analysis: The effects of some environmental factors on the growth traits of lambs such as birth year, age of the dam, gender, and birth type were

analyzed by the Least Squares Means method in the GLM procedure of the Statistical Analysis System software. Significant differences among means were examined using Duncan's multiple range tests. The statistical model used for the growth traits was:

$$Y_{ijklm} = \mu + a_i + g_j + c_k + d_l + b_m (x_{ijklm} - \bar{x}) + e_{ijklm}$$

Where;

Y_{ijklm} = Birth and weaning weight of the lamb,

μ = overall mean,

a_i = the effect of lambing year ($i=2020, 2021, 2022$),

g_j = the effect of dam ages ($j=1, 2, 3, 4, 5, \geq 6$)

c_k = the effect of gender ($k=1, 2$; male, female),

d_l = the effect of birth type ($l=1, 2$; single, twin),

b_m = linear regression coefficient of birth weight on

weaning weight

x_{ijklm} = individual birth weight of the lamb

\bar{x} = mean birth weight

e_{ijklm} = the random residual error.

Information criteria are used to estimate the number of components in a Gaussian mixture model. The two most used information criteria are the Akaike information criteria (AIC) and the Bayesian information criteria (BIC) (Shirinkam et al., 2020). The smallest AIC and BIC criteria were used to determine the number of homogeneous subgroups of the 90th day live weight of the lambs according to the villages where the study was carried out, thus it was determined that 3 homogeneous sub-groups could be formed (Table 1).

Table 1. Model selection criteria for sub-groups.

Sub-groups	Selection Criteria*	
	BIC	AIC
Model with one sub-group	108973.217	109211.401
Model with two sub-groups	106558.941	106856.183
Model with three sub-groups	106402.849	106449.544
Model with four sub-groups	107541.028	107613.718

* Lowest BIC and AIC values explain the best model.

It was determined that the AIC and BIC concordance statistics decreased until the three-subgroup model and then increased. Therefore, fit criteria after the 4-subgroup model were not given. Thus, lambs were divided into 3 sub-groups homogeneous within themselves and heterogeneous among themselves, in terms of body weight on the 90th day in 4 different villages.

RESULTS

The least squares mean, standard errors, and multiple comparison test results regarding the effects of some systematic environmental factors on growth from birth to weaning in Morkaraman lambs are given in Table 2. The mean birth weight, 60th day, and weaning weights of Morkaraman lambs were 3.97 kg, 17.94 kg, and 24.92 kg, respectively.

Lambing year: The effect of lambing years on live weights from birth to weaning was highly significant ($p<0.001$). Lambs born in 2022 were significantly heavier at birth than lambs born in 2020 and 2021. However, lambs born in the last lambing year (2022) could not maintain their superiority in terms of birth weight at later ages. Lambs born in 2020 had a significantly higher 60th day and weaning weight than those born in later years ($p<0.001$).

Table 2. Least-squares means (\pm s.e.) for growth traits of Morkaraman lambs (kg).

Factors	Birth weight		60 th day weight		Weaning weight	
	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$
Overall mean	18297	3.97 \pm 0.01	17720	17.94 \pm 0.03	17720	24.92 \pm 0.04
Lambing year		***		***		***
2020	6069	3.55 \pm 0.03 ^c	5961	19.99 \pm 0.07 ^a	5961	28.00 \pm 0.10 ^a
2021	6171	3.60 \pm 0.03 ^b	5924	17.31 \pm 0.06 ^c	5924	23.98 \pm 0.09 ^c
2022	6057	3.89 \pm 0.03 ^a	5835	17.48 \pm 0.06 ^b	5835	24.24 \pm 0.10 ^b
Dam age		**		***		***
1	151	3.59 \pm 0.06 ^a	148	19.66 \pm 0.26 ^a	148	27.51 \pm 0.40 ^a
2	3852	3.72 \pm 0.03 ^b	3720	18.01 \pm 0.06 ^b	3720	25.02 \pm 0.09 ^b
3	3509	3.68 \pm 0.03 ^{bc}	3412	17.99 \pm 0.06 ^b	3412	24.99 \pm 0.09 ^b
4	3114	3.70 \pm 0.03 ^{bc}	2998	17.83 \pm 0.06 ^c	2998	24.76 \pm 0.09 ^c
5	2879	3.70 \pm 0.03 ^{bc}	2811	17.98 \pm 0.06 ^{bc}	2811	24.99 \pm 0.10 ^{bc}
≥ 6	4792	3.71 \pm 0.06 ^{bc}	4631	18.11 \pm 0.05 ^b	4631	25.18 \pm 0.08 ^b
Gender		***		**		**
Male	9051	3.72 \pm 0.03 ^a	8764	18.31 \pm 0.06 ^a	8764	25.47 \pm 0.09 ^a
Female	9246	3.64 \pm 0.03 ^b	8956	18.22 \pm 0.06 ^b	8956	25.35 \pm 0.09 ^b
Birth type		***				
Single	15287	4.05 \pm 0.01 ^a	14812	18.15 \pm 0.05	14812	25.24 \pm 0.07
Twin	3010	3.48 \pm 0.02 ^b	2908	18.38 \pm 0.08	2908	25.58 \pm 0.11
Regression (Lin.)						
Birth weight		-		0.331 \pm 0.037 ^{***}		-0.003 \pm 0.056

a, b, c: Means values with different letters are significant. **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$

Dam age: The results of this study indicated that the lowest birth weight was obtained from 1-year-old mothers, while 2-year-old dams had heavier lambs at birth (3.59 kg vs. 3.72 kg, $p<0.01$). At the same time, lambs of 1-year-old dams had a statistically lower birth weight than lambs of 4-, 5-, and 6-years old dams. For birth weight, the

difference between the lambs of the 2- and 3-year-old dams was also significant. The effect of dam age on the 60th day ($p<0.001$) and weaning weight ($p<0.001$) was also found to be highly significant. While the lambs of 1-year-old dams had the highest 60th day and weaning weight, the

lowest body weights for both periods were determined in the lambs of 4-year-old dams ($p < 0.001$).

Gender: The mean birth weight for male and female lambs was 3.72 kg and 3.64 kg, respectively ($p < 0.001$). Male lambs were also heavier than female lambs on the 60th day ($p < 0.01$) and weaning ($p < 0.01$).

Birth type: A highly significant ($p < 0.001$) difference was found between single and twin lambs at birth. Single lambs were 0.57 kg heavier compared with twin lambs. However, since single lambs could not reflect the difference in birth weight, no significant difference was found between single and twin lambs in terms of 60th day and weaning weight.

The linear regression effect of birth weight: The regression coefficient of birth weight on the 60th day

weight was found as 0.331. The linear regression effect of birth weight was found to be significant only at day 60. On the other hand, the regression coefficient for weaning weight was estimated as -0.003, which was quite different from day 60.

Distribution of districts according to weaning weight: Table 3 and Figure 1 shows the distribution of 4 districts to sub-groups in terms of weaning weight according to the Gaussian mixture regression model. Weaning weight was determined as 23.868 kg in subgroup 1, 34.850 kg in sub-group 2, and 44.212 kg in sub-group 3. In sub-group 3, which includes the lambs with the highest weaning weight, the highest rate was determined in the Merkez district, and the lowest rate was determined in the Eleşkirt district.

Table 3. Distribution of sub-groups and districts according to weaning weight of lambs.

Sub-groups	Mean	Eleşkirt	Hamur	Merkez	Tutak
		n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
1	23.868	3042 (97.13%)	4353 (96.63%)	7769 (86.08%)	1004 (94.99%)
2	34.850	85 (2.71%)	137 (3.04)	1105 (12.24%)	46 (4.35)
3	44.212	5 (0.16%)	15 (0.33)	152 (1.68%)	7 (0.66%)

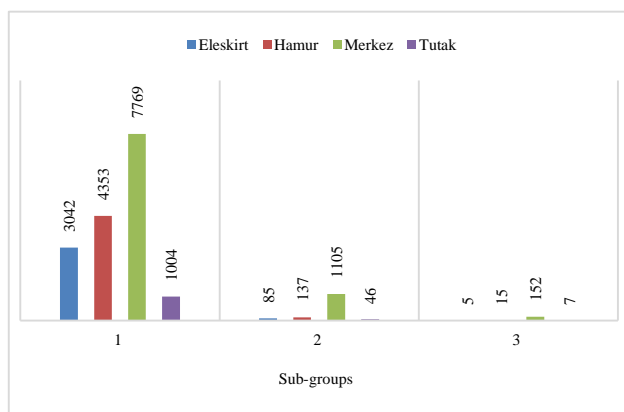


Figure 1. Distribution of districts into sub-groups according to weaning weight of lambs.

DISCUSSION

When compared with the overall mean values of the growth traits given in Table 1, the live weights of Morkaraman lambs at birth, 60th and 90th days were lower than the values reported for Hemsin lambs (Sarı et al., 2014) but higher than the values reported for Savak Akkaraman lambs (Yağcı et al., 2018). Additionally, it was found that compared to some other local sheep breeds, Morkaraman lambs had lower birth weights and higher weaning weights on the 90th days (Şireli et al., 2015; Behrem, 2021; Keçici et al., 2021).

The lambing year was one of the main factors affecting growth traits from birth to weaning in Morkaraman lambs. There were statistically highly significant differences ($p < 0.001$) among the lambing years in all growth periods. Lambs born in the first lambing year

of this study (2020) weighed 4.02 and 3.76 kg more at weaning than lambs born in the following years (2021 and 2022), respectively ($p < 0.001$). Many studies revealed the effect of year on live weights at different ages of lambs (Akhtar et al., 2012; Keçici et al., 2021; Sharif et al., 2022; Tesema et al., 2022; Balasundaram et al., 2023). According to reports, the effect of lambing year on live weight at various ages is caused by variations in climate, nutrition, management, and hygiene from year to year, which mostly have an impact on lambs directly or indirectly through their dams (Baneh & Hafezian, 2009; Abbas et al., 2010). On the other hand, Shibab et al. [32] reported that there was no significant effect of year on birth and weaning weight in local and Turkish Awassi sheep.

The significant variations in growth traits of lambs born from dams between the ages of 1 to ≥ 6 were observed in the current study. The lambs with the lowest birth weight were obtained from the 1-year-old dams, while the 2, 4, 5 and ≥ 6 years old dams produced the lambs with the highest birth weight ($p < 0.01$). Consistent with the study findings, Sharif et al. (2022) reported that, unlike younger ewes, mature and older ewes spend most of their energy on fetal development, resulting in larger lambs at birth. The statistically significant effect of dam age on preweaning growth continued and lambs from 1-year-old dams performed much better at day 60 ($p < 0.001$) and weaning ($p < 0.001$) compared to lambs from older dams. Kelman et al. (2022) stated that factors such as maternal ability, milk production, and colostrum composition may be responsible for the effect of young dams on lamb weight. Contrary to the study findings, the growth

performance of Rahmani and Chios lambs (Abbas et al., 2010), Awassi lambs (Özbeyaz et al., 2018), and different meat type lambs (Kader Esen & Elmacı, 2021) were not affected by dam age.

Morkaraman male lambs were superior to females in terms of birth weight, 60th day, and weaning weight. The mean differences between the genders were found to be statistically significant ($p < 0.001$ and $p < 0.01$), although not much. In many studies on different sheep breeds, the effect of gender, as one of the macro-environmental factors, on birth and body weight at various ages was found to be significant (Abbas et al., 2010; Selvi & Üstüner, 2021; Bozgüllü & Macit, 2022; Sharif et al., 2022). The body composition and muscular development of male and female lambs varies, and male lambs tend to deposit most of their muscle mass in the chest area, which may explain the differences between the genders (Málková et al., 2020). On the other hand, Kuchtik & Dobes (2006) concluded that the effect of gender on body weight was not significant at birth, 30th and 70th days.

In this study, single-born lambs were heavier than twin-born lambs at birth ($p < 0.001$). The birth weight difference (0.57 kg) between single and twin Morkaraman lambs was found to be lower than values reported for different sheep breeds (Alarşlan & Aygün, 2019; Olfaz et al., 2019; Noyan & Ceyhan, 2021; Sharif et al., 2022). On the other hand, the effect of birth type on weight at the 60th day and weaning was insignificant. No differences were also reported for Hemsin (Sarı et al., 2014) and Awassi (Hızlı & Yazgan, 2021) lambs in the same growth periods. Contrary to study findings, in the Irish sheep breed population, single-born lambs were determined to have the heaviest birth, preweaning, and weaning weights ($p < 0.001$) compared to multiple births (McGovern et al., 2020).

In the regression analysis performed in the study, there was a highly significant relationship between birth weight and day 60 ($p < 0.001$), but no significant effect of birth weight on weaning weight was found. These two variables were negatively (-0.003) correlated. Contrary to this study, linear regression of birth weight on weaning weight was found to be 2.58 ($p < 0.01$) in Kıvrıkcık lambs (Cemal et al., 2005) and 0.19 ($p < 0.01$) in Awassi sheep (Şahin, 2022).

According to the Gauss mixture regression model (Table 3), the district with the highest number of lambs with a weaning weight below the overall mean (23.868 kg, sub-group 1) was Eleskirt with 97.13%, while it was in Merkez district the least with 86.08%. Merkez district also had the highest rate in sub-groups 2 and 3 (12.24% and 1.68%, respectively), which included lambs with above-average weaning weight. The higher rate of lambs with higher weaning weight in the Merkez district compared to the other three districts may have resulted from better

selection planning, feeding and management practices as well as better environmental conditions in sheep in this district. With Gaussian mixture regression model used in this study, it was shown that Anatolian buffaloes can be divided into three subgroups according to their lactation milk yield. The effects of lactation period, dam age, and villages on lactation milk yield were found to be statistically significant in sub-group 1 with the highest average lactation milk yield ($p < 0.01$).

CONCLUSION

As a result of the study, it was determined that the preweaning growth traits of Morkaraman lambs were affected by environmental factors. Since the income of the breeder depends on the sale of non-breeding lambs weaned in the enterprises where the study is carried out, birth weight and weaning weight or preweaning live weight gain is important as a measure of growth traits. Lambing year, dam age and gender had statistically significant ($p < 0.01$, $p < 0.001$) effects on birth weight, 60th day, and weaning weight, whereas birth type only influenced birth weight. In addition, as another result of the study, it was seen that the Gaussian mixture regression model could be used in categorizing the weaning weights according to the districts.

Environmental factors, which have been identified as the main sources of variation in the growth traits of lambs, play an important role in the expression of genetic potential (Rahimi et al., 2014). Knowing the environmental factors affecting birth and weaning weights will also contribute to breeding and management strategies.

ACKNOWLEDGEMENTS

The data used in this study were obtained within the scope of Morkaraman breed sheep breeding sub-project. I would like to thank the Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Agricultural Research and Policies for their support in the project.

REFERENCES

- Abbas, S.F., Abd Allah, M., Allam, F.M. & Aboul-Ella, A.A. (2010). Growth performance of Rahmani and Chios lambs weaned at different ages. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(7), 1583-1589.
- Akhtar, M., Javed, K., Abdullah, M., Ahmad, N. & Elzo, M.A. (2012). Environmental factors affecting preweaning growth traits of Buchi sheep in Pakistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(3), 529-536.

- Alarşlan, E. & Aygün, T. (2019).** Determination of growth and some morphological traits of Kıvrıkcık lambs in Yalova. *Journal of Animal Production*, **60**(1), 39-50. DOI: [10.29185/hayuretim.556669](https://doi.org/10.29185/hayuretim.556669)
- Ali, A., Javed, K., Zahoor, I. & Anjum, K.M. (2020).** Analysis of non-genetic and genetic influences underlying the growth of Kajli lambs. *South African Journal of Animal Science*, **50**(4), 613-625. DOI: [10.4314/sajas.v50i4.13](https://doi.org/10.4314/sajas.v50i4.13)
- Arzik, Y., Kizilaslan, M., White, S.N., Piel, L.M.W. & Cinar, M.U. (2022).** Estimates of genomic heritability and genome-wide association studies for blood parameters in Akkaraman sheep. *Scientific Reports*, **12**, 18477. DOI: [10.1038/s41598-022-22966-8](https://doi.org/10.1038/s41598-022-22966-8)
- Assan, N. (2020).** Effect of genetic and non-genetic factors on growth traits in goats and sheep production. *Scientific Journal of Zoology*, **9**(1), 106-122. DOI: [10.14196/sjz.v9i1.539](https://doi.org/10.14196/sjz.v9i1.539)
- Balasundaram, B., Thiruvankadan, A.K., Murali, N., Muralidharan, J., Cauveri, D. & Peters, S.O. (2023).** Genetic parameters of growth traits and quantitative genetic metrics for selection and conservation of Mecheri sheep of Tamil Nadu. *Animals*, **13**, 454. DOI: [10.3390/ani13030454](https://doi.org/10.3390/ani13030454)
- Baneh, H. & Hafezian, S.H. (2009).** Effects of environmental factors on growth traits in Ghezel sheep. *African Journal of Biotechnology*, **8**(12), 2903-2907.
- Behrem, S. (2021).** Effects of environmental factors growth traits of Akkaraman sheep in Çankırı province. *Livestock Studies*, **61**(1), 22-27.
- Bozgüllü, Ö. & Macit, M. (2022).** Morkaraman ırkı kuzuların mer'ada performans özelliklerinin belirlenmesi. *Palandöken Journal of Animal Science, Technology and Economics*, **1**(1), 24-32.
- Cemal, İ., Karaca, O. & Altın, T. (2005).** Live weights of Kıvrıkcık ewes and lambs in some periods under extensive management conditions. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, **29**, 1329-1335.
- Ehsaninia, J. (2021).** Estimates of (co)variance components and genetic parameters for pre-weaning body weight traits and Kleiber ratio in Sangsari sheep breed. *Italian Journal of Animal Science*, **20**(1), 918-927. DOI: [10.1080/1828051X.2021.1908860](https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1908860)
- Garcia-Baccino, C.A., Marie-Etancelin, C., Tortereau, F., Marcon, D., Weisbecker, J.L. & Legarra, A. (2021).** Detection of unrecorded environmental challenges in high-frequency recorded traits, and genetic determinism of resilience to challenge, with an application on feed intake in lambs. *Genetics Selection Evolution*, **53**(4), 1-14. DOI: [10.1186/s12711-020-00595-x](https://doi.org/10.1186/s12711-020-00595-x)
- Hagan, B.A., Salifu, S., Asumah, C., Yeboah, E.D. & Boa-Amponsem, K. (2022).** Effects of genetic and non-genetic factors on body weight, pre-weaning growth, birth type and pre-weaning survivability of lambs in a sheep nucleus station. *Livestock Research for Rural Development*, **34**(4), 1-12.
- Hızlı, H. & Yazgan, E. (2021).** Comparison of the growth curve models on live weights in terms of different environmental factors in Awassi lambs. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, **11**(3), 577-586.
- Kader Esen, V. & Elmacı, C. (2021).** The estimation of live weight from body measurements in different meat-type lambs. *Journal of Agricultural Sciences*, **27**(4), 469-475.
- Kebede, K. & Gebretsadik, G. (2010).** Statistical modelling of growth performance data on sheep using mixed linear models. *Livestock Research for Rural Development*, **22**(4).
- Kuchtik, K., Tilahun, M., Abebe, G. & Goetsch, A. (2019).** Analysis of growth performance data in sheep using linear mixed model. *World Journal of Agriculture and Soil Science*, **2**(4), 1-5. DOI: [10.33552/WJASS.2019.02.000541](https://doi.org/10.33552/WJASS.2019.02.000541)
- Kecici, P.D., Öztürk, N., Coskun, R. & Ekiz, B. (2021).** Effects of certain environmental factors on growth performances of Kıvrıkcık lambs. *Journal of Research in Veterinary Medicine*, **40**(2), 106-115. DOI: [10.30782/jrv.m.980628](https://doi.org/10.30782/jrv.m.980628)
- Kelman, K.R., Alston-Knox, C., Pethick, D.W. & Gardner, G.E. (2022).** Sire breed, litter size, and environment influence genetic potential for lamb growth when using sire breeding values. *Animals*, **12**, 501. DOI: [10.3390/ani12040501](https://doi.org/10.3390/ani12040501)
- Kopuzlu, S., Sezgin, E., Yuksel, S., Ozluturk, A., Biberoglu, Ö., Esenbuga, N., Bilgin, Ö.C., Bayram, M. & Keskin, M. (2014).** Phenotypic and genetic parameters for growth characteristics of Morkaraman sheep. *Journal of Applied Animal Research*, **42**(1), 97-102. DOI: [10.1080/09712119.2013.822808](https://doi.org/10.1080/09712119.2013.822808)
- Kuchtik, J. & Dobes, I. (2006).** Effect of some factors on growth of lambs from crossing between the Improved Wallachian and East Friesian. *Czech Journal of Animal Science*, **51**(2), 54-60.
- Lalit Malik, Z.S., Dalal, D.S., Dahiya, S.P., Patil, C.S. & Dahiya, R. (2016).** Genetic analysis of growth traits in Harnali sheep. *Veterinary World*, **9**(2), 128-132. DOI: [10.14202/vetworld.2016.128-132](https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.128-132)
- Málková, A., Ptáček, M., Stádník, L. & Ducháček, J. (2020).** Factors determining survivability traits of Charollais, Kent lambs, and their crossbreeds during rearing. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, **68**(3), 539-549. DOI: [10.11118/actaun202068030539](https://doi.org/10.11118/actaun202068030539)
- Maraveni, M., Vatankhah, M. & Eydivandi, S. (2018).** Phenotypic and genetic analysis of lori-bakhtiari lamb's weight at different ages for autosomal and sex-linked genetic effects. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, **8**(1), 67-75.
- McGovern, F.M., McHugh, N., Fitzmaurice, S., Pabiou, T., McDermott, K., Wall, E. & Fetherstone, N. (2020).** Phenotypic factors associated with lamb live weight and carcass composition measurements in an Irish multi-breed sheep

- population. *Translational Animal Science*, **4**, 1-9. DOI: [10.1093/tas/txaa206](https://doi.org/10.1093/tas/txaa206)
- Mellado, J., Marín, V., Reyes-Carrillo, J.L., Mellado, M., Gaytán, L. & De Santiago, M.D.L.A. (2016).** Effects of non-genetic factors on pre-weaning growth traits in Dorper sheep managed intensively in Central Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, **3**(8), 229-235.
- Noyan, M. & Ceyhan, A. (2021).** Yarı entansif koşullarda yetiştirilen Akkaraman ırkı kuzuların büyüme performansları. *Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences*, **2**(2), 147-162.
- Núñez-Torres, O.P. & Almeida-Secaira, R.I. (2022).** Genética cuantitativa: principios de la crianza en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, **9**(1), 23-36.
- Olfaz, M., Tırnk, C. & Önder, H. (2019).** Use of CART and CHAID algorithms in Karayaka sheep breeding. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **25**(1), 105-110. Doi: [10.9775/kvfd.2018.20388](https://doi.org/10.9775/kvfd.2018.20388)
- Özbeyaz, C., Bilgiç, Ö.F., Kocakaya, A. & Ünal, N. (2018).** Eskişehir’de yetiştirici koşullarındaki İvesi koyunlarında bazı özelliklerin incelenmesi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **58**(1), 1-6.
- Pollak, E. (2001).** Quantitative trait, In: Brenner, S. & Miller, J.H. (Ed), *Encyclopedia of Genetics*, 1597-1598p, Academic Press, Elsevier Science Inc., USA.
- Rahimi, S.M., Rafat, S.A. & Jafari, S. (2014).** Effects of environmental factors on growth traits in Makuie sheep. *Biotechnology in Animal Husbandry*, **30**(2), 185-192.
- Sarı, M., Önk, K., Aksoy, A.R., Tilki, M. & Adıgüzel Işık, S. (2014).** Hemşin kuzularında büyüme ve bazı vücut ölçülerinin belirlenmesi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **54**, 15-20.
- Selvi, T.N. & Üstüner, H. (2021).** Some fertility traits and growth characteristics of Kivircik sheep breed in the extensive farm conditions. *Journal of Research in Veterinary Meicine*, **40**(2), 116-119. DOI: [10.30782/jrv.995392](https://doi.org/10.30782/jrv.995392)
- Sharif, N., Ali, A., Dawood, M., Khan, M.I.-u.-R. & Do, D.N. (2022).** Environmental effects and genetic parameters for growth traits of Lohi sheep. *Animals*, **12**, 3590. DOI: [10.3390/ani12243590](https://doi.org/10.3390/ani12243590)
- Shibab, O.H., Abdullah, D.S. & Abdulrahman, E.G. (2022).** Factors affecting in some productive traits for local and Turkish Awassi sheep. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, **22**(3), 70-77. DOI: [10.25130/tjas.22.3.8](https://doi.org/10.25130/tjas.22.3.8)
- Shirinkam, S., Alaeddini, A. & Gross, E. (2020).** Identifying the number of components in gaussian mixture models using numerical algebraic geometry. *Journal of Algebra and Its Applications*, **19**(11). DOI: [10.1142/s0219498820502047](https://doi.org/10.1142/s0219498820502047)
- Şireli, H.D., Vural, M.E., Karataş, A., Akça, N., Koncagül, S. & Tekel, N. (2015).** Birth and weaning weights of Awassi lambs raised in the GAP International Agricultural Research and Training Center. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **62**, 139-145.
- Şahin, M.S. & Kopuzlu, S. (2022).** Determination of some growth traits in Morkaraman lambs. *Journal of Animal Science and Products (JASP)*, **5**(1), 24-39. DOI: [10.51970/jasp.1090998](https://doi.org/10.51970/jasp.1090998)
- Şahin, Ö. (2022).** Evaluation of some factors on birth and weaning weights in Awassi sheep by using GLM and CART analysis. *Tropical Animal Health and Production*, **54**, 400.
- Tesema, Z., Deribe, B., Lakew, M., Getachew, T., Tilahun, M., Belayneh, N., Kefale, A., Shibesh, M., Zegeye, A., Yizengaw, L., Alebachew, G.W., Tiruneh, S., Kiros, S., Asfaw, M. & Bishaw, M. (2022).** Genetic and non-genetic parameter estimates for growth traits and Kleiber ratios in Dorper × indigenous sheep, *Animal*, **16**, 100533. DOI: [10.1016/j.animal.2022.100533](https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100533)
- Toghiani, S. (2012).** Quantitative genetic application in the selection process for livestock production, In: Javed, K. (Ed), *Livestock production, 2nd ed.*, 1-32p, IntechOpen.
- Yağcı, S., Baş, S. & Tatlıyer, A. (2018).** Şavak Akkaraman kuzuların yetiştirici koşullarında büyüme ve yaşama gücü özellikleri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **58**(2), 81-88.
- Yesilova, A., Okut, H. & Kaki, B. (2008).** Kategorik veriler için karışımli poisson ve karışımli lojistik regresyon yöntemlerin teorik özelliklerinin incelenmesi. *YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **13**(1), 19-23.
- Yesilova, A., Yilmaz, A., Ser, G. & Kaki, B. (2016).** Modeling with Gaussian mixture regression for lactation milk yield in Anatolian buffaloes. *Indian Journal of Animal Research*, **50**(6), 989-994. DOI: [10.18805/ijar.v0iOF.4545](https://doi.org/10.18805/ijar.v0iOF.4545)



Determining the effects of feeding *Eisenia fetida* with Oyster Mushroom Waste and Brewed Tea Waste on the Development of It and Some Nutrients in Vermicompost

Turan YÜKSEK Servet ÇELTEK*

Faculty of Engineering and Architecture, Department of Landscape Architecture, Recep Tayyip Erdogan University, 53020 Rize, Türkiye

Geliş/Received: 21.09.2023

Kabul/Accepted: 21.11.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Yüksek, T. & Çeltek, S. (2023). Determining the effects of feeding *Eisenia fetida* with Oyster Mushroom Waste and Brewed Tea Waste on the Development of It and Some Nutrients in Vermicompost. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 658-663. <https://doi.org/10.35229/jaes.1364384>
Atıf yapmak için: Yüksek, T. & Çeltek, S. (2023). *Eisenia fetida*'nın İstiridye Mantarı Atığı ve Demlenmiş Çay Atığı ile beslenmesinin vermikomposttaki gelişimi ve bazı besin maddeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 658-663. <https://doi.org/10.35229/jaes.1364384>

*ID: <https://orcid.org/0009-0009-3312-6543>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-2964-1760>

*Corresponding author's:
Servet ÇELTEK
Faculty of Engineering and Architecture,
Department of Landscape Architecture, Recep
Tayyip Erdogan University, 53020 Rize,
Türkiye
✉: servet_celtek19@erdogan.edu.tr

Abstract: The aim of this study is to determine the effects of feeding *Eisenia fetida* with oyster mushroom waste (OMW) and brewed tea waste (BTW) on the growth it and some nutrients in fertilizer. For this purpose, three different growing media including OMW (100%) (T1), OMW (50%) + (BTW) (50%) (T2), OMW (25%) + BTW (75%) (T3) were used in the experiments. The research was carried out in plastic containers with a width of 40 cm x 40 cm length x 20 cm in accordance with the randomized plot design in three repetitions. The changes of some nutrients in solid and liquid vermicompost obtained from different quality nutrient media were made by Anova and Variance analysis and multiple comparisons between the nutrient media were made by Duncan test. As a result of the study, the number of worms in all growing media decreased over time. The highest reduction was 31.10% in OMW (25%) + BTW (75%) in the nutrient medium. As a result of the study, the highest Ca, Na, K, Mg values were found in untreated Oyster mushroom (control) waste, while the highest Fe value was found in solid vermicompost obtained from oyster mushrooms (100%) in T1. The highest Zn value was obtained from solid vermicompost obtained from the mixture of OMW (50%) + BTW (50%) in treatment T2. The highest Cu and Mn values were found in the solid vermicompost obtained from the OMW (25%) + BTW (75%) mixture in T3, and the changes were statistically significant. It can be said that the physico-chemical properties of the growing medium and other environmental factors are effective in the *Eisenia fetida* population changes in the different waste materials.

Keywords: brewed tea, *Eisenia fetida*, oyster mushroom, recycling, vermishash.

Eisenia fetida'nın İstiridye Mantarı Atığı ve Demlenmiş Çay Atığı ile beslenmesinin vermikomposttaki gelişimi ve bazı besin maddeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi

Öz: Bu çalışmanın amacı İstiridye mantarı atığı ve demlenmiş çay atığı ile beslemenin *Eisenia fetida* gelişimi ve gübredeki bazı besin elementlerine etkisinin belirlenmesidir. Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak 40 cm boy x 25 cm en x 20 cm derinliğinde plastik kaplarda üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Bu amaçla İstiridye mantarı atığı (%100) (T1), İstiridye mantarı atığı (%50) + demlenmiş çay atığı (%50) (T2), İstiridye mantarı atığı (%25) + demlenmiş çay atığı (%75) (T3) olmak üzere üç farklı yetiştirme ortamı kullanılmıştır. Besi ortamlarındaki solucan sayı ve ağırlığındaki değişimler 13 hafta süresince haftada bir kez tespit edilmiştir. Farklı kalitedeki besin ortamlarından elde edilen katı ve sıvı solucan humusundaki bazı besin maddelerinin değişimleri Anova ve Varyans analizi ile, besin ortamları arasında çoklu karşılaştırmalar ise Duncan testi ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda tüm yetiştirme ortamlarında solucan sayıları zamanla azalmıştır. En yüksek azalma %31,10 ile İstiridye mantarı (%25) + demlenmiş çay atığı (%75) besin ortamında meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek Ca, Na, K, Mg değerleri işlenmemiş İstiridye mantarı (kontrol) atıklarında bulunurken, en yüksek Fe İstiridye mantar atığından (%100) (T1) elde edilen katı solucan gübresinde, en yüksek Zn miktarına İstiridye mantarı (%50)+ demlenmiş çay atığı (%50) karışımından elde edilen katı solucan gübresinde rastlanmıştır. Farklı besi ortamlarından elde edilen katı solucan gübresindeki Cu ve Mn değerleri arasındaki değişim istatistiksel olarak ($p < 0.000$) önemli seviyededir. Farklı besi ortamlarının sahip olduğu fiziko kimyasal özellikler ve solucan yetiştirme ortam özelliklerinin solucan gelişimi, solucan sayısı ve solucan ağırlığında etkili olduğu söylenebilir.

*Sorumlu yazar:
Servet ÇELTEK
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Recep Tayyip Erdogan
Üniversitesi, 53020 Rize, Türkiye
✉: servet_celtek19@erdogan.edu.tr

Anahtar kelimeler: Demlenmiş çay atığı, *Eisenia fetida*, geri dönüşüm, oyster mushroom, solucan suyu.

INTRODUCTION

The population worldwide has reached 7.99 (URL-1) billion and continues to increase rapidly. The world population will reach 8.5 billion in 2030, 9.7 billion in 2050, and 10.4 billion in 2100 (URL-2). It is predicted that 68 % of the world population will live in urban areas (URL-3). Improved agricultural practices and rapid industrialization and population growth have led to huge waste generation, and the management of this waste is becoming a global concern (Vyas et al., 2022). It is stated that 50-80% of the wastes produced in many cities in developing countries can be collected and 20-50% of their budgets are spent for the collection of these wastes (Guerro et al., 2013; Worldbank, 2018). It is stated that in underdeveloped and low-income countries, only 10% of the garbage produced in suburban areas of most cities can be collected, and the cases of people living in the vicinity of non-collected dumps, especially diarrhea, skin diseases and acute respiratory infections continue to increase (Prakash, 2017). In addition global wastes cause pollution of soil and water resources; On the other hand, it continues to negatively affect the sustainability of different ecosystems and human life. Especially leaving domestic wastes in the environment as garbage in this way causes significant economic losses as well as environmental problems. Recycling of domestic organic wastes around the world with the vermicompost technique, the cost of garbage collection in cities and rural areas can be reduced. On the other hand, the wastes can be recycled to products with economic and ecological value (solid and liquid vermicompost, plant grower and developer, plant protector, earthworm, flour, etc.) can be converted.

The hypothesis of this research (Ho): Vermicompost technique has no effect on the recovery of organic domestic waste. The objectives of this study were to determine worm growth in Oyster mushroom waste (100%) (i), in Oyster mushroom waste (50%) + brewed tea waste (50%) (ii), and in Oyster mushroom waste (25%) + brewed tea waste (75%) (iii) growing mediums and to determine some nutrients in the vermicompost and vermivash obtained different waste materials. The aim of this study is to determine the effects of feeding *Eisenia fetida* with oyster mushroom waste and brewed tea waste on the growth of it and some nutrients in fertilizer.

MATERIAL AND METHOD

Material: *Pleurotus ostreatus* mushroom wastes used in the experiments were obtained from Ağaran Mushroom production company. *Eisenia fetida* (red California worm) used in the experiments were provided by Turan Yüksek's worm research laboratory. The brewed tea wastes were obtained from the RTEU Faculty of Engineering and Architecture teahouse. Plastic feeding cups

and shading cover used in the experiments were purchased from the market.

Method

Preparation of the media: Oyster mushroom wastes used in the experiments were physically shredded by hand. The waste water accumulated in the tea wastes was filtered and taken from the nutrient medium.

Trial Design: Three different growing media including Oyster mushroom waste (OMW) (100%) (T1), Oyster mushroom waste (50%) + (50%) brewed tea waste (BTW) (T2), OMW (25%) + BTW (75%) (T3) were used in the experiments. The research was carried out in plastic containers with a width of 40 cm x 40 cm length x 20 cm in accordance with the randomized plot design in three repetitions. In accordance with the experimental design, the feeding media with a weight of approximately 2 kg were placed in the plastic containers and watered with tap water until the moisture level in the medium reached 50%, and then 30 *Eisenia fetida* worms, whose weights were determined, were placed in the containers. The number and weight of worms in the medium were determined once a week for 13 weeks. At the end of 13 weeks, the digestibility and color changes of the feeding materials where the worms were placed were controlled and after the fertilizer formation was completed, the solid and liquid fertilizers in the medium were harvested.

Data analysis: The changes of some nutrients in solid and liquid vermicompost obtained from different quality nutrient media were made by Anova and Variance analysis and multiple comparisons between the nutrient media were made by Duncan test. The data obtained as a result of the research were converted into tables and graphics. SPSS-23 package program was used for statistical analysis.

RESULTS

Changes in the number and weight of worms in different growing mediums: Worm number and weights in growing medias OMW (100%), OMW (50%) + BTW (50%), and OMW (25%) + BTW (75%) decreased over time (Fig.1, 2, 3).

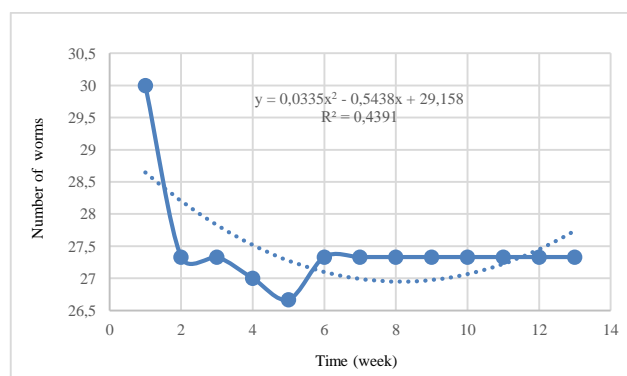


Figure 1. Change in the mean worm number in Oyster mushroom waste (100%) over time.

As a result of the research, OMW (100%), OMW (50%) + BTW (50%), OMW (25%) + BTW (75%) mean worm weights increased (Fig. 4, 5, 6). The highest increase in worm weight was 44.26% in OMW (50%) + BTW (50%) in growing medium, while the minimum worm weight gain was 30.86% in OMW waste (25%) + BTW (75%) growing medium.

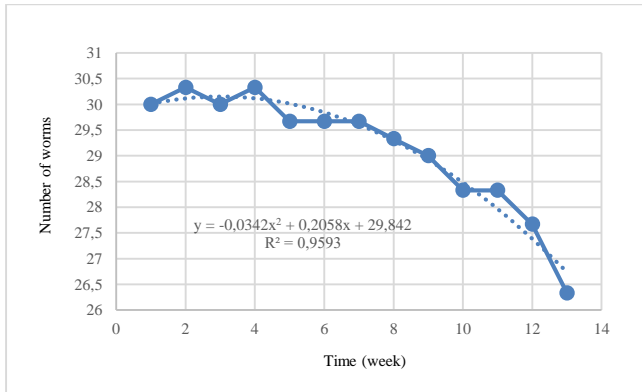


Figure 2. Change in the mean worm number in Oyster mushroom waste (50%) and brewed tea waste (50%) over time.

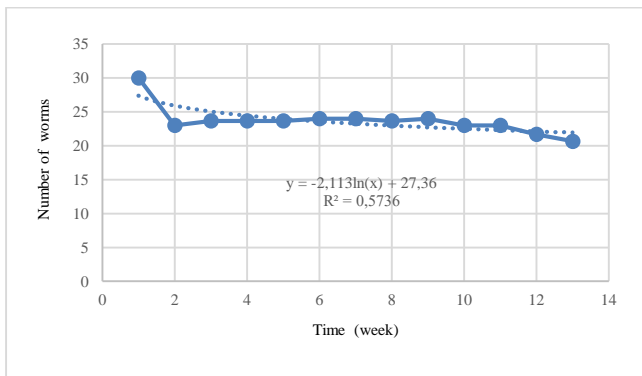


Figure 3. Change in the mean worm number in Oyster mushroom waste (25%) and brewed tea waste (75%) over time.

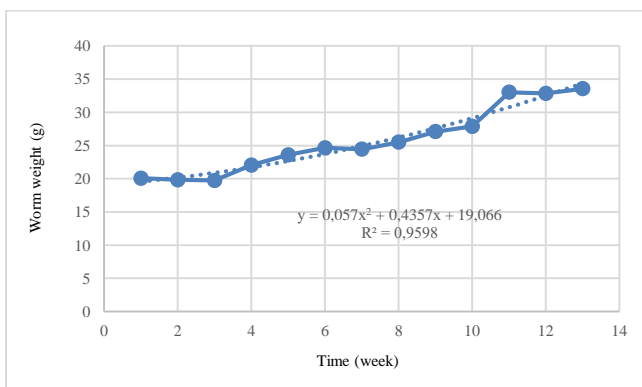


Figure 4. Change in the mean worm weight in OMW (100%) over time.

Change of some nutrients in vermicompost and vermivash obtained from different feeding materials: As

a result of the study, the highest Ca, Na, K, Mg values were found in untreated oyster mushroom (control) waste, while the highest Fe value was found in solid vermicompost

obtained from oyster mushrooms (100%) in T1. The highest Zn value was determined in solid vermicompost obtained from the mixture of OMW (50%) + BTW (50%) in treatment T2. The highest Cu and Mn values were found in the solid vermicompost obtained from the OMW (25%) + BTW (75%) mixture in T3, and the changes were statistically significant (Table 1).

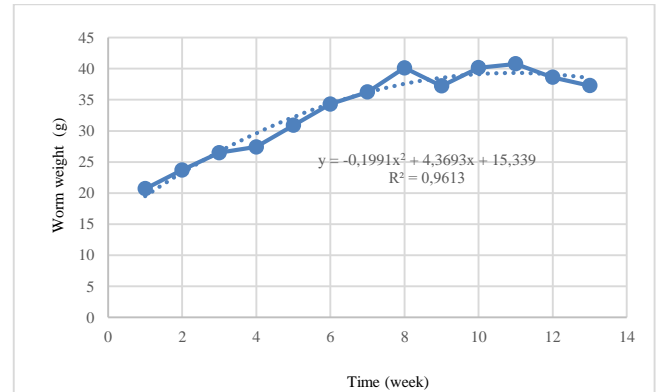


Figure 5. Change in the mean worm weight in OMW (50%) and BTW (50%) over time.

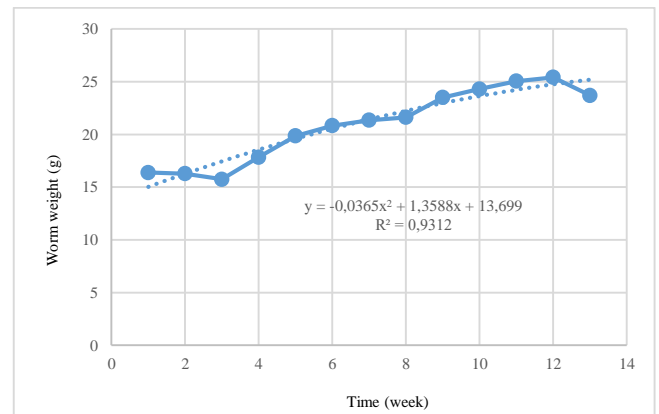


Figure 6. Change in the mean worm weight in OMW (25%) and BTW (75%) over time.

The lowest Cu and Mn values were found in the untreated oyster mushroom (control), while the lowest Ca and Mg values were determined in solid vermicompost obtained from oyster mushrooms (100%) (T1). The lowest Zn value were found in the solid vermicompost obtained from the mixture of OMW (control), while the lowest Fe, Na and K values were found in the solid vermicompost obtained from the mixture of OMW (25%) + BTW (75%) (T3) and the changes were statistically significant (Table 1).

As a result of the research, the highest Ca, Mg, Na, Cu, Zn, and K values in vermivash obtained from different nutrient media were found in liquid vermicompost produced from OMW (100%) (T4). The highest Mn values were found in T5, while the highest Fe was found in T6. It was determined that the changes in Ca, Zn, Mn and Mg values in liquid vermicompost obtained from different media was statistically significant (p<0.000) (Table 2).

Table 1. Changes of some nutrients in solid vermicompost obtained in different Feeding Materials.

Feeding Materials	Par.	N	Mean	Std.Dv	F	p
Control		4	9,68 ^b	0,0608		
OMW (100%) (T1)	Fe	9	12,77 ^a	0,2753	8,131	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	9,67 ^b	2,490		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	9,22 ^b	1,430		
Control		4	0,484 ^b	0,0061		
OMW (100%) (T1)	Zn	9	0,554 ^a	0,0284	8,835	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	0,575 ^a	0,0431		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	0,545 ^a	0,0191		
Control		4	0,125 ^b	0,0021		
OMW (100%) (T1)	Cu	9	0,129 ^b	0,0022	19,69	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	0,186 ^a	0,0401		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	0,203 ^a	0,0099		
Control		4	0,836 ^c	0,0083		
OMW (100%) (T1)	Mn	9	0,879 ^c	0,0127	24,167	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	13,18 ^b	1,859		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	17,13 ^a	1,2418		
Control		4	348,65 ^a	7,098		
OMW (100%) (T1)	Ca	9	144,44 ^b	55,27	59,650	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	167,66 ^b	12,76		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	155,12 ^b	8,47		
Control		4	27,70 ^a	0,3296		
OMW (100%) (T1)	Na	9	15,40 ^b	0,6121	270,69	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	13,29 ^c	1,3386		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	12,60 ^c	0,6443		
Control		4	98,38 ^a	0,7417		
OMW (100%) (T1)	Mg	9	42,42 ^b	2,1726	245,69	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	44,22 ^b	5,2860		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	43,09 ^b	2,8562		
Control		4	366,17 ^a	0,6551		
OMW (100%) (T1)	K	9	153,87 ^b	9,1827	286,347	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T2)		16	155,73 ^b	19,254		
OMW (25%) +BTW (%75) (T3)		12	147,57 ^b	8,9116		

OMW: Oyster Mushrooms Waste; BTW: Brewed Tea Waste; T1: treatment 1; T2: Treatment 2; T3: Treatment 3; Par: Parameters, N: Number of Samples, Mean: Average, Std. Dv: Standard Deviation, p: Significance Level, ***: P <0.000

Table 2. Changes of some nutrients in vermiwash obtained in different growing medium.

Feeding Materials	Par.	N	Mean	Std.Dv	F	p
OMW (100%) (T4)	Fe	8	0,5082	0,2114	2,191	0,130 N.S
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	0,2627	0,1555		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	0,7464	0,8897		
OMW (100%) (T4)	Zn	8	0,0537 ^a	0,0023	34,516	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	0,0395 ^b	0,0070		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	0,0358 ^b	0,0029		
OMW (100%) (T4)	Cu	8	0,0123 ^a	0,0005	4,838	0,015 N.S
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	0,0095 ^b	0,0038		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	0,0083 ^b	0,0026		
OMW (100%) (T4)	Mn	8	0,0927 ^b	0,0139	17,159	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	1,3322 ^a	0,7332		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	0,3975 ^b	0,3738		
OMW (100%) (T4)	Ca	8	31,45 ^a	0,8631	17,851	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	20,06 ^b	4,5853		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	18,71 ^b	6,6160		
OMW (100%) (T4)	Na	8	13,09	1,1479	0,346	0,710 N.S
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	12,56	1,5398		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	13,04	1,9538		
OMW (100%) (T4)	Mg	8	17,87 ^a	1,564	12,563	0,000 ***
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	14,13 ^b	2,282		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	13,61 ^b	1,869		
OMW (100%) (T4)	K	8	102,61	12,31	1,391	0,265 N.S.
OMW (50%)+BTW (50%) (T5)		12	94,14	11,45		
OMW (25%)+BTW (75%) (T6)		12	91,97	17,83		

OMW: Oyster Mushrooms Waste; BTW: Brewed Tea Waste; T1: treatment 1; T2: Treatment 2; T3: Treatment 3; Par: Parameters, N: Number of Samples, Mean: Average, Std. Dv: Standard Deviation, p: Significance Level, ***: P <0.000

DISCUSSION

It can be said that the physico-chemical properties of the growing medium and other environmental factors are effective in the *Eisenia fetida* population changes in the different waste materials. The decrease rates in the number of worms in the nutrient media over time are 8.9% in OMW (100%) media, 12.33% in OMW (50%) + BTW (50%), and in OMW (25%) + BTW (75%) was 31.10%. This shows that the physico-chemical properties of the growing medium are effective in the development of worms in the waste materials. As a matter of fact, Yüksek et al. (2019) found in their study that the number of worms fed in the brewed tea waste (100%) medium decreased by 16.30% ;

while the number of worms in the brewed tea waste (50%) + food waste (50%) medium decreased by 33.73%. They found that the number of worms increased by 6.25% in brewed tea waste (50%) + cow manure (50%) mixtures. In another study, Yüksek (2019) showed that the number of worms decreased by 49,5% in the hazelnut waste (50%) + and tea fiber (50%) growing medium; while the number of worms increased by 14.65% in the mixture of 20% hazelnut husk + sawdust (15%) + newspaper paper (5%) growing medium. Yüksek and Çemberi (2022) found that the number of worms in the municipal waste sludge (100%) growing medium increased by 3.75%; while the number of worms decreased by 46.63% in waste sludge (50%) + clay soil (50%) growing media. It is stated that the

physico-chemical properties of the growing medium, the mixture ratios of the growing medium and environmental conditions are very effective in the change of the worm population (Homan et al., 2016; Yüksek, 2019; Yüksek et al., 2019; Wu et al., 2020; Yüksek & Çemberci, 2022). It is stated that the media used for feeding worms are not fully composed and the excess mineral matter and nitrogen content in their environment may adversely affect the growth of worms (Yüksek & Çemberci, 2022; Yüksek & Soy Yiğit, 2023). It is also stated that the amount of ammonium released during the vermicomposting process and temporary changes in environmental pH may be effective in worm population change (Gunadi & Edwards, 2003). It is thought that the chemicals used to kill invasive herbs in tea gardens where brewed tea wastes used in worm feeding may adversely affect the development of worms due to their toxic properties. It is stated that pesticide application has a negative effect on the growth and reproduction of worms (Yasmin & D'Souza, 2007; Jovana et al., 2014; Miglan & Bisht, 2019; Ilikhan & Koç, 2020). At the end of the vermicomposting process, the amounts of Fe, Zn, Cu and Mn in the solid vermicompost obtained from different nutrient media increased statistically significantly, while the amounts of Ca, Na, Mg, K decreased significantly. It can be concluded that during the vermicomposting process, the micro and macro nutritional elements in the media change depending on the amount of micro and macro nutrients in the media used to feed worms, whether the media are pure or mixed, and the enzymatic activity created by these media in the worm intestine. It is stated that some macro and micro nutrients in the solid vermicompost obtained as a result of the vermicomposting process in different nutrient media used in worm feeding vary depending on the mixture and the physico-chemical properties of the mixture (Garg et al., 2006; Yüksek, 2019; Yüksek et al., 2017; Yüksek et al., 2019; Mohammed et al., 2022).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The type of waste materials used in the vermicomposting of domestic organic wastes, the waste mixture ratio, the physico-chemical properties of the wastes, whether pre-treatment is applied before vermicomposting or not effective in changing the worm population and the properties of the obtained vermicompost. By popularizing the vermicomposting of domestic organic waste at home or on the site, it can reduce the collection and transportation costs of domestic waste. On the other hand, it can provide great benefits to environmental protection and sustainable environmental management by transforming domestic wastes into products with an economic value.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey with project number 2209-A 1919B012207703. We thank TÜBİTAK for their support. We would like to thank to Dr. Filiz Yüksek for her contributions to the statistical tests of the manuscript.

REFERENCES

- URL-1:** <https://www.census.gov/popclock> (accessed on 8 August 2023).
- URL-2:** <https://www.un.org/en/global-issues/population> (accessed on 8 August 2023).
- URL-3:** <https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un> (accessed on 8 August 2023).
- World Bank Solid Waste Management. (2018).** Available online: <http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management> (accessed on 8 August 2023).
- Garg, P., Gupta, A. & Satya, S. (2006).** Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource technol.* **97**(3), 391-395.
- Guerrero, L.A., Maas, G. & Hogland, W. (2013).** Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, **33**, 220-232. DOI: 10.1016/j.wasman.2012.09.008
- Gunadi, B. & Edwards, C. A. (2003).** The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (*Lumbricidae*). *Pedobiologia*, **47**(4), 321-329.
- Homan, C., Beier, C., Mccay T. & Lawrence, G. (2016).** Application of lime (CaCO₃) to promote forest recovery from severe acidification increases potential for earthworm invasion. *Forest Ecology and Management*, **368**, 39-44. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.03.002
- Ilikhan, B. & Koç, İ. (2020).** Some biological parameters of *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) in pesticide-applied vermicompost. *KSU J. Agric. Nat.* **23**(2), 366-377. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.571851
- Jovana, M., Tanja, M. & Mirjana S. (2014).** Effects of three pesticides on the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny 1826) under laboratory conditions: Assessment of mortality, biomass and growth inhibition. *Eur. J. Soil Biol.* **62**, 127-131. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2014.03.003
- Miglan, R. & Bisht, S.S. (2019).** World of earthworms with pesticides and insecticides. *Interdiscip Toxicol.* **12**(2), 71-82. DOI: 10.2478/intox-2019-0008
- Mohammed, A.R., Kuştaş, S. & Yüksek, T. (2022).** Literature Review: The role of earthworms in bioremediation of treated wood. *Wood Indus. and Eng.* **4**(1), 16-31.
- Prakash, S. (2017).** Solid waste management and its impact on public health: A Review. *IRE Journals*, 1700118, 6(1), 101-105.

- Vyas, P., Sharma, S. & Gupta, J. (2022).** Vermicomposting with microbial amendment: Implications for bioremediation of industrial and agricultural waste. *BioTechnologia*, **103**(2), 203-215. DOI: [10.5114/bta.2022.116213](https://doi.org/10.5114/bta.2022.116213)
- Yasmin, S. & D'Souza, D. (2007).** Effect of pesticides on the reproductive output of *Eisenia fetida*. *Bull Environ. Contam. Toxicol*, **79**, 529-532. DOI: [10.1007/s00128-007-9269-5](https://doi.org/10.1007/s00128-007-9269-5)
- Yüksek, T., Verep, B. & Baltacı, C. (2017).** Investigation of vermiwash obtained from california red worm which fed cow dung in terms of trace and nutrient elements. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science And Technology*, **5**(8), 986-991. DOI: [10.24925/turjaf.v5i8.986-991.1266](https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i8.986-991.1266)
- Yüksek, T. (2019).** The effect of different type feeding materials on red California worm number and weight. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **4**(1), 1-6. DOI: [10.35229/jaes.477726](https://doi.org/10.35229/jaes.477726)
- Yüksek, T., Atamov, V. & Türüt, K. (2019).** Determination of some nutrient elements in solid vermicompost obtained from red California worm feeding with brewed tea waste and domestic food waste. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **4**(2), 263-271. DOI: [10.35229/jaes.586428](https://doi.org/10.35229/jaes.586428)
- Yüksek, T. & Çemberci, B. (2022).** Determination of the effect of worm fertilizer obtained from red California worm fed with a mixture of municipal waste and clay soil on the growth of *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata'. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **7**(3), 314-322. DOI: [10.35229/jaes.1141535](https://doi.org/10.35229/jaes.1141535)
- Yüksek, T. & Soyyiğit, F. (2023).** Hedera colchica (K.Koch) K.Koch bitki atıklarında *Eisenia fetida* solucanının gelişimi ve elde edilen solucan gübresinin plectranthus amboinicus (lour.) spreng bitkisinde bazı büyüme parametrelerine etkisinin tespit edilmesi. *D.Ü Ormancılık Dergisi*, **19**(1), 189-206. DOI: [10.58816/duzceod.1278611](https://doi.org/10.58816/duzceod.1278611)
- Wu, J., Ren, Z., Zhang, C., Motelica-Heino, M., Deng, T., Wang, H. & Dai, J. (2020).** Effects of soil acid stress on the survival, growth, reproduction, antioxidant enzyme activities, and protein contents in earthworm (*Eisenia fetida*). *Environmental Science and Pollution Research*, **27**(27), 33419-33428. DOI: [10.1007/s11356-019-04643-y](https://doi.org/10.1007/s11356-019-04643-y)



A newly recorded Gymnodamaeid (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae) mite from Turkey

Şule BARAN*

Department of Biology, Faculty Arts and Sciences, Sakarya University, Sakarya /Türkiye

Geliş/Received: 22.09.2023

Kabul/Accepted: 01.11.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Baran, Ş. (2023). A newly recorded Gymnodamaeid (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae) mite from Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 664-667. <https://doi.org/10.35229/jaes.1364752>

Atıf yapmak için: Baran, Ş. (2023). Türkiye'den yeni kaydedilen bir Gymnodamaeid akar (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 664-667. <https://doi.org/10.35229/jaes.1364752>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2497-5876>

*Corresponding author's:

Şule BARAN

Department of Biology, Faculty Arts and Sciences, Sakarya University, Sakarya /Türkiye
✉: sbaran@sakarya.edu.tr

Abstract: The knowledge of the oribatid mite fauna of Türkiye is very limited. In order to make contribution to the Turkish soil mite fauna, samples were collected from Kocaeli province and the Gymnodamaeid mites systematically evaluated. Gymnodamaeid mites are cosmopolitan except Australia and Antarctica and they tend to live in dry habitats like alpine, tundra and grasslands. Members of this family usually inhabit in soil but some tend to live on moss, algae and lichen and so they supposed as phytophagous. The taxonomy of the Gymnodamaeid mites is difficult because of incomplete descriptions or misinterpretations. This is due to the fact that some authors try to dissolve the cerotegument layer or prefer newly molted samples for study. However thick, ornamented cerotegument provides useful in species recognition in undamaged, mature adults. So the scanning electron microscopic investigation is almost mandatory in the study of Gymnodamaeid mites. The number of Gymnodamaeid species previously recorded from Türkiye is just restricted to five. The samples are collected in May 2019 from pine forest in Sarıcaali town of Kocaeli province of Turkey. The Gymnodamaeid mite species *Adrodamaeus striatus* (Aoki, 1984) is newly recorded from Türkiye. This species previously known from South Eastern Palearctic and North of Oriental. Scanning electron microscopy images of the species is firstly presented by this study.

Keywords: Acari, gymnodamaeidae, adrodamaeus, oribatida, new record, kocaeli, Türkiye.

Türkiye'den yeni kaydedilen bir Gymnodamaeid akar (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae)

Öz: Türkiye'nin oribatid akar faunasına ilişkin bilgiler oldukça sınırlıdır. Türkiye toprak akarı faunasına katkı sağlamak amacıyla Kocaeli ilinden örnekler toplanmış ve sistematik olarak değerlendirilmiştir. Gymnodamaeid akarları Avustralya ve Antarktika dışında kozmopolittir ve dağlar, tundra ve çayırlar gibi kuru habitatlarda yaşama eğilimindedirler. Bu ailenin üyeleri genellikle toprakta yaşar, ancak bazıları yosun, alg ve likenlerle beslenmeye eğilimlidir ve bu nedenle fitofag olarak kabul edilirler. Gymnodamaeid akarlarının taksonomisi, eksik tanımlamalar veya yanlış yorumlamalar nedeniyle zordur. Bunun nedeni, bazı yazarların serotegüment katmanını çözmeye çalışması veya çalışma için yeni tüy dökmüş örnekleri tercih etmesidir. Bununla birlikte, kalın, oymalı serotegüment, hasarsız, olgun yetişkinlerde türlerin tanınmasında yararlı olur. Bu nedenle Gymnodamaeid akarlarının araştırılmasında taramalı elektron mikroskobu incelemesi neredeyse zorunludur. Türkiye'den daha önce kaydedilen Gymnodamaeid türlerinin sayısı beş ile sınırlıdır. Örnekler Mayıs 2019'da Türkiye'nin Kocaeli ilinin Sarıcaali ilçesindeki çam ormanından toplanmıştır. Bu çalışma ile Gymnodamaeid akar türü *Adrodamaeus striatus* (Aoki, 1984) Türkiye'den ilk olarak kaydedilmiştir. Bu tür daha önce Güneydoğu Palearktik ve Kuzey Doğu'dan bilinmektedir. Türe ait taramalı elektron mikroskobu görüntüleri ilk kez bu çalışmayla sunulmuştur.

*Sorumlu yazar:

Şule BARAN

Biyoloji Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya /Türkiye
✉: sbaran@sakarya.edu.tr

Anahtar kelimeler: Acari, Gymnodamaeidae, *Adrodamaeus*, Oribatida, yeni kayıt, Kocaeli, Türkiye.

INTRODUCTION

In the upper layer of the soil, Oribatid mites are one of the most dominant groups. Oribatid mites are also known as moss mites, as they were first discovered on

moss. Oribatid mites are represented by more than 11.000 species in the world. They have many ecological functions such as breaking down organic residues in the soil, being a food source for larger soil predators (Hoy, 2008), controlling and transporting microorganisms in the soil.

Gymnodamaeid mites are cosmopolitan except Australia and Antarctica (Woas, 2002, Subias 2004). These mites are tend to live in forest and open habitats (Woas, 2002). Gymnodamaeid mites characterized by sclerotized and cerotegumented flat notogaster, long legs with 3 claws, separate and large genital and anal plates with anogenital bridge (Weigmann, 2006; Walter, 2009; Hugo-Coetzee, 2010).

Genus *Adrodamaeus* characterized by separate genital and anal plates, two pairs of anal and seven pairs of genital setae, posterior edge of notogaster with two to five pairs of setae, prodorsum with pustules and rostral ridges, long and apically barbed sensillus (Walter, 2009; Hugo-Coetzee, 2014).

This family has 6 genus namely, *Adrodamaeus* Paschoal, 1984, *Arthrodamaeus* Grandjean, 1954, *Gymnodamaeus* Kulczynski, 1902, *Jacotella* Banks, 1947, *Joshuella* Wallwork, 1972 and *Plesiodamaeus* Grandjean, 1954. The Gymnodamaeid species previously recorded from Türkiye are *Adrodamaeus starki* (Bulanova-Zachvatkina, 1967): *Gymnodamaeus barbarossa* Weigmann, 2006, *Gymnodamaeus bicostatus* (Koch,1835), *Jacotella frondeus* (Kulijev, 1979) and *Joshuella meyeri* (Bayartogtokh and Schatz, 2009) (Dik et al., 1999; Toluk & Ayyıldız, 2014; Ayyıldız & Toluk, 2016, Baran, 2019).

As a result of this study on Gymnodamaeid mites of Kocaeli province the species *Adrodamaeus striatus* (Aoki, 1984) previously known from South Eastern Palearctic and North of Oriental is firstly recorded from Türkiye.

MATERIAL AND METHOD

Soil samples were taken from Kocaeli province in May 2019. Mites were extracted in Berlese-Tullgren funnel apparatus form the soil samples and sorted by stereo microscope Olympus SZX51. Specimens were examined under light microscope Leica DM 1000 and scanning electron microscope JEOL JSM 6060 LV. Mites were stored in 70% ethanol in SAU Acarology Laboratory.

RESULTS

Genus *Adrodamaeus* Paschoal, 1984: Syn: *Heterodamaeus* Woolley, 1957 (Subias, 2004).

***Adrodamaeus striatus* (Aoki, 1984)**

Redescription

Material Examined: Soil samples were gathered from pine forest, Sarıcaali, Kocaeli province, Türkiye, three adult specimens, 17 May 2019. 40°57'06.2"N 30°10'07.5"E, 250 m.

Measurements: Body 680-685 µm in length, 420-430 µm in width, sensillus (ss) 236-239 µm, *le* 118-122 µm, *ex* 22 µm, *h1* 40 µm, *h2* 98-102 µm in length (n=3).

Integument: Colour dark brown.

Prodorsum: Rostrum rounded. Rostral and lamellar setae similar, long, arced medially and granulated (Figure 1A). Sensillus with long stalk and barbed head (Figure 1B), interlamellar setae minute, hardly visible and positioned on the interbothridial bulgings. Distance between insertion points of interlamellar setae 100µm. On the prodorsal region a pair of interbothridial bulging, a median spherical pustule and angled rostral ridges present. Exobothridial setae setiform, thin and inserted anteriolaterally to interbothridial bulging (Figure 1A).

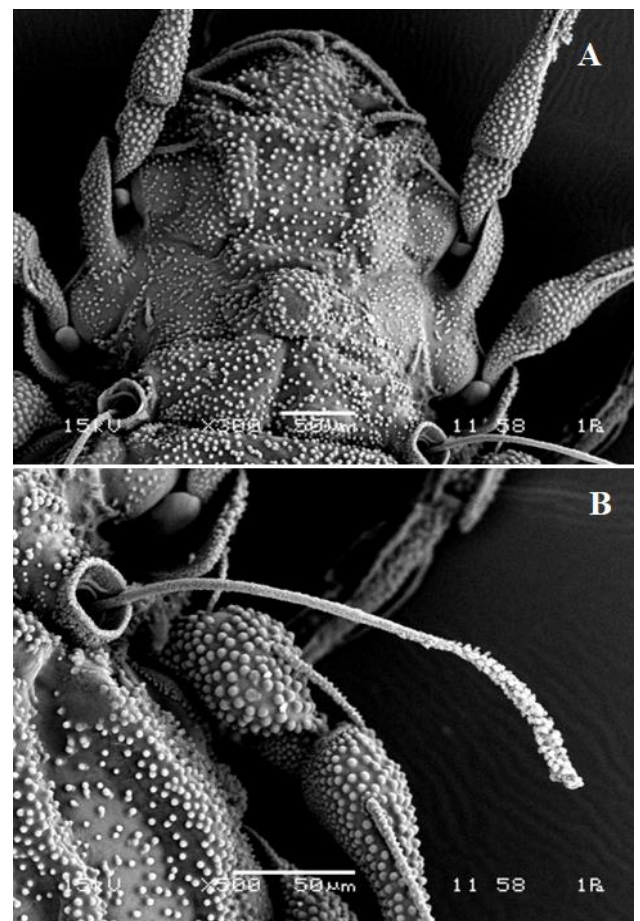


Figure 1. *Adrodamaeus striatus* SEM image, A- Prodorsum. B- Sensillus.

Notogaster: Anterior margin of notogaster without thickening. Notogaster with two parallel ridge posteriorly connected to each other with protrusions. Notogaster surface with granulated cerotegument (Figure 2A). Three pairs of notogastral setae (*h1*, *h2*, *p1*) covered with cerotegument, observable from dorsal aspect. Setae *h1* and *h2* are originating on the posterior sides of outer ridge, *h2* longer and directed to sides (Figure 2B).

Ventral region: Genital and anal plates are separated. Anal plate bigger than genital one. Two pairs of anal, three pairs of adanal, one pair of aggenital and six

pairs of genital setae present. Aggenital setae inserted laterally to genital plate at the level of g2. Epimeral setal formula as 3-1-3-3 (Figure 3-4).

Distributed in South Eastern Palearctic and North of Oriental (Subías, 2004), firstly recorded in Türkiye.

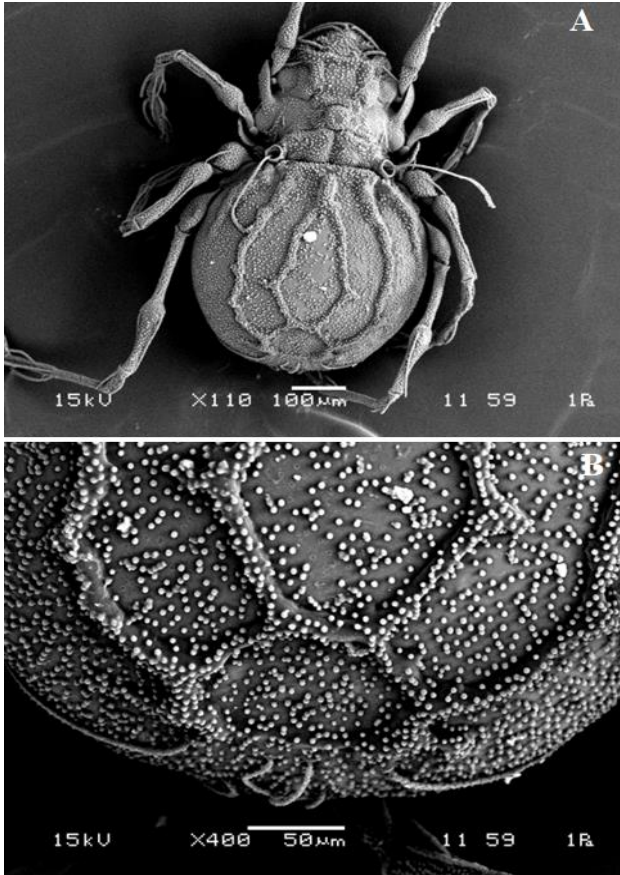


Figure 2. *Adrodamaeus striatus* SEM image, A- Dorsal view, B- Notogastral setae h1, h2, p1.



Figure 3. *Adrodamaeus striatus* SEM image ventral view.

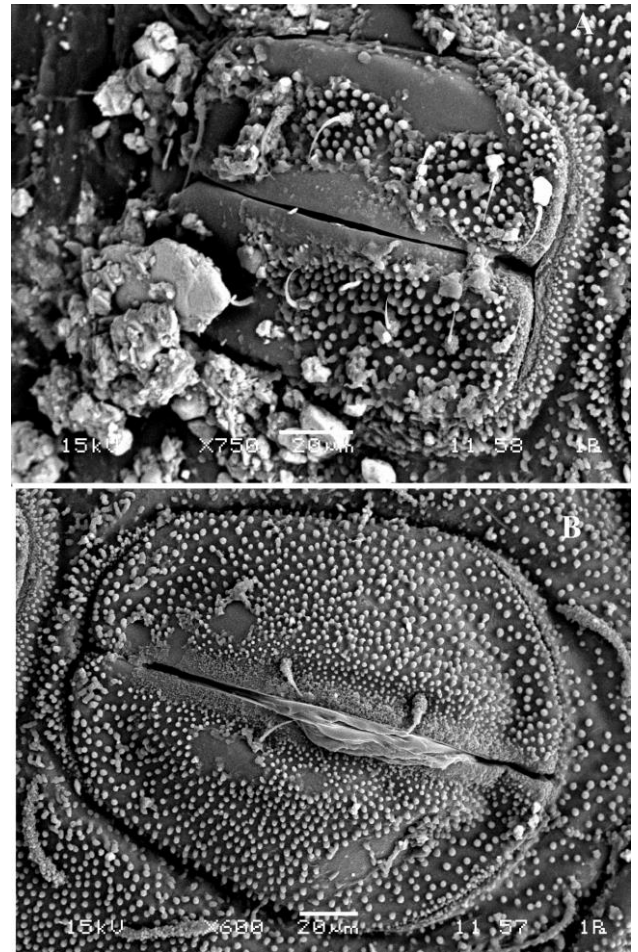


Figure 4. *Adrodamaeus striatus* SEM image, A- Genital plate. B- Anal plate.

DISCUSSION

In this study, redescription of the species *Adrodamaeus striatus* is done, the SEM images of the species is firstly presented by this study.

This species distributed in in South Eastern Palearctic and North of Oriental (Subías, 2004), and newly recorded in Türkiye.

In the original description of the species by Aoki, (1984), the number of genital setae was given as five in the text while shown as six in the figure. The number of setae on the genital plate is six in our specimens as seen in the SEM image (Figure 4a). Other morphological features of ventral plate of our specimens resemble those of previously described.

Although three dorsal setae (*p1*, *h1* and *h2*) appear in the dorsal view of the species, two other posterior setae (*p2* and *p3*) are also visible in the ventral view (Figure 3).

Walter, (2016) stated that some studies on the Gymnodamaeid mites could have incomplete descriptions or misinterpretations because of trying to dissolve the cerotegument layer or preferring newly molted samples for study. However thick, ornamented cerotegument provides useful in species recognition in undamaged, mature adults.

It has been reported that a combined study of both cleared and intact samples would be more reliable by Walter, (2006). To avoid such misinterpretations the scanning electron microscopic investigation is almost mandatory in the study of Gymnodamaeid mites.

Other morphological features of Turkish specimens are in accordance with previously described.

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to thank Metallurgical and Materials Engineering Department for the SEM investigations.

REFERENCES

- Aoki, J. (1984).** New and unrecorded oribatid mites from Amami-Oshima island, southwest Japan. *Zoological Science*, *1*(1), 132-147.
- Ayyıldız, N. & Toluk, A. (2016).** Contributions to the Turkish oribatid mite fauna (Acari: Oribatida). *Turkish Journal of Entomology*, *40*(1), 73-85. DOI: [10.16970/ted.93525](https://doi.org/10.16970/ted.93525)
- Baran, Ş. (2019).** Known and newly recorded Gymnodamaeid mites (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae) from Kızılcahamam, Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, *4*(1), 7-10. DOI: [10.35229/jaes.486354](https://doi.org/10.35229/jaes.486354)
- Dik, B., Güçlü, F., Cantoray, R. & Gülbahçe, S. (1999).** Konya yöresi oribatid akar türleri (Acari: Oribatida), mevsimsel yoğunlukları ve önemleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *23*(2), 385-391.
- Hoy, M.A. (2008).** Soil Mites (Acari: Oribatida and Others), In: Capinera J.L. (Ed), *Encyclopedia of Entomology*. 3463- 3466p, Springer, Dordrecht.
- Hugo-Coetzee, E.A. (2010).** Two new species of Gymnodamaeidae (Acari: Oribatida) from South Africa. *Internat J Acarol*, *36*(3), 199-21.
- Hugo-Coetzee, E.A. (2014).** A new species of *Adrodamaeus* (Acari. Oribatida, Gymnodamaeidae) from South Africa. *Navorsinge van die Nasionale Museum Bloemfontein*. *30*, 87-99.
- Subías, S. (2004).** Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los Ácaros Oribátidos (Acariformes, Oribatida) del Mundo (1758-2002). *Graellsia*. *60*, 3-305. Available from: http://escalera.bio.ucm.es/usuarios/bba/cont/docs/RO_1.pdf (15 Feb. 2023).
- Toluk, A. & Ayyıldız, N. (2014).** "Gymnodamaeus Kulczynski, 1902 (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae) türleri üzerine bir çalışma". *Bitki Koruma Bülteni*, *54*(3), 171-179.
- Walter, D.E. (2009).** Genera of Gymnodamaeidae (Acari: Oribatida: Plateremaeoidea) of Canada, with notes on some nomenclatorial problems. *Zootaxa*, *2206*, 23-44.
- Weigmann, G. & Mourek, J. (2008).** Contribution to the Central European *Gymnodamaeus* species *G. barbarossa* and *G. bicostatus* (Acari, Oribatida, Gymnodamaeidae), *Zoosyst. Evol.*, *84*(2), 255-264.
- Woas, S. (1992).** Beitrag zur revision der gymnodamaeidae grandjean, 1954 (Acari, Oribatei). *Andrias*, *9*, 121-161.



New data on the distribution of *Squalius seyhanensis* (Teleostei: Leuciscidae)

Esra BAYÇELEBİ*

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, 53100 Rize, Türkiye

Geliş/Received: 21.07.2023
31.12.2023

Kabul/Accepted: 05.12.2023

Yayın/Published:

How to cite: Bayçelebi, E. (2023). New data on the distribution of *Squalius seyhanensis* (Teleostei: Leuciscidae). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 668-670. <https://doi.org/10.35229/jaes.1331030>
Atıf yapmak için: Bayçelebi, E. (2023). *Squalius seyhanensis* (Teleostei: Leuciscidae)'in dağılımına ilişkin yeni veriler. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 668-670. <https://doi.org/10.35229/jaes.1331030>

<https://orcid.org/0000-0001-6868-5091>

*Corresponding author's:

Esra BAYÇELEBİ
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of
Fisheries, 53100 Rize, Türkiye
✉: doganeesra@gmail.com

Abstract: *Squalius seyhanensis* was described in the Sarız stream, a tributary of the Seyhan River, Mediterranean Sea basin the species was also found in western drainages of the Euphrates River. In this study, it was also recorded from the stream Kışla, a tributary of the Kızılırmak River, Black Sea basin. In this study, the Kışla population was compared with Sarız population, the type locality of *S. seyhanensis*. The key characters of *S. seyhanensis*, body depth at dorsal-fin origin (24.9-27.4% SL, vs. 24.8-28.1) and depth of caudal peduncle (11.8-13.3% SL, vs. 11.8-13.3) almost overlap.

Keywords: Anatolia, chub, ichthyofauna, freshwater fish.

Squalius seyhanensis (Teleostei: Leuciscidae)'in dağılımına ilişkin yeni veriler

*Sorumlu yazar:

Esra BAYÇELEBİ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su
Ürünleri Fakültesi, 53100 Rize, Türkiye
✉: doganeesra@gmail.com

Öz: *Squalius seyhanensis* türü Akdeniz Havzasında Bulunan Seyhan Nehri'nin drenajı olan Sarız deresinden tanımlanmıştır, Türün dağılım alanı Seyhan Nehri ve Fırat Nehri'nin batı havzasıdır. Bu çalışmada türün bilinen dağılım alanının yanı sıra Kızılırmak Nehri'nin drenajı olan Kışla deresinden de kaydı verilmiştir. Bu çalışmada Kışla ve Sarız popülasyonlarını karşılaştırılmıştır. Ayırt edici karakterler olan vücut yüksekliği (24.9-27.4% SB, vd. 24.8-28.1) ve kuyruk sapı yüksekliği (11.8-13.3% SB, vd. 11.8-13.3) neredeyse tamamen örtüşmektedir.

Anahtar kelimeler: Anadolu, tatlı su kefalı, ihtiyofauna, tatlı su balığı.

INTRODUCTION

Squalius is a genus of freshwater fish belonging to the family Leuciscidae. It is commonly known as the chub (Turan, 2013; Bayçelebi, 2019). The chubs are medium-sized fish distributed in the middle and lower parts of the River systems. The body is moderately deep, and slightly compressed laterally (Turan et al., 2013). Anal fin colour (membrane and rays) usually of live and fixed individuals and characterized by pigmentation on the lateral scales (Turan 2013;Doğan, 2013).

Individuals of the genus *Squalius* have a wide distribution area from the whole of Europe to the Middle East, especially in the Mediterranean Basin. It was recently reported that there are about 50 species belonging to this genus, there are 21 known species of the genus in Türkiye. (Özuluğ ve Freyhof, 2011; Turan et al., 2009; 2013; 2017; Geiger et al., 2014; Bayçelebi, 2019, Turan 2022). One of

these species *S. seyhanensis* was originally described from the Seyhan River in Türkiye by Turan, Kottelat & Doğan (2013). *S. seyhanensis* is one of the endemic species of Türkiye. It was recorded from the Seyhan and western drainages of the Euphrates River (Turan et al., 2017). This study aims to reveal the new distribution area of *Squalius seyhanensis*.

MATERIAL AND METHOD

Data collection: Fish were caught by pulsed DC electrofishing equipment and killed by over-anaesthetization, fixed and stored in formaldehyde. The material examined is deposited in Recep Tayyip Erdogan University Zoology Museum of the Faculty of Fisheries, Rize and Measurements were taken with digital caliper (0.1 mm accuracy). Counts and measurements follow, Turan et al., (2017). The lateral-line scale count includes the scales

on the base of the caudal fin. The last two branched dorsal and anal-fin rays articulating on a single pterygiophore are counted as 1½. The map (Fig. 1) was created using the Qgis QGIS 3.22.

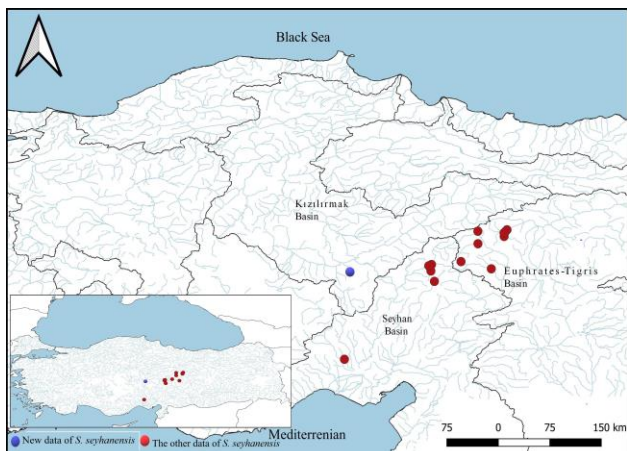


Figure 1. Records of *Squalius seyhanensis* based on this study (Table 1).

Table 1. Geographic information on the locations of *Squalius seyhanensis* listed in this study. All Material from Türkiye.

Station no	Location description	Sub- drainages	Main drainages	Coordinates	
1	Sivas, Kangal	Kangal	Euphrates	39.301100	37.674783
2	Sivas, Kangal	Kalkım	Euphrates	39.197350	37.628762
3	Sivas, Gürün	Tohma	Euphrates	38.690000	37.421944
4	Sivas, Kangal	Delihacı	Euphrates	39.278181	37.205200
5	Sivas, Kangal	Mancılık	Euphrates	39.082838	37.206622
6	Sivas, Kangal	Kangal	Euphrates	39.278000	37.653000
7	Sivas, Gürün	Tohma	Euphrates	38.803251	36.933931
8	Sivas, Kangal	Kangal	Euphrates	39.253117	37.626500
9	Kayseri, Pınarbaşı	Karagöz	Seyhan	38.757000	36.459000
10	Kayseri, Pınarbaşı	Sarız	Seyhan	38.493025	36.504732
11	Kayseri, Pınarbaşı	Zamantı	Seyhan	38.655900	36.448500
12	Kayseri, Pınarbaşı	Zamantı	Seyhan	38.736600	36.413100
14	Kayseri, İncesu	Kışla	Kızılırmak	38.643417	35.143583

RESULTS

Distribution and habitat: *Squalius seyhanensis* was presently known from Seyhan and the upper part of Euphrates river drainages (Figure 1, Table 1). The Kışla Stream in the Kızılırmak River basin constitutes a new distribution area for the species (Figures 1, Table 1). It inhabits swift and cold flowing water, with a cobble and pebble bottom (Turan et. al., 2017; Bayçelebi, 2020).

27 morphometric (Table 2) and five meristic characters (Table 3) were analysed. Both populations are nearly identical in all characters examined (Fig. 2).



Figure 2. *Squalius seyhanensis*, 155 mm SL; Kızılırmak River drainage; 150 mm SL; Seyhan River drainage.

Table 2. Morphometry of *Squalius seyhanensis* from Kızılırmak and Seyhan rRiver drainages.

	Stream Kışla, Kızılırmak River		Stream Sarız, Seyhan River	
	N	11	10	10
Standard length (mm)	136-189		128-234	
	Range		Range	
	SD		SD	
In % SL				
Head length	24.4-28.4 (26.2)	0.12	25.0-26.7 (26.0)	0.06
Body depth at dorsal-fin origin	24.9-27.4 (26.2)	0.09	24.8-28.1 (27.0)	0.12
Predorsal length	53.2-57.1 (54.9)	0.08	53.5-58.1 (56.0)	0.09
Prepelvic length	47.7-53.0 (50.8)	0.12	50.4-54.0 (52.5)	0.14
Preeanal length	69.4-76.5 (72.5)	0.14	72.6-75.3 (73.9)	0.13
Pectoral-fin origin to anal fin	46.7-52.7 (49.5)	0.18	48.1-51.6 (50.2)	0.09
Pectoral-fin origin to pelvic fin	23.5-28.2 (27.0)	0.18	27.2-29.7 (28.3)	0.12
Pelvic-fin origin to anal fin	20.5-25.6 (22.8)	0.15	20.8-24.3 (22.4)	0.12
Dorsal-fin height	19.3-22.8 (20.6)	0.09	18.7-21.3 (20.2)	0.08
Anal-fin height	19.1-23.5 (20.6)	0.13	17.9-20.0 (18.8)	0.07
Pectoral-fin length	18.2-21.7 (19.9)	0.10	18.0-19.3 (18.0)	0.13
Pelvic-fin length	15.3-17.3 (16.5)	0.07	12.5-15.8 (14.9)	0.11
Length of upper caudal-fin lobe	23.1-27.0 (24.9)	0.12	21.2-24.0 (22.8)	0.09
Length of middle caudal-fin rays	14.7-18.8 (16.0)	0.12	12.5-16.9 (15.6)	0.15
Length of caudal peduncle	16.7-20.4 (18.9)	0.11	16.4-19.2 (18.0)	0.09
Depth of caudal peduncle	11.8-13.5 (12.4)	0.06	11.8-13.3 (12.5)	0.23
In % HL				
Snout length	29.6-33.9 (32.1)	0.13	32.1-34.7 (33.7)	0.10
Eye diameter	15.8-21.1 (18.5)	0.14	15.7-21.0 (17.4)	0.18
Interorbital width	38.4-41.3 (39.9)	0.09	38.0-40.9 (39.3)	0.10
Head width, at anterior margin of eyes	41.4-45.6 (43.1)	0.13	44.9-49.5 (46.9)	0.18
Head width, at posterior margin of eyes	49.0-54.6 (52.5)	0.17	54.3-56.8 (55.6)	0.11
Head width, at middle of opercle	60.7-67.8 (63.0)	0.21	62.7-69.5 (66.0)	0.27
Head depth, at through eye	48.9-53.0 (50.7)	0.14	49.6-56.3 (52.4)	0.21
Head depth, at nape	65.3-70.9 (68.1)	0.19	64.6-70.7 (68.3)	0.20
Snout width at nostrils	34.9-41.6 (37.6)	0.18	37.6-45.6 (40.9)	0.31
Width of mouth gape	24.1-29.7 (27.4)	0.16	27.1-31.1 (29.7)	0.11
Length of mouth gape	26.6-30.1 (28.4)	0.13	28.3-31.1 (29.7)	0.11

Table 3. Frequency distribution of meristic features of *Squalius seyhanensis* from Kızılırmak and Seyhan River drainages.

	Total lateral line scales					
	N	43	44	45	46	47
Kızılırmak	11	3	3	3	1	1
Seyhan	10	5	2	3	-	-
	Transverse line scales			Below lateral line		
	N	7	8	3	4	5
Kızılırmak	11	2	9	3	5	1
Seyhan	10	2	8	-	10	-
	Branched dorsal-fin rays			Branched anal-fin rays		
	N	7½	8½	7½	8½	9½
Kızılırmak	11	-	11	3	4	-
Seyhan	10	1	9	-	8	2

DISCUSSION AND CONCLUSION

Squalius seyhanensis was described from the Sarız stream, Seyhan River in Türkiye by Turan, Kottelat & Doğan (2013). In this study, *Squalius* individuals from Kışla Stream was examined and compared with individuals from Sarız Stream. Almost all metrics and meristic data belonging to the two populations were overlapped. Little differences between two populations were observed, which were the head width¹ at the anterior margin of the eyes (41-46% HL, mean 43.1 in Kızılırmak, vs. 45-50, mean 46.9 in Seyhan) and the head width² at the posterior margin of the eyes (49-55% HL, mean 52.5 in Kızılırmak, vs. 54-57, mean 5.6 in Seyhan). It also both of the localities' chub anal fin in life with orange pigments on rays. As a result of present data, the chub of the stream Kışla is identified as *S. seyhanensis* (Figure 2).

The degradation of rivers, pollution and habitat alteration are significant threats in freshwater. Efforts should be made to protect *Squalius seyhanensis* and its habitat, one of Türkiye's endemic species. These include the establishment of protected areas, monitoring programs, and raising awareness about the importance of preserving freshwater ecosystems. It is crucial to ensure the sustainable management of water resources and implement conservation measures to safeguard the future of *S. seyhanensis* and other species that depend on these fragile ecosystems.

ACKNOWLEDGEMENTS

I'm pleased to thank Davut Turan and Cüneyt Kaya for their help during fieldwork.

REFERENCES

- Bayçelebi, E. (2019).** *Taxonomic revision of genus *Squalius* distribution in Turkey*. PhD Thesis. Recep Tayyip Erdogan University, Institute of Science and Technology, Rize, Turkey, 135 pp.
- Bayçelebi, E. (2020).** Distribution and diversity of fish from Seyhan, Ceyhan and Orontes river systems. *Zoosystematics and Evolution*, **96**(2), 747-767. DOI: [10.3897/zse.96.55837](https://doi.org/10.3897/zse.96.55837)
- Doğan, E. (2013).** *Fish fauna of Çoruh River*. MS Thesis. Recep Tayyip Erdogan University, Institute of Science and Technology, Rize, Turkey, 72pp.
- Geiger, M.F., Herder, F., Monaghan, M.T., Almada, V., Barbieri, R., Bariche, M., Berrebi, P., Bohlen, J., Casal-lopez, M., Delmastro, G.B., Denys, G.P.J., Dettai, A., Doadrio, I., Kalogianni, E., Kärst, H., Kottelat, M., Kovačiči, M., Laporte, M., Lorenzoni, M., Marčići, Z., Özuluğ, M., Perdices, A., Perea, S., Persat, H., Porcelotti, S., Puzzi, C., Robalo, J., Šanda, R., Schneider, M., Šlechtová, V., Stoumboudi, M., Walter, S. & Freyhof, J. (2014).** Spatial heterogeneity in the Mediterranean Biodiversity Hotspot affects barcoding accuracy of its freshwater fishes. *Molecular Ecology Resources*, **14**, 1210-1221. DOI: [10.1111/1755-0998.12257](https://doi.org/10.1111/1755-0998.12257)
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007).** *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, xiv + 646 pp.
- Özuluğ, M. & Freyhof, J. (2011).** Revision of the genus *Squalius* in Western and Central Anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **22**, 107-148.
- Turan, D., Yilmaz B.T. & Kaya, C. (2009).** *Squalius kottelati*, a new cyprinid species (Teleostei: Cyprinidae) from Orontes River Turkey. *Zootaxa*, **2270**(1), 53-62. DOI: [10.11646/zootaxa.2270.1](https://doi.org/10.11646/zootaxa.2270.1)
- Turan, D., Kottelat, M. & Bayçelebi, E. (2013).** Two new species of *Squalius*, *S. adanaensis* and *S. seyhanensis* (Teleostei: Cyprinidae), from the Seyhan River in Turkey. *Zootaxa*, **3637**(3), 308-324. DOI: [10.11646/zootaxa.3637.3.4](https://doi.org/10.11646/zootaxa.3637.3.4)
- Turan, D., Kottelat, M. & Bayçelebi, E. (2017).** *Squalius semae*, a new species of chub from the Euphrates River, Eastern Anatolia (Teleostei: Cyprinidae). *Zoology in the Middle East*, **63**, 33-42. DOI: [10.1080/09397140.2017.1290761](https://doi.org/10.1080/09397140.2017.1290761)
- Turan, D. (2022).** Hazar Gölü ve Dicle Nehri Yukarı Havzasında Yeni Bir *Squalius* Türünün Tanımlanması (Teleostei: Leuciscidae). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **7**(3), 336-340.



Comparison of Brain and Pancreas Tissues Exosome derived -miRNA -9 and -146 levels in Healthy and Diabetes Rats

Sidika Genc Ali Taghizadehghalehjoughi*

Faculty of Medicine, Department of Medical Pharmacology, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik 11230, Türkiye

Geliş/Received: 12.09.2023

Kabul/Accepted: 07.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Genc, S. & Taghizadehghalehjoughi, A. (2023). Comparison of Brain and Pancreas Tissues Exosome derived -miRNA -9 and -146 levels in Healthy and Diabetes Rats. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 671-678. <https://doi.org/10.35229/jaes.1358883>

Atıf yapmak için: Genc, S. & Taghizadehghalehjoughi, A. (2023). Sağlıklı ve Diyabetli Sıçanlarda Beyin ve Pankreas Dokusundan İzole Edilen Eksozom -miRNA -9 ve -146 Profillerinin Karşılaştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 671-678. <https://doi.org/10.35229/jaes.1358883>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-3506-0324>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0000-5103>

*Corresponding author's:

Ali Taghizadehghalehjoughi
Faculty of Medicine, Department of Medical
Pharmacology, Bilecik Şeyh Edebali
University, Bilecik 11230, Türkiye
✉: ali.tgzg@bilecik.edu.tr

Abstract: Small vesicles called exosomes have been found to regulate gene expression in tissues and play a role in the pathogenesis of many diseases. Therefore, this study aimed to determine the effects of exosomes on diabetes and associated microRNA (miRNA) alteration. For this purpose, nicotinamide (120 mg/kg) was administered intraperitoneally (i.p.) and 15 minutes later, Streptozotocin (50 mg/kg) was administered i.p. Rats with glucose levels of 126 mg/dL and above were considered to have Type 2 diabetes. At the end of 21 days, exosomes were obtained from the pancreas and brain tissues of diabetic patients and rats of healthy groups (n: 10). Then, biochemical analyses and oxidative stress parameters of both groups were examined. Additionally, miRNA changes were examined and the results were evaluated statistically. It was observed that the total antioxidant level (TAC) decreased compared to the control group (P<0.05). As a result of the examination by Real-Time PCR, it was determined that miRNA-9 levels were significantly increased and miR-146 gene levels were significantly down-regulated in both brain tissue and pancreas tissue (P<0.05).

As a result, significant changes occurred in miRNA -9 and -146 levels in brain and pancreatic tissue exosomes of diabetic rats. These results show that diabetic rat exosomes cause changes in miRNA levels and that this change may be related to neuroinflammation.

Keywords: Diabetes, LDH, miRNA-9, miRNA-146.

Sağlıklı ve Diyabetli Sıçanlarda Beyin ve Pankreas Dokusundan İzole Edilen Eksozom -miRNA -9 ve -146 Profillerinin Karşılaştırılması

Öz: Eksozom adı verilen küçük veziküllerin dokulardaki gen ekspresyonunu düzenlediği ve birçok hastalığın patogenezinde rol oynadığı bulunmuştur. Bu nedenle, bu çalışma eksozomların diyabet ve buna bağlı mikroRNA (miRNA) değişimi üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla intraperitoneal olarak nikotinamid (120 mg/kg) uygulandı (i.p.) ve 15 dakika sonra Streptozotocin (50 mg / kg) ip uygulandı. Glikoz seviyesi 126 mg/dL ve üzeri olan sıçanlar Tip 2 diyabet olarak kabul edildi. 21 Günün sonunda şeker hastalarının ve sağlıklı grupların sıçanlarının (n:10) pankreas ve beyin dokularından eksozomlar elde edildi. Daha sonra her iki grubun biyokimyasal analizleri ve oksidatif stres parametreleri incelendi. Ayrıca miRNA değişiklikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Total antioksidan düzeyinin (TAC) kontrol grubuna göre azaldığı gözlemlendi (P<0.05). Gerçek Zamanlı PCR ile yapılan inceleme sonucunda hem beyin dokusunda hem de pankreas dokusunda miRNA -9 düzeylerinin önemli ölçüde arttığı ve miR-146 gen düzeylerinin önemli ölçüde aşağı regüle edildiği belirlendi (P<0.05).

Sonuç olarak, diyabetik sıçanların beyin ve pankreas dokusu eksozomlarında miRNA -9 ve -146 seviyelerinde önemli değişiklikler meydana geldi. Bu sonuçlar, diyabetik rat eksozomlarının miRNA düzeyinde değişikliğe neden olduğu ve bu değişikliğin nöroinflamasyonla ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Diabetes, LDH, miR-9, miR-146.

*Sorumlu yazar:

Ali Taghizadehghalehjoughi
Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim
Dalı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
Bilecik 11230, Türkiye
✉: ali.tgzg@bilecik.edu.tr

INTRODUCTION

There are two types of diabetes, Type 1 and Type 2. Type 1 diabetes occurs as a result of damage to pancreatic β cells. In the etiology of type 2 (non-insulin-dependent diabetes) diabetes, there is amyloid deposition in the pancreas cells, which generally develops in the elderly. (Butler et al., 2003; Chatterjee et al., 2017; Westermarck et al., 1987). Relative insulin lack in type 2 diabetes is characterized by impaired pancreatic beta-cell activity and insulin resistance in target organs. The incidence and prevalence of type 2 diabetes have recently increased fourfold due to an aging population, sedentary lifestyles, and global obesity rates (Collaboration, 2017). The main characteristic of diabetes is a high blood glucose (more than 200 mg/dL) concentration. High glucose concentrations lead to major damage to blood vessels endothelial, kidneys, liver, eyes, and brain tissue (Biessels & Reagan, 2015; Brownlee, 2005; Gilbert & Cooper, 1999; Li et al., 2002; Targher & Byrne, 2017). The increased incidence of dementia in type 2 diabetes (T2D) is best clarified at least in part, by neuroinflammation. Nowadays, the evidence for this claim is; it focuses on clinical and experimental data demonstrating that inflammation of the neurons contributes a more significant role than previously thought in the pathogenesis of neurodegenerative disorders, especially Alzheimer's disease (AD), as well as evidence that T2D is a condition with a significant inflammatory component that may increase neurological inflammation (Wong et al., 2018).

Exosomes were first discovered in the maturing mammalian reticulocyte (immature red blood cell) and nano-sized vesicles (40-150 nm), considered primary secretion products from many cells (Yeni et al., 2023). They can regulate cell-to-cell communication by transferring the mRNAs, miRNAs, and proteins they contain to target cells (Genc et al., 2023; Sidika et al., 2021)

Small interfering RNA (siRNA, a double-stranded RNA), known as short interfering RNA or silencing RNA, is similar to miRNA (Finnegan & Matzke, 2003; Sakshi et al., 2021). It is a class of non-coding RNA molecules generally 20-24 (normally 21) base pairs long. It interferes with the expression of nucleotide sequences by preventing translation by cleaving mRNA after the transcription of specific genes (Balasubramanyam et al., 2011; Sakshi et al., 2021). miRNAs are small, single-stranded, non-coding RNA molecules that inhibit protein production by binding to target mRNA. In addition, in different types of cancer like breast cancer, the expression of miRNA is suppressed. miRNA 123 can directly downregulate Integrin β 1 (Balasubramanyam et al., 2011). The cytoplasmic domain of integrin beta-1 binds to the actin cytoskeleton. miR-146 is thought to be a mediator of inflammation. miRNA 226 down expression interference cell migration and innate immunity (Chen et al.,

2012; Lopes et al., 2017; Taganov et al., 2006; Ye et al., 2020).

The current study aims to determine how the miRNA -9 and -146 profiles of exosomes belonging to brain and pancreatic tissue change in T2D rats. With this study, exosome miRNA level changes of rats with T2D will be studied for the first time, and it will be investigated that these exosomes may be mediators, especially in neuroinflammation.

MATERIAL AND METHOD

Chemicals And Reagent: Streptozotocin (18883-66-4) and Nicotinamide (98-92-0) were purchased from Sigma Aldrich (Berlin, Germany). Total Exosome RNA & Protein Isolation Kit (Catalog number: 4478545) was purchased Invitrogen™. Enzyme Linked-Immuno-Sorbent Assay (ELISA) kits were bought from Elabscience (Texas, USA).

Selection of Experimental Animals: For the study, 20 male Sprague-Dawley rats weighing 180-250 g were obtained from Atatürk University Medical Experimental Application and Research Center (ATADEM) and fed with standard rat chow, and drinking water bottles were changed daily. All rats were housed at room temperature of $24 \pm 2^\circ\text{C}$ in a 12/12-hour dark/light period in the experimental animal laboratory before and until the end of the experiment. The study received ethical permission from Atatürk University on 29.09.2022 and E-77040475-641.04-2200302591 no.

Diabetes Induction of Rats: A single intraperitoneal injection of 50 mg/kg body weight streptozotocin was administered 15 minutes after administration of 120 mg/kg body weight nicotinamide intraperitoneal injection in type 2 diabetes mellitus, overnight fasted rats. Streptozotocin was dissolved in citrate buffer (pH 4.5) and nicotinamide was dissolved in saline (Masiello et al., 1998; Reed et al., 2000; Szkudelski, 2012). Hyperglycemia was confirmed by elevated plasma glucose levels, determined 72 hours after injection and then on day 7. Animals with a blood glucose concentration above 126 mg/dl were used for the study (Masiello et al., 1998; Reed et al., 2000).

Detection of the Hyperglycemic Effects: The night before the experiment, the rats were not fed with food, and only water was given. Before streptozotocin (STZ) injection, rats' baseline weights (g) were determined, and basal blood glucose values (mg/dL) were measured with a glucometer (On.Call® Plus, Acon Lab., Inc. America). Then, to induce diabetes in rats, STZ solution (1 mL) prepared in pH 4.5 cold citrate buffer just before administration was administered to rats i.p. was injected (50 mg/kg) after administration of 120 mg/kg body weight nicotinamide (NA) intraperitoneal injection in 0.9% NaCl (1 mL) prepared just before administration (1 mL) i.p. was given to animals (120 mg/kg).

Animals were given 4 mL i.p. of 20% dextrose solution in the first 4 hours (between the 2nd and 3rd hours). Animal waters were replaced with 5% dextrose solution for 24 hours. Those with a fasting blood glucose level >126 mg/dL in the blood sample taken from the tail vein on the 7th day of the application were considered diabetic (Type 2). Fasting and postprandial sugars were determined once a week during the 21-day waiting period to ensure the stability of the diabetes model in animals (Kaplan et al., 2019; Reed et al., 2000).

Working Groups and Application of Formulations: Group I: The group consists of healthy animals (n=10) to whom no substance was administered.

Group II: Rats considered to have Type 2 diabetes (n=10);

No treatment was applied after the diabetes model was created. The blood glucose level was measured using a glucometer in the blood sample taken from the tail vein at the specified time intervals (0., 1., 3., 6. hours) on the first day. The time point at which the blood glucose level was measured the lowest was determined, and the measurement was made only at that time point in the following days. During this time, all rats were given only water but no feed. Apart from these periods, animals were provided access to water and typical food. After definitive proof that the diabetes model was formed, the animals were exterminated within the framework of ethical rules, and brain and pancreatic tissue were taken.

Biochemical Analysis: Homogenates will be prepared from tissues of brain and pancreas tissues stored at -80 °C, and LDH, TAS, and TOS levels in the obtained supernatants were determined by taking measurements in the ELISA device with kits to be obtained from Elabscience (Germany).

Exosome Isolation: For exosome isolation, 1 ml of homogenized tissue was first taken and centrifuged at 300g for 10 minutes. The supernatant of the liquid was taken and centrifuged for 10 minutes at 2000g and 10000g, respectively. Then, the supernatant was born again, and ultracentrifugation was performed. The pellet was washed with HBSS by centrifugation at 100000-20000 x g for 70 minutes and then centrifuged again at 100000-20000 x g for 120 minutes to obtain pure exosomes. All centrifugation processes were carried out at 4 °C (Sidika et al., 2021).

Exosome Characterization:

SEM: A scanning electron microscope (SEM; Scanning Electron Microscope) is an electron microscope that obtains an image by scanning the sample surface with a focused beam of electrons. By interacting with the atoms in the exosome sample, it generates different signals containing information about the topography and composition of the sample surface. The change in the number of secondary electrons ejected from other parts of the sample primarily depends on the angle of encounter of the beam with the

surface, that is, on the topography of the character. In addition to secondary electrons, backscattered electrons, characteristic X-rays, and signals are obtained, and appropriate topography and composition analyses are performed (Genc et al., 2023).

Real-Time PCR Analysis:

Obtaining genetic material: After the exosome isolation from the samples, the exosomes were kept at -80 until to RNA isolation step.

RNA isolation: miRNA isolation was obtained according to the procedure of Invitrogen™ Total Exosome RNA & Protein Isolation Kit (Catalog number: 4478545).

Gene expression: For miR-9 (forward primer 5'-CCGAGCTCAGAAAAGCAATAATGTCCAG-3' and reverse primer 5'-GCTCTAGATCCATTACCAGGGAGCAG-3') and miR-146 (forward primer GCGAGGTCAAGTCACTAGTGGT reverse primer CGAGAAGCTTGCATCACCAGAGAACG) genes, 0.25 µl of right and left primer, 0.15 µl of the probe, 3 µl of cDNA, 3 master mix (Roche, Germany), and 12.75 µl of distilled water were added to each strip (tube) at this stage. The final volume was adjusted to 20 µl. After 600 seconds at 95 °C, 10 seconds at 95 degrees, and 30 seconds at 60 degrees, 45 cycles were made. We normalized the miRNA expression of target miRNAs to the RNU6 reference control using the $\Delta\Delta C_t$ method, as previously described (Genc et al., 2023).

Statistical analysis: The results were analyzed with the SPSS 20.0 Windows program and given as mean \pm standard error. Statistical comparison between groups was subjected to parametric and non-parametric tests. One Way ANOVA and Kruskal Wallis tests were applied, and data that were more significant than $P < 0.05$ were considered statistically significant.

RESULTS

Exosome characterization via SEM: SEM visualized the resulting exosomes. Brain tissue exosomes are shown in Figure 1, and pancreatic tissue exosomes are shown in Figure 2. When SEM images were examined, it was determined that the exosomes obtained were between 24.80 nm and 129.2 nm. These results show that the isolation of exosomes was performed correctly.

Biochemical Results:

LDH Results: Since LDH is released by necrotic cells, it is an excellent metabolic marker of cell viability. The effect on LDH activity in rat brains and pancreatic tissues with diabetes mellitus was determined using an LDH kit. LDH activity expressed as % of standard (shown as 100%) is shown in Figure 3. LDH levels were relatively low in the brain and pancreatic tissue control groups. While the LDH level was 9.76% in the control group of the brain tissue, this

value was determined as 11.32 in the control group of the pancreatic tissue. LDH results of the diabetes group increased significantly (44.34% in brain tissue, 47.98% in

pancreas tissue) ($p < 0.05$ and $p < 0.01$). These data show us that the cytotoxic effect increases significantly due to Type 2 diabetes.

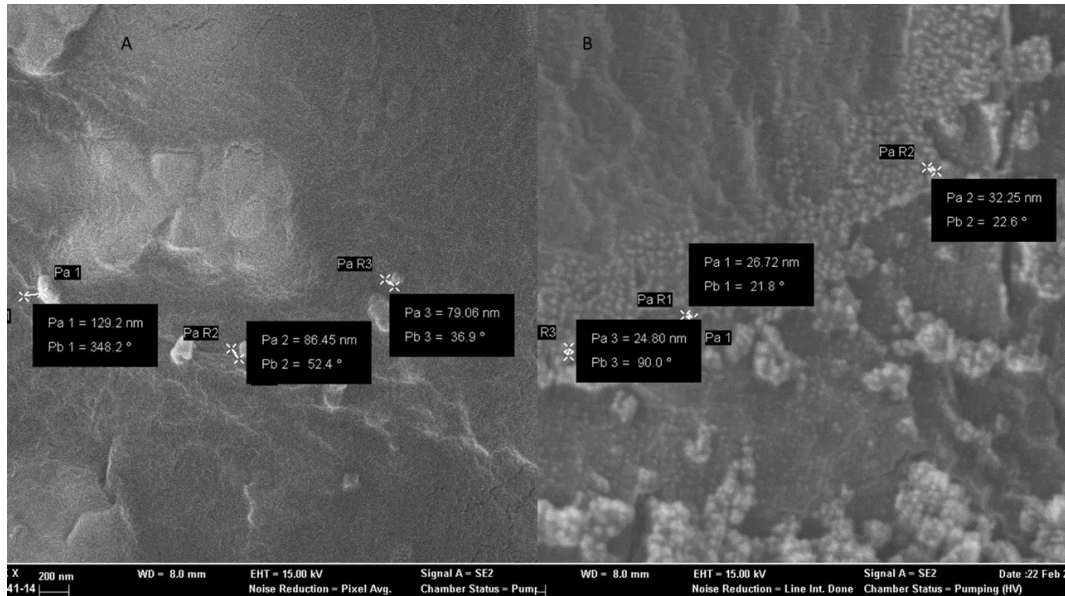


Figure 1. Controls (A) and Diabetes (B). Brain tissue exosomes were examined by SEM. The white arrow shows particle size. P: particle, Pa: particle size in nm, Pb: particle angle, and, Pa R: particle radius. (The images are taken by Carl Zeiss Evo 40 SEM; Jena Germany).

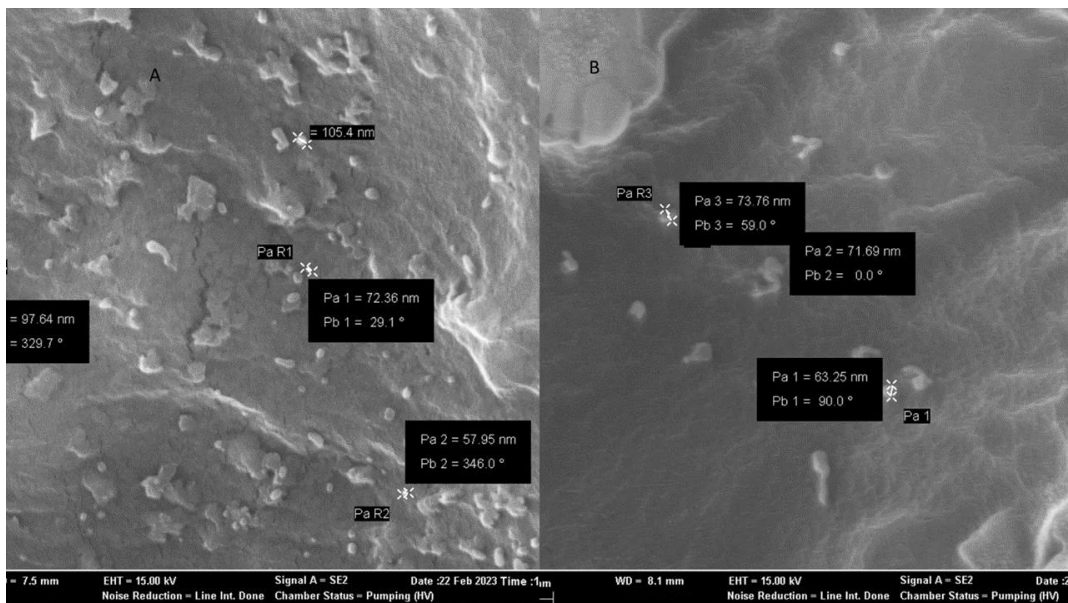


Figure 2. Controls (A) and Diabetes (B). Pancreas tissue exosomes examined by SEM. The white arrow shows particle size. P: particle, Pa: particle size in nm, Pb: particle angle, and, Pa R: particle radius. (The images are taken by Carl Zeiss Evo 40 SEM; Jena Germany).

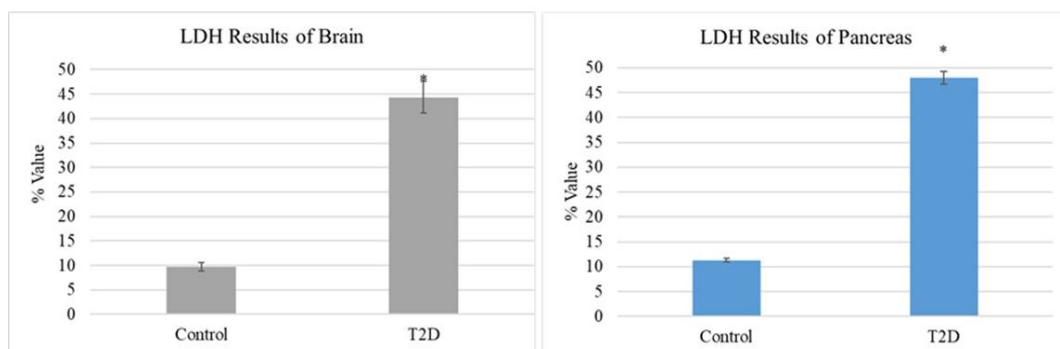


Figure 3. Results of LDH activity of experimental groups. Data, mean \pm SD specified as. ** P values < 0.05 were found to be very significant for the control group.

Redox Status of T2D Brain and Pancreas Tissues:

TOS results: The TOS value of the spectrophotometrically determined control group was 2.098 mmol H₂O₂ equivalent/L in the brain tissue, and the TOS value was 3.76 mmol H₂O₂ equivalent/L in the pancreatic tissue (Figure 4.) Compared to the control group, it increased the oxidant activity in the TD2 model and led the cells to cytotoxicity (p<0.001). While the oxidative stress level was found as 13.99 mmol H₂O₂ equivalent/L in the brain tissue, this value was found as

15.125 mmol H₂O₂ equivalent/L in the pancreatic tissue. TOS value increased significantly in both tissues.

TAC Results: When the TAC level was examined, the TAC value of the control group in the brain tissue was found to be 22.098 mmol Trolox equivalent/L, and the pancreatic tissue was 21.11 mmol Trolox equivalent/L (Figure 5.) Compared to the control group, antioxidant activity in the TD2 model decreased significantly in both tissues (p<0.001). While the oxidative stress level was 4.50 mmol Trolox equivalent/L in the brain tissue, this value was 5.22 mmol Trolox equivalent/L in the pancreatic tissue.

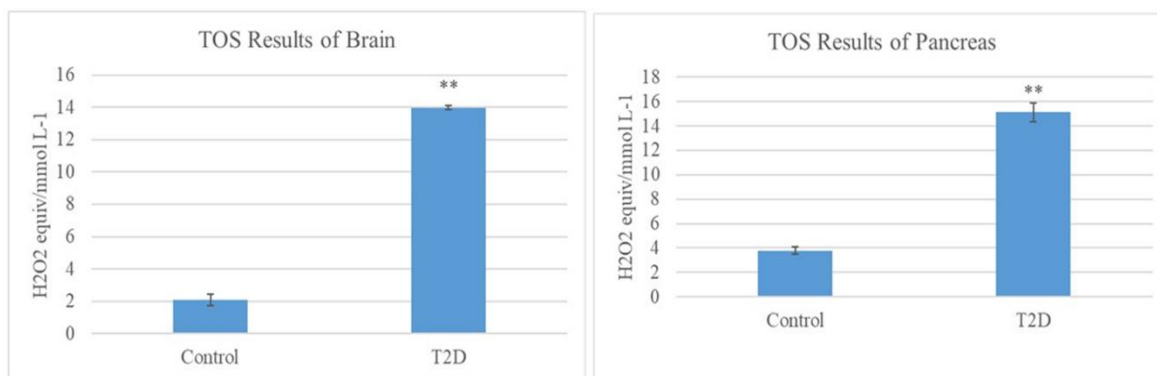


Figure 4. TOS results of brain and pancreas tissue. Data, mean ± SD specified as. ** P values <0.001 were found to be very significant for the control group.

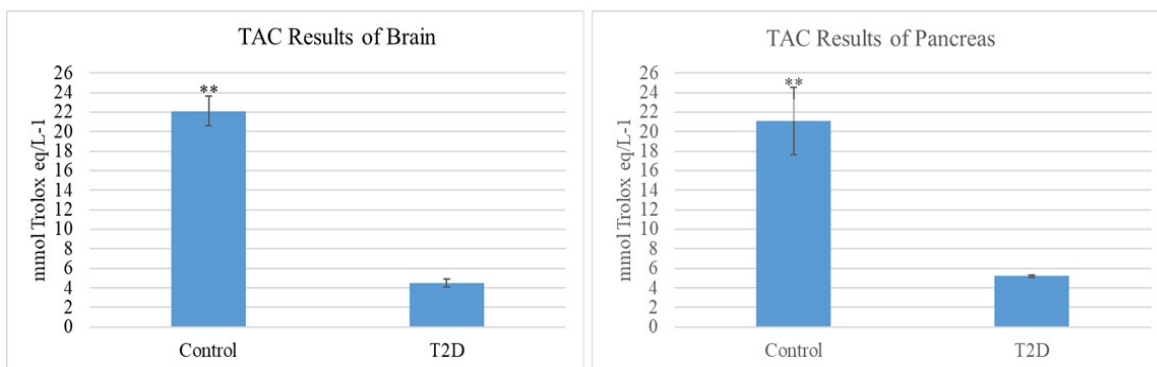


Figure 5. TAC level results of brain and pancreas tissue. Data, mean ± SD specified as. ** P values <0.001 were found to be very significant for the control group.

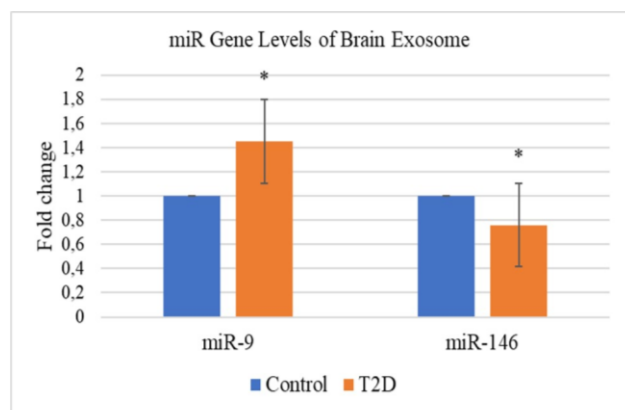


Figure 6. (A) miRNA-9 and (B) miRNA-146 gene expression levels in brain tissue exosomes (n = 10). Data are presented as means ± SD * p<0.05 vs. the control group.

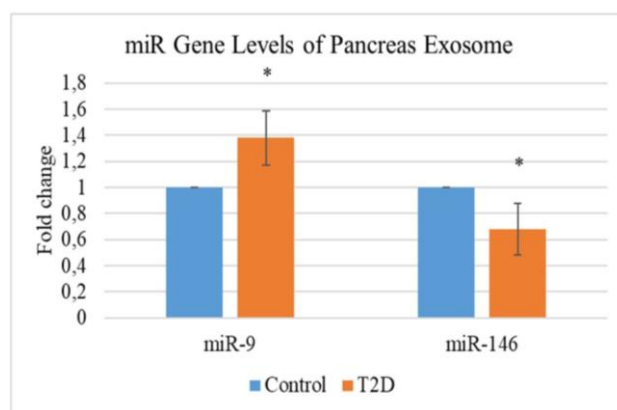


Figure 7. Effects of T2D on (A) miRNA-9 and (B) miRNA-146 gene expression levels in pancreas tissue exosomes (n = 10). Data are presented as means ± SD * p<0.05 vs. the control group.

RT-PCT Results: Exosomes obtained from brain and pancreas tissues of rats with diabetes model and gene expression levels of miRNA-9 and miRNA-146 genes were measured by Real-time analysis. The results are shown in Figures 4 and 5. When the exosomes obtained from the brain tissue were examined, it was determined that there was a significant increase in miRNA-9 level, on the contrary, the miRNA-146 gene was down-regulated. Similarly, while the miRNA-9 level increased in pancreatic tissue, miR-146 decreased significantly. ($p < 0.05$)

DISCUSSION

Diabetes has a high patient population worldwide. For this reason, the diabetes model, which has attracted the attention of scientists, has been the subject of much research. Although different methods are used to conduct diabetes research, induction of diabetes with the help of streptozotocin is more common. To increase the reliability and utility of this model, applications were made gradually with high care (Wang-Fischer & Garyantes, 2018; Wu & Huan, 2008).

When pancreatic tissue's beta cells are harmed, diabetes results. As a result, this tissue experiences initial injury and inflammation. Liver, eye, kidney, and brain tissue are affected afterward. A substantial amount of experimental and clinical data demonstrates that T2D negatively impacts brain physiology, cognition, and behavior and harms several organs, resulting in older people's daily lives (Kodl & Seaquist, 2008; Mijnhout et al., 2006). The duration, as well as the type of diabetes, impacts how cognitive impairment progresses and how severe it is. Diabetes-induced cognitive and behavioral impairments (DACD) have a complex multifactorial pathophysiology that has not yet been fully understood. On the other hand, it has been hypothesized that defective insulin signaling, oxidative stress, and inflammation may play a significant role in the emergence of diabetes-related cognitive impairment (Muriach et al., 2014). Inflammation and diabetes are inextricably interconnected, and NF- κ B has become a fundamental player in this relationship. Diabetes has been associated with increased downstream pro-inflammatory cytokines and NF- κ B activation. (Ganesh Yerra et al., 2013; Patel & Santani, 2009; Zhao et al., 2011) Understandably, NF- κ B regulates the expression of specific miRNA-related genes, given the fact that it has numerous pleiotropic signaling cascades. Studies have examined the possibility of miRNAs forming innate immune receptors that act through the activation of NF- κ B signaling, and it has been found that there is a link between various miRNAs (miR-146a, miR-155, and miR-9) and the activation of NF- κ B signaling (Bazzoni et al., 2009; Impey et al., 2004; Kluiver

et al., 2007; Taganov et al., 2006). Therefore, our study, it was aimed to examine the changes in the exosomal miRNA (miRNA 9 and 146) levels, especially in the brain and pancreas tissues of rats for which the diabetes model was created. We think that the transport of these genes to the brain, which is a distant tissue, with the exosome may be effective in NF- κ B activation or inhibition.

The study conducted by Mehmet Haligur et al (2012) shows degenerative and necrotic beta cells in Langerhans islets of the pancreas, in the diabetes study group (Haligur et al., 2012). In another study, the researcher showed that in diabetic rats, pancreas weight decreased near to 50% of the control group because of inflammation and beta cell necrosis (Shawky et al., 2019). This data correlates with our oxidative studies results (figs 3, 4, and 5). According to our results, LDH and TOS (oxidative stress markers) show a significant increase. Increasing degeneration and damage to cells leads to secrete both LDH and free radicals. In the paradox, total antioxidant capacity shows a decrease in severe degeneration and tissue damage process. According to our result, the TAC level decreased sharply.

Exosomes are small nanosized vesicles. Recently an increase was seen in the number of studies showing exosome role in disease pathogenesis majorly in Brain, cancer, and liver disease (Guo et al., 2020; L Isola & Chen, 2017; Zhang et al., 2021). in addition, exosomes can be used as a marker for diagnosis and prognosis (Samanta et al., 2018). In diabetes, exosomes have dual functions in mediating insulin resistance/sensitivity. For example, M1 macrophage-derived exosomes inhibit insulin secretion. Also, exosomes can carry miRNAs, and by transferring among cells to regulate various molecular pathways such as AMPK and PI3K/Akt, to affect DM progression (Ashrafizadeh et al., 2022). In the current study, we evaluate miRNA-9 and miRNA-146. The result shows an increase in the miRNA-9 level and a decrease in the miRNA-146 gene expression level. Lei Kong et al (2011) shows blood and pancreas miR-9, miR-29a, miR-30d, miR34a, miR-124a, miR-146a, and miR-375 level was up-regulated in newly diagnosed diabetes patient (Kong et al., 2011). This study shows a correlation with our study miRNA -9 shows an increase. Also, we did this evaluation in rat brain tissue, and we have seen an upregulation. Lucy Baldeón R (2014) et al serum miRNA-146a level as a sign of chronic inflammation in type 2 diabetic patients shows a significant decrease (Baldeón R et al., 2014). Degeneration and necrosis of the pancreas and brain as a result of DM are responsible for the decrease in miRNA-146a expression. In our study exosome origin miRNA-146a expression was down-regulated whereas miRNA-9 was upregulated.

CONCLUSION

In conclusion, exosomes can be used as a biomarker for the screening of DM prognosis. Exosomes can carry miRNA and by evaluating them we can find different tissue inflammation statuses and is the treatments are capable of overcoming diabetes or not.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Authors Contributions

AT and SG designed the experiments. AT and SG performed the experiments. AT and SG analyzed the data. AT and SG wrote and revised the manuscript. All authors have read and approved the final manuscript.

Ethics Approval and Consent to Participate

This study was approved by the Ataturk University Animal Experiments Local Ethics Committee (decision number: E-77040475-641.04-2200302591; dated 29.09.2022), which operates in line with European (EU) Directive 2010/63/EU.

REFERENCES

- Ashrafizadeh, M., Kumar, A.P., Aref, A.R., Zarrabi, A. & Mostafavi, E. (2022). Exosomes as promising nanostructures in diabetes mellitus: from insulin sensitivity to ameliorating diabetic complications. *Int J Nanomedicine*, 1229-1253.
- Balasubramanyam, M., Aravind, S., Gokulakrishnan, K., Prabu, P., Sathishkumar, C., Ranjani, H. & Mohan, V. (2011). Impaired miR-146a expression links subclinical inflammation and insulin resistance in Type 2 diabetes. *Molecular and cellular biochemistry*, 351, 197-205.
- Baldeón, R.L., Weigelt, K., De Wit, H., Ozcan, B., van Oudenaren, A., Sempertegui, F., Sijbrands, E., Grosse, L., Freire, W. & Drexhage, H.A. (2014). Decreased serum level of miR-146a as sign of chronic inflammation in type 2 diabetic patients. *PLoS One*, 9(12), e115209.
- Bazzoni, F., Rossato, M., Fabbri, M., Gaudiosi, D., Mirolo, M., Mori, L., Tamassia, N., Mantovani, A., Cassatella, M.A., & Locati, M. (2009). Induction and regulatory function of miR-9 in human monocytes and neutrophils exposed to proinflammatory signals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(13), 5282-5287.
- Biessels, G. J. & Reagan, L. P. (2015). Hippocampal insulin resistance and cognitive dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(11), 660-671.
- Brownlee, M. (2005). The pathobiology of diabetic complications: a unifying mechanism. *Diabetes*, 54(6), 1615-1625.
- Butler, A.E., Janson, J., Bonner-Weir, S., Ritzel, R., Rizza, R.A. & Butler, P.C. (2003). β -cell deficit and increased β -cell apoptosis in humans with type 2 diabetes. *Diabetes*, 52(1), 102-110.
- Chatterjee, S., Khunti, K. & Davies, M.J. (2017). Type 2 diabetes. *The lancet*, 389(10085), 2239-2251.
- Chen, W., Lou, J., Evans, E.A. & Zhu, C. (2012). Observing force-regulated conformational changes and ligand dissociation from a single integrin on cells. *Journal of Cell Biology*, 199(3), 497-512.
- Collaboration, N.R.F. (2017). Trends in obesity and diabetes across Africa from 1980 to 2014: an analysis of pooled population-based studies. *International journal of epidemiology*, 46(5), 1421-1432.
- Finnegan, E. J. & Matzke, M. A. (2003). The small RNA world. *Journal of cell science*, 116(23), 4689-4693.
- Ganesh Yerra, V., Negi, G., Sharma, S. & Kumar, A. (2013). Potential therapeutic effects of the simultaneous targeting of the Nrf2 and NF- κ B pathways in diabetic neuropathy. *Redox Biol* 1: 394-397. In.
- Genc, S., Yagci, T., Vageli, D. P., Dundar, R., Doukas, P. G., Doukas, S. G., Tolia, M., Chatzakis, N., Tsatsakis, A. & Taghizadehghalehjoughi, A. (2023). Exosomal MicroRNA-223, MicroRNA-146, and MicroRNA-21 Profiles and Biochemical Changes in Laryngeal Cancer. *ACS Pharmacology & Translational Science*, 6(5), 820-828.
- Gilbert, R.E. & Cooper, M.E. (1999). The tubulointerstitium in progressive diabetic kidney disease: more than an aftermath of glomerular injury? *Kidney international*, 56(5), 1627-1637.
- Guo, H.-Y., Cheng, A.-C., Wang, M.-S., Yin, Z.-Q. & Jia, R.-Y. (2020). Exosomes: potential therapies for disease via regulating TLRs. *Mediators of Inflammation*, 2020.
- Haligur, M., Topsakal, S. & Ozmen, O. (2012). Early degenerative effects of diabetes mellitus on pancreas, liver, and kidney in rats: an immunohistochemical study. *Journal of diabetes research*, 2012.
- Impey, S., McCorkle, S.R., Cha-Molstad, H., Dwyer, J.M., Yochum, G.S., Boss, J.M., McWeeney, S., Dunn, J.J., Mandel, G. & Goodman, R.H. (2004). Defining the CREB regulon: a genome-wide analysis of transcription factor regulatory regions. *Cell*, 119(7), 1041-1054.
- Kaplan, A., Cetin, M., Orgul, D., Hacimufnewlu, A., & Hekimoglu, S. (2019). Formulation and In Vitro Evaluation of Topical Nanoemulsion based Gels Containing Daidzein. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 19, 30263.
- Kluiver, J., van den Berg, A., de Jong, D., Blokzijl, T., Harms, G., Bouwman, E., Jacobs, S., Poppema, S. & Kroesen, B.-J. (2007). Regulation of pri-microRNA BIC transcription and processing in Burkitt lymphoma. *Oncogene*, 26(26), 3769-3776.
- Kodl, C. T., & Seaquist, E. R. (2008). Cognitive dysfunction and diabetes mellitus. *Endocrine reviews*, 29(4), 494-511.
- Kong, L., Zhu, J., Han, W., Jiang, X., Xu, M., Zhao, Y., Dong, Q., Pang, Z., Guan, Q. & Gao, L. (2011).

- Significance of serum microRNAs in pre-diabetes and newly diagnosed type 2 diabetes: a clinical study. *Acta diabetologica*, **48**, 61-69.
- L Isola, A. & Chen, S. (2017)**. Exosomes: the messengers of health and disease. *Current neuropharmacology*, **15**(1), 157-165.
- Li, Q., Zemel, E., Miller, B. & Perlman, I. (2002)**. Early retinal damage in experimental diabetes: electroretinographical and morphological observations. *Experimental eye research*, **74**(5), 615-625.
- Lopes, M.B., Freitas, R.C., Hirata, M.H., Hirata, R.D., Rezende, A.A., Silbiger, V.N., Bortolin, R.H. & Luchessi, A.D. (2017)**. mRNA-miRNA integrative analysis of diabetes-induced cardiomyopathy in rats. *Frontiers in Bioscience-Scholar*, **9**(2), 194-229.
- Masiello, P., Broca, C., Gross, R., Roye, M., Manteghetti, M., Hillaire-Buys, D., Novelli, M., & Ribes, G. (1998)**. Experimental NIDDM: development of a new model in adult rats administered streptozotocin and nicotinamide. *Diabetes*, **47**(2), 224-229.
- Mijnhout, G., Scheltens, P., Diamant, M., Biessels, G., Wessels, A., Simsek, S., Snoek, F., & Heine, R. (2006)**. Diabetic encephalopathy: a concept in need of a definition. *Diabetologia*, **49**, 1447-1448.
- Muriach, M., Flores-Bellver, M., Romero, F.J. & Barcia, J.M. (2014)**. Diabetes and the brain: oxidative stress, inflammation, and autophagy. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2014.
- Patel, S. & Santani, D. (2009)**. Role of NF- κ B in the pathogenesis of diabetes and its associated complications. *Pharmacological Reports*, **61**(4), 595-603.
- Reed, M., Meszaros, K., Entes, L., Claypool, M., Pinkett, J., Gadbois, T. & Reaven, G. (2000)**. A new rat model of type 2 diabetes: the fat-fed, streptozotocin-treated rat. *Metabolism-Clinical and Experimental*, **49**(11), 1390-1394.
- Sakshi, S., Jayasuriya, R., Ganesan, K., Xu, B. & Ramkumar, K. M. (2021)**. Role of circRNA-miRNA-mRNA interaction network in diabetes and its associated complications. *Molecular Therapy-Nucleic Acids*, **26**, 1291-1302.
- Samanta, S., Rajasingh, S., Drosos, N., Zhou, Z., Dawn, B. & Rajasingh, J. (2018)**. Exosomes: new molecular targets of diseases. *Acta Pharmacol Sin*, **39**(4), 501-513.
- Shawky, L.M., Morsi, A.A., El Bana, E. & Hanafy, S. M. (2019)**. The biological impacts of sitagliptin on the pancreas of a rat model of type 2 diabetes mellitus: Drug interactions with metformin. *Biology*, **9**(1), 6.
- Sıdıka, G., Cakir, Z., Taghizadehghalehjoughi, A., Yeşim, Y., Jalili, K. & HACIMUFTÜOĞLU, A. (2021)**. Investigation of the Exosome-Based Drug Delivery System Potential in the Treatment of Glioblastoma in vitro Experimental Models. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, **4**(3), 451-467.
- Szkudelski, T. (2012)**. Streptozotocin-nicotinamide-induced diabetes in the rat. Characteristics of the experimental model. *Experimental biology and medicine*, **237**(5), 481-490.
- Taganov, K.D., Boldin, M.P., Chang, K.-J. & Baltimore, D. (2006)**. NF- κ B-dependent induction of microRNA miR-146, an inhibitor targeted to signaling proteins of innate immune responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **103**(33), 12481-12486.
- Targher, G., & Byrne, C. D. (2017)**. Non-alcoholic fatty liver disease: an emerging driving force in chronic kidney disease. *Nature Reviews Nephrology*, **13**(5), 297-310.
- Wang-Fischer, Y., & Garyantes, T. (2018)**. Improving the reliability and utility of streptozotocin-induced rat diabetic model. *Journal of diabetes research*, 2018.
- Westermarck, P., Wernstedt, C., Wilander, E., Hayden, D. W., O'Brien, T. D. & Johnson, K. H. (1987)**. Amyloid fibrils in human insulinoma and islets of Langerhans of the diabetic cat are derived from a neuropeptide-like protein also present in normal islet cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **84**(11), 3881-3885.
- Wong, C.H., Wanrooy, B.J. & Bruce, D.G. (2018)**. Neuroinflammation, type 2 diabetes, and dementia. In *Type 2 Diabetes and Dementia* (pp. 195-209). Elsevier.
- Wu, K.K. & Huan, Y. (2008)**. Streptozotocin-induced diabetic models in mice and rats. *Current protocols in pharmacology*, **40**(1), 5.47. 41-45.47. 14.
- Ye, J., Zhu, J., Chen, H., Qian, J., Zhang, L., Wan, Z., Chen, F., Sun, S., Li, W. & Luo, C. (2020)**. A novel lncRNA-LINC01116 regulates tumorigenesis of glioma by targeting VEGFA. *Int J Cancer*, **146**(1), 248-261.
- Yeni, Y., Taghizadehghalehjoughi, A., Genc, S., Hacimuftuoglu, A., Yildirim, S. & Bolat, I. (2023)**. Glioblastoma cell-derived exosomes induce cell death and oxidative stress in primary cultures of olfactory neurons. Role of redox stress. *Mol Biol Rep*, **50**(5), 3999-4009.
- Yeni, Y., Taghizadehghalehjoughi, A., Genc, S., Hacimuftuoglu, A., Yildirim, S. & Bolat, I. (2023)**. Glioblastoma cell-derived exosomes induce cell death and oxidative stress in primary cultures of olfactory neurons. Role of redox stress. *Mol Biol Rep*, **50**(5), 3999-4009.
- Zhang, N., He, F., Li, T., Chen, J., Jiang, L., Ouyang, X.-P. & Zuo, L. (2021)**. Role of exosomes in brain diseases. *Front Cell Neurosci*, **15**, 743353.
- Zhao, Y., Krishnamurthy, B., UA Mollah, Z., WH Kay, T., & E Thomas, H. (2011)**. NF- κ B in type 1 diabetes. *Inflammation & Allergy-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Inflammation & Allergy)(Discontinued)*, **10**(3), 208-217.



Türkiye'nin Doğu Karadeniz Kıyılarında Deniz Kafeslerinde Balık Yetiştiriciliği Potansiyeli ve Sürdürülebilir Çevre

Bülent VEREP^{1*} Fikri BALTA²

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, Deniz Biyolojisi, Rize, Türkiye.
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü Hastalıklar Anabilim Dalı, Rize, Türkiye.

Geliş Tarihi: 08.11.2023

Kabul Tarihi: 14.12.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Verep, B. & Balta, F. (2023). Türkiye'nin Doğu Karadeniz Kıyılarında Deniz Kafeslerinde Balık Yetiştiriciliği Potansiyeli ve Sürdürülebilir Çevre. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 679-690. <https://doi.org/10.35229/jaes.1388002>

How to cite: Verep, B. & Balta, F. (2023). Potential for Fish Farming in Sea Cages and Sustainable Environment on the Coasts of Eastern Black Sea of Türkiye. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 679-690. <https://doi.org/10.35229/jaes.1388002>

* <https://orcid.org/0000-0003-4238-8325>
 <https://orcid.org/0000-0002-1823-5823>

*Sorumlu yazarın:

Bülent VEREP
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü,
Deniz Biyolojisi, Rize, Türkiye.
✉: bulent.verep@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışmada Türkiye ihracatında önemi ve payı gittikçe artan su ürünleri yetiştiriciliği üretiminin Doğu Karadeniz kıyıları açısından bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Deniz ve iç sularda insan etkileri neticesinde kendini gösteren su kirliliği ve aşırı ve/veya illegal avcılık yanında son yıllarda ortaya çıkan ekolojik problemler (egzotik tür girişi, küresel iklim değişimi nedeniyle su sıcaklığında artış ve tür çeşitliliğinde azalma) sebebiyle avcılık yoluyla su ürünleri üretiminde önemli düşüşler olmaktadır. Buna karşıt olarak ise kültür yoluyla su ürünleri üretiminde yıllar itibariyle gelişmeler yaşanmaktadır. Özellikle gıda arzında sorunların çıktığı son yıllarda sağlıklı bir besin olan balık etinin öneminin artması baraj göllerinde ve denizlerde kafeslerde balık yetiştiriciliğine olan ilgiyi oldukça artırmıştır. Bu sebeple bu çalışmada Rize kıyılarında deniz kafeslerinde balık yetiştiriciliği konusu özelinde ortaya çıkan sorunlar ve bölgesel kültür balıkçılığı faaliyetleriyle ilişkileri tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Deniz kafesleri, doğu karadeniz kıyıları, kültür balıkçılığı.

Potential for Fish Farming in Sea Cages and Sustainable Environment on the Coasts of Eastern Black Sea of Türkiye

Abstract: In this study, aquaculture production, whose importance and share is increasing in Turkey's exports, was evaluated in terms of the Eastern Black Sea coast. Significant decreases in aquaculture production through catching occur due to water pollution and excessive and/or illegal catching, which manifest themselves because of human impacts in sea and inland waters, as well as ecological problems that have emerged in recent years (exotic species introduction, increase in water temperature due to global climate changes and decrease in species diversity). is happening. On the contrary, there have been developments in the production of aquaculture through culture over the years. Especially in recent years, when food supply problems have increased, the importance of fish meat, which is a healthy food, has increased, and interest in fish farming in cages in dam lakes and seas has increased considerably. For this reason, in this study, the problems arising from fish farming in sea cages on the coast of Rize and their relationship with regional aquaculture activities are discussed.

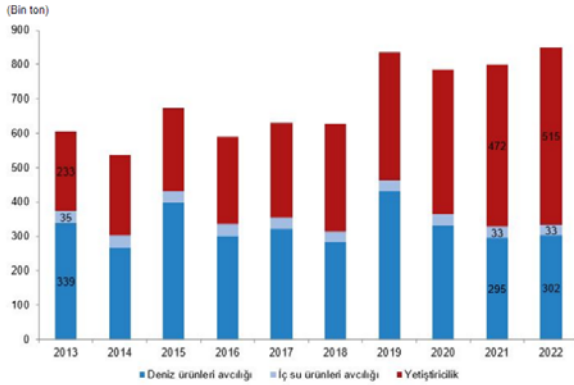
Keywords: Sea cages, eastern black sea coasts, aquaculture.

GİRİŞ

Su ürünleri üretimi gerek küresel ölçekte ve gerekse ülkeler bazında nüfus artışlarıyla birlikte sağlıklı protein içeren balık etine talebin de artmasıyla oldukça stratejik bir sektör haline gelmiştir. Covid-19 pandemisi tüm üretim sektörlerini menfi yönde etkilemesiyle birlikte süregelen üretim süreçlerindeki aksamalar sebebiyle tüm gıda üretiminde ve tüketiciye arzında yaşanan lojistik

problemler nedeniyle artan fiyatlar özellikle kültür balıkçılığı sektörünü ön plana çıkarmıştır. Bu bağlamda Türkiye su ürünleri üretimi niceliksel olarak incelendiğinde 2022 yılında bir önceki yıla göre üretim %6,2 artarak 849 bin 808 ton olarak gerçekleşmiştir. Su ürünleri, üretiminin özelliği itibariyle dağılımına bakıldığında ise %30'unu avcılık yoluyla elde edilen deniz balıkları, %5,6'sını avcılık yoluyla elde edilen diğer deniz

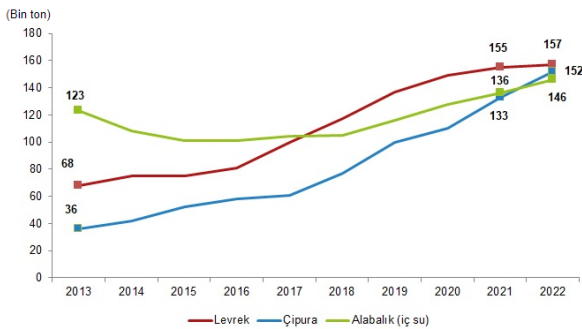
ürünleri, %3,9'unu avcılık yoluyla elde edilen iç su ürünleri ve %60,6'sını ise yetiştiricilik ürünleri oluşturduğu görülmektedir (Anonim, 2023) (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye su ürünleri üretiminde kültür balıkçılığının yeri (Anonim, 2023).

Figure 1. The place of aquaculture in fisheries production of Türkiye (Anonymous, 2023).

Su ürünleri üretim verileri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde avcılık yoluyla yapılan toplam üretim 335 bin 2 ton olurken, yetiştiricilik üretimi ise 514 bin 805 ton olarak gerçekleştiği bildirilmiştir. Deniz balıkları ve diğer su ürünleri avcılığı bir önceki yıla göre %2,3 artarken, iç su ürünleri avcılığı %0,4 oranında arttığı anlaşılmaktadır (Şekil 1). 2022 yılında yetiştiricilik yoluyla yapılan üretimin 368 bin 742 tonu deniz işletmelerinden, 146 bin 63 tonu ise iç su çiftliklerinden gerçekleştiği belirlenmiştir. Yetiştirilen en önemli balık türünün iç sularda 145 bin 649 ton ile alabalık, denizlerde ise 156 bin 602 ton ile levrek ve 152 bin 469 ton ile çipura türleri olduğu görülmektedir (Şekil 2) (Anonim, 2023).



Şekil 2. Türkiye kültür balıkçılığındaki önemli türler (Anonim, 2023).

Figure 2. The important species in the aquaculture of Türkiye (Anonymous, 2023).

Türkiye su ürünleri üretimi sektöründe yukarıda bahsedilen etkiler görülmüş olup su ürünleri avcılığının ön planda olduğu sektörde yaşanan çevresel problemler, ekolojik değişimler ve küresel ısınma gibi sebeplerle üretim düşüşleriyle oldukça zayıflayan avcılık üretimine karşın dünya ölçeğindeki talepler sayesinde kültür balıkçılığı karada akarsu kenarlarındaki havuzlardaki düşük kapasiteli (10-50 ton/yıl) üretimden baraj göllerinde

(100-500 ton/yıl) ve deniz ortamında kafeslerde büyük kapasiteli (950-4.000 ton/yıl) üretime dönüşmüştür. Elbette bu sürecin çok hızlı olması ve ihracat gelirlerini bir anda artırması sebebiyle devlet bu alandaki yatırımları teşvik etmek için birçok yatırım kolaylığı, kredi ve teşvik programları hazırlamıştır. Halihazırda zaten Ege ve Akdeniz kıyılarında üretimin neredeyse tamamının Avrupa'ya ihraç edildiği çipura ve levrek üretimi tam kapasiteli olarak devam ederken ülkemizin Karadeniz kıyılarındaki potansiyelin değerlendirilmesi için özellikle Doğu Karadeniz kıyıları yatırım teşvik programına dahil edilmiştir.

Türkiye'nin neredeyse 4 milyar dolar ihracat geliri su ürünleri sektöründen gelmekte olup hayvansal ürün ihracatının yapılabildiği tek sektördür. Özellikle Ege ve Akdeniz kıyılarında çipura ve levrek, Karadeniz'de ise büyük alabalık türleri denizlerde ağ kafeslerde beslenerek sofraya veya ticari boyutlara ulaştırıldığında ihracata yönelik olarak hasat edilmektedir. Bu sektörün en önemli handikabı deniz ortamında üretimin yapıldığı faaliyette kaliteli yem tedariki ve çevresel etkilerdir. Nitekim deniz ortamındaki yoğun stoklama yapılan deniz ağ kafeslerinde Karadeniz'de alabalık üretiminde kasım ayından haziran ayına kadar uygun koşulların mevcut olduğu dönemde yavru balıkların ticari boyuta ulaştırılması gerektiği için çok kaliteli bir yem tedarikinin olması gereklidir ve kaliteli balık yemi en önemli girdi kalemidir. Diğer yandan çipura ve levrek üretiminde de Ege ve Akdeniz kıyılarındaki balık üretimimiz Avrupa kıtasına ihracata yönelik olması ve diğer Akdeniz ülkeleriyle rekabet sürecinde olması nedeniyle kaliteli ve ekonomik bir yem tedariki hem en önemli girdi ve hem de stratejik bir faaliyet gerektirmektedir.

Ege ve Akdeniz'de turizm sektörüyle çıkar çatışması içerisine girerken diğer denizlerimizde turizmin yanında sosyo-kültürel faktörler ve çevreci sivil platformların tepkilerini çekmektedir. Esasen deniz ağ kafeslerinde yapılan balık üretiminde çevreye etkiler tüketilmeyen yem artıkları ve balıkların dışkıları nedeniyle su sütunu ve deniz tabanında biriken organik materyaller sebebiyle oluşmaktadır. Bu etkiler her ne kadar bilimsel bir su ürünleri ve balıkçılık teknolojisi mühendisliği pratikleriyle en aza indirilebilirken deniz tabanına ve kafes işletmeleri çevresindeki su sütununa belirli etkiler zaman içerisinde sirayet etmektedir.

Deniz kafeslerinin su ortamına etkileri kullanılan yemler, yem artıkları ve balıkların dışkılarından dolayı su kolonunda besin elementleri zenginleşmesi ve kafesin alt ve çevresinde bentik ortamda organik madde ve artıkların birikmesiyle oluşmaktadır. Ancak kafesin bulunduğu ortamın (koy, körfez veya açık deniz) akıntı yapısı veya sirkülasyonu iyiyse atıkların ortamdaki uzaklaştırılmasıyla kafes çevresindeki etkiler en aza inebilmekte ve dağılan

organik maddeler daha geniş bir sucul alana dağıldığından bakteriler tarafından daha kolay bertaraf edilebilmektedir (Verap, 2020).

Keza 2008-2010 tarihleri arasında Ege ve Karadeniz'de ilgili tebliğe göre konuşlandırılan kafeslerin deniz ekosistemine etkileri üzerine Türkiye'de ilk kez yapılmış, TÜBİTAK KAMAG tarafından desteklenmiş bir proje olan “Su Ürünleri Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme olan Etkilerinin Belirlenmesi” isimli proje final raporunda Sığacık Körfezi-Demircili Koyunda bulunan ÖZSU Yetiştiricilik işletmesinde 24 ay boyunca ölçülen nütrient konsantrasyonunda yüzey ve dip sularda önemli bir farklılığın olmadığı, referans ve çiftlik istasyonları birbirleriyle paralellik gösterirken kıyı istasyonlarında özellikle yüzeyde farklılık gösterdiği ve bu değişikliğin mevsimsel olduğu tespit edilmiş olup farklılığın nedeni olarak yağışlarla karasal kaynaklardan ve atmosferden su sistemine giren nütrientlerin etkisinin olduğu sonucuna varılmış ve sonuçta elde edilen besin tuzları konsantrasyonlarının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre belirlenen değerlerin altına olduğu tespit edildiği bildirilmektedir. Aynı raporda Karadeniz'de Trabzon, Ordu ve Rize'deki istasyonların yüzey ve dip sularında ölçülen nütrient konsantrasyonu istasyonlar arasında fark olmazken mevsimsel fark gözlenmiş, diğer fizikokimyasal parametrelerin konsantrasyonunda çiftlik, karasal etki altında olan kıyı ve her iki etkenden de uzak sayılan referans istasyonlar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Projede sonuç olarak her iki deniz sisteminde yapılan detaylı çalışmalar sonucunda her iki bölgedeki faaliyet gösteren kafes işletmelerinin hiçbirinde Çevre ve Orman Bakanlığı tebliğinde belirtilen kriterlerin üzerinde değerler elde edilmemiştir. Ancak mevcut bölgelerdeki faaliyetler ilgili tebliğlere göre sürekli izlenmesi ve ekosistem değişimlerinin takip edilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır (Anonim, 2010).

Denizlerde Akuakültürde Mevzuat Gelişimi ve Değişimi: Türkiye'de deniz ortamında kafeslerde balık yetiştiriciliği sektörünün Ege ve Akdeniz kıyılarında turizm sektörüyle faaliyet alanlarının çakışması nedeniyle yıllarca çıkar sürtüşmeleri yanında deniz çevresi su kalitesinin korunması ve deniz kirliliğini önlemeye yönelik tartışmalar ve hassasiyetler gerek sivil toplum kuruluşları ve gerekse kamu kurumlarınca ileri sürülmüştür. Bu sebeplerden dolayı öncelikle *Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ* ve *Denizlerde Kurulan Balık Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğ* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanarak uygulamaya koyulmuştur (Anonim, 2020). Bu tebliğler balık yetiştiriciliği firmaları tarafından oldukça sert ve zorlayıcı

bulunmakla beraber zamanla tüm denizlerimizde başarıyla uygulanmıştır.

Bu tebliğlere göre kurulan ve faaliyet gösterilen ortamlarda deniz ekosistemine olan etkilerin tolere edilebilir olduğu görülmektedir. Esasen ilgili tebliğlerde hassas alanların belirlenmesinde belirtilen kriterlerden akıntı hızı ve su derinliği önemlidir. Kıydan mesafe ise bu iki faktörü sağlamak için ileri sürülmüş bir parametredir. Çünkü Türkiye kıyıları kıta sahanlığı ve kıyusal bölge özellikleri her denizde farklı olabilmektedir. Mesela Karadeniz kıta sahanlığı oldukça dar bir yapıda iken Ege denizi kıta sahanlığı oldukça geniş olduğu çok iyi bilinmektedir. Ayrıca Ege bölgesi kıyılarında girintili, çıkıntılı kıyı morfometrisinden dolayı koy ve körfezler oldukça fazla iken Karadeniz kıyıları bu konuda çok fakir ve açık deniz sularının ve Karadeniz genel yüzey suyu sirkülasyonundan etkilenebilmektedir. Akdeniz'in de kendine has kıyı yapıları olmasına rağmen Ege kıyılarına benzer bir yapıdadır. Dolayısıyla bu kadar farklı oşinografik koşullar içeren 3 farklı deniz için aynı kriterler yani 30 m derinlik, 0,1 m/s akıntı hızını kıydan aynı mesafede yakalamak mümkün değildir. Mesela Ege kıyılarında muhtemelen bazı koylarda bu mesafe daha fazla olabilecek iken Karadeniz de ise daha kısa olabilecektir. Bu şartlar göz önüne alındığında deniz kafesleri kurulurken kıydan 0,6 deniz mili uzaklıkta olması koşulunun her ortamda uygun akıntı ve derinliği sağlayamayacağı söylenebilir. Her koy ve körfez için ya da her bölge için ayrı ayrı değerlendirmeler yapmak gerekliliği kabul görmüştür.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'de balık çiftliklerinin kapasite ve sayılarının artması kaçınılmaz iken koy ve körfezlerde kurulacak balık çiftliklerinin yer seçim kriterlerine yönelik olarak karar verme sürecinde kullanılacak bilimsel bir yaklaşım ve metodolojik çalışmalar yeterli ölçekte bulunmadığı gibi ilgili mevzuatta yer verilen taşıma kapasitesinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilmiş referans bir çalışma da mevcut değildir. Diğer yandan deniz kafeslerinin çevreye etkilerinin en az düzeyde olabilmesi için ilgili projenin kurulacağı bölgenin karasal etkilere açık olup olmadığı, canlı çeşitliliği, çevresindeki akıntı ve dalga durumu gibi farklı oşinografik faktörleri kullanacak taşıma kapasitesi modellemesini kullanan bir ulusal karar destek sisteminin kurulması gereklilikleri ulusal mevzuatımızda yeni ve gerekli bazı kurallar ve düzenlemeleri getirmiştir.

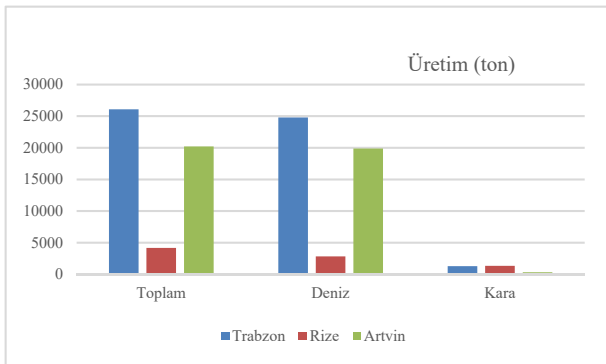
Bu sebeplerle “Denizlerde Faaliyet Gösteren Balık Çiftliklerinin Çevresel Yönetimi Yönetmeliği” 28.10.2020 tarih ve 31288 sayılı Ek'li Resmî Gazete'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bahse konu Yönetmelik içinde özetle; Balık çiftliklerinin kurulamayacağı hassas deniz alanlarının belirlenmesi ve deniz çevresine olan

etkilerinin izlenerek çevresel yönetimine ilişkin usul ve esasların oluşturulması, balık çiftliklerinin çevresel açıdan uymaları gereken kriterler, deniz çevresine olan etkilerinin izlenmesi, getirilecek kısıtlamaları ve yapılması gereken raporlamalar ile ilgili hususlar yer almaktadır. Ayrıca; söz konusu Yönetmeliğin yayımı itibari ile 28.10.2020 tarih ve 31288 sayılı Ek'li Resmi Gazete'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından; "Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğin Yürürlükten Kaldırılmasına Dair Tebliğ" ile "Denizlerde Kurulan Balık Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğin Yürürlükten Kaldırılmasına Dair Tebliğ" yürürlükten kaldırılmıştır (Anonim, 2020).

Doğu Karadeniz ve Rize Kıyılarında Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği: Türkiye kıyılarında kurulacak tüm deniz kafes çiftliklerinin tabii olduğu bu yönetmelik gereği ÇED kurallarının gerekliliği, kıyından mesafe ve derinlik kriterleri yanında akıntı hızı, ekosistem değerlendirme raporları, özümseme ve taşıma kapasitesi raporları gibi oldukça sıkı bir kontrol ve raporlama süreçleri neticesinde projelerin bakanlıklar arasındaki koordinasyonla kabulü yapılmaktadır. Çevre ve deniz koşullarının korunmasına yönelik yoğun bir mesai harcanan deniz kafeslerinde balık yetiştiriciliği sektörünün ülke ekonomisine ihracat yönündeki katkıları göz önüne alınırsa sürdürülebilir bir çevre politikası ile yürütülecek su ürünleri üretiminin ülkenin doğal kaynaklarının rasyonel ve stratejik kullanımı adına bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple Doğu Karadeniz kıyılarında çok hızlı bir tesisleşme kampanyası yürütülmüştür. Ordu, Sinop, Artvin ve Trabzon illerinde deniz kafeslerinde üretimde büyük kapasite artışları olurken Rize'nin bu konuda tüm kapasitesini kullanamadığı görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Rize ve komşu iller kültür balıkçılığı üretim karşılaştırması
Table 1. The comparison of aquaculture productions of Rize city and neighbours

Kültür Üretim (ton)	Balıkçılığı Kapasitesi	Trabzon		Rize		Artvin	
		Deniz kafes	Kara beton havuz	Deniz kafes	Kara beton havuz	Deniz ve göl kafes	Kara beton havuz
Tesis Sayısı	19	45	3	37	20	25	
Kapasite	24.790	1.295	2.850	1.342	19.895	329	
TOPLAM		26.085		4.192		20.224	
SIRA		1		3		2	



Şekil 3. Deniz Kafes ve Kara beton havuzlarda üretimde üç ilin karşılaştırması (Kaynak: Tarım İl Müdürlükleri, 2023).

Figure 3. Comparison of three provinces in the production of Sea Cage and Land concrete pools (Source: Provincial Directorates of Agriculture, 2023)

2023 yılı verileri dikkate alınırsa Rize ve komşu illeri kültür balıkçılığı üretim kapasiteleri karşılaştırıldığında karada beton havuzlarda üretimde 1.342 ton ile Rize ilk sırada iken deniz kafeslerinde üretimde ise 2.850 ton üretimle diğer illerin 1/6-1/5 oranlarında bir üretime sahip olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında Artvin ilinde özellikle deniz ve baraj göllerindeki üretimle önemli bir atakta bulunduğu görülmektedir. Toplam üretim değerlerine göre bir sıralama yapılırsa ise Trabzon, Artvin ve Rize sıralaması oluşmaktadır.

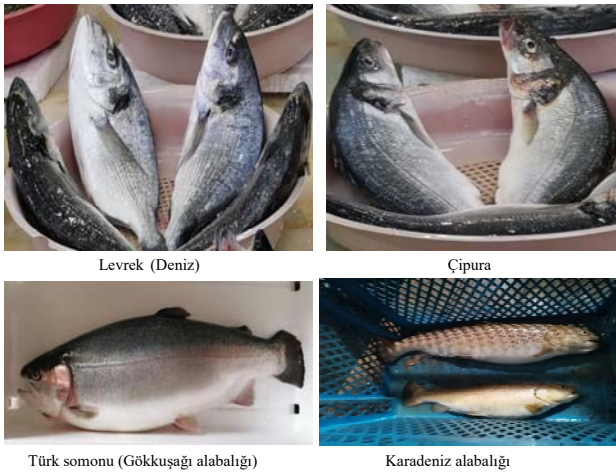
Rize'nin kültür balıkçılığı üretiminde Tablo 1'deki veriler incelendiğinde deniz ortamında üretimle ilgili önemli bir gerileme veya potansiyelin değerlendirilememesi gibi bir durum ortaya çıkmaktadır. Bunun sebepleri arasında son 5 yıl içerisinde Rize kıyılarında girişimcilerin önermiş olduğu projelerin gerek çevre ve gerekse kıyılardaki plajlardan dolayı oluşan hassasiyetler sebebiyle Kültür ve Turizm Bakanlığına bağlı il müdürlükleri tarafından reddedilmesi olduğu belirtilmektedir.

Halbuki Rize ekonomisinde önemli yer tutan turizm sektöründe doğa, yayla, tarih ve geleneksel ürünler tabanlı bir uygulama söz konusudur. Deniz turizmi alanında Doğu Karadeniz kıyılarında günübirlik içme ve yemek amaçlı restoranlar dışında ne bir otel ne de iç ve dış turizme yönelik herhangi bir plaj mevcuttur. Maalesef son 20-30 yıl boyunca bölgede ana ulaşım arterlerinin sahilden geçirilmesi nedeniyle kıyılarda doğal plaj adına parmakla sayılacak ölçüde yerel halkın mevsimsel olarak kullandığı küçük ölçekli halk plajları mevcuttur. Bunların da halihazırda kafeslerin projelendirilmesinde kullanılan en az 0,6 deniz mili=1,1 km'lik mesafe ve kıyı akıntılarından dolayı kafeslerin etkilerinden uzak kalacakları açık bir gerçektir.

Esasen Rize kıyılarında Bakanlığın da sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir yetiştiricilik uygulamaları için belirtilen en az 10 cm/sn akıntı hızına sahip, kıyı-kenar çizgisine 0,6 Deniz Mili (yaklaşık 1.111 m) mesafeden daha uzak, 30 m derinlikten daha derin su kesiminde planlanmış, noktasal kirleticilerden yeterince uzak, iki deniz kafes işletmesi arasında en az 1.100 m mesafe olan, nehirlerin denize döküldüğü noktalardan gelebilecek yüzer cisimlerin kafes yapısına zarar vermemesi için yeter mesafede olması gibi değerlendirmeler göz önüne alınarak belirlenmiş deniz kafeslerinde balık yetiştiriciliğine yönelik yatırım alanları belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen bu alanların derin deşarj sistemi bulunan noktalara işletme kurulumu için belirlenen proje alanın sınır koordinatlarına olan doğu-batı istikametinde 1 km'den daha uzak mesafede olması gibi

hususlar da göz önünde bulundurulduğundan, bu deşarj noktalarının işletme faaliyetlerini olumsuz etkilemesi de önlenmektedir.

Deniz Kafes Balık Yetiştiriciliğinde Karar Destek Süreçleri ve İzlenen Ölçütler: Deniz kafesi işletmelerinde Ege ve Akdeniz kıyılarında ağırlıklı olarak deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) ve çipura (*Sparus aurata*), Karadeniz kıyılarında ise gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), Karadeniz alabalığı (*Salmo coruhensis*) ve deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) yetiştiriciliği öngörülmektedir (Şekil 4). İşletmelerin projelendirilen üretimi yapabilmesi amacıyla deniz yüzeyinde çeşitli boyutlarda toplamda 20-60 dönümlük alan kiralamaları yapılmaktadır.



Şekil 4. Türkiye kültür balıkçılığında en çok üretilen türler.
Figure 4. Most famous species in the aquaculture of Türkiye.

Karadeniz’de yüzey suyu sıcaklık değişimi yaz aylarında alabalıkların optimal taleplerinin üzerine çıktığı için Kasım ayı başında deniz kafeslerine yerleştirilen balıkların en geç haziran başında hasat edilmesi protokolü yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu tarz yetiştiricilik yapmakta olan bölgedeki faal birçok işletme alabalık yetiştiriciliği yapmaktadır. Ancak yaz aylarında su sıcaklığından dolayı sistemler atıl bırakılmaktadır. Bu uygulama he ne kadar ekonomik kayıp gibi görünse de çevresel açıdan rehabilitasyon süreci olarak değerlendirilebilmektedir. İşletmelerin bakanlıktan izin alımlarında başlangıçta üretim yapılacak alanlarda yetkili laboratuvarında analiz edilmek üzere su örnekleri alınıp analiz edilmektedir. Standart Su Kalite Yöntemlerine uygun olarak analizi yapılan ve aşağıda tabloda gösterilen parametreler açısından su numunelerinin özellikleri, 29.06.2004 tarih ve 25507 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış olan Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliğine bağlı olarak çıkartılan Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliğine İlişkin Uygulama Esasları (Genelge 2006/1) Ek-1a’da belirtilen Deniz Ürünleri Yetiştiriciliği Su Kalite Kriterlerine göre deniz ürünleri yetiştiriciliği için uygun bulunup bulunmaması değerlendirilmektedir (Tablo

2). Bu aşamadan sonra deniz kafes projesinin üretim tonajına bağlı olarak 1000 ton/yıl üzerindeki işletmeler zorlu bir ÇED sürecinden geçirilerek üretime başlayabilmektedirler. 1000 ton/yıl altındaki işletmeler ise gerek oşinografik ve biyoçeşitlilik ve gerekse ekolojik değerlendirme süreçlerinden geçirilerek yatırıma müsaade edilebilmektedir.

Tablo 2. Deniz kafes işletme alanlarında deniz ortamlarında istenilen su kalite kriterleri.

Table 2. Desired water quality criteria in marine environments in sea cage operation areas.

Parametre	Tavsive Edilen Aralık	Sonuc
Su Sıcaklığı (°C)	4-18/6-13	-
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	>5	Uygun
Çözünmüş Oksijen Doygunluğu	>90	Uygun
pH	6,5-8,5	Uygun
ORP (mV)	-	Uygun
Nitrit (mg/l) [NO ₂]	<0,2/0,06-0,1	Uygun
Nitrat (mg/l) [NO ₃]	0-40	Uygun
Amonyak (mg/l) [NH ₃] (lyonize)	0,02-2,5	Uygun
Amonyum (mg/L) [NH ₄ ⁺]	-	-
Fosfat (mg/L) [PO ₄ ³⁻]	<1	Uygun
Askıda Katı Madde (mg/l)	<25	Uygun
Elektriksel İletkenlik (mS/cm)	<400	Uygun
TDS (mg/l)	-	Uygun
Tuzluluk (‰)	5-40	Uygun

Deniz kafes işletmelerinde ağ kafeslerde balıkların bulundurulacağı kafes yapılarını su yüzeyinde tutabilmek için yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) yüzdürücüler kullanılmaktadır. Bu yüzdürücüler fırtına ve akıntılarda belirli koordinatlarda tutabilmek için ise deniz tabanında tonoz veya çapa, zincir, halat, şamandıralar ve diğer yardımcı malzemelerden oluşan bağlama sistemi (Mooring sistem) su altında oluşturulmaktadır. Kafes yüzdürücülerini bağlama (Mooring) sistemiyle sabitlenmektedir. Kafeslere sezon başında hasatta istenen balık büyüklüğüne (500-5.000 g/adet) göre değişen büyüklüklerde (200-500 g/adet) balıklar yerleştirilmektedir. Bu balıklar çok farklı bölgelerden temin edilse de işletmelerin tercihi yakın bölgeden (Rize-Artvin-Trabzon) karatabanlı ve baraj göllerindeki kafes işletmelerinden temin etmektedir. Kafes sistemlerinden hasat edilen balıklar yine Rize, Artvin ve Trabzon illerinde bulunan balık işleme fabrikalarında işlendikten sonra önemli bir hayvansal ihraç ürünü olarak Avrupa ülkeleri başta olmak üzere toplam 53 ülkeye ihraç edilmektedir. Bakanlığın verdiği rakamlara göre toplam su ürünleri ihracatıyla elde edilen gelir miktarı 2021 yılı itibarıyla 4 Milyar ABD dolarını geçmiştir. Önemli bir ihraç ürünü olması hasebiyle Tarım Bakanlığı özellikle ağ kafeslerde büyük alabalık yetiştiriciliğine (Türk somonu) özel önem atfetmektedir. Kafeslere yerleştirilen balıklar kış boyunca balık yemi fabrikalarında imal edilmiş, ağırlıklı olarak, balık yağı, soya unu gibi bileşimlerden oluşan ticari balık yemiyle günde 1-3 kez beslenmektedir. Kafeslerden atık olarak sadece yenilmemiş yemler ve balık dışkıları çıkmakta ve yapılan çalışmalar itibarıyla akıntıya bağlı olarak kafes sisteminin kurulu bulunduğu sahaya dağılmaktadır. Ege bölgesi gibi kapalı koy ve körfezlerde veya sığ bölgelerde kurulan işletmelerde bu yığılım deniz

zemininde bulunan epilitik ve epifitik algler ve makrofitler (*Posidonia oceanica*) için önemli bir tehdit unsuru iken Tarım Bakanlığı tarafından belirlenen su derinliği sınır değerlerine uyulursa böyle bir etki oluşmayacaktır. Karadeniz kıyılarında bentik ortam açısından oldukça zayıf bir ekosistem olması yanında halihazırda Ege ve Akdeniz kıyılarında mevcut *Posidonia* çayırları mevcut değildir. Karadeniz kıyılarında *Zostera* grubu (*Zostera noltii*) makrofitlerine rastalanmakla beraber bu türlerinde Karadenizde en fazla 9 m derinliklere kadar gelişebilmeleri 30 m'den daha derin bölgelere deniz kafes çiftliklerinin kurulması sebebiyle menfi bir etkileşim oluşmayacaktır.

Deniz ağ kafes çiftliklerinin en önemli etkilerinden bir tanesi de deniz araçlarının zorunlu seyir güzergahını sınırlandırmasıdır. Bu konuda demirleme sahasında bulunup bulunmadığına, zorunlu seyrüsefer güzergahına göre durumun değerlendirildiği raporun ilgili kamu kuruluşundan alınması zorunludur. İşletmelerin kurulacağı deniz alanı koordinatlarının demirleme sahası veya seyrüsefer güzergahı ile ilgili bir muhalefet olmaması durumunda yetiştiriciliğe müsaade edilmektedir. Ancak sağlıklı su kalitesinde sağlıklı yetiştiricilik yapmak mümkündür. Karadeniz'de açık deniz şartlarında meteorolojik şartlar çok değişken olsa da su kalitesi oldukça başarılıdır. Yüzeysel suyun bazı doğal fırsatçı patojenler (örneğin Karadeniz'in doğal biyotasında bulunan *Vibrio* sp. bakterisi virulensi yüksek bakteri türüdür) mevcut olup bu patojenler önlem alınmadığı takdirde önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. İşletmede balıkların kafese yerleştirilmesinden hasat edinceye kadar doğaya kaçabilecek balıklar doğal türler ve sürdürülebilirlikleri için bir tehdit oluşturabilmektedir. Kafeste kullanılan balıklar tarafından tüketilemeyen yemler, balık dışkıları ve idrarları gibi çözünmüş atıkları kafeslerin konuşlu buldukları çevreye salınmaktadır. Her ne kadar bu atıklar organik ve inorganik içerikte olsa da çevresel ortamın taşıma kapasitesinin üzerinde olması çevresel sürdürülebilirliği sınırlandırabilecek önemli bir etki oluşturacaktır. Dolayısıyla bu ortamda sağlıklı ve ekonomik ürün elde etmek de mümkün olmayacaktır. Bu etkiler ancak kapalı koy ve körfezlerde oluşabilecek etkilerdir. Balık sağlığı amaçlı kullanılacak kimyasal ve ilaçlar ve kimyasallar da çevre üzerinde tehdit unsurlarıdır. Antibiyotik kullanımında hastalık etmeninin kesin teşhisi, kullanılacak antibiyotik türüne ve dozajına gerekli testler sonucunda karar verilmesi gerekir. Bu da ilaçların daha etkin ve ekonomik kullanımları anlamına gelmektedir. Balık yetiştiriciliğinde ilaç kullanımı önemli bir gider kalemini oluşturduğundan işletmeler hastalık teşhis tedavisinde sertifikalı kuruluşlardan destek almaktadırlar. Bu amaçla Tarım ve Orman Bakanlığı Araştırma Enstitüleri ve Üniversitelerin ilgili birimlerinden destek alınmaktadır.

Dolayısıyla işletmelerin faaliyete başlamaları için yerinde yapılan incelemeler, değerlendirmeler ve yasal mevzuat göz önünde bulundurularak, proje sahasının kıyıya olan mesafesi, kapalı koy-körfez içerisinde olmayışı, işletmenin diğer tesislere ve kıyıda ki halk plajlarına mesafesi, işletmenin kapasitesi, yetiştirilecek türler ve yetiştiricilik teknolojisi göz önünde bulundurularak, modern, çevreci ve geçerli su ürünleri mühendisliği teknikleri uygulanmak kaydıyla proje faaliyetlerinin denizel çevreye tolere edilebilir bir yük oluşturabileceği, sahadaki eş kullanıcılar ve kıyılardaki halk plajlarına geri dönüşümsüz olumsuz bir etki oluşturmadan sürdürülebilir ve tekrarlanabilir bir şekilde yürütülebileceği sonuç ve kanaatine varılabilirse diğer gerekli ÇED, trix ve ekolojik taşıma kapasitesi ve ekolojik değerlendirme raporlarının onaylanması sonrasında işletmelere faaliyet izinleri Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından verilebilmektedir.

Deniz Kafes Balıkçılığında Hastalıklara ve Diğer Çevresel Etkilere Karşı Önlemler: Karadeniz kıyı şeridinde sürdürülebilir balık yetiştiriciliği için karasal havuzlarda kültürü yapılan gökkuşuğu alabalıkları deniz suyuna kış döneminde nakledilmektedir. Genellikle 100-1000 gr ağırlıklardaki gökkuşuğu alabalıkları denizel ortamda su sıcaklığın beslemeye uygun olması nedeni ile 3-5 kg ağırlığa ulaşana kadar beslenerek hasat edilmektedir. Karasal havuzlardan veya göl, gölet ve baraj göllerinden deniz suyuna nakledilecek balıklar öncesi muayene edilip hastalık varsa tedavi edilmeli, hasta balıklar deniz suyuna transfer edilmemelidir. Balıklar nakil öncesi 48-72 saat aç bırakılmalıdır. Deniz kafeslerine transfer edilecek balıklar bölgedeki çiftliklerde daha önceden çıkan ve ekonomik kayıplara neden olan bakteriyel enfeksiyonlara karşı aşılınmış olmalıdır. Denizdeki ağ kafeslerde büyütülen balıkların standart bir boyda iyi gelişebilmesi için dişi balıklar denizel ortama transfer edilmelidir. Kış döneminde yüksek rakımlardaki karasal tesislerde su sıcaklığı kasım aralık aylarında 4-5°C'e kadar düşmektedir. Ancak bu aylarda deniz suyu sıcaklığı 18°C seviyelerine henüz ulaşmış olduğu görülmektedir. Balıklarda taşıma stresi, tuzlu suya transfer edilmesi ve su sıcaklığı farklılığı nedeni ile balıklarda stres nedeni ile ani ölümler meydana gelebilmektedir. Balık taşıma tanklarına %0,5-1 oranında tuz ilave edilmesi stresi bir nebze engelleyebilir. Balıkların içine konulacağı araç nakil tanklarındaki su sıcaklığı ile çiftlik suyu sıcaklık arasındaki farkın 4°C'den fazla olmaması, deniz suyuna balıklar boşaltılmadan önce deniz suyu ile nakil tanklarındaki suyun sıcaklığı ayarlanmalıdır. Bu tanklara deniz suyu dalgıç motoru yardımı ile çekilerek yavaş bir şekilde adaptasyon yapıldıktan sonra balıklar denizdeki ağ kafeslere boşaltılmalıdır. Balıklar limanda bir gün tutulduktan sonra balıklar yavaş bir şekilde kafesler

yerlerine çekilip sıkıca yerlerine bağlanıp sabitlenerek yerleştirilmelidir.

Kültür balıkçılığında sürdürülebilir üretimi sınırlandıran en önemli unsurların başında bakteriyel, paraziter, viral ve mantar hastalık etkenleri büyük ekonomik kayıplara neden olduğu çeşitli kaynaklarda rapor edilmektedir. Yetiştiriciliği yapılan gökkuşaağı alabalıkları havuz ve kafes sistemlerinde doğal ortamlarına göre daha fazla hastalanmaktadır. Bunun en önemli nedenleri doğal ortama oranla kapalı sistemlerde balıkların stresse maruz kalmalarıdır. Balık patojenlerinin çoğu fakültatif patojenlerdir ve bunların pek çoğu deri ya da bağırsak florasını oluşturmaktadır. Bu bakteriler balığın direnci kırıldığı zaman hastalığın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çevre şartlarında direkt ölüme neden olmayacak değişiklikler, balıklarda bağışıklık sisteminin bozulmasına ve fakültatif patojenlerin balıklarda hastalık başlatılmasına neden olabilmektedir. Bir balık popülasyonunda hastalığın ortaya çıkabilmesi için konakçı (balık), patojen (bakteri, parazit, virüs veya mantar) ve çevre (su) arasındaki dengenin bozulması gerekmektedir. Bu çevrede en önemli faktör ise çevredir. Çevresel faktörler; Balığın içinde yaşadığı suyun fiziksel (su sıcaklığı, ışık, gürültü, bulanıklık, vs), kimyasal (suda erimiş oksijen, karbondioksit, azot ve benzeri gazlar, pH, amonyak, amonyum, nitrit, nitrat, toksik planktonlar ve plankton yoğunluğu, makro organizmalar ekto ve endo parazitler, popülasyon yoğunluğu) ve balığa yapılan işlemler (balıkların sağım ve boylama esnasında ellenmesi, balık dolu kafeslerin kontrolsüz bir şekilde sürüklenmesi veya bir yerden başka bir yere hızlı bir şekilde çekilerek yer değiştirilmesi, düzensiz yemleme, balığın tedavisi amacıyla kullanılan kemoterapötik maddeler) olarak gruplandırılmak mümkündür. Hastalığın oluşmasında rol oynayan çevresel faktörlerden bir veya birkaçının tolere edilebilen sınırların dışına çıkılması durumunda balık stres içine girer ve vücutta alarm reaksiyonları başlamaktadır. Bu durum balıkta yeni şartlara uyum için bir takım biyokimyasal hormonal değişikliklerin meydana getirilerek duruma düzeltilmeye çalışılmaktadır. Bu yeni duruma adapte olamayanlar ölürken adapte olabilenler ise strese girmektedirler. Balıkların strese girmesi immün sistem üzerinde baskılayıcı etkisi nedeni ile aşağıdaki tabloda verilen hastalıklar ortaya çıkmaktadır (Çağırğan 2007; Dengiz Balta, 2010; Dengiz Balta vd. 2017).

Karadeniz’de yüzer ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşaağı alabalıklarında zaman zaman çeşitli hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Denizel ortamda hastalık etkenlerinden bakteriyel, paraziter ve viral hastalık etkenleri mantar hastalıklarına göre daha fazla görülmektedir. Karadeniz’de yüzer ağ kafeslerde kültürü yapılan gökkuşaağı alabalıklarında bu güne kadar en fazla yersiniozis, vibriozis, motil aeromonas enfeksiyonları,

pseudomonas enfeksiyonları ve kok hastalık etkenleri (*Lactococcus garvieae*, *L. petuari*) gökkuşaağı alabalıklarında hastalık meydana getirmiştir (Balta vd., 2010; Altınok vd., 2022). Ayrıca, *Ichthyobodo necator-pyiformis* (costiazis), *Hexamita salmonis* ve *Trichodina* spp., vs protozoan parazitler hastalık etkeni tespit edilmiştir (Balta vd., 2008; Balta vd., 2019; Balta & Dengiz Balta, 2018).

Viral balık hastalıklarından gökkuşaağı alabalıklarında hastalık meydana getiren en önemli arasında Viral Hemorrhagic Septicemia Virus (VHSV), Infectious Hematopoietic Necrosis Virus (IHNV) ve Infectious Pancreatic Necrosis Virus (IPNV) rhabdovirus grubu hastalıkları sayılabilir. Viral Hemorrhagic Septicemia Virus (VHSV), Rhabdoviridae ailesinin Novirhabdovirus genusundan, zarflı ve negatif sarmallı bir RNA virusudur. Özellikle Avrupa’ da gökkuşaağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) önemli derecede kayıplara yol açtığı bildirilmektedir. VHSV’nin rezervuarları klinik enfekte, subklinik enfekte kültür ya da doğal balıklardır. Virulent virus başlıca idrarla saçılır. Etken özellikle böbrek, dalak ve kalp dokularından izole edilmektedir. Hastalığa yavru ve genç balıklar daha duyarlıyken, erişkin olanlar daha dayanıklıdır. Bununla beraber hastalık hem genç hem de erişkin balıklarda görülmektedir. Su sıcaklığı önemli bir faktördür. Su sıcaklığı balıkların yaşadığı sudaki oksijen miktarını büyük ölçüde etkilemektedir. Hastalık genellikle 4°C ile 14°C arasındaki sıcaklıklarda görülür. Düşük su sıcaklığı (1-5°C) genellikle kronik tabiatlı bir enfeksiyonla sonuçlanır, günlük ölümler az olmasına karşın, uzayan periyot içinde kümülatif mortalite yüksek olmaktadır. Yüksek su sıcaklığı (15-18°C) hastalığın daha kısa sürmesine ve ölüm oranının da düşmesine sebep olur. Hastalık yılın her döneminde görülmekle beraber genellikle su sıcaklığının yükselmeye başladığı ve dalgalanmaların meydana geldiği ilkbahar döneminde daha çok görülmektedir. Bugüne kadar, viral balık hastalık etkenlerinden bazı virüslerin varlığı gökkuşaağı alabalıklarında ve farklı doğal balık türlerinde bildirilmiştir (Işıdan, 2010; Işıdan & Bola, 2011; Küçük & Yıldırım, 2017; Çiçek & Albayrak, 2019).

Balıklarda hastalıkların oluşabilmesi için üç faktörün; konakçı (balık), çevre (akuatik ortam=sucul çevre) ve hastalık etkenlerinden (hastalık yapıcı patojen veya fırsatçı patojen mikroorganizma) en az birinin birlikte etkinlik göstermesi gerekmektedir. Bu denge sucul ortamda meydana gelen fiziksel ve kimyasal olumsuzluk sonucunda balıklarda stres meydana gelmekte ve stresin etkisiyle vücutta meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlar sonucu özellikle salgılanan kortikosteroidlerin immün sistem üzerine baskılayıcı etkisi ile fırsatçı patojenlerin balıklarda hastalıkların oluşmasına neden olmaktadır. Buda sürdürülebilir su ürünleri üretimini etkileyerek

ekonomik kayıpların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Stres faktörlerine bağlı olarak akuatik ortamda meydana gelebilecek hastalıklar Tablo 3’de verilmiştir.

Balıklarda hastalıkların oluşmasını engellemek için en önemli kural karantina tedbirlerinin uygulanması, ihbarı mecburi balık hastalıklarının sıkı takibinin yapılması, işletmeye alınan yumurta ve/veya balıkların sertifika sahibi işletmelerden sağlanmalıdır. Dışardan yumurta alınıp kuluçkahaneye koyulmadan önce balık yumurtalarının 100-200 ppm dozunda iyot (%10 Betadin, Baticon solüsyonu) birleşikleri veya 100 ppm dozunda %3’lük Hidrojen peroksit (H_2O_2 = Oksijenli su) ile 10 dakika dezenfeksiyon yapılması gereklidir. Böylece, IPN virüsü hariç başka işletmelerden gelebilecek hastalık etkenlerini bertaraf edilebilmektedir.

Tablo 3. Akuatik ortamda meydana gelebilecek stres faktörleri ve oluşabilecek hastalıklar.

Table 3. Diseases and stress factors in the aquatic medium.	
Furunkulozis (<i>Aeromonas salmonicida</i>)	Düşük oksijen seviyesi, (4mg/l), kalabalık popülasyonlarda <i>A. salmonicida</i> portörleri (taşıyıcı) varken balıkların ellenmesi.
Bakteriyel solungaç hastalığı (<i>Flavobacterium</i> sp.)	Kalabalık, kronik oksijen düşüklüğü, (4mg/l), suda yüksek seviyede an-iyonize amonyak, sudaki toplam askımadde miktarının fazla olması.
Klounaris hastalığı (<i>Flavobacterium columnaris</i>)	Kalabalık veya balıkların sık sık ellenmesi (yaklaşık 15°C ve üzeri su sıcaklığında sayet taşıyıcı balık varsa)
Eğer hastalığı (<i>Flavobacterium psychrophilum</i>)	Kalabalık veya balıkların sık sık ellenmesi, düşük (10°C ve altındaki su sıcaklıklarında özellikle gökkuşağı alabalık yavrularında)
Bakteriyel böbrek hastalığı (<i>Renibacterium salmoninarum</i>)	Suyun sertliğinin 100mg/l altında olması ($CaCO_3$ olarak), yemde mısır gluteni bulunması veya yemdeki rutubetin %30 altında olması
Bakteriyel hemorajik septisemi; (Motil <i>Aeromonas</i> sp. Ve <i>Pseudomonas</i> sp. türlerine ait)	Önceden <i>Ichtyobodo</i> spp. <i>Trichodina</i> spp. enfeksiyonların bulunması; Havuzların veya kafeslerin yetersiz temizliğine bağlı bakteri yoğunluğunun atması, askıda madde miktarının fazla olması, elleme, kalabalık, ağır metallerin subletal dozlarına maruz kalma, suda pestisit ve poliklorbifenillerin bulunması.
Vibriozis (<i>Listonella anguillarum</i>)	Elleme, Suda 6 mg/l’in altındaki oksijen, suların ısınmaya ve soğumaya başladığı zamanlar oluşan stres, tuzluluğun % 0,10-0,15 civarında olması, ağır metallerin (Bakır sülfat banyoları) subletal dozlara maruz kalması.
Parazit Enfeksiyonları (<i>Ichtyobodo</i> spp. <i>Trichodina</i> spp., <i>Hexamita</i> sp.)	Elleme, Suda 6 mg/l’in altındaki oksijen, özellikle suların 10-15°C üzerine çıktığı zamanlarda, tuzluluğun % 0,10-0,15 seviyelerde olduğu acı sularında.
Kok enfeksiyonu (<i>Lactococcus garvieae</i>)	Özellikle su sıcaklığını (20°C ve üzeri) yükseldiği yaz aylarında ve düşük oksijen miktarı (5 mg/L ve altı).

Yumurtadan çıkan yavru balıklarda paraziter (*Costia* sp., *Trichodina* sp., *Hexamita* sp., *Chilodonella* spp., *Ichthyophthirius multifiliis* protozoan parazit etkenleri (Balta vd., 2008; Balta vd., 2019; Balta & Dengiz Balta, 2018) ve *Saprolegnia parasitica* vs. mantar hastalık etkenleri oldukça önemli sorunları beraberinde getirmektedirler. Bu hastalıkların tedavisinde kullanılan dezenfektan maddeler (Formaldehit, Tuz, Potasyum permanganat, Hidrojen peroksit, Kloramin-T, vs.) kullanılmaktadır (Balta & Taşkın, 2022). Bu kimyasal maddelerin akuatik ortamın fauna ve florası üzerine olumsuz etki edebilmekte, bazı kimyasalların kansorejenik etkisi nedeni ile (Malaşit yeşili) kullanımı yasaklanmıştır (Çağırğan, 2007).

Gökkuşağı alabalıklarda *Aeromonas* sp. (Onuk vd., 2017), *Pseudomonas* sp. (Altınok vd. 2007, Kaçkar & Balta, 2017), *Myxobacter* (*Flavobacter psychrophila* ve

Flavo. columnaris) enfeksiyonları (Balta, 1997; Balta & Çağırğan., 1998), *Citrobacter* sp., enfeksiyonları (Duman vd., 2017), kızıl ağız hstahğı (*Yersinia ruckeri*) (Balta vd., 2010; Balta vd., 2016), *Vibrio* enfeksiyonları gökkuşağı alabalıkları ve aynı ortamdaki levrek balıklarında enfeksiyon meydana getirdiği (*Vibrio anguillarum*) (Balta, 2016; Balta ve Dengiz Balta, 2016; Balta ve Dengiz Balta, 2017; Balta ve Yılmaz, 2019), kok enfeksiyonu (*Lactococcus garvieae*) (Balta & Dengiz Balta, 2019; Balta & Karatay, 2021) görülen en önemli bakteriyel hastalıkları arasında yer almaktadır. Bu hastalıkların tedavilerinin yapılması için hastalıklı balıkların en yakın balık hastalıkları laboratuvarına gönderilmelidir. Laboratuvara gönderilen balıklar ölenlerle aynı semptomları gösteren balıklardan seçilmelidir. Hastalıklı balıklar uzman tarafından muayene edilerek hastalığın hangi mikroorganizma tarafından meydana geldiğine karar verilmelidir. Bakteriyel enfeksiyonlarda şüphelenen hastalık etkenleri uygun besi yerlerine ekilerek hastalık etkeninin izolasyonu gerçekleştirilmelidir. İzole edilen hastalık etkenlerine antibiyogram testi yapıp test sonuçlarına göre en etkili ve ekonomik olan antibiyotik üreticiye tavsiye edilmelidir. Etkili olduğu tespit edilen antibiyotik üretici tarafından uygun doz ve sürede uygulanmalıdır. Balıklarda hastalıkların tedavisinde kullanılan kemoterapotik maddelerin uygulama şekli ve dozları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Kemoterapotik maddelerin uygulama şekli ve dozları

Table 4. Application method and doses of chemotherapeutic agents.				
Antibiyotikler	Ürün	Uygulama Şekli	Doz	Etki grubu
β-Lactamlar	Ampicillin	Oral	50-80 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
	Amoxicillin	Oral	50-80 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
Aminoglycosides (Aminoglikozidler)	Neomycin	Oral	50-80 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
	Kanamycin	Banyo	20 mg/L	
Tetracyclines (Tetrasiklinler)	Tetracycline	Oral	50-80 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
	Oxytetracycline	Banyo	20 mg/L	
	Doxycycline			
Macrolides (Makrolidler)	Erythromycin	Oral	50 mg/kg 10 gün	Bakteriyel
		Banyo	2 mg/L 1 saat (eggs)	Böbrek Hastalığı
Sınıflandırılmayan (Fenikoller)	Florfenicol	Oral	10 mg/kg 7 gün	
Sentetik Anti-mikrobiyel Ajanlar				
Sulphonamides (Sulfonamidler)	Sulphamethazine	Oral	200 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
	Sulphadimethoxine			
	Sulphaguandine			
Potantiated Sulfonamidler	Trimethoprim + Sulphadiazine	Oral	50 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
Nitrofurans (Nitrofuraneler)	Furazolidone	Oral	50-80 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
	Furaladone	Oral		
	Nifurpirinol	Oral/Banyo	10-50 mg/kg 10 gün	Gr (-) Bakteri
Quinolones (Kinolonlar)	Oxolinic acid	Oral	12 mg/kg 10gün	Gr (-) Bakteri
	Flumequine			
	Enrofloxacin		10-20 mg/kg 7 gün	Gr (-) Bakteri

Tedavi şansını artıran en önemli unsur antibiyotikler tavsiye edilen dozda ve sürede verilmesi ile mümkün olabilmektedir. İlaçların balıklar tarafından alınıp alınmadığı mutlaka kontrol edilmelidir. İlaçlı yemler alınmadığı takdirde yemleme durdurulmalı gerekirse ilaç değiştirilmelidir. Alınmayan yemler kafes altındaki sedimente düşmektedir. Bu da sedimentteki fauna ve floranın değişmesine, dirençli bakterilerin oluşmasına neden olabilmektedir. Özellikle hidrojen sülfür (H_2S) gazı üreten bakterilerin ortama hakim olmasına neden

olabilmektedir. Bu da su kalitesinin bozulmasına ve sürdürülebilir üretiminin kısıtlanmasına neden olabildiği bildirilmiştir (Balta ve Çağırğan., 2007). Antibiyotik uygulaması sonrası oluşabilecek kalıntı (rezidü) problemleri nedeni ile antibiyotiklerin balık vücudundan atılım süreleri takip edilmeli ve su sıcaklığına göre (500°/gün) süre dolmadan balık hasatının yapılmaması gerektiği rapor edilmiştir (Balta ve Çağırğan., 2007). Ayrıca, düşük doz ve kısa süreli antibiyotik uygulamaları bakterilerde dirençli türlerin ortaya çıkmasına neden olabileceği gibi bu direnç genetik olarak başka bakterilere aktarılma riski olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu nedenle hem balık sağlığı hem de insan sağlığı için hastalık çıkmadan önce mevcut aşılardan (otovaksin yerli veya ithal aşılardan) kullanılarak balığın bağışıklığı artırılarak hastalığa karşı daha dirençli olmasının sağlanması sürdürülebilir bir üretim için oldukça önemlidir. Bakteriyel balık hastalıklarına karşı hazırlanmış otovaksin aşılardan (*Yersinia ruckeri*, *Vibrio anguillarum* ve *Lactococcus garvieae*) bölgemizdeki alabalık çiftliklerinde başarı ile kullanılmaktadır. Balık yetiştiriciliğinde aşı kullanımı antibiyotik kullanımını sınırlandıracak, doğal su kaynaklarında kimyasal kirliliği önleyecek, kalıntı riskini azaltacak ve bakteriyel direncinde önüne geçilmiş olacaktır.

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından 22 Ocak 2011 Cumartesi gününe ait 27823 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan İhbarı Mecburi Hayvan Hastalıkları ve Bildirimine ilişkin yönetmenlik Ek 1 B-Su hayvanları hastalıklarında kapsamında; Viral Hemorajik Septisemi (VHS), Balıkların Enfeksiyöz Hematopoetik Nekrozisi (IHN), Enfeksiyöz Somon Anemisi (Infectious Salmon Anaemia), Sazanların Bahar Viremisi (Spring Viraemia of Carp) (SVC) vs viral balık hastalık etkenleri, Beyaz benek hastalığı (White spot disease) paraziter balık hastalıkları ve Bakteriyel Böbrek Hastalığı (Bakterial Kidney Disease) (BKD) gibi bakteriyel balık hastalık etkenleri ihbarı mecburi hastalıklar kapsamında olduğu yayınlanmıştır (Anonim, 2011). Bu listeye giren hastalıklar yönünden balık sürülerinin sağlık popülasyonları yılda en az 6 aylık periyotlar halinde, en az biri üreme dönemine denk gelecek şekilde sağlık kontrolünden geçirilmesi gerekmektedir.

Kafes ve ağların temizlik ve dezenfekte edilmesinde kullanılan temizlik ve dezenfektanlar, bunların etken maddeleri, uygulama yöntemleri (hijyen planı), ortama etkileri ve nerede yapılacağı hususları: Hastalık çıkan havuz veya kafeslerde hastalıkların sınırlandırılması için kepeçlerin dezenfekte edilmesi yem almayan balıkların ölmeden önce stres oluşturmadan toplanması ve ölen balıkların toplanıp kireçli kuyularda gömülmesi gerekmektedir. Hijyen kurallarına mutlaka uyulması gerekmektedir. Ayrıca, balıklar hasta olmadan balıkların aylık periyodik kontrollerinin yapılması

sürdürülebilir üretim için oldukça önemlidir. Kafes ağlarını aylık olarak kontrol edilmeli, kirlenmiş ağların temizliği ile değiştirilmeli ve değiştirilen kirlenmiş ağların yıkama hazır halde saklanması gerekmektedir.

Kafes Ağları ve Diğer Plastik Gibi Araç ve Gereçlerin Dezenfeksiyonu: Balık çiftliklerinde enfeksiyonlar havuzdan havuza veya çiftlikten çiftliğe alet ve malzemeler yoluyla kolayca bulaşabilir. Balıkların boylanması, aşılması ve hasat esnasında, hasta ve ölü balıkların toplanması esnasında çiftliklerde en çok kullanılan malzeme kepeçlerdir. Her bir kafes için ayrı kepeç bulunması ve kullanıldıktan sonra dezenfekte edilmesi enfeksiyonların kafeslerden birbirine bulaşmasını önleyecektir (Çağırğan 2007;). Bu amaçla; iodoform bileşikleri (Betadin, Batticon, Vanodine vs.), Sodyum hipoklorit, Sodyum hidroksit veya formaldehit kullanılması önerilmektedir (Çağırğan, 2007).

PVP iyot: Aktif maddesi iyot olan dezenfektanlardan en uygunu polivinil pirolidon iyot birleşikleridir. Bakteriler, virüsler, mantarlar ve birçok parazit için dezenfekte gücü oldukça yüksek ve 100 ppm dozunda etkili alan kimyasal bir maddedir. Ortamdaki organik maddeler tarafından çabucak inaktive olur. İyot bileşikleri normalde kahverengide olan bir solüsyondur. Kullanım esnasında rengin açılması etkinliğinin kaybolduğu anlamına gelmektedir. Sprey tarzında araba tekerlerine püskürtülerek kullanmak mümkündür. Çiftlikte çalışan işçilerin kullandığı çizmelerin dezenfekte edilmesinde oldukça faydalı bir şekilde kullanılmaktadır. Metal aksama temas ettiğinde korozyona neden olduğundan bol su ile yıkanılması tavsiye edilmektedir (Çağırğan, 2007).

Sodyum hipoklorit: Kolay bulunabilen, etkisi çabuk ve güçlü olan ucuz bir dezenfektan madde olarak kullanılmaktadır. Bakteri, virüs, mantar ve birçok balık parazitleri için 100 ppm dozunda etkinlik göstermektedir. Taze olarak alınıp kullanılmalı 2 haftadan fazla stoklanmamalıdır. Tankların, havuzların, kepeçlerin ve ağların dezenfeksiyonu için sodyum hipoklorit gayet uygun bir şekilde kullanmak mümkündür. Hipokloritlerin yüzey gerilimini düşürücü etkileri olmadığından genellikle sıvı bir deterjan ile birlikte (örneğin; teepol) kullanıldığında materyallere nüfus etme gücü artırılmış olduğu bildirilmiştir (Çağırğan, 2007).

Sodyum hidroksit: Bakteri, virüs, mantar ve birçok parazit için %0,2'lik konsantrasyonunda öldürücü etkinlik göstermektedir. Dezenfekte madde olarak oldukça ucuz ve etkisi güçlü olan kimyasal bir maddedir. Deride irritasyona, elbiselerde tahribata ve bazı metaller üzerinde korozyonlara neden olduğu rapor edilmiştir (Çağırğan, 2007).

Formaldehit: Piyasada %37-40'luk solüsyonlar halinde kolayca bulunabilen bir kimyasal maddedir. Çiftlik

sayıları tarafından kolay bir şekilde sipariş edilerek satın alınabilmektedir. Bu kimyasal bulunduğu ortamın sıcaklığı 10°C'nin altına düştüğünde ve güneş ışınlarına maruz kaldığında formaldehit para-formaldehit haline dönüştüğü çeşitli kaynaklarda bildirilmiştir. Bunu önleme için bazı satıcılar formaldehit içine alkol kattıkları bildirilmektedir. Para-formaldehit formu balıklar için oldukça öldürücü olan toksik bir birleşiktir. Faomaldehit, ucuz ve güçlü bir dezenfektan olup, bakteri, virüs, mantar ve birçok parazit için öldürücü etkisi mevcuttur. Formaldehit %3-5'lik konsantrasyonlarda dezenfektan olarak çeşitli materyalin dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır. İnsanların deri ve solunum yollarına zarar verebilmektedir. Her türlü formaldehit kullanımında maske takılmalıdır. Bazı metallere zararlı etkisi bulunmaktadır. Kullanımında dikkatli olunması gerektiği bildirilmiştir (Çağırğan, 2007). Banyo şeklinde uygulanan kimyasal dezenfektanların kullanım şekli ve dozları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Dezenfektan amaçlı kullanılan kimyasalların kullanımı ve dozları.

Kimyasal	Kullanım şekli	Etki tarzı	Daldırma	Kısa banyo	Uzun banyo
CuSO ₄	Algisid	Dış parazitler	500mg/L	4ml/L	-
Formalin	Paraziticid	Dış parazitler	400mg/L	250mg/L 30-60dk.	15-25mg/L
KMnO ₄	Oxidizer Detoxifier	Dış bakteri, mantar, parazit	1000mg/L	20mg/L 1 saat	2mg/L
NaCl	Osmoregulator düzenleyici	Dış parazit	%3 1 dakika (30,000mg/L)	%1 1saat (10,000mg/L)	%0.02 200mg/L

Su Kuşları ve Enfeksiyon Rezervuarı Olabilecek Canlılarla Temasin Kesilmesi: Su kuşları akuatik ortamın bir parçasıdır. Bunların bazıları (Karabatak, Martı) balıkları yiyerek işletmeye direkt zarar verirken birçoğu da dışkıları ile parazit, virüs ve bakterileri bulaştırdığı rapor edilmiştir.. Örneğin İnfeksiyöz pankreatik nekrozis (IPN) enfeksiyon etkeni olan virüsün martıların dışkısında bulunması ve balıklara bulaşmasını, bir parazit olan *Ligula intestinalis*'in bulaşmasını, akuatik invertebratların, kerevitlerin, misk fareleri, ördek ve kaz gibi hayvanların *Yersinia ruckeri*'yi bulaştırmada rol oynadığı ve rezervuar olduğunu örnek olarak verebilmektedir. Kan emen parazitlerden olan bazı sülüklerin balıklardaki streptokok enfeksiyonlarından sorumlu ve rezervuarı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, *Argulus foliaceus* ve *Pisicola geometra* sazangillerde SVC hastalığı virüsünün taşıyıcısı durumundadır. Su canlıların olası etkilerinden korunmak için yüzer kafeslerin üzerine kuş koruma ağlar ile kapatılmalı veya otomatik kuş kovucular kafeslere yerleştirilmelidir (Çağırğan, 2007).

İşletmelerde kullanılan aşı, ilaç, vitamin ve yemlerin olması önerilmektedir. Balıklara verilen yemlerin rutubetsiz ortamlarda stoklanması önerilmektedir. Balıklarda kullanılan yemlerin taze olması, küflenmemiş ve 90 günden fazla stoklanmamış olması tavsiye edilmektedir. Yemlerin sindirilebilirliği kolay olmalı, balıklar aşırı yemlenmemeli ve yem değerlendirme oranı yüksek olması gerektiği tavsiye edilmektedir.

Üretim yapılan suyun sertliği, pH değeri ve oksijen miktarı sürekli takip edilmeli, senede en az bir kez su analizinin yapılması sürdürülebilir üretim için oldukça önemlidir. Banyo şeklinde uygulanan dezenfektanlar içinde suyun sertliği, pH değeri ve oksijen miktarı balık sağlığını yakından ilgilendirmektedir. Bu yüzden, suyun bu parametreleri sürekli takip edilmelidir.

DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Deniz kafeslerinde balık yetiştiriciliği entansif ve endüstriyel üretim metotları içerisinde teknoloji ve çevresel önlemler açısından yüksek düzeyde gereksinimler ve yeterlilikler gerektirmektedir. Üretim miktarları deniz kafeslerinin gelişmesiyle artarken çevresel hassasiyetler de artmakta faaliyet alanları çakışan turizm sektörüyle çatışmaları artırmaktadır. Ancak ihracat potansiyelinin varlığı denizlerde akuakültür faaliyetlerinin desteklenmesini sağlamaktadır. Elbette her iki sektörün bir arada faaliyetini sürdürmesi için sürdürülebilir bir denizel çevre sağlanması, üretim sürecinin aksamaması, ihracat devamlılığı için sağlıklı ve kaliteli ürün üretimi ve küresel ölçekte pazarlama stratejilerinin çok yakından izlenmesi sayesinde gerçekleştirilebilir. Bu sayılanları gerçekleştirebilmek çok sayıda faktörün bir arada dengeli bir şekilde bulunmasıyla olabileceği açık bir gerçektir. Ancak temel manada bazı olmazsa olmazlar vardır ki bunlar gerçekleştirilirse sürdürülebilir bir çevre ve akuakültür faaliyeti bir arada olabilir. Bunlar; her şeyden önce ulusal ve uluslararası su, su ürünleri, çevre ve deniz hukuku mevzuatına uygun faaliyet göstermek, güncel bilimsel ve teknolojik bilgiye sahip teknik elemanlara ve donanımlara sahip olmak ve son kullanıcının gereksinimlerini sağlayan ürünlerinin kalitesini ve sağlığını ön planda tutmaktır. Bunların yanında küresel piyasaların takibi ve aktif pazarlama stratejileri geliştirmek de süreci destekleyecektir.

KAYNAKLAR

- Altınok, İ., Balta, F., Capkin, E. & Kayış, S. (2007).** Disease of rainbow trout caused by *Pseudomonas lutela*. *Aquaculture*, 273, 393-397.
- Altınok, I., Ozturk RC. & Ture M. (2022).** NGS analysis revealed that *Lactococcus garvieae* Lg-Per was *Lactococcus petauri* in Türkiye. *Jurnal of Fish Diseases*, 45,1839-1843.
- Anonim. (2010).** Su Ürünleri Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme olan Etkilerinin Belirlenmesi, Proje Sonuç Raporu, TÜBİTAK KAMAG-1007 Programı, TÜBİTAK YDABAG-106G094, Ankara.

- Anonim. (2011).** İhbarı mecburi hayvan hastalıkları ve bildirimine ilişkin yönetmelik. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/01/20110122-4.htm>.
- Anonim. (2020).** Denizlerde Faaliyet Gösteren Balık Çiftliklerinin Çevresel Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete-31288, 28 Ekim 2020, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Anonim. (2023).** Su Ürünleri İstatistikleri, Su Ürünleri Haber Bülteni. Türkiye İstatistik Kurumu, 2023. SAYI 49678
- Balta F. & Çağırğan H., 2007.** Levrek'lerde (*Dicentrarchus labrax* L.,1758) sağaltım sonrası oksitetrasiklinin kas ve derideki rezidüsünün belirlenmesi. *EÜ Su Ürünleri Dergisi*, 24 (1-2), 173-178.
- Balta, F. & Çağırğan, H. (1998).** Kültürü yapılan alabalıklarda (*Oncorhynchus mykiss*) görülen *Flexibacter columnaris* enfeksiyonu. III. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, 10-12 Haziran; Erzurum.
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2016).** Deniz suyuna transfer edilen gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularında görülen vibrio enfeksiyonu ve tedavisi. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, 1(1), 14-20. DOI: 10.35229/jaes.272222
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2017).** Doğu Karadeniz'de yetiştiriciliği yapılan gökkuşacağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*)'ndan izole edilen *Vibrio anguillarum* suşlarının serotiplendirilmesi, genetik karakterizasyonu ve antimikrobiyal duyarlılığının belirlenmesi. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, 64(4), 321-328.
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2018).** Identification and treatment of hexamitiasis observed in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 3(1), 4-8. DOI: 10.35229/jaes.357640
- 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
- Balta, F. & Karatay, İ. (2021).** Gökkuşacağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) görülen *Lactococcus garvieae* enfeksiyonu ve tedavisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 651-661. DOI: 10.35229/jaes.1024825
- Balta, F. & Taşkın, H. (2022).** Gökkuşacağı 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
- Balta, F. & Yılmaz, H. (2019).** Kültür levreklerinde (*Dicentrarchus labrax*) *Vibrio parahaemolyticus* enfeksiyonu. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(2), 104-110. DOI: 10.35229/jaes.544439
- Balta, F. (2016).** Phenotypic, serotypic and genetic characterization and antimicrobial susceptibility determination of *Vibrio anguillarum*, isolated cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) in the southeast Black Sea, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(10), 4393-4400.
- Balta, F., (1997).** Kültürü yapılan alabalıklarda (*Oncorhynchus mykiss*) görülen *Flexibacter psychrophila* enfeksiyonu. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül, Eğirdir/Isparta.
- Balta, F., Balta, Z.D. & Akhan, S. (2019).** Seasonal distribution of protozoan parasite infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms in the Eastern Black Sea of Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 39, 31-39.
- Balta, F., Dengiz Balta, Z., Özgümüş, O.B. & Çağırğan, H. (2016).** Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) çiftliklerinde *Yersinia ruckeri*'nin portörlük yönünden tetkiki ve antimikrobiyal direncin tespiti. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, 1(3), 72-76. DOI: 10.35229/jaes.280741
- Balta, F., Kayis, S. & Altınok, I. (2008).** External protozoan parasites in three trout species in the Eastern Black Sea region of the Turkey: intensity, seasonality, and their treatments. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 28(4), 157-162.
- Balta, F., Sandalli, C., Kayis, S. & Ozgumus, O.B. (2010).** Molecular analysis of antimicrobial resistance in *Yersinia ruckeri* strains isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) grown in commercial fish farms in Turkey. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 30 (6), 211-219.
- Çağırğan, H. (2007).** Gökkuşacağı alabalık hastalıkları. Doğu Anadolu Kalkınma Programı ve Kırsal Kalkınmanın Bileşeni, Avrupa Birliği Projesi, 2007-Van, 65s.
- Çiçek, Y. & Albayrak, H. (2019).** Viral hemorajik septisemi virüsünün (VHSV) fenotipik karakterinin virülsans üzerine etkisinin araştırılması. *J. Res Vet Med*. 38(2) 17-23.
- Dengiz Balta, Z, Akhan, S. & Balta, F. (2017).** The physiological stress response to acute thermal exposure in Black Sea trout (*Salmo trutta labrax*

- Pallas, 1814). *Turk J Vet Anim Sci*, **41**, 400-406.
DOI: [10.3906/vet-1606-32](https://doi.org/10.3906/vet-1606-32)
- Dengiz Balta, Z. (2010).** *Ani Sıcaklık Şoku Uygulanmış Karadeniz Alabalığı (Salmo trutta labrax Pallas, 1811) 'nda Fizyolojik Stres Cevabın Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Rize Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 49s.
- Duman, M., Saticioğlu, İ.B., Buyukekiz, A.G., Balta, F. & Altun, S. (2017).** Molecular characterization and antimicrobial resistance profile of atypical *Citrobacter gillenii* and *Citrobacter* sp. isolated from diseased rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, **10**, 136-142.
- Işdan, H. & Bola, Y. (2011).** A Survey of Viral Hemorrhagic Septicemia (VHS) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **11**, 507-513.
- Işdan, H. (2010).** *Karadeniz bölgesindeki balıklarda viral hemorajik sepsis virüsünün izolasyonu ve patojenitelerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Viroloji Ana Bilim Dalı, 85s.
- Kacar, Z.Z. & Balta, F. (2017).** Multi locus sequence analysis (MLSA)-based identification of *Pseudomonas* spp. isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Eastern Black Sea region of Turkey using. *Fresenius Environmental Bulletin*, **26**, 7506-7512.
- Küçük, A. & Yıldırım, Y. (2017).** Balıkların önemli viral hastalıkları. *Etlik Vet. Mikrobiyol Derg.*, **28**(1), 13-22.
- Onuk, E.E., Çaycı, Y.T., Çoban, A.Y., Çiftci, A., Balta, F., Didinen, B.I. & Altun, S. (2017).** Balık ve yetiştirme suyu kökenli *Aeromonas* izolatlarının antimikrobial duyarlılıklarının saptanması. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.*, **64**(1) 69-73.
- Verep, B. (2020).** Balık yetiştiriciliğinde kullanılan deniz kafeslerinin çevresel kuvvetlerle etkileşimi. *Türk Hidrolik Dergisi*, **4**(2), 1-7.



Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) Yumurtalarında Bazı Kimyasal Maddelerin Dezenfeksiyon Amaçlı Kullanımının Araştırılması^[*]

Ekrem ABDULLAHOĞLU¹ Fikri BALTA^{2*}

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize, Türkiye

²Recep Tayyip Erdoğan, Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Hastalıklar Anabilim Dalı, Rize Türkiye

Geliş/Received: 25.11.2023

Kabul/Accepted: 20.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: AbdullaHoğlu, E. & Balta, F. (2023). Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) Yumurtalarında Bazı Kimyasal Maddelerin Dezenfeksiyon Amaçlı Kullanımının Araştırılması. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 691-699. <https://doi.org/10.35229/jaes.1395845>

Atf yapmak için: AbdullaHoğlu, E. & Balta, F. (2023). Investigation of the Use of Some Chemical Substances for Disinfection Purposes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) Eggs. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 691-699. <https://doi.org/10.35229/jaes.1395845>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1823-5823>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-0918-7567>

*Orumlu yazar:

Fikri BALTA

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su

Ürünleri Fakültesi, Hastalıklar Anabilim Dalı,

Rize, Türkiye

✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Abstract: Bu çalışmada, gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yumurtalarının gözlenme ve yumurtadan çıkma oranları üzerine bazı kimyasal maddelerin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme grupları kloramin-T, formaldehit, hidrojen peroksit, potasyum permanganat, sodyum klorür ve kontrol grubundan oluşturulmuştur. Çalışma üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Döllenen yumurtaların gözlenene kadarki süreçte ortalama en iyi hayatta kalma oranı formaldehit 200 mg/L'lik grubunda belirlenmiştir. Çalışmadaki diğer gruplarındaki ortalama hayatta kalma oranları kontrol ve sodyum klorür grupları hariç formaldehit gruplarına hemen hemen benzerlik göstermiştir. Gözlenme aşamasından açılma aşamasına kadar yapılan denemelerde de en iyi ortalama hayatta kalma oranları 200 mg/L'lik formaldehit grubu başarılı bulunmasına karşın, sodyum klorür ve kontrol grupları hariç diğer gruplarla istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonunda, gözlenme evresine kadar yumurta yaşama oranı için en etkili kimyasal maddelerin 200 mg/L formaldehit konsantrasyonu (%92) ve 150 mg/L formaldehit konsantrasyonu (%91,2) olduğu belirlenmiştir. Gözlenme evresinden yavruların çıkması aşamasına kadar süreçte 200 mg/L formaldehit (%91), 150 mg/L formaldehit (%89,8), 6 mg/L kloramin-T (%87,7) ve 150 mg/L hidrojen peroksit (%87,3) ortalama yaşama oranları tespit edilmiştir. Formaldehitin 150 ve 200 mg/L'lik konsantrasyonları, kloramin-T'nin 6 mg/L ve hidrojen peroksitin 150 mg/L'lik konsantrasyonları sürdürülebilir bir üretim ve yumurta sağlığı için kuluçkahanede başarılı bir şekilde kullanılabilirdiği kanısına varılmıştır. Bununla birlikte, sodyum klorür kullanımı nispeten faydalı olsa da çalışmada kullanılan diğer kimyasallarda meydana gelen yumurta kayıplarından çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dezenfektanlar, gözlenmiş yumurtalar, *Saprolegnia parasitica*, sürdürülebilir üretim.

Investigation of the Use of Some Chemical Substances for Disinfection Purposes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) Eggs

Öz: This study aimed to determine the effects of some chemicals on the eyed stage and hatching rates of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs. Experimental groups consisted of chloramine-T, formalin, hydrogen peroxide, potassium permanganate, sodium chloride and control group. The study was conducted in three replications. The best average survival rate until the fertilized eggs were observed was determined in the formalin 200 ppm group. The mean survival rates in the other groups in the study were almost similar to the formalin groups, except for the control and saline groups. Although the 200 ppm formalin group was found to have the best average survival rates in the trials carried out from the observation stage to the opening stage, it was determined that it was statistically similar to the other groups except the salt and control groups. At the end of the study, it was determined that the most effective chemical substances for egg survival rate until the observation phase were 200 ppm formaldehyde concentration (92%) and 150 ppm formaldehyde concentration (91.2%). Average survival rates of 200 ppm formaldehyde (91%), 150 ppm formaldehyde (89.8%), 6 ppm chloramine-T (87.7%) and 150 ppm hydrogen peroxide (87.3%) in the period from the observation phase to the hatching phase, has been detected. In this thesis study, It has been concluded that 150 and 200 ppm concentrations of formaldehyde, 6 ppm of chloramine-T and 150 ppm of hydrogen peroxide can be used successfully in the hatchery for egg health for sustainable production. However, although the use of sodium chloride is relatively beneficial, it was determined that the egg losses caused by other chemicals used in the study were much higher.

*Corresponding author:

Fikri BALTA

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty

of Fisheries, Department of Diseases, Rize,

Türkiye

✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Keywords: Disinfectants, eyed eggs, *Saprolegnia parasitica*, sustainable production.

[*] Bu makale, Ekrem ABDULLAHOĞLU yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from Ekrem ABDULLAHOĞLU's master thesis.

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu, bu gün gıdaya olan ihtiyacı doğal yollardan karşılayamaz duruma gelmiştir. Bu nedenle insanoğlunun proteine olan ihtiyacı değişik kaynaklardan karşılanmaya çalışılmaktadır. Hayvansal üretim maliyetlerinin her geçen gün artması ve endüstriyel yaşam şartları büyük baş hayvan üretimi yerine küçükbaş hayvan üretimini artırmıştır. Sağlıklı yaşam için kırmızı et tüketimi yerine beyaz ete olan talep ise her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerinde artan insan nüfusu için dünya çapındaki gıda arzını artırmaya yönelik mevcut ihtiyaç, kontrollü koşullar altında sudaki yaşamın kapsamlı üretiminin geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır. Hayvansal protein ihtiyacı doğal stokların hızla azalması alternatif olarak son 30 yılı aşkın bir zamandan beri kültürü yapılan su ürünleri hayvansal üretimden karşılanmaya çalışılmaktadır. Su ürünleri besin kalitesi ve lezzeti bakımından, artan nüfusun hayvansal protein ihtiyacını karşılanmasında alternatif bir ürün olarak algılanmıştır (Hoşsu vd., 2001; Braun, 2005; Balta & Taşkın, 2022). Balık eti sağlıklı yaşam için beyaz et olması yanı sıra omega-3 ve 6 gibi doğmamış yağ asitlerini içermesi nedeni ile son yıllarda tüketim talebi hızla artmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığının desteği ile su ürünleri üretiminde son yıllarda artış meydana gelmiştir. Yetiştiricilik yoluyla elde edilen 368 bin 742 tonluk üretimin denizlerden, 146 bin 63 tonluk üretimin ise iç sularda gerçekleştirildiği rapor edilmiştir. İç sularda yetiştirilen en önemli balık türünün alabalık olduğu ve üretimin 145 bin 649 tona ulaştığı bildirilmiştir (TUİK, 2022). Balıkların düşük kapasiteli sularda tutulması, ek yemlemeyle yüksek yoğunlukta beslenmesi, su sıcaklığının nispeten normalden yüksek seviyelerde tutulması ve aşırı stoklanmaya bağlı suda oluşan aşırı kirlilik riskleri, balıklarda ciddi hastalık sorunlarının artmasına zemin hazırlayan önemli faktörler arasında olduğu bildirilmiştir (Lone & Manohar, 2018).

Balık üretiminin sürdürülebilir olması için sağlıklı anaçlarından elde edilen yumurtaların döllenme oranı ve gözlenmiş yumurtadan yavru çıkış oranının oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir (Balta & Taşkın, 2022). Kuluçka döneminde karşılaşılan en önemli problemlerin başında döllenmemiş ve ölü yumurtalarda su kalitesine bağlı olarak karşılaşılan mantar enfeksiyonlarının meydana geldiği bildirilmiştir (Rach vd., 1997a). Doğal ortam ve kültür şartlarındaki balıklarda, özellikle üreme dönemindeki erkek anaç balıklarında ve gözlenmemiş ölü yumurtalarda genellikle Saprolegniaceae familyasına ait su mantarlarının varlığı bildirilmiştir (Piper vd., 1982). Mantar etkenlerinin sucul ortamın her yerinde bulunabildiği ve yıl boyunca büyüyüp çoğalabilme yeteneğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Su kaynaklarındaki mevcut Saprolegniaceae familyasına ait mantarlar; *Saprolegnia parasitica*, *Achlya*

hoferi, *Aphanomyces* sp. ve *Dictyuchus* sp.'dir. Bu türlerin oldukça yaygın bir şekilde balık yumurtalarında ve yavrularında enfeksiyonlar oluşturduğu bildirilmiştir (Alderman & Polglase, 1984; Post, 1987; Bruno & Wood, 2011). Balık üretiminde mantar enfeksiyonlarına bağlı olarak yumurta ve yavru balık ölümleri nedeniyle ciddi ekonomik kayıpların meydana geldiği rapor edilmiştir (Lone & Manohar, 2018; Balta & Taşkın, 2022). Mantar enfeksiyonlarına mazur kalan balık çiftliklerinin profilaktik tedavileri hemen başlatıldığı görülmüştür. Soğuk ve sıcak su yumurtalarındaki kontrolsüz saprolegniiazisin, tedavi edilen yumurtalara kıyasla yumurtan çıkma oranını %6 ile %100 oranında azalttığı bildirilmiştir (Rach vd., 1998). Balık yumurtalarının dezenfeksiyonunda formaldehit, hidrojen peroksit, iyot ve tuzun farklı konsantrasyonlarda kullanıldığı bildirilmiştir (Racha vd., 1997a; Racha vd., 1997b; Racha vd., 1998; Racha vd., 2004; Schreier vd., 1996).

Bu çalışmada, gökkuşağı alabalığı anaçlarında sağılan ham yumurta, elde edilen döllenmiş yumurta ve larvaların çıkışına kadarki süreçte görülen mantar enfeksiyonlarını önlemek için uygulama yapılmıştır. Yumurtalar sağım-döleme esnasındaki mekanik sarsıntıya ve kuluçkahanedeki diğer çevresel koşullara karşı çok hassastır. Yumurtalar kuluçkalama boyunca formaldehit, potasyum permanganat, hidrojen peroksit, kloramin-T ve tuz ile banyo yaptırılmıştır. Kullanılan kimyasal maddelerin, gözlenmiş yumurtaların hayatta kalma oranı, yumurtaların açılma ve larvaların yaşama oranları üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Bu çalışma, Kırklareli ilinin Vize ilçesi Balkaya köyünde bulunan Baypa Bayhan Su Ürünleri Sanayi ve Anonim Şirketine ait tesiste yapılmıştır. Yene suyu mevkinde bulunan tesis, 125 L/sn suyu olan, 60 ton/yıl porsiyonluk gökkuşağı alabalığı ve 1.000.000 adet yavru kapasite ile çalışmaktadır. Çalışmada, ortalama 2,5±0,5 kg ağırlığında ve 4 yaşında gökkuşağı alabalık anaçları kullanılmıştır. Anaç balıklarından sağılıp dölenen yumurtalar üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Tesisin kuluçkahanesinde yer alan 60 adet kuluçka dolabı (FET marka) kullanılmıştır. Yumurta dezenfeksiyonunda formaldehit, potasyum permanganat, hidrojen peroksit, kloramin-T ve sodyum klorür denenmiştir (Tablo 1). Kullanılan dezenfektanlar ve konsantrasyonları (Balta & Taşkın, 2022) Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada, bir kasette 10000 adet yumurta alabilen kuluçka dolapları kullanılmıştır. Dezenfektanları kuluçka yumurta dolaplarına vermek için 1 ml ve 3 ml'lik plastik enjektörler kullanılmıştır (Balta & Taşkın, 2022).

Tablo 1. Dezenfeksiyonda kullanılan kimyasal maddeler ve yumurta sayısı
Table 1. Chemicals used in disinfection and the number of eggs

Dezenfektan	Dolap Sayısı	Tava Sayısı*	Yumurta Sayısı	Konsantrasyon
Formaldehit	3	9	1800	100 mg/L
				150 mg/L
				200 mg/L
Potasyum permanganate	3	9	1800	2 mg/L
				4 mg/L
				6 mg/L
Hidrojen peroksit	3	9	1800	50 mg/L
				100 mg/L
				150 mg/L
Kloramin T	3	9	1800	2 mg/L
				4 mg/L
				6 mg/L
Sodyum klorür	3	9	1800	15 mg/L
				30 mg/L
				45 mg/L
Kontrol	3	9	1800	0
				0
				0

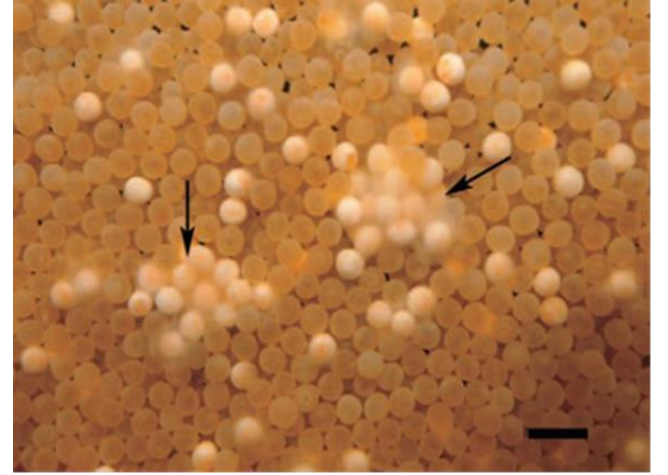
Metot: Çalışmalar Şubat-Mart 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Kullanılacak balıkları tespit etmek için elle ovulasyon kontrolleri gerçekleştirilmiş ve yumurtlama dönemine ulaşan 100 adet dişi anaç balık ayrılmıştır. İki yaşına ulaşmış erkek anaç balıkları kontrol edilerek başka boş bir havuza ayrılmıştır. Sağım işleminde temiz ve kurutulmuş boş bir kaba dört adet dişi anaç balığın yumurtaları sağılmıştır. Üç adet erkek damızlık balığın spermi sağılarak yumurtaların üzerine ilave edilmiştir. Spermanın tüm yumurtaları dölleyebilmesi için hafif hareketlerle karıştırılmıştır. Tüm yumurtaların döllemenin gerçekleşmesi için beş dakika beklenmiştir. Daha sonra fazla sperma ve gaita gibi diğer atıkların ortamdaki uzaklaştırılması için dikkatlice hassas bir şekilde üç kez su ilave edilerek yıkanmış ve yıkama suyu boşaltılmıştır. Dölleme işleminden sonra yumurtaların şişmesi için tekrar taze su ilave edilerek otuz dakika bekletilmiştir. Döllememiş olan bozuk yumurtalar ayrılmıştır. Döllemiş yumurtalar kuluçka dolaplarındaki hacmi 5 litre olan tavaların her birine 200 adet olacak şekilde rastgele yerleştirilmiştir. Denemeler üç tekerrürlü çalışıldığından toplam ellidört tava kullanılmıştır. Kontrol ve deneme gruplarındaki yumurtaların dezenfeksiyon işlemi esnasında kuluçka dolaplarının suyu akışı durdurulmuştur. Her bir kimyasalın üç farklı konsantrasyonu on beş dakika tutularak yumurtaların dezenfeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Deneme süresinin bitiminde tavaların suyu akışı tekrar açılmıştır. Yumurtaların dezenfeksiyonunda kullanılan kimyasalların üç farklı konsantrasyonu kuluçka dolaplarının hacimlerine göre hesaplanarak deneme gruplarına uygulanmıştır. Kimyasalların tartımında 0,00 g hassasiyete sahip terazi kullanılmıştır.

İstatistiksel Analizler: Çalışmada kullanılan dezenfektan gruplarının normal dağılımını izlemek için Kolmogrov-Smirnov testi uygulanmıştır. Gruplar arası farklılıkların anlamlı bir şekilde belirlenebilmesi için One-way ANOVA ve Kruskal Wallis-H testleri sırasıyla kullanılmıştır. Kontrol ve deneme grupları arasındaki benzerlik farklılıklarının hangi gruplar arasında mevcut

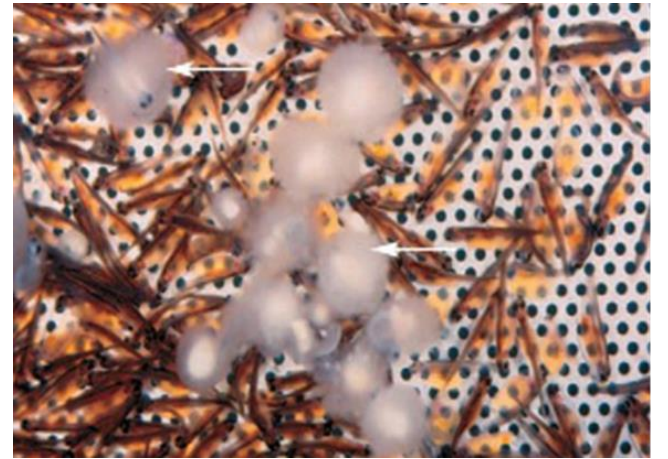
olduğunu belirlemek için Tukey testi uygulanmıştır. İstatistiksel sonuçların anlamlı olması için maksimum p değeri 0,05 olarak kullanılması tercih edilmiştir.

BULGULAR

Çalışmada sağlıklı gökkuşuğu alabalığı anaçlarına ait döllememiş yumurtalar kullanılmıştır. Döllememiş balık yumurtalarındaki mantar enfeksiyonları, zoosporların ölü yumurtaları kolonize etmesiyle başladığı, miselyumların genişledikçe döllemiş canlı yumurtaları istila ettiği ve canlı yumurtaların boğularak öldüğü tespit edilmiştir. Döllememiş, birbirine yapışmış ölü yumurtalarda oluşan mantarlaşma Şekil 1'de verilmiştir. Deneme uygulamaları esnasında yumurtalardan yeni çıkmış ve henüz yem kesesini tüketmemiş olan alevinlerinde meydana gelen mantarlaşma ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Döllememiş ve mantarla enfekte yumurtalar
Figure 1. Unfertilized and fungus-infected eggs



Şekil 2. Mantarla enfekte keseli gökkuşuğu alabalıkları
Figure 2. Fungus-infected rainbow trout alevin

Deneme gruplarına kimyasal madde uygulanması gözlenmiş yumurtalardan yavruların çıkışına kadar sürdürülmüştür. Döllemiş yumurtadan gözlenene kadarki sürede deneme gruplarında ortalama ölüm oranı formaldehitin 100 mg/L grubunda (F1) % 10,2, formaldehitin

150 mg/L grubunda (F2) %8,8 ve formaldehitin 200 mg/L grubunda (F3) ise %8 meydana gelmiştir. Potasyum permanganatın 2 mg/L grubunda (P1) %14,8, 4 mg/L grubunda (P2) %16 ve 6 mg/L grubunda (P3) ise %12,7 olarak hesaplanmıştır. Hidrojen peroksitin 50 mg/L grubunda (H1) %14,2, 100 mg/L grubunda (H2) %13,2 ve 150 mg/L grubunda (H3) %11,8 ortalama ölüm oranı tespit edilmiştir. Kloramin-T'nin 2 mg/L grubunda (K1) %11,5, kloramin-T'nin 4 mg/L grubunda (K2) %11,7 ve kloramin-

T'nin 6 mg/L grubunda (K1) %11,3 ortalama ölüm oranı belirlenmiştir. Sodyum klorürün 15 mg/L grubunda (T1) %27,2, sodyum klorürün 30 mg/L grubunda (T2) %27,27 ve sodyum klorürün 45 mg/L dozunda (T3) %19 ortalama ölüm oranı meydana gelmiştir. Çalışmanın kontrol grubunda ortalama ölüm oranı %56,5 olarak tespit edilmiştir. Deneme süresince farklı gruplardaki gözlenmiş yumurtaların ölüm oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Farklı konsanrasyonlarda kimyasal uygulanan deneme gruplarında ölen yumurta miktarları
Table 2. Amount of eggs that died in the trial groups where different concentrations of chemicals were applied

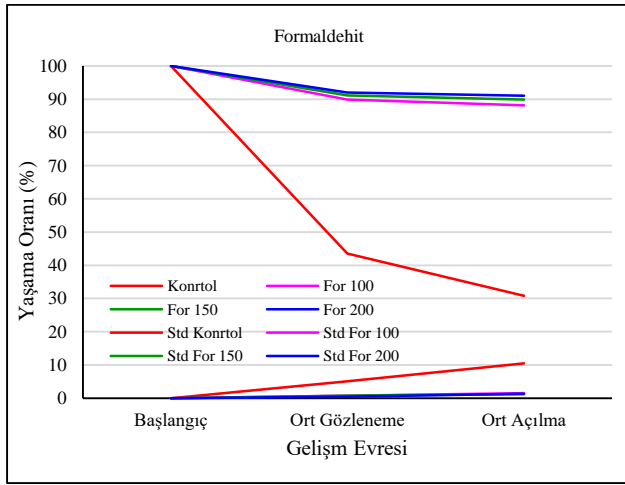
Dezenfektanlar	Gruplar	SS (°C)	Konsantrasyonu (mg/L)	YS	GKÖYS	YAKÖYS
Formaldehit (CH ₂ O)	F1	10	100	200	20	3
	F1	10	100	200	22	5
	F1	10	100	200	19	2
	F2	10	150	200	18	2
	F2	10	150	200	19	4
	F2	10	150	200	16	2
	F3	10	200	200	17	3
	F3	10	200	200	16	3
	F3	10	200	200	15	0
Potasyum permanganat (KMnO ₄)	P1	10	2	200	37	7
	P1	10	2	200	23	4
	P1	10	2	200	29	5
	P2	10	4	200	35	6
	P2	10	4	200	33	6
	P2	10	4	200	28	3
	P3	10	6	200	29	5
	P3	10	6	200	25	7
	P3	10	6	200	22	6
Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	H1	10	50	200	30	7
	H1	10	50	200	28	5
	H1	10	50	200	27	6
	H2	10	100	200	26	4
	H2	10	100	200	30	9
	H2	10	100	200	23	2
	H3	10	150	200	24	3
	H3	10	150	200	25	0
	H3	10	150	200	22	2
Kloramin-T (C ₇ H ₇ ClNO ₂ SNa)	K1	10	2	200	28	7
	K1	10	2	200	22	3
	K1	10	2	200	19	1
	K2	10	4	200	27	5
	K2	10	4	200	25	6
	K2	10	4	200	18	2
	K3	10	6	200	25	4
	K3	10	6	200	24	2
	K3	10	6	200	19	0
Sodyum klorür (Tuz) (NaCl)	T1	10	15	200	65	10
	T1	10	15	200	50	5
	T1	10	15	200	48	9
	T2	10	30	200	59	7
	T2	10	30	200	55	4
	T2	10	30	200	52	6
	T3	10	45	200	45	4
	T3	10	45	200	39	7
	T3	10	45	200	30	2
Kontrol grubu	K1	10	0	200	119	40
	K2	10	0	200	113	25
	K3	10	0	200	107	11

SS: Su sıcaklığı, YS: Yumurta sayısı, GKÖYS: Gözlenene kadar ölen yumurta sayısı; YAKÖYS: Yumurta açılana kadar ölen yumurta sayısı, F: Formaldehit, P: Potasyum permanganat, H: Hidrojen peroksit, K: Kloramin-T, T: Sodyum klorür.
SS: Water temperature, YS: Number of eggs, HSMS: Number of eggs dying until the eyed stage; YAKÖYS: The number of eggs that die before the egg hatches, F: Formaldehyde, P: Potassium permanganate, H: Hydrogen peroxide, K: Chloramine-T, T: Sodium chloride.

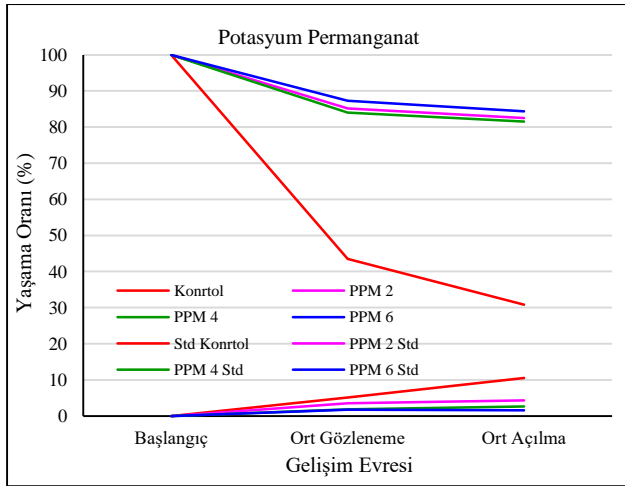
Gözlenmiş yumurtalardan larvaların çıkışına kadarki süreçte ortalama ölüm oranları formaldehitin F1 grubunda %11,8, F2 grubunda %10,2 ve F3 grubunda %9 olarak belirlenmiştir. Potasyum permanganatın P1 grubunda %17,5, P2 grubunda %18,5 ve P3 grubunda %15,7 olarak tespit edilmiştir. Hidrojen peroksitin H1 grubunda %17,2, H2 grubunda %15,7 ve H3 grubunda %12,7 ortalama ölüm oranları meydana geldiği

hesaplanmıştır. Kloramin-T'nin çalışma gruplarında sırasıyla K1 grubunda %13,3, K2 grubunda %13,8 ve K3 grubunda %12,3 ortalama ölüm oranları meydana geldiği belirlenmiştir. Çalışmanın sodyum klorür deneme grubunda ise ortalama ölüm oranları T1 grubunda %27,8, T2 grubunda %30,5 ve T3 grubunda %21,2 olarak hesaplanmıştır.

Gözlenmiş yumurtaların dezenfeksiyonunda kullanılan farklı konsantrasyondaki kimyasalların etkinlikleri kontrol gruplarına göre değerlendirildiğinde önemli farklılıkların ortaya çıktığı belirlenmiştir. Yumurtanın dezenfeksiyonunda formaldehitin 200 mg/L uygulandığı gruplarda en yüksek yaşama oranı elde edilmiştir. Formaldehitin kullanımına ait ortalama hayatta kalma oranları Şekil 3’de verilmiştir. Çalışmada potasyum permanganatın 6 mg/L uygulamasında kontrol grubuna göre ortalama hayatta kalma oranları en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Potasyum permanganatın deneme gruplarına ait ortalama yaşama oranları Şekil 4’de gösterilmiştir.

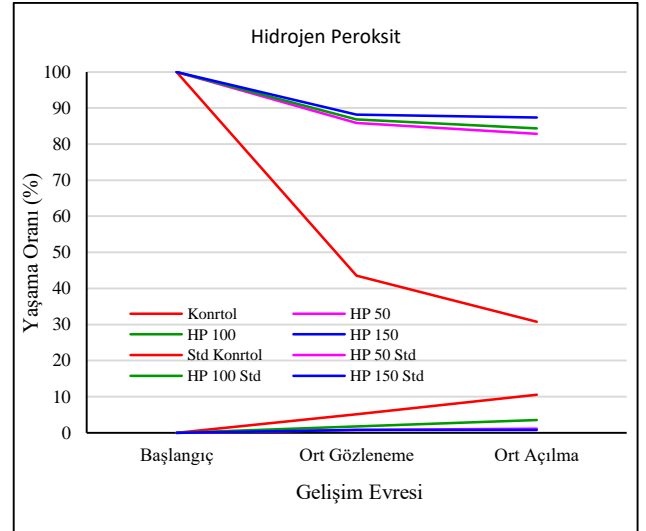


Şekil 3. Formaldehit uygulanmış yumurtaların yaşama oranı (%)
Figure 3. Survival rate (%) of formaldehyde-treated eggs



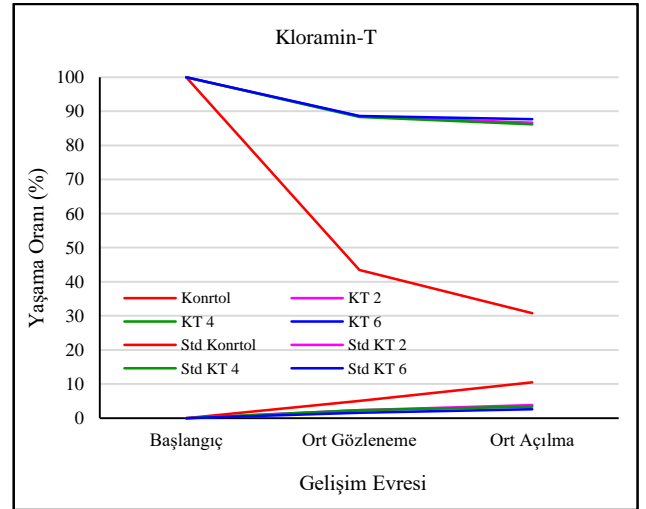
Şekil 4. Potasyum permanganat uygulanmış yumurtaların yaşama oranı (%)
Figure 4. Survival rate (%) of eggs treated with potassium permanganate

Gözlenmiş yumurtaların dezenfeksiyonunda hidrojen peroksitin 150 mg/L uygulamasında en yüksek yaşama oranı elde edilmiştir. Yumurtaların dezenfeksiyonunda hidrojen peroksitin deneme gruplarına ait yumurtaların ortalama hayatta kalma oranları Şekil 5’te sunulmuştur.



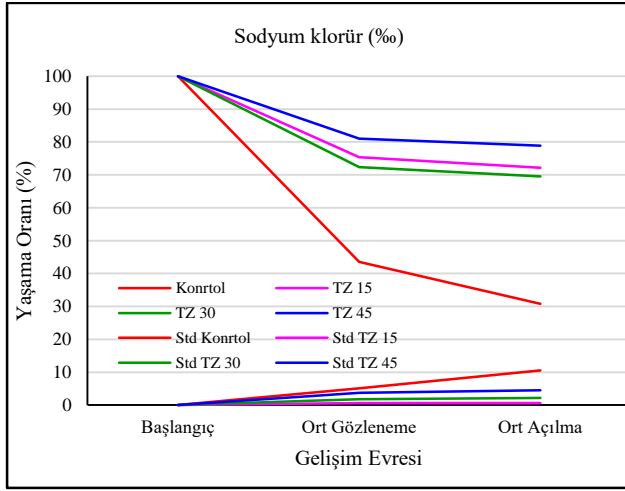
Şekil 5. Hidrojen peroksit uygulanmış yumurtaların yaşama oranı (%)
Figure 5. Survival rate (%) of eggs treated with hydrogen peroxide

Yumurtaların dezenfeksiyonunda kullanılan kloramin-T’nin 6 mg/L uygulamasında en yüksek ortalama yaşama oranı elde edilmiştir. Kloramin-T’in deneme gruplarına ait yumurtaların ortalama yaşama oranları Şekil 6’da verilmiştir. Sodyum klorür grubunda 45 mg/L uygulamasında en yüksek yaşama oranı elde edilmiştir. Sodyum klorürün deneme gruplarına ait yumurtaların ortalama yaşama oranı Şekil 7’te gösterilmiştir.



Şekil 6. Kloramin-T uygulanmış yumurtaların yaşama oranı (%)
Figure 6. Survival rate (%) of chloramine-T treated eggs

Anaç dişi balıkların sağımı ve dölleme işlemi ile elde edilen yumurtaların gözlenme aşamasına kadar geçen süre içinde mantarlaşmayı önlemek için kullanılan kimyasal madde konsantrasyonları ve kontrol gruplarında görülen hayatta kalma oranları hesaplanmıştır. Deneme ve kontrol gruplarında ortalama hayatta kalma oranları Tablo 3’de gösterilmiştir. Aynı zamanda gözlenmiş yumurtalardan larvaların çıkış aşamasına kadar geçen sürede ortalama hayatta kalma oranları Tablo 3’de verilmiştir.



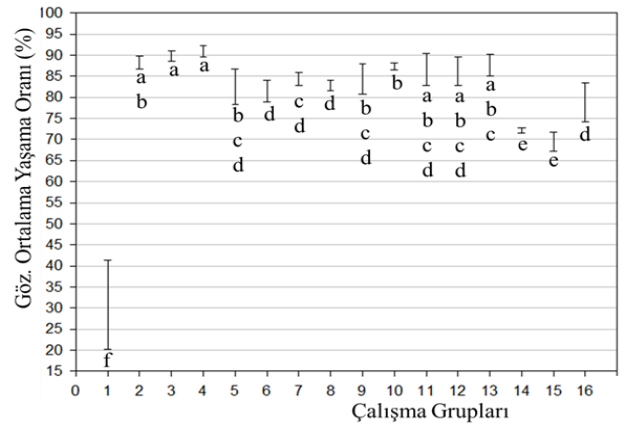
Şekil 7. Sodyum klorür uygulanmış yumurtaların yaşama oranı (%)
Figure 7. Survival rate of salt-treated eggs (%)

Tablo 3. Yumurtaların gözlenme ve açılmasına kadarki süreçte ortalama yaşama oranları
Table 3. Average survival rates until the eggs are eyed stage and hatched

Gruplar	Dezenfektan Konsantrasyon (mg/L)	Gözlenme Aşaması Yaşama Oranı (%) (Ort±Std)*	Larva Çıkışı Yaşama Oranı (%) (Ort±Std)*
Kontrol	0	43,5±5,07 ^f	30,8±10,52 ^f
Formaldehit	100	89,8±0,76 ^{ab}	88,2±1,53 ^{ab}
Formaldehit	150	91,2±0,76 ^a	89,8±1,26 ^{ab}
Formaldehit	200	92,0±0,50 ^a	91,0±1,32 ^a
Potasyum permanganat	2	85,2±3,51 ^{bcd}	82,5,0±4,27 ^{bcd}
Potasyum permanganat	4	84,0±1,80 ^d	81,5±2,65 ^d
Potasyum permanganat	6	87,3±1,76 ^{cd}	84,3±1,53 ^{cd}
Hidrojen peroksit	50	85,8±0,76 ^d	82,8±1,15 ^d
Hidrojen peroksit	100	86,8±1,76 ^{bed}	84,3±3,55 ^d
Hidrojen peroksit	150	88,2±0,76 ^b	87,3±0,76 ^b
Cloramin-T	2	88,5±2,29 ^{abcd}	86,7±3,82 ^{abcd}
Cloramin-T	4	88,3±2,36 ^{abcd}	86,2±3,33 ^{abcd}
Cloramin-T	6	88,7±1,61 ^{abc}	87,7±2,57 ^{abc}
Sodyum klorür	15	75,3±0,58 ^e	72,2±0,58 ^e
Sodyum klorür	30	72,3±1,76 ^e	69,5±2,18 ^e
Sodyum klorür	45	81,0±3,77 ^d	78,8±4,54 ^d

* Üssel harflendirme kolondaki farklı konsantrasyon ve farklı grupların benzerliklerinin karşılaştırılmasını gösterir.
* Exponential lettering indicates comparison of similarities of different groups and different concentrations in the column.

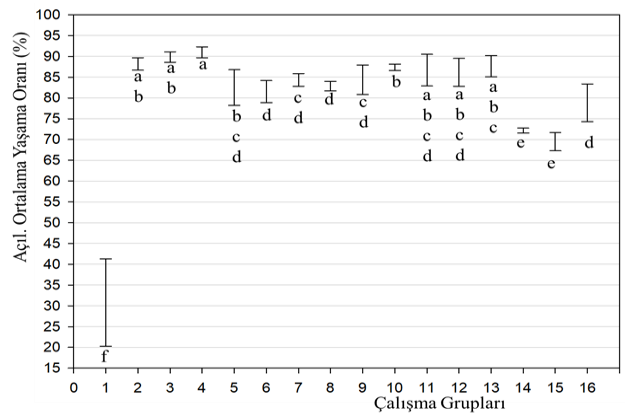
Deneme ve kontrol grupları arasındaki istatistiksel ilişkiler: Döllenen yumurtadan yumurtanın gözlenmesine kadarki süreçte formaldehitin deneme grupları arasında ortalama yaşama oranları bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ($P>0,05$). Formaldehitin farklı konsantrasyonlarına ait deneme grupları, kontrol grubu ve diğer deneme grupları ile karşılaştırıldığında (kloramin-T grubu hariç) ortalama yaşama oranlarında önemli bir fark tespit edilmiştir ($P<0,05$). Denemenin potasyum permanganat, hidrojen peroksit ve kloramin-T grupları kendi konsantrasyonları arasında ortalama yaşam oranları bakımından önemli bir fark tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Çalışmadaki sodyum klorür gruplarından T1 ve T2 grupları arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Fakat, sodyum klorürün T1 ve T2 grubu ile T3 grubu, diğer gruplar ve kontrol grupları arasında ortalama yaşama oranları bakımından önemli bir fark ortaya çıktığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ham yumurtadan gözlenme aşamasına kadar olan süreçte yumurtaların hayatta kalma oranlarına ait ortalamaların yüzdesi ve ortalama standart sapmaya ait grafik Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Grupların ortalama yaşama oranları (%) ve standart sapmaları
Figure 8. Average survival rates (%) and standard deviations of the groups

1: Kontrol, 2: Formaldehit 100 mg/L, 3: Formaldehit 150 mg/L, 4: Formaldehit 200 mg/L, 5: Potasyum permanganat 2 mg/L, 6: Potasyum permanganat 4 mg/L, 7: Potasyum permanganat 6 mg/L, 8: Hidrojen peroksit 50 mg/L, 9: Hidrojen peroksit 100 mg/L, 10: Hidrojen peroksit 150 mg/L, 11: Kloramin-T 5 mg/L, 12: Kloramin-T 10 mg/L, 13: Kloramin-T 15 mg/L, 14: Sodyum klorür 15 mg/L, 15: Sodyum klorür 30 mg/L, 16: Sodyum klorür 45 mg/L grupları arasındaki benzerlikler küçük harflerle gösterilmiştir.
1: Control, 2: Formaldehyde 100 mg/L, 3: Formaldehyde 150 mg/L, 4: Formaldehyde 200 mg/L, 5: Potassium permanganate 2 mg/L, 6: Potassium permanganate 4 mg/L, 7: Potassium permanganate 6 mg/L, 8: Hydrogen peroxide 50 mg/L, 9: Hydrogen peroxide 100 mg/L, 10: Hydrogen peroxide 150 mg/L, 11: Chloramine-T 5 mg/L, 12: Chloramine-T 10 mg/L, 13: Chloramine-T 15 mg/L, 14: Sodium chloride 15 mg/L, 15: Sodium chloride 30 mg/L, 16: Sodium chloride 45 mg/L are shown in lowercase letters.

Gözlenmiş yumurtalardan larva çıkışlarına kadarki zaman zarfında ortalama yaşam oranları deneme gruplarından formaldehitin F3 grubu, sodyum klorür gruplarından T1 ve T2 grupları hariç farklı konsantrasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($P>0,05$), fakat bütün gruplar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ortalama yaşama oranları bakımından aralarında önemli bir farkın varlığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Gözlenmiş yumurtalardan larvaların çıkışına kadar elde edilen veriler doğrultusunda hesaplanan larvaların ortalama yaşama oranları Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 9. Gözlenmiş yumurtalardan çıkan larvaların hayatta kalma oranları ve standart sapmaları
Figure 9. Means and standard deviations of larval hatching survival from eyed eggs

1: Kontrol, 2: Formaldehit 100 mg/L, 3: Formaldehit 150 mg/L, 4: Formaldehit 200 mg/L, 5: Potasyum permanganat 2 mg/L, 6: Potasyum permanganat 4 mg/L, 7: Potasyum permanganat 6 mg/L, 8: Hidrojen peroksit 50 mg/L, 9: Hidrojen peroksit 100 mg/L, 10: Hidrojen peroksit 150 mg/L, 11: Kloramin-T 5 mg/L, 12: Kloramin-T 10 mg/L, 13: Kloramin-T 15 mg/L, 14: Sodyum klorür 15 mg/L, 15: Sodyum klorür 30 mg/L, 16: Sodyum klorür 45 mg/L grupları arasındaki benzerlikler küçük harflerle gösterilmiştir.
1: Control, 2: Formaldehyde 100 mg/L, 3: Formaldehyde 150 mg/L, 4: Formaldehyde 200 mg/L, 5: Potassium permanganate 2 mg/L, 6: Potassium permanganate 4 mg/L, 7: Potassium permanganate 6 mg/L, 8: Hydrogen peroxide 50 mg/L, 9: Hydrogen peroxide 100 mg/L, 10: Hydrogen peroxide 150 mg/L, 11: Chloramine-T 5 mg/L, 12: Chloramine-T 10 mg/L, 13: Chloramine-T 15 mg/L, 14: Sodium chloride 15 mg/L, 15: Sodium chloride 30 mg/L, 16: Sodium chloride 45 mg/L similarities between groups are shown in lowercase letters.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yetiştiricilik sistemlerinde birim hacimden maksimum yararlanmak ve sürdürülebilir bir üretim için doğal ortamdaki yaşam koşullarına göre oldukça yoğun balık ve yumurta stoklanmaktadır. Yetiştiricilik sistemlerindeki su parametrelerinin kalitesindeki değişim, balıklar üzerindeki işlemlere bağlı stres ile birlikte patojen ve fırsatçı mikroorganizmalar tarafından hastalıkların meydana geldiği ve bu hastalıklara bağlı ölümler nedeni ile önemli ekonomik kayıpların vuku bulduğu bildirilmiştir (Balta & Taşkın, 2022). Yetiştiriciliği yapılan alabalık çiftliklerinin kuluçkahane performansını özellikle su sıcaklığı, pH değerleri ve suyun sertliği, suyun bağladığı serbest oksijen miktarına ve debisine bağlı olduğu bildirilmiştir (Post, 1987). Aynı çalışmada kuluçka sistemindeki su kaynağında bulunan mantar hifalarının varlığına bağlı olduğu belirtilmiştir. Sağım sonrası döllenen yumurtalarda meydana gelen ölüm su ortamına kolonize olmuş *Saprolegnia parasitica* zoosporların ölü yumurtalara tutunarak yumurtaları kolonize etmesiyle mantar enfeksiyonlarının başladığı, su sütunundaki enfektif zoosporların sayısını giderek önemli ölçüde arttığı, hasar görmemiş sağlam yumurtalarda mantar zoosporlarının yayılmasını hızlandırdığı, miselyumların genişledikçe döllenen canlı yumurtaları da istila ettiği ve böylece canlı yumurtalarında boğularak öldüğü bildirilmiştir (Post, 1987). Bu çalışmanın özellikle kontrol grubundaki döllenen yumurtalarda meydana gelen mantarlaşma, gözlenmiş sağlam yumurtaları da enfekte ederek yayılması ve yumurtaların ölümüne yol açması nedeniyle Post'un (1987) bildirdiği semptomlar ile benzerlik göstermiştir.

Deneme sonuçlarına döllenen yumurtadan gözlenme aşamasına kadar gruplar arasında önemli farklılıklar tespit edilmese de kontrol grubu ile kıyaslandığında oldukça önemli bir farkın olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Çalışma sonuçlarına göre formaldehit konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmasa da ($P>0,05$) en iyi ortalama yaşama oranı F3 (200 mg/L) grubunda tespit edilmiştir. Formaldehitin maliyeti göz önünde tutulduğunda F3 (200 mg/L) yerine F2 (150 mg/L) grubu üreticiye tavsiye edilebileceği düşünülmüştür. Sodyum klorür grubunun farklı konsantrasyonlarının her biri kontrol grubuna göre aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark ($P<0,05$) olsa da deneme grupları kendi içinde en düşük ortalama yaşama oranı T1 (15mg/L) ve T2 (30 mg/L)'de elde edilmiştir ($P>0,05$). Fakat, sodyum klorür T3 (45 mg/L) grubu yumurtanın gözlenmesine kadarki süreçte ortalama yaşama oranları arasında önemli bir farkın varlığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu çalışmanın sonuçlarına göre formaldehit grupları istatistiksel olarak kloramin-T gruplarına benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Formaldehitin F1 (100 mg/L) grubu potasyum permanganatın P1 (2 mg/L) grubuna, hidrojen peroksitin H2 (100 mg/L) ve H3 (150mg/L) grubuna istatistiksel olarak benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Gözlenmiş yumurtalardan larvaların çıkışının tamamlanmasına kadar deneme gruplarının farklı konsantrasyonları arasında önemli bir fark olmasa da

kontrol grubuna oranla istatistiksel olarak önemli bir farkın olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Deneme grupları arasında en iyi yumurtanın açılma yaşama oranları formaldehitin F3 grubunda (200 mg/L) olsa da formaldehit diğer grupları ile istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Formaldehit grubuna potasyum permanganatın P1 (2 mg/) grubu, hidrojen peroksitin H3 (150 mg/L) grubu ve kloramin-T'nin üç grubu ile istatistiksel olarak gözlenmiş yumurtanın açılma yaşama oranları benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, potasyum permanganatın P2 (4 mg/L), hidrojen peroksitin H1 (50 mg/L) ve sodyum klorürün T3 (45 mg/L) grupları arasında istatistiksel olarak gözlenmiş yumurtanın açılma yaşama oranları arasında oldukça benzerlik olduğu belirlenmiştir.

Herhangi bir kimyasal kullanmadan gökkuşuğu alabalıklarının 42451 adet yumurtada gözlenme evresine kadar %84,6 yaşama oranı tespit etmiştir. Toplam 42451 adet yumurtada gözlenme evresinden açılma evresine kadar %96,0±%3,00 (%89,87-99,99) yaşama oranı tespit etmişlerdir. Bu hesapta döllenen evresinden açılma evresine kadarki yaşama oranı olarak %81,22 olduğu hesaplanmıştır (Kurtoğlu vd., 1998). Çalışmanın verilerinden elde edilen kontrol ve tuz grubu açılma oranları, Kurtoğlu vd. (1999)'nin bildirdikleri açılma oranlarından düşük olsa da, Formalin, Potasyum permanganat, Hidrojen Peroksit, Kloramin-T gruplarının tamamında Kurtoğlu vd. (1999)'nin bildirdikleri yaşama oranlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bugüne kadar balık çiftliklerinde yetiştiriciliği yapılan balıklarda yumurta sağlığını patojen ve fırsatçı patojenlere bağlı olarak meydana gelen hastalık etkenlerinden korumak için değişik kimyasal maddelerin farklı konsantrasyonlarının koruyucu ve tedavi edici amaçla kullanıldığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Lasee, 1995; Balta & Dengiz Balta, 2018; Balta & Taşkın, 2022). Önemli bir mantar hastalığı etkeni olan saprolegniasis (*S. parasitica*) genellikle kuluçkahanede yetiştirilen balıklar ve yumurtaların üretiminde önemli kayıplara neden olduğu bildirilmiştir. Üreticilerin kayıpları en aza indirmek, sürdürülebilir bir üretim taleplerini karşılamak için güvenli ve etkili fungusitlere ihtiyac duyduğu rapor edilmiştir (Howe vd., 1999).

Gökkuşuğu alabalığı işletmelerinde döllenen yumurtalarda yüksek miktarda yumurta kayıplarına sebep olan *S. parasitica* türü mantar etkenine karşı formaldehitin 100-150 mg/L ve hidrojen peroksit 50-100 mg/L konsantrasyonlarında 15 dakika banyo uygulamasına maruz bırakıldığında en iyi sonuçların elde edildiği bildirilmiştir (Schreier vd., 1996). Bu çalışmada kullanılan formaldehit ve hidrojen peroksit deneme gruplarındaki sonuçlar ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Döllenen gökkuşuğu alabalığı yumurtası sirke, sodyum hidroksit (NaOH), formaldehit ve *Phytolacca americana* bitkisinin meyvesinden elde edilen toz ekstrakt gibi değişik kimyasalların farklı konsantrasyonlarının kullanıldığı başka bir çalışmada elde edilen sonuçlara göre NaOH grubunda mortaliteyi azaltıcı etkisi olmasına karşın diğer grupların hiç birinin formaldehit grubuna alternatif olabilecek düzeyde olmadığı ve yumurtaların hayatta kalma oranlarına etkisi olmadığı beyan edilmiştir (Kayış vd., 2019).

Kanal yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) yumurtalarında saprolegnazis'e karşı mortaliteyi kontrol etme etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada deneme 1'de jelatinle kaplanmış yumurtaların kontrol, 500 mg/lt ve 750 mg/lt konsantrasyonlarda hidrojen peroksit 15 dakika ile muamele edilmiş ve yumurtaların açılma oranını sırasıyla %44 (kontrol), %54 (500 mg/lt) ve %69 (750 mg/lt) tespit edilmiştir. Aynı çalışmada deneme 2'de jelatinle kaplanmamış yumurtalara 500 mg/lt konsantrasyon hidrojen peroksit 15 dakika uygulandığında %57 (kontrol) ve %67 (500 mg/lt) yumurtadan açılma oranını önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir (Rach vd., 2004). Bu çalışmada farklı konsantrasyonlarda uygulanan hidrojen peroksitin 15 dakikalık uygulaması kontrol grubuna (%30,8) göre yumurta açılma oranını önemli ölçüde artırmış olduğu (%82,8-%87,3) ve Rach vd., (2004) çalışması ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, Rasowo vd., (2007) tarafından Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*)'nın döllenmiş yumurtaları üzerine 15, 30 ve 60 dakikalık süre ile uygulanan formaldehit, sodyum klorür, potasyum permanganat ve hidrojen peroksit farklı konsantrasyonunun etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada deneme grubu sonuçları kontrol grubu ile kıyaslandığında önemli miktarda yumurtadan çıkış oranını artırdığı rapor edilmiştir. Formaldehit ve sodyum klorür 250, 500 ve 1000 ppm'lik muamele edilen deneme grupların, muamele edilmemiş kontrol grubu ile kıyaslandığında yüzde olarak yumurtadan çıkış oranının daha büyük olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, 100-1000 ppm'lik hidrojen peroksit ve 0,5-4,0 ppm'lik potasyum permanganat ile muamele edilen yumurtaların, muamele edilmemiş kontrol grubu ile kıyaslandığında yumurtadan çıkma oranının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada kaydedilen en yüksek ortalama yüzde yumurtadan çıkış yaşama oranı, 2 ppm'lik konsantrasyondaki potasyum permanganat 30 dakika grubunda (% 96,7) ile muamele edilen yumurtalarda olduğu belirtilmiştir. Bu bulgular bu tez çalışmasındaki 2 mg'lık potasyum permanganat deneme grubundaki gözlenme aşamasına (%92,0) ve larvaların çıkışına kadarki süreçte yaşama oranları (%91,0) ile paralellik göstermiştir. Ayrıca, aynı çalışmada formaldehit ve potasyum permanganat en iyi performansı vermesine rağmen, güvenlik endişeleri, bulma kolaylığı ve maliyet uygunluğuna göre yayın balığı yumurtalarının kuluçkalamasında 1000 ppm'lik tuz (NaCl) banyosu önerdiklerini bildirmişlerdir (Rasowo vd., 2007).

Başka bir çalışmada, gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin yumurtaları dezenfeksiyonunda alternatif dezenfektan olarak kullanılan asetik asit, sodyum hidroksit, formalin ve *Phytolacca americana* bitkisinin olgun meyvesinin tozundan hazırlanan farklı iki konsantrasyonunu denedikleri çalışmada, yumurta inkübasyonunda NaOH uygulamasının ölümleri azalttığı, fakat kullanılan diğer kimyasalların formalin banyosuna alternatif olabilecek etkinlikte olmadığı bildirmişlerdir (Kayış vd., 219).

Gökkuşuğu alabalığının gözlü yumurtalarının dikey akışlı inkübatörlerde inkübasyonu sırasında günlük formalin uygulamasının gözlü yumurta ve yavru ölümleri üzerindeki etkisi çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçları

değerlendirildiğinde *Saprolegnia* sp.'nin kontrolü için yumurtaların gözlenmesinden kuluçkadan çıkışın hemen öncesine kadar günde 1,667 mg/L konsantrasyonda 15 dakika süreyle formaldehit uygulanan yumurta tepsileri, kontrol grubundaki ölü yumurtalar ile karşılaştırıldığında hayatta kalma oranında önemli ($P<0.05$) bir artışın gözlemlendiği rapor edilmiştir (Barnes vd., 2000). Formalin uygulamasında ortalama hayatta kalma oranındaki önemli artış bu çalışma ile benzerlik göstermiştir. Barnes vd., (2000) yaptıkları çalışmada herhangi bir yaşam evresinde hayatta kalma konusunda anlamlı bir farklılık meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Formaldehitin etkilerindeki yıllık farklılıkların, anaç balıklarının yaşı, yumurtlama sıklığı ve yumurta numunesinin boyutlarındaki değişikliklere bağlandığı ileri sürülmüştür. Hem formaldehit uygulamaları hem de ölü yumurtaların elle toplanması gözle görülür mantar gelişimini yeterince kontrol ettiği de bildirilmiştir. Güvenlik veya çevresel kaygılar ağır basmadığı sürece, yumurtanın gözlenmesinden kuluçkaya kadar günlük formaldehit tedavilerinin önerilmesi uygun görülmüştür. Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), sazan (*Cyprinus carpio*) ve yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) gibi tatlı su balıklarının döllenmiş yumurtalar üzerine kuluçka ortamındaki mikrobiyal kontaminasyonu önlemek, anaçlardan ve çevresel ortamdaki hastalık etkenlerinin yumurta yoluyla larvalara bulaşmasını engellemek için yumurta dezenfeksiyonunda genellikle iyot bileşiklerinin kullanıldığı bildirilmiştir (Brown vd., 1997; Rach vd., 2004). Balık yumurtalarının mantar enfeksiyonlarına karşı formaldehit, iyot, sodyum klorür, hidrojen peroksit ve sirkenin dezenfektan amaçla kullanıldığı araştırma sonuçlarına göre 2 ml/L iyot uygulamasının olduğu grupta en yüksek hayatta kalma oranları elde edildiği rapor edilmiştir (Balta & Taşkın, 2022).

Çalışmanın sonuçlarına göre yumurtaların kontamine sularda kontrol grupların yaşama oranının oldukça düşük yaşama oranına sahip olduğu görülmüştür. Kontamine anaçların döllenmiş yumurtaları çeşitli hastalık etkenleri tarafından yumurta yaşama oranı üzerine etkili olduğu, fakat çalışmada kullanılan farklı kimyasalların farklı konsantrasyonlarının 15 dk'lık deneme gruplarında ise kontrol grubuna oranla yüksek yaşama oranı göstermesine karşın kendi aralarında önemli istatistik fark bulunmama ile birlikte formaldehit (100, 150 ve 150 mg/L)'lik konsantrasyonları, kloramin-T (2, 4 ve 6 mg/L) konsantrasyonları ve hidrojen peroksitin (150 mg/L) konsantrasyonundaki deneme gruplarının etkili olduğu bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, alabalık üreticilerine gökkuşuğu alabalığı çiftliklerinde yumurta dezenfeksiyonunda formalin (200 mg/L), kloramin-T (6 mg/L) ve hidrojen peroksitin (150 mg/L) konsantrasyonları ile banyolarının 15 dakika süreyle uygulanmasının önerilebileceği kanısına varılmıştır.

REFERENCES

Alderman, D.J. & Polglase, J.S. (1984). A comparative investigation of the effects of fungicides on *Saprolegnia parasitica* and *Aphanomyces astaci*. *Transactions of the British Mycological Society*,

- 83, 313-318. DOI: 10.1016/S0007-1536(84)80153-9
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2018).** Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularında görülen hexamitozisin tanı ve tedavisi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 4-8. DOI: 10.35229/jaes.357640
- Balta, F. & Taşkın, H. (2022).** Gökkuşuğu 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
- Barnes, M.E., Wintersteen K. Sayler, W.A. & Cordes, R.J. (2000).** Use of Formalin during Incubation of Rainbow Trout Eyed Eggs. *North American Journal of Aquaculture*, 62(1), 54-59. DOI: 10.1577/1548-8454(2000)062<0054:UOFDIO>2.0.CO;2
- Braun, J. (2005).** *The world food situation an overview*. International Food Policy Resear. Institute, CGIAR Annual Meeting, Marrakech, Morokko.
- Brown L.L., Cox W.T. & Levine, R.P. (1997).** Evidence that the causal agent of bacterial cold-water disease *Flavobacterium psychrophilum* is transmitted within salmonid eggs. *Diseases of Aquatic Organisms*, 29, 213-218. DOI: 10.3354/dao029213
- Bruno, D.W., Van West, P. & Beakes, G.W. (2011).** 2 and Gordon W. Beakes3 *Saprolegnia and other oomycetes*. Fish Diseases and Disorders: Volume 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections. 2nd Edition (eds P.T.K. Woo and D.W. Bruno), CAB Publishing, Oxon, England. 669-720pp.
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y. & Firat, A. (2001).** *Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 50 Ders Kitabı Dizine, No: 19 Bornova/İZMİR
- Howe, G.E., Gingerich W.H., Dawson, V.K. & Olson J.J. (1999).** Efficacy of Hydrogen Peroxide for Treating Saprolegniasis in Channel Catfish. *Journal of Aquatic Animal Health*, 11(3), 222-230.
- Kayış, Ş., Kanlı, E., İpek, Z.Z. & Er, A. (2019).** Şekerciboyası (*Phytolacca americana*) ve sodyum hidroksitin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yumurtalarında alternatif dezenfeksiyon uygulamaları. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(3), 560-564. DOI: 10.35229/jaes.638911
- Kurtoğlu, İ.Z., Okumuş, İ. & Çelikkale, M.S. (1998).** Analysis of reproductive performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock in a commercial farm in Eastern Black Sea Region. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 22, 489-496.
- Lasee, B.A. (1995).** *Introduction to fish health management*. U.S. Fish and Wildlife Service, La Crosse Fish Health Center 555, Lester Avenue Onalaska, Wisconsin, 54650.
- Lone, S.A. & Manohar, S. (2018).** *Saprolegnia parasitica*, a lethal oomycete pathogen: demands to be controlled. *Journal of Infection and Molecular Biology*, 6(2), 36-44. DOI: 10.17582/journal.jimb/2018/6.2.36.44
- Piper, R.G., McElwain, L.B., Orme, L.E., McCraren, J.P., Fowler, L.G. & Leonard, J.R. (1982).** *Fish Hatchery Management*. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC, 517pp.
- Post, G.W. (1987).** *Textbook of Fish Health*. T.F.H. PUBLICATIONS; 2nd edition, 288pp.
- Rach, J.J., Gaikowski, M.P., Howe, G.E. & Schreier, T.M. (1998).** Evaluation of the toxicity and efficacy of hydrogen peroxide treatments on eggs of warm- and coolwater fishes. *Aquaculture*, 165, 11-25. DOI: 10.1016/S0044-8486(98)00248-8
- Rach, J.J., Howe, G.E. & Schreier, T.M. (1997a).** Safety of formalin treatments on warm-and cool water fish eggs. *Aquaculture*, 149, 183-191. DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01447-0
- Rach, J.J., Schreier, T.M., Howe, G.E. & Redman, S.D. (1997b).** Effect of species, life stage, and water temperature on the toxicity of hydrogen peroxide to fish. *Progressive Fish-Culturist*, 59(1), 41-46. DOI: 10.1577/1548-8640(1997)059<0041:EOSLSA>2.3.CO;2
- Rach, J.J., Valentine, J.J., Schreier, T.M., Gaikowski, M.P. & Crawford T.G. (2004).** Efficacy of hydrogen peroxide to control saprolegniasis on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) eggs. *Aquaculture*, 238, 135-142 DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.06.007
- Schreier, T.M., Rach, J.J. & Howe, G.E. (1996).** Efficacy of formalin, hydrogen peroxide, and sodium chloride on fungal-infected rainbow trout eggs. *Aquaculture*, 140, 323-331. DOI: 10.1016/0044-8486(95)01182-X
- TUİK. (2022).** Yetiştiricilik yoluyla yapılan üretim. <https://data.tuik.gov.tr>



Antibacterial, Antioxidant, Antidiabetic Potentials and Chemical Composition of *Nicotiana glauca* Graham Leaf Extract

Melis SUMENGEN OZDENEFE^{1*}

Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI²,

Fikret BUYUKKAYA KAYIS³

¹Near East University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, Nicosia, North Cyprus via Mersin 10 Türkiye

²Kilis 7 Aralık University, Faculty of Art and Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Kilis, Türkiye

³Adıyaman University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Adıyaman, Türkiye

Geliş/Received: 11.07.2023

Kabul/Accepted: 15.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Sumengen Ozdenefe, M., Mercimek Takci, H.A. & Buyukkaya Kayis, F. (2023). Antibacterial, Antioxidant, Antidiabetic Potentials and Chemical Composition of *Nicotiana glauca* Graham Leaf Extract. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 700-706. <https://doi.org/10.35229/jaes.1325678>
Atf yapmak için: Sumengen Ozdenefe, M., Mercimek Takci, H.A. & Buyukkaya Kayis, F. (2023). *Nicotiana glauca* Graham Yaprak Ekstraktının Antibakteriyel, Antioksidan, Antidiyabetik Potansiyelleri ve Kimyasal Bileşimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 700-706. <https://doi.org/10.35229/jaes.1325678>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-0804-9557>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-3388-1153>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-3890-1635>

*Corresponding author's:

Melis SUMENGEN OZDENEFE

Near East University, Faculty of Engineering,
Department of Biomedical Engineering,
Nicosia, North Cyprus via Mersin 10 Türkiye

✉: melissumengen@gmail.com

melissumengenzdenefe@gmail.com,

Abstract: The purpose of this study is to investigate the chemical composition and potentiality of *Nicotiana glauca* G. leaf extract taken from the Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC), such as antibacterial, antioxidant, and antidiabetic compounds. In February 2020, a leaf of *N. glauca* was gathered in the Kyrenia district of Northern Cyprus. Methanol was used to extract the leaf sample. The content of essential oils in the extract was determined using gas chromatography and a headspace system test. Several methods were used to investigate the extract's antibacterial, antioxidant activities, and antidiabetic potential. On all microorganisms examined, the leaf methanol extract of *N. glauca* had no antibacterial activity. Total phenolic and flavonoid content, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant power, metal chelating, and phosphomolybdenum assays were all active with the methanol extract. The extract showed no antidiabetic efficacy. Furthermore, the essential oil was not found in the extract's chemical composition. According to the findings, the presence of antioxidant components in *N. glauca* leaf extract can protect against the detrimental effects of free radicals. Its application in Northern Cyprus becomes even more crucial as a result of this potential feature.

Keywords: Bioactive compounds, methanol extract, *Nicotiana glauca*, Northern Cyprus.

Nicotiana glauca Graham Yaprak Ekstraktının Antibakteriyel, Antioksidan, Antidiyabetik Potansiyelleri ve Kimyasal Bileşimi

*Sorumlu yazar:

Melis SUMENGEN OZDENEFE

Yakın Doğu Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
Bölümü, Lefkoşa, Kuzey Kıbrıs via Mersin
10 Türkiye

✉: melissumengen@gmail.com

melissumengenzdenefe@gmail.com

Öz: Bu çalışmanın amacı, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nden (KKTC) alınan *Nicotiana glauca* G. yaprak ekstraktının kimyasal bileşimini ve antibakteriyel, antioksidan ve antidiyabetik bileşikler gibi potansiyelini araştırmaktır. Şubat 2020'de Kuzey Kıbrıs'ın Girne ilçesinde *N. glauca* yaprağı toplandı. Yaprak örneğini ekstrakte etmek için metanol kullanıldı. Ekstrakttaki uçucu yağların içeriği, gaz kromatografisi ve headspace sistem testi kullanılarak belirlendi. Ekstraktın antibakteriyel, antioksidan aktivitelerini ve antidiyabetik potansiyelini araştırmak için çeşitli yöntemler kullanıldı. İncelenen tüm mikroorganizmalar üzerinde, *N. glauca*'nın yaprak metanol ekstraktının antibakteriyel aktivitesi yoktu. Toplam fenolik ve flavonoid içeriği, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil radikal süpürme aktivitesi, ferric indirgeyici antioksidan gücü, metal şelatlama ve fosfomolibden deneylerinin tümü metanol ekstraktı ile aktifti. Ekstrakt antidiyabetik etkinlik göstermedi. Ayrıca, ekstraktın kimyasal bileşiminde uçucu yağ bulunmadı. Elde edilen bulgulara göre, *N. glauca* yaprak ekstraktında antioksidan bileşenlerin bulunması, serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı koruma sağlayabiliyor. Bu potansiyel özelliği nedeniyle Kuzey Kıbrıs'ta uygulanması daha da önem kazanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif bileşikler, Kuzey Kıbrıs, metanol ekstraktı, *Nicotiana glauca*.

INTRODUCTION

Nicotiana glauca is a species of *Nicotiana*. *N. glauca* Graham, often known as tree tobacco, is a garden ornamental and evergreen perennial plant in the Solanaceae family. South and North America, Western,

Southern, and Northern Europe, Western United States, Australia, Southern, and Northern Africa, and Western Asia are among the plant's habitats (Abdel Rahman et al., 2011; Alharthi et al., 2021; Bogdanovic et al., 2006; DiTomaso et al., 2013; Kasiotis et al., 2020; Ollerton et al.,

2012; Rinez et al., 2012; Saliha et al., 2018; Trifa et al., 2020;). In Northern Cyprus, it is known as 'Doktor Ağacı' and 'İngiliz Yaprağı' among the locals. It's a 2-4 m tall sparsely branched tree or forested shrub with vertical growth. It has glabrous, oval-shaped leaves with a cylindrical tip that is 8 cm long on the stem. Calyx has 5 teeth, is 1 cm in length, and is shaped like a tube. The greenish-yellow corolla is 3-4 cm long and tubular. The fruit is egg-shaped and 1 cm in length. Yellow flowers are in bloom all year. This plant produces a great number of tiny seeds, which are easily disseminated by the wind and water. Wasteland, roadsides, stream beds, around ancient homes, ditch banks, near farmed areas, and sandy or gravelly soils along river banks are all common places to find it (Alharthi et al., 2021; Bogdanovic et al., 2006; DiTomaso et al., 2013; Rinez et al., 2012; Saliha et al., 2018; Trifa et al., 2020;).

Antimicrobial, anti-inflammatory, cytotoxic, and allelopathic activities have been observed in *N. glauca* extracts. They are often utilized as medications by traditional healers due to these qualities (Abdel Rahman et al., 2011; Rinez et al., 2012; Trifa et al., 2020). This plant's leaf is useful in the healing of abscesses and wounds in humans. The leaf has a thin waxy layer on it. To cure skin lesions in Northern Cyprus, this layer is removed from the leaf and the remaining leaf is placed on the inflamed wound. Furthermore, *N. glauca* extract containing the insecticidal anabasine (nicotine-like alkaloid) is utilized to reduce crop insect diseases (Saliha et al., 2018). However, there are several drawbacks to this plant. This plant's toxin, anabasine, is extremely dangerous to people and animals (Alharthi et al., 2021; DiTomaso et al., 2013; Rinez et al., 2012; Trifa et al., 2020;). Anabasine can induce fetal abnormalities in animals even if the mother eats small amounts of this plant during early pregnancy (DiTomaso et al., 2013; Trifa et al., 2020). Furthermore, it is a reservoir plant for Tobacco Mosaic Virus (TMV) and Tomato Infectious Chlorosis Crinivirus (TICV), both of which infect a wide range of plant species that have been studied in this plant as a host from around the world (Alharthi et al., 2021).

The study is unique and worthwhile because there have been no investigations on the *N. glauca* in Northern Cyprus or Turkey. The goal of the investigation is to explore the antibacterial, antioxidant, and antidiabetic effects of *N. glauca* methanolic leaf extract.

MATERIAL AND METHOD

Collection and preparation of plant material: In February 2020, a leaf of *N. glauca* was gathered in the Kyrenia district of Northern Cyprus. A paper towel was used to clean the leaf that had been collected. The sample's total weight of wet was 250 grams. Afterward, it was divided into little pieces with a hand and dried for 6 hours

in a 50°C oven. The sample weighed a total of 10 grams dry. For subsequent investigation, the dried materials were pulverized and stored in a +4°C refrigerator.

Extraction: Methanol (1:10 [w/v]) was used to extract the leaf of *N. glauca* for 72 hours at room temperature under shaking conditions. For extraction, 10 g of *N. glauca* leaf was utilized. Wattman No. 4 paper was then used to filter the extract. For chemical and biological investigations, the extract was kept at +4°C.

Antibacterial activity: The antibacterial activity of the extract was tested on Mueller Hinton Agar (MHA) using the standard method which followed the Kirby-Bauer disc diffusion method, as per the Clinical Laboratory Standard Institute (CLSI) standards (Owusu et al., 2021; CLSI, 2012). The overnight bacterial cultures' turbidity was arranged to the McFarland standard reference range of 0.5. A pipette was used to transfer 10 µl of each microbial suspension to MHA, which was then spread evenly on the surface with a wooden cotton applicator stick. The antimicrobial blank discs which were sterile and had been treated with 20 µl of the extract were kept apart. Petri plates were incubated at 37°C for 12-24 hours after inoculation. Following, the zones of inhibition surrounding the discs were assessed. Positive controls included Erythromycin (E; 15 µg/disc) for *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 and *Escherichia coli* ATCC 25922; Methicillin (M; 5 µg/disc) for *Staphylococcus aureus* ATCC 25923; Penicillin (P; 10 units/disc) for *Bacillus cereus* ATCC 11778 and Polymyxin B (PB, 300 unit/disc) for *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. As a negative control, methanol was employed.

Total phenolic (TPC) and flavonoid content (TFC): Folin-colorimetric Ciocalteu's method was used to determine total phenolic content as (mg GAE)/g (mg of gallic acid equivalents) (Stanković, 2011). Sharma and Vig's technique was used to measure the total flavonoid content as (mg RE)/g (mg of routine equivalent) (Sharma & Vig, 2013).

Headspace analyses of gas chromatography: A 3 g powdered leaf sample was tested using gas chromatography (GC) and a headspace technique to determine the essential oil content in the extract. Following optimization methods, the following headspace conditions were determined: Incubation time (min): 30; incubation temperature (°C): 80; sample volume (µL): 1; syringe temperature (°C): 80. In the analysis, an HP-5 MS capillary column which includes a mass selective detector 7890B GC-5977MSD (Agilent, Santa Clara, USA) was performed. The following gas chromatographic circumstances were used: initial column temperature of 50°C for 2 minutes, subsequently raised to 150°C at 10°C/min, and hold for 5 minutes. Following that, the temperature was steadily increased to 240°C under the

same conditions and maintained for 5 minutes. Samples were automatically injected at a 50:1 split ratio (Sevindik, 2020). The electronic NIST14 library was used to identify the components (2014 Version). The apparatus software computed the percentage quantities (%) of every constituent in the sample from the area of the total peaks.

Analyses of antioxidant activity

Scavenging capacity of DPPH[·] radical: The free radical scavenger method relies on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH[·]) reagent solution becoming colorless according to the electron or proton-transfer capability of the samples. 100 µL of the extract was mixed with a solution of 3.9 mL of DPPH[·] reagent (0.025 g/L in methanol) prepared in methanol (0.1 mM) for this analysis. This combination was kept at room temperature in the dark for 30 minutes to supply the chemical reaction. Afterward, the combination's absorbance was measured spectrophotometrically at 517 nm (Biochrom, Libra S60, B, England) against a methanol blank. The scavenging activity of DPPH[·] was evaluated in Trolox equivalent (mg TE/g) (Blois, 1958; Ucan Turkmen & Mercimek Takci, 2018).

FRAP (Ferric reducing antioxidant power): The ability of antioxidant compounds in the extract to reduce Fe³⁺ to Fe²⁺ was investigated in this assay (Oyaizu, 1986). The Prussian blue color's absorbance produced by the addition of FeCl₃ to the reaction mixture was measured. 1 mL of extract was combined with 2.5 mL of 1% potassium ferricyanide (K₃Fe(CN)₆) and 2.5 mL of 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6). This reaction mixture was incubated for 20 minutes at 50°C. To stop this reaction, 10% TCA (Trichloroacetic acid) was added and the mixture was centrifuged for 10 minutes at 2500 rpm. To 2.5 mL of supernatant, an equal volume of distilled water and 0.5 mL FeCl₃ (0.1%) were added. At 700 nm, the reaction mixture's absorbance was measured (Biochrom, Libra S60, B, England). Trolox equivalent (µg TE/g) was used to measure the extract's reducing capability.

Activity of metal-chelating: Dinis et al., (1994) established a method for determining the extract's Fe²⁺ chelating activity. The competition of metal-binding chemicals in the extract with ferrozine (a forceful iron-chelating agent) is the basis for this technique (Dinis et al., 1994). The production of the red Fe²⁺/ferrozine complex is avoided by compounds with a high metal ion binding ability. 1 mL of extract was mixed with 3.7 mL distilled water and 100 µL of 2 mM FeCl₂. After 30 minutes of incubation at room temperature, 200 µL of 5 mM ferrozine solution was added to the reaction and stirred for 10 minutes. At 562 nm, the reaction mixture's absorbance was measured (Biochrom, Libra S60, B, England). The following equation was used to calculate chelating activity as a percentage of inhibition (%).

$$\% \text{ chelating activity} = (1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}})) \times 100$$

Phosphomolybdenum method: By using the phosphomolybdenum technique, the total antioxidant capacity was measured spectrophotometrically (Zengin et al., 2014). 300 µL extract was quickly combined with 3 mL of a reactive solution containing 4 mM ammonium molybdate, 28 mM sodium phosphate, and 0.6 M sulfuric acid. The absorbance was measured at 695 nm after 90 minutes of incubation at 95°C (Biochrom, Libra S60, B, England). Total antioxidant capacity was evaluated in Trolox equivalent (µg/TE g). At least three times, each spectrophotometric analysis was performed.

Antidiabetic potential: The mixture which is in the test tube containing 1 mL extract, 1 mL 20 mM sodium phosphate buffer (pH:6.9), and 1 mL starch solution (1% w/v) was incubated at 37°C for 5 min for the α-amylase assay. After that, 1 mL of α-amylase solution was added to this mixture to begin the reaction. After 30 minutes, 1 mL of color reagent composed of 96 mM 3,5-dinitrosalicylic acid solution, 2 M NaOH, and 5.31 M sodium potassium tartrate solution was used to terminate the reaction. Its absorbance was measured at 540 nm (Biochrom, Libra S60, B, England) after the mixture was boiled for 5 minutes (Başyigit et al., 2020).

The mixture which is in the volumetric flask containing 10 µL of extract and 40 µL of α-glucosidase enzyme solution was incubated at 37°C for 5 minutes for the α-glucosidase assay. The flask was then filled with 950 µL of 0.7 mM 4-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside solution containing 50 mM phosphate buffer and 100 mM NaCl. The reaction was terminated by adding 1000 µL of 0.5 M Tris after 15 min of incubation at 37°C. At 400 nm, the absorbance was measured (Güngör Bilen, 2004). (Biochrom, Libra S60, B, England). All antidiabetic potential tests were repeated three times.

RESULTS

As shown in Table 1., *N. glauca* leaf extract and negative control did not exhibit antibacterial activity against all tested microorganisms in this study. *B. cereus* ATCC 11778, *E. coli* ATCC 25922, *S. typhimurium* ATCC 14028, and *P. aeruginosa* ATCC 27853 displayed antibacterial activity against commercial penicillin, erythromycin, and polymyxin B, respectively. Conversely, methicillin had no antibacterial effect against *S. aureus* ATCC 25923. Table 2. displayed the results of TPC, TFC, antioxidant activity, and antidiabetic potential of *N. glauca* leaf extract. The TPC and TFC values were determined to be 0.241±0.009 mg GAE/g and 0.1923±0.002 mg RE/g, respectively. The extract's DPPH[·] radical scavenging activity was compared to the standard antioxidant activity of Trolox equivalent (mg TE/g). The extract's DPPH[·] was found to be 27.8±0.003% (0.019±0.003 mg TE/g). The

ferric reduction capacity, metal chelating activity, and phosphomolybdenum assay results were 7.2 ± 0.905 $\mu\text{g TE/g}$, $60.8\pm 1.70\%$, and 66.50 ± 0.827 $\mu\text{g TE/g}$, respectively. According to the findings of this study, the presence of antioxidant components in the extract could be effective in combating the detrimental effects of free radicals. The extract did not significantly affect the enzymatic activities. Table 3. showed the result of the extract's gas chromatography headspace assay in terms of retention time (min) and percentage (%). Using the NIST14 mass spectra library, 20 chemicals were detected in Gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). Ethylene oxide (44.15%), acetaldehyde (37.91%), dimethyl sulfide (5.19%), pentanal (3.50%), 1-propanal (2.19%), and propanal, 2-methyl (1.68%) were the most active components. Our findings suggested that the extract's chemical composition did not contain any essential oil.

Table 1. Diameter of the inhibition zone (mm) of *N. glauca* leaf extract.

	<i>N. glauca</i> extract	Positive Control	Negative Control
<i>B. cereus</i> ATCC 11778	-	40 mm (Penicillin)	-
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	-	- (Methicillin)	-
<i>S. typhimurium</i> ATCC 14028	-	16 mm (Erythromycin)	-
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	-	20 mm (Polymyxin B)	-
<i>E. coli</i> ATCC 25922	-	16 mm (Erythromycin)	-

(-) represents a no-inhibition zone against microorganisms.

Table 2. The total phenolic, total flavonoid content, antioxidant activity, and antidiabetic potential of *N. glauca* methanol leaf extract.

<i>N. glauca</i> methanol leaf extract	
Total phenolic content (mg GAE/g)	0.241 \pm 0.009
Total flavonoid content (mg RE/g)	0.1923 \pm 0.002
DPPH (% / mg TE/g)	27.8 \pm 0.003 / 0.019 \pm 0.003
Ferric reducing capacity ($\mu\text{g TE/g}$)	7.2 \pm 0.905
Metal (Fe^{2+}) chelating activity (%)	60.8 \pm 1.70
Phosphomolybdenum (Total antioxidant capacity) ($\mu\text{g TE/g}$)	66.50 \pm 0.827
α -amylase activity	ND
α -glucosidase activity	ND

Values are mean \pm Standard deviation (SD) of three replicate analyses. ND: Not detected.

Table 3. The retention time (min) and percentage (%) of the chemical composition of *N. glauca* methanol leaf extract.

Compound	<i>N. glauca</i> methanol leaf extract	
	Retention time (min)	%
Ethylene oxide	2.359/2.475	44.15/37.91
Carbon dioxide	2.359/2.475	44.15/37.91
Acetaldehyde	2.475	37.91
Dimethyl sulfide	3.470	5.19
Propanal	3.757	0.89
3-Pentanamine	3.757	0.89
N, 1- Dimethylhexylamine	3.757	0.89
Propanal, 2-methyl	3.978	1.68
1-Propanol	4.877	2.19
2- Propanone, 1-hydroxy-, oxime	4.877	2.19
Butanal, 3-methyl-	5.142/6.007	3.50/0.40
Pentanal	5.142	3.50
Furan, 2-ethyl	5.614	0.78
1, 4-Hexadiene, 5-methyl-	5.614	0.78
2- Pentanone	5.889	0.70
1- Octadecanamine, N-methyl-	6.007	0.40
Hexanal	7.493	1.31
1-Penten-3-ol	8.614	0.49
Acetic acid	12.739	0.60
Benzaldehyde	14.059	0.22

DISCUSSION

The antibacterial activity of the *N. glauca* leaf methanol extract was evaluated on two Gram-positive and three Gram-negative bacterial strains. Antibacterial

activity was not found in the extract against all of the microorganisms tested.

Due to the solvent difference used, Alghamdi, (2021) found the antibacterial activity of ethyl acetate leaf extracts of *N. glauca* against *E. coli* (16.3 \pm 0.71 mm) and *S. aureus* (11 \pm 0.23 mm), respectively. Furthermore, floral extracts had antibacterial activity against *E. coli* (6.7 \pm 0.65 mm) and *S. aureus* (15.8 \pm 0.52 mm). The MIC's of the *N. glauca* ethyl acetate extract against *E. coli* and *S. aureus* were found to be 1.5 and 2 mg/ml, respectively. Contrary to our results, Alghamdi determined that the leaf extract was effective against *E.coli* and *S. aureus*. On the other hand, root and stem extracts had no inhibition activity against both bacteria, similar to our findings (Alghamdi, 2021).

Aldesuquy et al., (2018) indicated that the aqueous shoot extract of *N. glauca* showed antimicrobial activity against *B. subtilis* (14.50 \pm 0.50 mm), *Klebsiella pneumonia* (13.00 \pm 0.66 mm), *Streptococcus pyogenes* (11.00 \pm 0.12 mm), *Candida albicans* (11.00 \pm 0.35 mm), *Erwinia carotovora* (8.50 \pm 0.50 mm) and *E. coli* (7.50 \pm 0.36 mm), respectively. But, the extract was no inhibitory effect against *S. aureus*. Considering the use of different plant parts such as shoot, they found that the aqueous extract was efficient against *E. coli*, which is contrary to our findings. However, like in our study, they also revealed that the extract was ineffective against *S. aureus* (Aldesuquy et al., 2018).

The antibacterial activity of methanol and hexane fresh aerial parts extracts of *N. glauca* was tested against both Gram-positive and Gram-negative bacteria known to cause infectious disease in humans. The methanol extract (6 mg/mL) of *N. glauca* displayed an antibacterial effect against *B. cereus* (15 mm), *S. aureus* 72 (5 mm), *S. aureus* 132 (11 mm), and *S. aureus* 224 (22 mm). On the contrary, the methanol extract at 6 mg/mL had no inhibitory impact on *Staphylococcus epidermidis*, *E. coli*, *Yersinia enterocolitica* ss. *Enterocolitica* ATCC 23715, and *Salmonella enterica* ATCC 25566. Similarly, with methanol extract, any inhibitory effect did not observe for hexane extract towards *K. oxytoca*, and *S. enterica* ATCC 25566 (Abdel Rahman et al., 2011). Abdel Rahman et al., (2011) reported that the methanol extract had an antibacterial impact on *B. cereus* and *S. aureus*, which is in contrast to our findings. However, it lacked any antibacterial effect against *E. coli*, confirming our findings.

Extracts showed antibacterial efficacy against *E. coli*, *S. aureus*, and *B. cereus* in studies by some researchers (Abdel Rahman et al., 2011; Aldesuquy et al., 2018; Alghamdi, 2021). In our study, however, the methanolic extract showed no inhibitory zone against *B. cereus*, *E.coli*, and *S. aureus*. The antibacterial activity results of *N. glauca* extract against *S. aureus* and *E. coli*

were akin to their findings of them (Abdel Rahman et al., 2011; Aldesuquy et al., 2018).

Today, it is widely known that phenolics contribute the most to plants' antioxidant activity. Thus, determining the extract's phenolic concentration is crucial. *N. glauca* methanol leaf extract had TPC and TFC values of 0.241 ± 0.009 mg GAE/g and 0.1923 ± 0.002 mg RE/g, respectively. The TPC and TFC results from many investigations with various *N. glauca* extracts are presented below.

TPC (mg GAE/g) and TFC (mg QE/g) values of DCM (dichloromethane), AE (ethyl acetate), and n-BuOH (n-butanol) extracts of *N. glauca* leaves were determined as 133.80 ± 0.06 – 1.18 ± 0.005 , 351.55 ± 0.07 – 105.97 ± 0.04 and 284.98 ± 0.08 – 164.44 ± 0.07 , respectively (Trifa et al., 2020).

In another study, TPC and flavonoid values of *N. glauca* shoot aqueous extract were 24.11 ± 0.10 and 7.28 ± 0.11 mg/g d wt, respectively (Aldesuquy et al., 2018).

The total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC) of *N. glauca* (stem) active fraction were reported as 108.18 and 20.8 $\mu\text{g/mL}$, respectively (Tabana et al., 2015).

The total phenolic compounds and flavonoid contents of different parts (root, stem, leaves, and flowers) of four *N. glauca* which have different localities and habitats (sandplain, sand dune, salt marsh, and rocky ridge) were notified by Hassan et al., (2014). The phytochemicals (TPC and TFC) screening related to different parts of the *N. glauca* plant where the highest amounts were found in leaves and flowers extracts. The highest content of phenolic compounds (5.31 ± 1.09 mg/g dry weight) and flavonoids content (291.39 ± 2.55 mg/g dry weight) was recorded in the leaves of *N. glauca* growing in salt marsh and sand dune, respectively (Hassan et al., 2014).

Najah et al., (2015) revealed the flavonoid content of *N. glauca* leaves and flowers extracts in water, ethanol, ethyl acetate, chloroform, and hexane. The presence of flavonoid compounds was not encountered in the other extracts except the aqueous extract for the plant. According to the flavonoid and phenolic results of the literature studies, other researchers detected flavonoid and phenolic compounds using various polar solvents. This researcher was the only one who used methanol similar to us (Abdel Rahman et al., 2011).

DPPH' of *N. glauca* methanol leaf extract was determined as $27.8 \pm 0.003\%$ – 0.019 ± 0.003 mg TE/g. Moreover, ferric reducing capacity, metal chelating activity, and phosphomolybdenum assay findings were found to be 7.2 ± 0.905 $\mu\text{g TE/g}$, $60.8 \pm 1.70\%$, and 66.50 ± 0.827 $\mu\text{g TE/g}$, respectively.

Various *in vitro* methods related to screening of antioxidant capacity were performed in previous studies.

DPPH, ABTS, DMSO alkaline, Phenantronile, FRAP and CUPRAC assay of *N. glauca* leaves DCM (dichloromethane), AE (ethyl acetate), and n-BuOH (n-butanol) extracts were determined by Trifa et al. (2020). A lower IC₅₀ value has indicated higher scavenging activity. For DPPH, IC₅₀ values of DCM, AE, and n-BuOH extracts were 47.17 ± 0.67 , 9.31 ± 0.92 , and 7.40 ± 0.41 $\mu\text{g/mL}$, respectively. For ABTS, IC₅₀ values of DCM, AE, and n-BuOH extracts were found to be 17.51 ± 1.23 , 5.39 ± 0.64 , and 12.04 ± 0.43 $\mu\text{g/mL}$, respectively. For DMSO alkaline, IC₅₀ values were 3.33 ± 0.22 , 2.32 ± 0.14 , and 3.04 ± 0.16 $\mu\text{g/mL}$ for DCM, AE, and n-BuOH extracts, respectively. For Phenantroline, IC₅₀ values of DCM, AE, and n-BuOH extracts were 96.33 ± 1.30 , 46.33 ± 0.77 , and 81.98 ± 2.16 $\mu\text{g/mL}$, respectively. For FRAP, IC₅₀ values of DCM, AE, and n-BuOH extracts were found to be 115.83 ± 1.83 , 19.06 ± 0.50 , and 35.71 ± 3.50 $\mu\text{g/mL}$, respectively. For CUPRAC, IC₅₀ values were 44.26 ± 0.80 , 13.78 ± 0.26 , and 21.24 ± 1.30 $\mu\text{g/mL}$ for DCM, AE, and n-BuOH extracts, respectively. According to the antioxidant results of extracts, the highest activity for DPPH analysis was observed in the n-BuOH extract. However, in other antioxidant assays, AE extract showed good activity (Trifa et al., 2020).

The antioxidant activity of *N. glauca* aqueous extract was determined by DPPH' radical scavenging activity. The IC₅₀ value of the extract was 0.12 mg/mL (Aldesuquy et al., 2018).

Three techniques were used to test the antioxidant activity of the *N. glauca* (stem) active fraction. IC₅₀ values of DPPH, FRAP, and ABTS were found at 86.65, 528.61, and 67.58 $\mu\text{g/mL}$, respectively (Tabana et al., 2015).

The values of the non-enzymatic antioxidant activity of *N. glauca* were determined by the formation of the green phospho-molybdenum complex. The highest values of root, stem, leaves, and flowers were determined as 3.54 ± 0.17 , 4.92 ± 0.21 , 9.04 ± 1.07 , and 9.95 ± 0.58 mg ascorbic acid equivalent/g dry weight, respectively (Hassan et al., 2014). In previous studies, the antioxidant activity of the extracts prepared by using different solvents from methanol was tested. Similar and different techniques were used to detect antioxidant activity in literature. Their findings are in agreement with our results.

Such bioactive properties (antioxidant activity and phytochemical content) support our idea that extracts prepared by various methods of *N. glauca* harvested from different areas can be a helpful source of medical and economic importance.

The antidiabetic potential of *N. glauca* leaf methanol extract has never been investigated before. The methanol extract of *N. glauca* leaf did not show any antidiabetic potential. For this reason, the authors could not

make a comparison regarding this result with the same species.

Similarly, the hypoglycemic potential of *Nicotiana tabacum* acetone, ethanol, and water leaf extracts was tested by *in vitro* enzymatic methods. They observed that aqueous extract was the best inhibitory potential on α -amylase (IC₅₀ value 5.70 mg/mL) and the most effective inhibitor for α -glucosidase was acetone extract with an IC₅₀ value of 4.50 mg/mL (Kazeem et al., 2014).

Unlike our results, it has been determined in the literature that extracts made with different strains of *Nicotiana* have antidiabetic potential.

Moreover, any essential oil was not demonstrated in *N. glauca* methanol leaf extract. Therefore, the authors discussed its chemical substances with the previous studies.

In one of the studies, a total of 29 compounds were determined using GC-MS analysis. The volatile oil of extract of *N. glauca* was determined to be affluent in terms of oxygenated sesquiterpenes such as β -bisabolol (9.02%) and carboxylic acids and esters such as ethyl linoleate (34.79%) and hexadecanoic acid (10.38%). In addition, 9,17-octadecadienal was detected as 10.83% (Massadeh et al., 2022).

The predominant ingredient in *N. glauca* leaves extract (58.49%) was eugenol. Eugenol was followed by nonadecane, eugenyl acetate, tridecane, 3-methyl, and heptadecane, 8-methyl was 6.38%, 5.57%, 5.19%, and 4.19% respectively (Cherif et al., 2019).

In another study, they found various polyphenols and aromatic compounds including bicyclo heptanes, 3, 7, 11, 15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, scopoletin, D-alpha-tocopherol, campesterol, stigmaterol and beta-sitosterol in the stem of *N. glauca* active fraction (Tabana et al., 2015).

In a prior work, in hexane extract of *N. glauca* leaves, 9 components were detected: hexacosenol, nonacosane, triacontane, octacosenol, nonacosonal, hentriacontane, dotriacontane, tritriacontane, and total hydrocarbon (Mortimer et al., 2012).

Literature findings indicated variations in GC-MS metabolomics of *N. glauca* extracts. Our GC/MS results to determine the main components of *N. glauca* showed major differences with published data. These differences might be explained by analytical procedures, cultivation and growth conditions, geographical variations, and genetic factors.

CONCLUSION

In conclusion, the findings of the bioactive study revealed that *N. glauca* contains a high amount of phytochemical strong components, including a fraction that is useful as an antioxidant. We show the total phenolic

and flavonoid components, as well as the antioxidants that are responsible for its activity. The scavenging activities of hydroxyl condensation, DNA fragmentation, and chromatin group in the present assay revealed a substantial link between the presence of phenolic compounds and antioxidant capacity. The relevance of its consumption as a natural resource and the traditional therapeutic use of *N. glauca* is highlighted by our findings relating to the antioxidant activity of the extract.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Kilis 7 Aralık University.

REFERENCES

- Abdel Rahman, S.M., Abd-Ellatif, S.A., Deraz, S.F. & Khalil, A.A. (2011).** Antibacterial activity of some wild medicinal plants collected from western Mediterranean coast, Egypt: Natural alternatives for infectious disease treatment. *African Journal of Biotechnology*, **10**(52), 10733-10743. DOI: [10.5897/AJB11.007](https://doi.org/10.5897/AJB11.007)
- Aldesuquy, H.S., Mashaly, I.A., El-Aal, M.A. & Mahdee, B.A. (2018).** Phytochemical constituents, antibacterial and antioxidant activities of some medicinal plants. *Current Trends in Biomedical Engineering & Biosciences*, **16**(2), 0047-0055. DOI: [10.19080/CTBEB.2018.16.55933](https://doi.org/10.19080/CTBEB.2018.16.55933)
- Alghamdi, A.A. (2021).** Phytoconstituents screening and antimicrobial activity of the invasive species *Nicotiana glauca* collected from Al-Baha region of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **28**(3), 1544-1547. DOI: [10.1016/j.sjbs.2020.12.034](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.034)
- Alharthi, A.S., Abd-ElGawad, A.M. & Assaeed, A.M. (2021).** Influence of the invasive shrub *Nicotiana glauca* Graham on the plant seed bank in various locations in Taif region, western of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **28**, 360-370. DOI: [10.1016/j.sjbs.2020.10.014](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.014)
- Başıyigit, B., Sağlam, H., Köroğlu, K. & Karaaslan, M. (2020).** Compositional analysis, biological activity, and food protecting ability of ethanolic extract of *Quercus infectoria* gall. *Journal of Food Processing and Preservation*, **44**(9), 1-12. DOI: [10.1111/jfpp.14692](https://doi.org/10.1111/jfpp.14692)
- Blois, M.S. (1958).** Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*, 1199-1200. DOI: [10.1038/1811199a0](https://doi.org/10.1038/1811199a0)
- Bogdanovic, S., Mitic, B., Ruscic, M. & Dolina, K. (2006).** *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae), a new invasive plant in Croatia. *Acta Botanica Croatica*, **65**, 203-209.
- Cherif, A., Ammar, S. & Boukhchina, S. (2019).** Composition and characterization by GC-MS of the essential oil extracted from *Nicotiana glauca* Graham. *Grasas Y Aceites*, **70**(3), 1-5. DOI: [10.3989/gya.0927182](https://doi.org/10.3989/gya.0927182)
- CLSI. (2012).** *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests*; approved standard, (11th ed.).

- CLSI document M02-A11, Clinical and Laboratory Standards Institute, 950 West Valley Road, Suite 2500, Wayne, Pennsylvania 19087, USA, 58p.
- Dinis, T.C., Madeira, V.M. & Almeida, L.M. (1994).** Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and assay peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **315**(1), 161-169. DOI: [10.1006/abbi.1994.1485](https://doi.org/10.1006/abbi.1994.1485)
- DiTomaso, J.M., Kyser, G.B., Oneto, S.R., Wilson, R.G., Orloff, S.B., Anderson, L.W., Wright, S.D., Roncoroni, J.A., Miller, T.L., Prather, T.S., Ransom, C., Beck, K.G., Duncan, C., Wilson, K.A. & Mann, J.J. (2013).** *Weed control in natural areas in the Western United States*. Weed Research and Information Center, University of California, 544 pp.
- Güngör Bilen, Z. (2004).** *Antidiabetik etkili bitkilerde α -glukozidaz inhibitörleri*. Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye, 83s.
- Hassan, H.E., Abd El-Hameed Turki, Z. & Nasr, E.A. (2014).** Ecological and phytochemical studies on *Nicotiana glauca* from Egypt. *The Egyptian Society of Experimental Biology*, **10**(1), 87-95.
- Kasiotis, K.M., Evergetis, E., Papachristos, D., Vangelatou, O., Antonatos, S., Milonas, P., Harotounian, S.A. & Macheru, K. (2020).** An essay on ecosystem availability of *Nicotiana glauca* graham alkaloids: the honeybees case study. *BMC Ecology*, **20**(57), 1-14. DOI: [10.1186/s12898-020-00325-3](https://doi.org/10.1186/s12898-020-00325-3)
- Kazeem, M.I., Ogungbe, S.M., Saibu, G.M. & Aboyade, O.M. (2014).** In vitro study on the hypoglycemic potential of *Nicotiana tabacum* leaf extracts. *A Journal of the Bangladesh Pharmacological Society*, **9**(2), 140-145. DOI: [10.3329/bjp.v9i2.17540](https://doi.org/10.3329/bjp.v9i2.17540)
- Massadeh, R.K., El-Elimat, T., Al-Gharaibeh, M., Tawaha, K. & Alali, F.Q. (2022).** UPLC-HRES-MS and GC-MS analysis of the leaves of *Nicotiana glauca*. *Acta Pharmaceutica*, **72**, 1-12. DOI: [10.2478/acph-2022-0001](https://doi.org/10.2478/acph-2022-0001)
- Mortimer, C.L., Bramley, P.M. & Fraser, P.D. (2012).** The identification and rapid extraction of hydrocarbons from *Nicotiana glauca*: A potential advanced renewable biofuel source. *Phytochemistry Letters*, **5**, 455-458. DOI: [10.1016/j.phytol.2012.04.004](https://doi.org/10.1016/j.phytol.2012.04.004)
- Najah, Z., Elsherif, K.M., Kawan, E. & Farah, N. (2015).** Phytochemical screening and heavy metals contents of *Nicotiana glauca* plant. *International Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Research*, **4**(3), 82-91.
- Ollerton, J., Watts, S., Connerty, S., Lock, J., Parker, L., Wilson, I., Schueller, S., Nattero, J., Cocucci, A.A., Izhaki, I., Geerts, S., Pauw, A. & Stout, J.C. (2012).** Pollination ecology of the invasive tree tobacco *Nicotiana glauca*: Comparisons across native and non-native ranges. *Journal of Pollination Ecology*, **9**(12):85-95. DOI: [10.26786/1920-7603\(2012\)12](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2012)12)
- Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reaction-Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, **44**(6), 307-315. DOI: [10.5264/eiyogakuzashi.44.307](https://doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.44.307)
- Owusu, E., Ahorlu, M.M., Afutu, E., Akumwena, A. & Asare, G.A. (2021).** Antimicrobial activity of selected medicinal plants from a Sub-Saharan African Country against bacterial pathogens from post-operative wound infections. *Medical Sciences*, **9**(2), 23:1-16. DOI: [10.3390/medsci9020023](https://doi.org/10.3390/medsci9020023)
- Rinez, A., Daami-Remadi, M., Omezzine, F., Ladhari, A., Rinez, I. & Haouala, R. (2012).** Assessment of the antifungal activity of *Nicotiana glauca* Graham aqueous and organic extracts against some pathogenic and antagonistic fungi. *African Journal of Microbiology Research*, **6**(229), 4655-4661. DOI: [10.5897/AJMR11.979](https://doi.org/10.5897/AJMR11.979)
- Saliha, B., Khellaf, R., Wafa, H. & Fatiha, M. (2018).** Bioactivity of *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae) and its toxic effects on *Culiseta longiareolata* (Diptera; Culicidae), *International Journal of in Ayurveda and Pharmacy*, **9**(1), 123-126. DOI: [10.7897/2277-4343.09124](https://doi.org/10.7897/2277-4343.09124)
- Sevindik, B. (2020).** Stability of volatile compounds of Turkish saffron (*Crocus sativus*) after one-year storage. *Journal of Raw Materials to Processed Foods*, **1**(2), 72-79.
- Sharma, S. & Vig, A.P. (2013).** Evaluation of *in vitro* antioxidant properties of methanol and aqueous extracts of *Parkinsonia aculeata* l. leaves. *The Scientific World Journal*, **1**, 2-7. DOI: [10.1155/2013/604865](https://doi.org/10.1155/2013/604865)
- Stanković, M.S (2011).** Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* l. extracts. *Kragujevac Journal of Science*, **33**, 63-72.
- Tabana, Y.M., Dahham, S.S., Ahmed Hassan, L.E., Al-Mansoub, M.A., Taleb-Agha, M. & Abdul Majid Amin, M.S. (2015).** *In vitro* anti-metastatic and antioxidant activity of *Nicotiana glauca* fraction against breast cancer cells. *Advances in Biological Research* **9**(2), 95-102. DOI: [10.5829/idosi.abr.2015.9.2.9521](https://doi.org/10.5829/idosi.abr.2015.9.2.9521)
- Trifa, W., Akkal, S., Lefahal, M., Benmekhebi, L. & Khennouf, S. (2020).** Preliminary screening of *Nicotiana glauca* extracts for determination of antioxidant activity by different methods. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*, **33**(1), 32-37. DOI: [10.2478/cipms-2020-0007](https://doi.org/10.2478/cipms-2020-0007)
- Ucan Turkmen, F. & Mercimek Takci, H.A. (2018).** Ultraviolet-C and ultraviolet-B lights effect on black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **12**, 1038-1046. DOI: [10.1007/s11694-018-9719-2](https://doi.org/10.1007/s11694-018-9719-2)
- Zengin, G., Sarikurcu, C., Aktumsek, A. & Ceylan, R. (2014).** *Sideritis galatica* Bornm.: A source of multifunctional agents for the management of oxidative damage, Alzheimer's's and diabetes mellitus. *Journal of Functional Foods*, **11**, 538-547. DOI: [10.1016/j.jff.2014.08.011](https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.08.011)



Su Kalitesi ve Kirliliğinin İyonik Bileşen İçeriği Tespiti İle Değerlendirilmesi ^[*]

Ayşegül EMİN GÜZEL^{1*} Ekrem MUTLU²

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, 37150 Kastamonu, Türkiye.

²Kastamonu Üniversitesi, İç Su ve Deniz Balıkları Üretim, Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü, 37200 Kastamonu, Türkiye.

Geliş/Received: 16.11.2023

Kabul/Accepted: 05.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Emin Güzel, A. & Mutlu, E. (2023). Su Kalitesi ve Kirliliğinin İyonik Bileşen İçeriği Tespiti İle Değerlendirilmesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 707-713. <https://doi.org/10.35229/jaes.1391913>

How to cite: Emin Güzel, A. & Mutlu, E. (2023). Evaluation of Water Quality and Pollution by Determination of Ionic Component Content. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 707-713. <https://doi.org/10.35229/jaes.1391913>

*ID: <http://orcid.org/0000-0003-1600-368X>
ID: <http://orcid.org/0000-0002-6000-245X>

*Sorumlu yazar:
Ayşegül EMİN GÜZEL
Kastamonu University, Institute of Science and
Technology, Department of Materials Science
and Engineering, 37150 Kastamonu, Türkiye
✉: eminguzel.a@gmail.com

Öz: Bu çalışmada; Sinop ilinin Erfelek ilçesi sınırlarında bulunan Gümüşsuyu Göletinin su kalitesinin belirlenmesi, su kirliliğine sebep olan nedenlerin tespiti, göletin canlı yaşamına uygunluk durumunun belirlenmesi amacıyla Nisan 2018 – Mart 2019 tarihleri arasında aylık dönemler halinde göletin bütünü temsil eden dört istasyondan bir yıl boyunca alınan numunelerde, fiziksel ve kimyasal su parametrelerinin değişimleri irdelenmiştir. Bu amaçla; elektriksel iletkenlik (Eİ), askıda katı madde (AKM), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), fosfat (PO₄³⁻), sülfat (SO₄²⁻), sülfat (Na₂SO₃), klorür (Cl⁻), sodyum (Na), potasyum (K), toplam alkalinite, toplam sertlik, kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), nitrat(NO₃⁻), nitrit (NO₂⁻) ve amonyum azotu (NH₄⁺) parametreleri için analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları genel ortalamalar, mevsimsel ortalamalar ve standart sapma değerlerinin hesaplanması suretiyle incelenmiştir. Bu veriler ışığında Yüzey Suları Su Kalitesi Yönetim Yönetmeliği'nde belirtilen standartlara göre Gümüşsuyu Göleti'nin su kalitesi I. sınıf olarak tespit edilmiş ve gölet suyunun çok sert sular grubunda olduğu belirlenmiştir. Gümüşsuyu Göleti'nde şu an herhangi bir kirlilik problemi olmamakla birlikte, kirlilik baskısı altında olduğu görülmüştür. Bu durumun üzerinde gerekli hassasiyetin gösterilmemesi durumunda gelecekte, Gümüşsuyu Göleti'nin sucul ekosisteminde yaşayan canlılar için tehlike oluşturacağı ön görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Fiziko-kimyasal analiz, Gümüşsuyu göleti, iyonik bileşen, su kalitesi, su kirliliği.

Evaluation of Water Quality and Pollution by Determination of Ionic Component Content

Abstract: In this study, the samples were taken from four stations representing the whole pond in monthly periods between April 2018 and March 2019 to determine the water quality of Gümüşsuyu Pond, which is located in Erfelek district of Sinop province, to determine the causes of water pollution, to determine the suitability of the pond for life, for a year, the changes in physical and chemical water parameters were examined. For this purpose, analyses were made for the electrical conductivity (EI), suspended solids (SS), biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), phosphate (PO₄³⁻), sulfate (SO₄²⁻), sulfide (Na₂SO₃), chloride (Cl⁻), sodium (Na), potassium (K), total alkalinity, total hardness, calcium (Ca), magnesium (Mg), nitrate (NO₃⁻), nitrite (NO₂⁻) and ammonium nitrogen (NH₄⁺) parameters. Analysis results were examined by calculating general averages, seasonal averages, and standard deviation values. In light of these data, the water quality of Gümüşsuyu Pond was determined as Class I according to the standards specified in the Surface Water Quality Management Regulation, and the pond water was determined to be in the very hard water group. Although there is no pollution problem in Gümüşsuyu Pond at the moment, it has been observed that it is under pollution pressure. It has been concluded that if the necessary sensitivity is not shown in this situation, there will be a danger for the creatures living in the aquatic ecosystem of Gümüşsuyu Pond in the future.

Keywords: Gümüşsuyu pond, ionic component, physico-chemical analysis, water pollution, water quality.

[*] Bu çalışma Ayşegül Emin Güzel yüksek lisans tezinden üretilmiştir

This study was produced from Ayşegül Emin Güzel's master thesis.

GİRİŞ

Su; tüm canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan en temel madde olduğu için evrenselidir. Su; ekolojik sistem, ekonomik kalkınma, gıda üretimi, insan sağlığı ile tüm canlı organizmaların yaşamını sürdürebilmesi için elzem bir kaynaktır (Mutlu, 2021). Dörtte üçü sularla kaplı yeryüzünde; canlıların kullanabileceği tatlı su miktarı, bu suyun %03' ü kadar olup toplam su miktarının %1'den oldukça az olması nedeniyle oldukça dikkatli ve bilinçli bir şekilde korunması gerekli doğal kaynaklardır.

Dünya'da günümüzde su mevcudiyetinin geleceği ile ilgili yapılan çalışmalarda; hızlı artan dünya nüfusu, hızla gelişen teknoloji, sanayiye bağlı endüstriyel atıklar, sanayi suları, tarımsal gübreler, pestisitler ile arıtılmadan deşarj edilen kanalizasyon suları mevcut yüzey sularını tehdit etmektedir (Tokatlı vd., 2021). Yaşam için gerekli olan içme ve kullanma suyu; nehirler, göller, göletler ve baraj gölleri gibi yüzey suları ile yeraltı sularından elde edilmektedir (Şener & Şener, 2020). Günümüzde dünyada ve ülkemizde sürdürülebilir tatlı su kaynaklarına olan ihtiyaç, özellikle yüzey sularının kalitesi ve kirliliği açısından tatlı su kaynaklarının etkin şekilde izlenmesi, yönetimi ve gerekli tedbirlerin alınması için yetkili mercilere önerilerde bulunulması büyük önem verilmesi gereken zorunluluktur (Tokatlı, 2020).

Ülkemizde kullanma, sulama ve içme suyunun en önemli kaynağı; baraj gölleri, göller ve göletlerdir (Mutlu vd., 2021). Sulama göletleri ve baraj göllerinde izlenen su kalite parametreleri, doğal göllerdekine göre daha hızlı değişim göstermektedir. Bu hızlı değişimin sebebi, sulama göleti ve baraj gölleri çevresinde insan kaynaklı etkenlerin daha fazla bulunmasıdır. Bu sebepledir ki yapılacak su kalitesi değerlendirmeleri, buralarda meydana gelebilecek su kirliliği ile kirliliğin derecelerini tespit etmek ve suyun anlak durumunu öğrenebilmek için önemlidir (Barlas, 1995). Bu sebeple; su kalitesi araştırmaları dünyanın çeşitli bölgelerindeki bir çok bilim insanının araştırma konusu olmuştur (Kutlu vd., 2015; Kurnaz vd., 2016; Angello vd., 2020; Ustaoglu & Aydın, 2020; Ustaoglu, 2021; Varol vd., 2022; Kükrer vd., 2022; Mutlu ve Uncumusaoğlu, 2022; Şimşek & Mutlu; 2023).

Bu güne kadar Gümüşsuyu Göleti'nin su kalitesinin kontrol değerlerinin detaylı olarak belirlenmesine dair fazla bir araştırma bulunmamaktadır. Bu amaçla; Sinop ili Gümüşsuyu Gölet'inden bir yıl boyunca aylık olarak göletin bütünü temsil eden dört nokta tespit edilerek örnekleme istasyonu olarak belirlenmiş ve en hassas su grubunu oluşturan göletten Nisan 2018 – Mart 2019 tarihleri arasında suyun bazı fiziko - kimyasal özellikleri incelenerek bazı ekolojik özellikleri

belirlenmeye çalışılmıştır. Analiz sonuçları Yüzey Su Kalitesi Yönetmeliğine göre göletin suyu sınıflandırılmış, canlı yaşamına uygunluk durumu belirlenmiş ve gelecekte yapılacak olan su kalitesi çalışmaları için bir veri oluşturulmuştur (Şekil 1.).



Şekil 1. Gümüşsuyu Göleti (Erfelek - Sinop) haritadaki yeri.

Figure1. Gümüşsuyu Pond (Erfelek - Sinop) location on the map.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada örnek seçilen Gümüşsuyu Göleti, Sinop iline 37 km, Erfelek ilçesine 13 km uzaklıktadır. Göletin bir bölümü oldukça sık ağaçlık alanlar ve büyük bölümü ise tarım arazileri ile çevrelenmiştir. Tarımsal sulama ve hayvansal sulama amaçlı olarak kullanılan gölet oldukça küçük sayılabilecek yüzey alanına sahiptir (ideal doluluğunda 0,18 km²). Su depolama hacmi 864 dam³'tür. Göletin ortalama derinliği 4,8 m olmakla birlikte en fazla 18 m derinliğe sahiptir. Su kaynağını çevre tepelerden gelen yağış ve kar suları ile göleti besleyen Keçi Deresi oluşturmaktadır. Göletin kuzeyinden gölete giriş yapan Keçi deresi, Sarıkum Gölü ile Gümüşsuyu Göleti'ni birbirine bağlar. Sarıkum Gölü, Sinop Merkez ilçesinin Sarıkum Köyü sınırlarında bulunur. Göletin su kalitesini belirleyebilmek amacıyla, bir yıl boyunca aylık periyotlar halinde dört istasyondan örnekler alınarak incelenmiş, fiziksel ve kimyasal parametrelerin analizleri yapılmıştır. İstasyonların seçimi yapılırken gölet suyunu etkileyebilecek çevresel faktörler dikkate alınmıştır. 1.İstasyon sık ağaçlık alanların bulunduğu, tarım arazilerinden en uzak kıyı bölgesine yakın seçilirken; 2.İstasyon, göletin en derin yeri, Keçi Deresinin gölete bağlandığı bölge ve tarım arazilerinin gölet ile direkt temas halinde olduğu göletin en özellikli bölgesinden seçilmiştir. 3.İstasyon, ormanlık alan ile tarım arazilerinin birleştiği bölgenin yakınından; 4.İstasyon ise göletin güneyinde ve en sığ kesimlerinde tarım arazilerinin olduğu bölgede seçilmiştir. Göletin asıl amacının sulama olması ve etrafının yerleşimden uzak tarım arazileriyle kaplı olması sebebiyle istasyonlar kıyıya yakın yerlerden tercih edilmiştir. Örnekler alınmadan 24 saat önce numune toplama kapları asitle yıkanmış ve ölçüm cihazları temizlenmiştir (Tepe vd., 2004). Örnekler alınırken kaplar

önce gölet suyuyla çalkalanmış daha sonra su yüzeyinin 15 cm altına daldırılmak suretiyle numuneler alınmıştır. Elektriksel iletkenlik, zaman aşımından etkilenebileceği için, yerinde arazi tipi HACH LARGE marka HQ40D model dijital multi-parametre cihazı ile ölçülmüştür. Diğer parametrelerin çalışılması için etiketlenen numuneler, 8 saat içinde laboratuvara getirilerek analizler için +4°C'ta saklanmıştır. Laboratuvarında muhafaza edilen numunelerin iyonik bileşim (NO₂, NO₃, NH₄, Cl, K, Na, Mg, Ca, SO₃, SO₄, PO₄) analizleri ise WTW 7600 UV-VIS (ultraviyole ve görünür ışık absorpsiyon) Spektrofotometre cihazı ile her bir örnek için kit protokolünde belirtilen dalga boylarında bir ışın demetinin örnekten geçmesi veya örnek tarafından yansıtılması sonrasında ışının azalması esasına bağlı olarak, her bir parametrenin konsantrasyonunun belirlenmesi ile tamamlanmıştır.

İstatistiksel Analizler: Çalışma sonucu elde edilen veriler, istatistik analizleri yapılmak üzere SPSS-22 Statistic programına işlenmiştir. Programa işlenen veri grupları aralarındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla tek yönlü ANOVA testi ve veri grupları arasında varyans analizlerine göre farklılıklar olup olmadığının tespiti için de ortalamalar arasında, %95 güven aralığında olmak üzere, Tukey analiz testi uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Mevsimsel değişim sonuçları tablolar halinde sunulmuştur. Tukey test sonucunda istasyonlar arasında belirgin farklılıklar görülmemekle birlikte, farklı harfler her bir istasyon arasındaki mevsimsel farklılıkları ifade etmek üzere verilmiştir (P<0,05).

BULGULAR

Elektriksel iletkenlik sonbaharda (ortalama 313,96±9,85 S/cm) en yüksek seviyesinde, ilkbaharda ise en düşük seviyesinde (ortalama 224,47±5,07 S/cm) ölçüldü (Tablo 1). Askıda katı madde yine en yüksek sonbaharda (ortalama 4,26±1,08mg/L) en düşük ilkbaharda (1,98±0,14) ölçüldü (Tablo 2).

Table 1. Gümüşsuyu Göleti'nde EI'nin mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	224,47 ^a ±5,07	217,56	231,72
Yaz	274,41 ^b ±34,49	231,01	316,88
Sonbahar	313,96 ^b ±9,85	299,68	325,74
Kış	225,42 ^a ±39,12	195,02	280,04

Table 2. Gümüşsuyu Göleti'nde AKM'nin mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	1,98 ^b ±0,14	1,78	2,2
Yaz	3,73 ^a ±1,03	2,42	4,96
Sonbahar	4,26 ^a ±1,08	2,78	5,1
Kış	2,49 ^b ±0,26	2,14	2,78

Kimyasal oksijen ihtiyacı sonbaharda (ortalama 2,70±1,52 mg/L) en yüksek, ilkbaharda (ortalama 0,37±0,08 mg/L) en düşük seviyede ölçüldü (Tablo 3). Biyolojik oksijen ihtiyacı Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve

Mayıs aylarında sıfır ölçüldü. En yüksek sonbaharda (ortalama 2,70±1,52 mg/L), en düşük ilkbaharda (ortalama 0,37±0,08 mg/L) ölçüldü (Tablo 4).

Table 3. Gümüşsuyu Göleti'nde KOİ'nin mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	0,37 ^b ±0,08	0,26	0,48
Yaz	2,03 ^a ±1,25	0,88	3,74
Sonbahar	2,70 ^a ±1,52	0,62	3,8
Kış	0,54 ^b ±0,04	0,48	0,6

Table 4. Gümüşsuyu Göleti'nde BOİ'nin mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	0,00 ^a ±0,00	0,00	0,00
Yaz	0,58 ^a ±0,51	0,10	1,30
Sonbahar	1,40 ^a ±0,88	0,20	2,04
Kış	0,05 ^b ±0,08	0,00	0,18

Klorür seviyesi en yüksek sonbaharda (ortalama 5,90±0,08 mg/L), en düşük ilkbaharda (ortalama 4,71±0,21 mg/L) ölçüldü (Tablo 5). Fosfat miktarı yıl boyunca dalgalanmalar göstermekle birlikte en yüksek sonbaharda (ortalama 0,032±0,014 mg/L), en düşük kış mevsiminde (ortalama 0,024±0,013 mg/L) ölçüldü (Tablo 6).

Table 5. Gümüşsuyu Göleti'nde klorürün mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	4,71 ^c ±0,21	4,48	5,08
Yaz	5,77 ^{ab} ±0,08	5,66	5,90
Sonbahar	5,90 ^a ±0,08	5,76	6,02
Kış	5,49 ^b ±0,63	5,00	6,38

Table 6. Gümüşsuyu Göleti'nde fosfatın mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	0,026 ^a ±0,011	0,12	0,38
Yaz	0,029 ^a ±0,010	0,16	0,41
Sonbahar	0,032 ^a ±0,014	0,15	0,50
Kış	0,024 ^a ±0,013	0,12	0,42

Sülfat sonbaharda en yüksek (ortalama 36,59±4,61 mg/L), ilkbaharda en düşük (ortalama 28,81±6,25 mg/L) seviyede ölçüldü (Tablo 7). Sülfat sonbaharda en yüksek (ortalama 0,57±0,23 mg/L), kış mevsiminde en düşük (ortalama 0,18±0,06 mg/L) seviyede ölçüldü (Tablo 8). Yıllık ortalaması 0,37 ± 0,22 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Table 7. Gümüşsuyu Göleti'nde sülfatın mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	28,81 ^b ±6,25	19,88	35,18
Yaz	31,00 ^{ab} ±4,89	25,32	38,62
Sonbahar	36,59 ^a ±4,61	29,98	41,24
Kış	29,83 ^b ±5,80	23,50	37,24

Table 8. Gümüşsuyu Göleti'nde sülfitin mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	0,23 ^b ±0,12	0,08	0,42
Yaz	0,51 ^a ±0,13	0,36	0,72
Sonbahar	0,57 ^a ±0,23	0,28	0,90
Kış	0,18 ^b ±0,06	0,08	0,28

Sodyum miktarı en yüksek yaz mevsiminde (ortalama 68,00±8,70 mg/L), en düşük sonbaharda (ortalama 43,36±0,66 mg/L) ölçüldü (Tablo 9). Potasyum

yaz mevsiminde en yüksek (ortalama 13,09±2,12 mg/L), kış mevsiminde en düşük (ortalama 6,60±0,64 mg/L) seviyede ölçüldü (Tablo 10).

Tablo 9. Gümüşsuyu Göleti'nde sodyumun mevsimsel değişimi (p<0,05).
Table 9. Seasonal variation of sodium in Gümüşsuyu Pond (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	61,85 ^a ±11,45	48,62	76,68
Yaz	68,00 ^a ±8,70	58,62	79,62
Sonbahar	43,36 ^b ±0,66	42,14	44,26
Kış	45,35 ^b ±1,15	43,98	46,74

Tablo 10. Gümüşsuyu Göleti'nde potasyumun mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	8,97 ^b ±1,78	7,62	11,44
Yaz	13,09 ^a ±2,12	10,24	15,08
Sonbahar	7,29 ^a ±1,10	6,62	8,88
Kış	6,60 ^a ±0,64	5,86	7,42

Toplam sertlik en yüksek ilkbaharda (ortalama 309,40±9,85 mg/L), en düşük sonbaharda (ortalama 282,18±9,79 mg/L) ölçüldü (Tablo 11). Toplam alkalinite en yüksek ilkbaharda (ortalama 312,22±10,84 mg/L), en düşük sonbaharda (ortalama 284,17±10,08 mg/L) ölçüldü (Tablo 12).

Tablo 11. Gümüşsuyu Göleti'nde TS'nin mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	309,40 ^a ±9,85	296,94	322,36
Yaz	302,04 ^a ±12,44	291,14	320,10
Sonbahar	282,18 ^b ±9,79	270,88	295,30
Kış	286,65 ^b ±2,82	282,96	291,26

Tablo 12. Gümüşsuyu Göleti'nde TA'nın mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	312,22 ^a ±10,84	298,46	326,25
Yaz	302,77 ^a ±13,63	285,86	321,43
Sonbahar	284,17 ^b ±10,08	271,86	297,21
Kış	288,34 ^b ±3,20	283,88	293,65

Magnezyum ilkbaharda en yüksek (ortalama 68,54±3,66 mg/L), sonbaharda en düşük (ortalama 54,29±2,47 mg/L) seviyesinde ölçüldü (Tablo 13). Gölette kalsiyum en yüksek ilkbaharda (ortalama 71,30±4,28 mg/L), en düşük sonbaharda (ortalama 54,99±2,52 mg/L) ölçüldü (Tablo 14).

Tablo 13. Gümüşsuyu Göleti'nde magnezyumun mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	68,54 ^a ±3,66	63,64	72,84
Yaz	62,61 ^b ±5,18	57,02	70,06
Sonbahar	54,29 ^b ±2,47	51,3	57,2
Kış	59,27 ^b ±2,45	56,00	62,06

Tablo 14. Gümüşsuyu Göleti'nde kalsiyumun mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	71,30 ^a ±4,28	65,58	76,48
Yaz	64,93 ^b ±7,24	57,64	75,62
Sonbahar	54,99 ^b ±2,52	51,80	58,12
Kış	60,57 ^b ±2,66	57,20	64,01

Nitrit en yüksek yaz mevsiminde (ortalama 0,00014±0,00003 mg/L), en düşük kış mevsiminde (ortalama 0,00003±0,00003 mg/L) ölçüldü (Tablo 15). Gölette nitrat en yüksek yaz mevsiminde (ortalama

6,87±0,56 mg/L), en düşük kış mevsiminde (ortalama 1,03±0,02 mg/L) ölçüldü (Tablo 16). Amonyum azotuna Mart ayında rastlanmadı. En yüksek yaz mevsiminde (ortalama 0,00058±0,00019 mg/L), en düşük kış mevsiminde (ortalama 0,00013±0,00010 mg/L) ölçüldü (Tablo 17).

Tablo 15. Gümüşsuyu Göleti'nde nitritin mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	0,00006 ^b ±0,00003	0,00002	0,00010
Yaz	0,00014 ^a ±0,00003	0,00010	0,00018
Sonbahar	0,00012 ^a ±0,00004	0,00007	0,00018
Kış	0,00003 ^b ±0,00003	0,00000	0,00008

Tablo 16. Gümüşsuyu Göleti'nde nitratın mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	2,72 ^c ±0,72	1,82	3,67
Yaz	6,87 ^a ±0,56	6,10	7,67
Sonbahar	4,36 ^b ±1,63	2,14	5,76
Kış	1,03 ^d ±0,02	0,98	1,06

Tablo 17. Gümüşsuyu Göleti'nde AA'nın mevsimsel değişimi (p<0,05).

Mevsim	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer
İlkbahar	0,00022 ^a ±0,00025	0,0000	0,0007
Yaz	0,00058 ^a ±0,00019	0,0003	0,0009
Sonbahar	0,00029 ^b ±0,00010	0,0001	0,0005
Kış	0,00013 ^b ±0,00010	0,0000	0,0003

TARTIŞMA VE SONUÇ

Endüstriyel veya tarımsal faaliyetlerin sonucu olarak kirlenen su kaynaklarının ıslahı ve henüz kirlenmemiş tabii su kaynaklarının korunabilmesi için, su kalitesi izleme ve değerlendirme çalışmalarının yapılması, bu çalışmaların ışığında gerekli önlemlerin alınması sürdürülebilirlik açısından oldukça büyük önem arz etmektedir.

Gümüşsuyu Göleti'nde toplam alkalinite ve toplam sertlik en yüksek seviyesine sonbaharda ulaşmıştır. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre, bu parametreler için yıl boyunca çok da büyük değişimlerin görülmediği gölet suyu sert sular sınıfındadır (Sert Sular: 250-350 mg/L CaCO₃). Kullanım açısından sert su sakıncalı olmamakla birlikte sert suların, su ortamında bulunabilen bazı zehirli maddelerin etkinliğini artırdığı bilinmektedir (Göksu, 2003).

Saf suyun iletkenliği yoktur. Bilindiği gibi suda elektrik akımlarının iletilmesi serbest elektronların varlığına bağlıdır. Dolayısıyla suda iletkenlik olması veya mevcut iletkenliğin artışı suda bulunan çözünmüş madde miktarı ile alakalıdır (Pulatsü & Topçu, 2012). Gölette elektriksel iletkenlik en yüksek sonbaharda ölçüldü. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre 400 µs/cm altında elektriksel iletkenliğe sahip sular I. sınıf su kalitesindedirler.

Gölette askıda katı maddenin en yüksek seviyesi sonbaharda ölçüldü. Bu seviye kirlilik oluşturan değerler oldukça altındadır. Gölette askıda katı madde miktarının bu derece düşük olması, ölü bitki ve hayvan kalıntılarında

kaynaklanan, partikül kirliliğine veya pH yükselmesine sebep olabilecek derecede büyük bir bulaşım olmadığını göstermektedir (Mutlu & Güzel, 2019).

Kimyasal oksijen ihtiyacı, sudaki organik madde miktarının tamamını okside etmek için gerekli oksijen miktarıdır. Sudaki oksijeni tüketen maddeler üç gruptur. Bunlar karbon içeren maddeler, oksitlenebilen azot ve oksitlenebilen kimyasal bileşiklerdir (Chapman, 1996). Kimyasal oksijen ihtiyacını hesaplamak için gereken oksijen miktarı kullanılır. Gümüşsuyu Gölet’inde ölçülen kimyasal oksijen ihtiyacı Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği’nde verilen referans değerinin çok altındadır ve bu parametreye göre gölet I. sınıf su kalitesi özelliğindedir.

Organik maddelerin aerobik koşullarda parçalanabilmesi için gerekli oksijen miktarı ise biyolojik oksijen ihtiyacı olarak tanımlanmaktadır. Yetiştiricilik yapılan suların organik kirlenmesinin ölçüsü olarak değerlendirilir (Atay & Pulatsü, 2000). Gölette Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs ayları bu parametrenin sıfır olarak ölçüldüğü aylardır. Biyolojik oksijen ihtiyacının en yüksek olduğu sonbaharda bulunan değer kirlilik için belirlenen referans değerinin çok altındadır. Böylece göletin organik madde kirliliğine maruz kalmadığı görülmektedir. Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği’ne göre Gümüşsuyu Gölet’i BOİ bakımından I. sınıf su kalite özelliğindedir.

Amonyak, oldukça geniş endüstriyel kullanım alanına sahiptir. Gübre ve hayvan yemi olarak tarımsal faaliyetlerde, temizlik maddelerinin üretiminde ya da işlenmiş gıda üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Doğal sularda amonyak, serbest halde veya tuz halinde bulunabildiği gibi daha çok amonyum azotu (NH₄) formunda bulunur. Su içerisinde meydana gelen fiziko-kimyasal olaylar sonucu veya mikroorganizma faaliyetlerinin sonucu olarak ortaya çıkar. Amonyak sulardaki en zehirli azot bileşiğidir (Pulatsü & Topçu, 2012). Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre 0,2 mg/L’den düşük konsantrasyonlar I. sınıf su kalitesine sahip sulardır. Gölette en yüksek yaz mevsiminde ölçülen amonyum azotu miktarı bu seviyenin çok altındadır.

Nitrat azotunun suda kolay çözünüyor olması sucül ekosistemler için tehlike arz etmektedir. Nitrat, diğer azot bileşiklerinden daha az zararlı etkiye sahip olmasına rağmen, yüksek konsantrasyonlara ulaştığında sudaki canlıları olumsuz etkileyebilir. İyi bir besin maddesidir ve ötrofikasyona yol açabilir (Mutlu vd., 2017). Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre nitrat seviyesinin 5 mg/L’den az olduğu sular I. sınıf sulardır. Yaz mevsiminde azotlu gübre kullanımına bağlı olarak gölette nitrat seviyesinin bu sınırı aştığı düşünülmekle beraber, gölet

suyu bu parametre açısından II. sınıf sular kategorisinde yer almaktadır.

Sularda mikrobiyolojik kirlenme varsa bunun önemli bir göstergesi de nitrittir. İçme sularına nitrit karışması tehlikelidir (MEB, 2011). Nitratlara benzemekle birlikte daha tehlikelidirler. Yüksek konsantrasyonlarının uzun süreli tüketilmesi septisemiye sebebiyet vermektedir (Pulatsü & Topçu, 2012). Dezenfektanlar oksidasyonunun yapılması için kullanılabilir. Gölette ölçülen en yüksek nitrit miktarı yaz mevsiminde ölçüldü. Gölet suyu nitrit bakımından Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesindedir.

Jips minerallerinden doğaya karışan ve bir tuz bileşiği olan sülfat, doğal suların yapısında değişen miktarlarda bulunabilir. Parçalanmış sülfür bileşikler, sanayi atıkları ve yağışlar sonucu yüzey sularına sülfat girişi gerçekleşir. Oksijensiz ortamda hidrojen sülfiti oluşturur ve bakteriler için oksijen kaynağı haline gelir (Chapman, 1996). Sülfür bileşikler sularda kötü koku, kötü tat, korozyon ve toksisiteye de sebep olabilen önemli kirlenmelerdendir (Güler & Çobanoğlu, 1997). Sülfidin yer altı sularına girişi volkanik gazlar ve kükürtlü minerallerin ayrışmasıyla olur. Yüzey sularında oluşumu ise dip sedimentinde, tabakalaşmaya uğramış göl ve rezervuarlardaki organik maddelerin anaerobik bakteriyel çürümeye uğraması sonucudur. Gölette en yüksek sonbaharda tespit edilen sülfat ve sülfid değerleri tehlike sınırının çok altında kalmaktadır.

Fosfor doğal olarak kayaların yapısında bulunmakla beraber bu kayaların aşınması veya erozyon sonucu su ve toprağın yapısına karışır. Bitkisel canlılar için önemli bir besin maddesi olması yanında, hayvansal canlıların da kas ve iskelet sistemlerinin yapı taşlarından olması bakımından önemlidir. Doğal suların yapısında organik ve inorganik formlarda bulunur. Suda fosfor miktarının artışı pH derişimine veya suyun tampon özelliğinin değişmesine neden olacağından sucül yaşamı olumsuz etkileyecektir. Bununla birlikte kompleks fosfatların karbonat gibi maddelere etkimesi sonucu su sertliğinde azalmalar görülmektedir. Bu durumun olumsuz yanı ise bazı toksik kimyasalların etkinliğinin artmasına neden olmasıdır (Bilen & Sezen, 1993). İnsan kaynaklı etkenler (atık besinler, gübreleme, endüstriyel atıklar, deterjanlar vb.) sularda fosfor artışına neden olmaktadır (Uncumusaoglu & Mutlu, 2019). Özellikle işlenmiş fosfat kaynağı olan deterjanların ve gübrelerin yüksek oranda suya giriş yapması sonucu sularda ötrofikasyon gözlenmektedir (MEB, 2011).

Gölette yıl içerisinde gözlenen fosfat miktarına bakıldığında, yağmurların sık olduğu aylarda fosfat miktarının arttığı gözlenmektedir. Bu durumun yağmurların tarım arazileri ve tepelerden gölete fosfatı taşınması sebebiyle olduğu düşünülmektedir (Mutlu vd.,

2016a). Fosfat miktarının sonbaharda en yüksek seviyesine (ortalama $0,032\pm 0,014$ mg/L) ulaştığı görülmektedir. Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre bu miktar göletteki su kalitesini II. sınıfa almaktadır.

Sodyum, magnezyum, potasyum, klorür ve kalsiyumun düşük konsantrasyonları canlılık için gerekli ve yararlıdır. Bununla birlikte bunların yüksek konsantrasyonları canlı sağlığını tehdit eder ve kirletici özelliklere sahiptir.

Sodyum, su içerisinde daha çok NaCl halinde bulunmaktadır ve sucul bitkisel organizmaların gelişimleri için önemlidir (Mutlu vd, 2013). Gölette en yüksek sodyum yaz mevsiminde ölçüldü. Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre sodyum için gölet I. sınıf su kalitesindedir.

Potasyum da yine besin elementlerindedir ve inorganik tuzlar sınıfındadır. Suyun tat özellikleri almasını sağlar. Bitkisel organizmalar için gelişimde önemli rol oynayan elementlerdendir. Su içerisinde çoğunlukla sülfatlı bileşikler formunda bulunmaktadır (Mutlu vd., 2016b). Diğer besin elementlerinde olduğu gibi konsantrasyonunun fazla olması durumunda ötrofikasyon gözlenebilir. Potasyum Gümüşsuyu Göleti'nde en yüksek yaz mevsiminde ölçüldü.

Kalsiyum bütün canlıların yaşamı için önemlidir. Sularda doğal olarak ve bol miktarlarda bulunur. Suya sertliğini veren elementtir. Hayvansal organizmalarda iskelet sistemlerinin gelişiminin en önemli unsurudur. Su ortamında kalsiyumun varlığı, sucul organizmalar için toksik etkisi olan maddelerin nötralizasyonu için önemlidir (Atay & Pulatsü, 2000). Sert sularda bulunan 80 – 100 mg/L arası kalsiyum miktarı normal olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple sucul canlılar için ideal ortamın sağlanması açısından kalsiyumun önerilen en yüksek değeri 75 mg/L'dir (Mutlu vd., 2013). Gümüşsuyu Göleti sert sular sınıfında yer almaktadır. Kalsiyum miktarı ilkbaharda (ortalama $71,30\pm 4,28$ mg/L) en yüksek değerinde ölçüldü.

Magnezyum yer kabuğunda zengin bulunmakla birlikte oldukça aktif bir elementtir ve doğada serbest olarak bulunmaz. Magnezyum karbonat olarak kayaların, kayaçların, minerallerin, kireç taşlarının ve dolomit kayalarının yapısında bulunabilir. Suda çözünmesi kolaydır. Bu sebeple sucul ortama rahat karışır. Magnezyum normal suların yapısında 5- 60 mg/L ve sert suların yapısında 60 – 100 mg/L arası miktarlarda bulunmaktadır (Mutlu vd., 2013). Magnezyum Gümüşsuyu Göleti'nde ilkbaharda ortalama $68,54\pm 3,66$ mg/L ile en yüksek seviyesinde ölçülmüştür. Gümüşsuyu Göleti'nin kalsiyum ve magnezyum bakımından sucul canlıların gelişimine uygun olduğu görülmektedir.

Klorür iyonunun sularda görülmesi tatlı su kaynakları ile tuzlu su kaynaklarının karışması sonucunda

olur. Klorür sularda kalsiyum klorür, magnezyum klorür veya sodyum klorür olarak görülür (Geldiay & Kocataş, 1998). “Sularda tabii olarak bulunan anyonlardan biri olan klorürün su canlıları için 400 mg/L'nin üzerindeki değerleri toksik etki yapar” (Bulut vd., 2009). Gölette klorür en yüksek sonbaharda ortalama $5,90\pm 0,08$ mg/L olarak ölçüldü. İlkbaharda ise eriyen karların ve yağışların göl suyunu seyreltmesi sonucu olarak klorür seviyesinin düşüş gösterdiği düşünülmektedir.

Sonuç olarak Gümüşsuyu Göleti'nde yapılan çalışma ile elde edilen veriler incelenmiş, Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde yer alan Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosu ile karşılaştırılmıştır. Gümüşsuyu Gölet'inin su kalitesi, fosfat miktarına göre II. sınıf, diğer parametrelere göre ise I. sınıf sular seviyesindedir. Sertlik durumuna bakıldığında çok sert sular sınıfındadır. Ancak, sert suların yetiştiricilik açısından bir engel teşkil etmediği bilinmekle birlikte, su bünyesinde bulunan bazı toksik maddelerin etkinliğini artırabileceğinden takibi önerilmektedir. Emin vd. (2020)'nin su kalitesinin belirlenmesinde kullandığı sitotoksikite testleri SWQRM'a göre riskli görünen değerlerin hücre canlılığına etkisinin olmadığını hatta hücre canlılığını desteklediğini göstermiştir. Gölet suyunun Sitotoksik analizlerle incelenmesini de uygun görmekteyiz. Bununla birlikte elde edilen veriler ışığında Gümüşsuyu Göleti'nde henüz bir kirlilik tehlikesi görülmemiştir. Göletteki mevcut fiziko-kimyasal yapının sucul organizmalar, sulama ve evsel kullanım için elverişli olduğu söylenebilir. Ne var ki içme suyu niteliğinde olup olmadığının tespiti için yapılacak mikrobiyolojik analizlere ihtiyaç vardır.

Tespit edilen bu mevcut iyilik halinin korunabilmesi, bundan sonraki süreçlerde su kalitesinin takibinin düzenli yapılması ve gerekli durumlarda müdahale edilmesi ile mümkün olacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, laboratuvar çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne, su örneklerini toplamada verdiği destekten dolayı Kastamonu Doğa Koruma ve Milli Parklar Müdürlüğü'ne teşekkür etmektedir.

KAYNAKLAR

Angello, Z.A., Tränckner, J. & Behailu, B.M. (2020). Spatio-temporal evaluation and quantification of pollutant source contribution in Little Akaki River, Ethiopia: conjunctive application of Factor Analysis and multivariate receptor model. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(1), 23-34. DOI: [10.3390/w13050584](https://doi.org/10.3390/w13050584)

- Atay, D. & Pulatsü, S. (2000).** *Su kirlenmesi ve kontrolü*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1513, Ders Kitabı, 292 s., Ankara.
- Aydın Uncumusaoglu A. & Mutlu E. (2019).** Evaluating Spatial and Temporal Variation in Tuzaklı Pond Water Using Multivariate Statistical Analysis. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(5), 3861, 2019. DOI: [10.15244/pjoes/99103](https://doi.org/10.15244/pjoes/99103)
- Barlas, M. (1995).** Akarsu kirlenmesinin biyolojik ve kimyasal yönden değerlendirilmesi ve kriterleri. *Doğu Anadolu Bölgesi I-II Su Ürünleri Sempozyumu*, 465-479 s., Erzurum, Türkiye.
- Bilen, S. & Sezen, Y. (1993).** Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin Elementleri Elverişliliği Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (2), Retrieved from <https://dergipark.org.tr/pub/ataunizfd/issue/3009/41745>
- Bulut, C., Atay, R. & Uysal, K., (2009).** Eğirdir Gölü'nde fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi ve limnolojik açıdan değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 10(2), 447- 454.
- Chapman, D., (1996).** *Water Quality AssWater QualityGuide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring- Second Edition*. UNESCO/WHO/UNEP,651,Cambridge. DOI: [10.4324/NOE0419216001](https://doi.org/10.4324/NOE0419216001)
- Emin, N., Mutlu, E. & Güzel, A.E. (2020).** Determination the effectiveness of the cytotoxic analysis on the water quality assessments. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2), 478-483. DOI: [10.24925/turjaf.v8i2.478-483.3221](https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i2.478-483.3221)
- Geldiyar, R. & Kocataş, A., (1998).** *Deniz ekolojisine giriş*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitapları Serisi No:31,562s, İzmir.
- Göksu, M.Z.L. (2003).** *Su kirliliği* (Ders Kitabı). Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:7, s.232, Balcalı-Adana.
- Kurnaz, A., Mutlu, E. & Uncumusaoglu, A. A. (2016).** Determination of water quality parameters and heavy metal content in surface water of Çiğdem Pond (Kastamonu/Turkey). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(10), 907-913. DOI: [10.24925/turjaf.v4i10.907-913.942](https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i10.907-913.942)
- Kutlu, B., Sesli, A., Tepe, R. & Mutlu, E. (2015).** Assessment of Physico-chemical Water Quality of Birecik Dam, Şanlıurfa, West East Region, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(7), 623-628. DOI: [10.24925/turjaf.v3i7.623-628.423](https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i7.623-628.423)
- Kukrer, S., Tunc, I.O., Erginal, A.E., Bay, Ö. & Kılıç, Ş. (2022).** Distribution, sources and ecological risk assessment of metals in Kura river sediments along a human disturbance gradient. *Environmental Forensics*, 23(5-6), 491-501. DOI: [10.1080/15275922.2021.1940378](https://doi.org/10.1080/15275922.2021.1940378)
- Mutlu, E., Yanık, T. & Demir T. (2013).** Karagöl (Hafik-Sivas)'ün su kalitesinin incelenmesi. *Alinteri Ziraat Bilimleri Dergisi*, 24, 35-45
- Mutlu, E., Demir, T., Yanık, T. & Sutan, N.A. (2016a).** Determination of environmentally relevant water quality parameters in Serefiye Dam-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25, 12a, 5812-5818.
- Mutlu, E., Kutlu, B., Demir, T. (2016b).** Assessment of Cinarli Stream (Hafik -Sivas) water quality via physico-chemical methods. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(4), 267-278, 2016.
- Mutlu, E., Kutlu, B., Demir, T. & Yanık, T. (2017).** Assessment of metal concentrations and physicochemical parameters in the waters of Lake Tecer. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1-10, DOI: [10.17475/kastorman.302185](https://doi.org/10.17475/kastorman.302185)
- Mutlu, E., & Güzel, A.E. (2019).** Evaluation of some physicochemical water quality parameters of Gümüşsuyu Pond (Sinop-Erfelek). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(sp3), 72-77, 2019. DOI: [10.24925/turjaf.v7isp3.72-77.3220](https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp3.72-77.3220)
- Mutlu, E. (2021).** Determination of seasonal variations of heavy metals and physicochemical parameters in Kildir Pond (Yildizeli-Sivas). *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(6), 5773-5780.
- Mutlu, E., Arslan, N. & Tokatlı, C. (2021).** Assessing water quality of Boyalı Dam Lake (Sinop, Turkey) by using ecological and statistical indicators. *Acta Scientiarum Polonorum: Formatio Circumiectus*, 20(1). DOI: [10.15576/ASP.FC/2021.20.1.77](https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2021.20.1.77)
- Mutlu, E. & Uncumusaoglu, A. A. (2022).** Assessment of spatial and temporal water pollution patterns in Aydos River (Turkey) by using water quality index and multivariate statistical methods. *Desalination Water Treat*, 246, 196-211. DOI: [10.5004/dwt.2022.28030](https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28030)
- Pulatsü, S. & Topçu, A. (2012).** *Balık üretiminde su kalitesi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1591, Ders Kitabı: 543, s.90, Ankara. Şener, Ş. & Şener, E. (2020). Özel çevre koruma bölgelerinde su kalite değerlendirmesi: Belek (Antalya, Türkiye) Örneği. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(2), 100-110. DOI: [10.17216/limnofish.689997](https://doi.org/10.17216/limnofish.689997)
- Şimşek, A. & Mutlu, E. (2023).** Assessment of the water quality of Bartın Kışla (Kozcağız) Dam by using geographical information system (GIS) and water quality indices (WQI). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58796-58812. DOI: [10.1007/s11356-023-26568-3](https://doi.org/10.1007/s11356-023-26568-3)
- Tepe, Y., Mutlu, E., Ateş, A. & Başusta, N. (2004).** Samandağ Karamanlı Göleti (Hatay) su kalitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2(3), 408-414
- Tokatlı, C. (2020).** Ergene nehir havzası su kalitesinin çok değişkenli istatistik analizler kullanılarak değerlendirilmesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(1), 38-46. DOI: [10.17216/limnofish.524036](https://doi.org/10.17216/limnofish.524036)
- Tokatlı, C., Mutlu, E. & Arslan, N. (2021).** Assessment of the potentially toxic element contamination in water of Şehriban Stream (Black Sea Region, Turkey) by using statistical and ecological indicators. *Water Environ. Res.* 93, 2060-2071. DOI: [10.1002/wer.1576](https://doi.org/10.1002/wer.1576)
- Ustaoglu, F. & Aydın, H. (2020).** Health risk assessment of dissolved heavy metals in surface water in a subtropical rivers basin system of Giresun (north-eastern Turkey). *Desalination and water treatment*, 194, 222-234. DOI: [10.5004/dwt.2020.25900](https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25900)
- Ustaoglu, F. (2021).** Ecotoxicological risk assessment and source identification of heavy metals in the surface sediments of Çömlekci stream, Giresun, Turkey. *Environmental Forensics*, 22(1-2), 130-142. DOI: [10.1080/15275922.2020.1806148](https://doi.org/10.1080/15275922.2020.1806148)
- Varol, M., Ustaoglu, F., & Tokatlı, C. (2022).** Ecological risks and controlling factors of trace elements in sediments of dam lakes in the Black Sea Region (Turkey). *Environmental Research*, 205, 112478. DOI: [10.1016/j.envres.2021.112478](https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112478)



The Effects of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Leaf Powder on Performance, Egg Quality, Egg Antioxidant Capacity, and Yolk Cholesterol Levels in Laying Hens

Gözde KILINÇ*

Amasya University, Suluova Vocational School, Amasya, Türkiye

Geliş/Received: 03.10.2023

Kabul/Accepted: 16.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Kılınç, G. (2023). The Effects of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Leaf Powder on Performance, Egg Quality, Egg Antioxidant Capacity, and Yolk Cholesterol Levels in Laying Hens. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 714-719. <https://doi.org/10.35229/jaes.1370468>

Atıf yapmak için: Kılınç, G. (2023). Karadut (*Morus nigra* L.) Yaprak Tozunun Yumurtacı Tavuklarda Performans, Yumurta Kalitesi, Yumurta Antioksidan Kapasitesi ve Kolesterol Düzeyine Etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 714-719. <https://doi.org/10.35229/jaes.1370468>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-8667-3390>

Abstract: Different antioxidant substances are supplemented to prevent oxidative stress and improve egg quality in poultry nutrition. It is known that synthetic antioxidants negatively affect human health. Therefore, natural antioxidants are often investigated. In this study, the possibilities of using different levels of black mulberry (*Morus nigra* L.) leaf powder (BML) in laying hens were examined. For this purpose, 3 groups were formed, 24 in each group, and a total of 72 hens (35 weeks-old, Brown Nick) were distributed to individual cages. The control group (BML-0) was fed using a basal diet. Experimental groups were fed using 0.3 and 0.6 g/kg BML supplementation to the basal diet, respectively. Performance, egg quality characteristics, yolk TBARS (thiobarbituric acid reactive substances), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), and cholesterol levels were evaluated in the trial, which lasted for a total of 9 weeks, one week of which was the acclimatization period. There was no statistically significant difference between the groups in terms of performance, egg quality characteristics, and DPPH reducing % in yolk ($P>0.05$). Yolk TBARS and cholesterol levels were significantly affected from supplemented-BML diet ($P<0.05$). It was determined that the cholesterol level of yolk decreased linearly with the addition of BML ($P<0.05$). It was determined that the BML addition delayed lipid oxidation due to decreased TBARS value in the yolk. As a result, it was determined that black mulberry leaves can be used to obtain low-cholesterol eggs and delay lipid oxidation without negatively affecting performance parameters in laying hens. It is thought that it will be useful to reveal the effects of black mulberry leaf on different parameters in future studies.

*Corresponding author:

Gözde KILINÇ
Amasya University, Suluova Vocational
School, Amasya, Türkiye
✉: gozde.kilinc@amasya.edu.tr

Keywords: Antioxidant, black mulberry, cholesterol, egg quality, TBARS.

Karadut (*Morus nigra* L.) Yaprak Tozunun Yumurtacı Tavuklarda Performans, Yumurta Kalitesi, Yumurta Antioksidan Kapasitesi ve Kolesterol Düzeyine Etkileri

Öz: Oksidatif stresi önlemek ve yumurta kalitesini geliştirmek için kanatlı karma yemlerine farklı antioksidan maddeler ilave edilmektedir. Sentetik antioksidanların insan sağlığını olumsuz olarak etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle doğal antioksidanlar sıklıkla araştırılmaktadır. Bu çalışmada karadut (*Morus nigra* L.) yaprak tozunun (BML) farklı düzeylerinin yumurtacı tavuklarda kullanım olanakları ortaya konulmuştur. Bu amaçla her bir grupta 24'er adet olmak üzere 3 grup oluşturulmuş ve toplam 72 adet tavuk (35 haftalık, Brown Nick) bireysel kafeslere dağıtılmıştır. Kontrol grubu (BML-0), bazal yem ile beslenmiştir. Deneme grupları ise bazal yeme sırasıyla 0.3 ve 0.6 g/kg BML ilavesi ile beslenmiştir. Bir haftası alıştırma periyodu olacak şekilde toplam 9 hafta süren denemede performans, yumurta kalite özellikleri, yumurta sarısı TBARS (tiyobarbitürik asit reaktif maddeler), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ve kolesterol düzeyleri değerlendirilmiştir. Performans, yumurta kalite özellikleri ve yumurta sarısında DPPH % indirgeme gücü bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Yumurta sarısı TBARS ve kolesterol düzeyleri ise karma yemdeki BML'den önemli düzeyde etkilendirilmiştir ($P<0.05$). BML ilavesi ile yumurta sarısı kolesterol düzeyinin linear olarak azaldığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). BML ilavesinin yumurta sarısında TBARS değerinin azalması sonucunda lipid oksidasyonunu geciktirdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, yumurtacı tavuk karma yemlerindeki karadut yaprağının performans parametrelerini olumsuz yönde etkilemeden düşük kolesterolü yumurta eldesinde ve lipid oksidasyonunun geciktirilmesinde kullanılabileceği görülmektedir. İleriki çalışmalarda karadut yaprağının farklı parametreler üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

*Sorumlu yazar:

Gözde KILINÇ
Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek
Yüksekokulu, Amasya, Türkiye
✉: gozde.kilinc@amasya.edu.tr

Anahtar kelimeler: Antioksidan, karadut, kolesterol, yumurta kalitesi, TBARS.

INTRODUCTION

Various feed additives are used to increase the quality of animal products, improve performance, and protect animal health in poultry (Pirgozliev et al., 2019). The use of synthetic antioxidants as feed additive is controversial due to their potential negative effects (Lorenzo et al., 2018). The use of antibiotics to promote growth has been banned since 2006 (Tian et al., 2021). For these reasons, researchers and manufacturers have returned to natural additives (Placha et al., 2022). One of these natural additives that have plant origins (Yitrabek, 2015) is called phytobiotics or phytogetic additives (Bagno et al., 2018). Plants have different properties such as antioxidant, antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory, anticancer, and antidiabetic thanks to the secondary metabolites they contain (Jain et al., 2019). There are different studies carried out on the use of several phytobiotics such as jujube leaf (Kılınç et al., 2020), thyme (Ghasemi et al., 2010; Mansoub, 2011; Mohammed et al., 2022), sage (Assi-Husain et al., 2023), black cumin (Ghosh et al., 2020; Ali et al., 2023), nettle (Parizadian Kavan et al., 2023), garlic (Ghasemi et al., 2010; Ghosh et al., 2020), rosemary (Çufadar, 2018; Cimrin, 2019), ashwagandha (Sandeep et al., 2020; Kılınç, 2023), anise (Yu et al., 2018), and wild leek (Kılınç et al., 2023) in laying hens. One of the subjects investigated as a natural additive is mulberry. Mulberry (*Morus* spp.) belong to in the Moraceae family (Zhang et al., 2018). This genus has many species (Sánchez, 2000; Yigit et al., 2010). It is known that white mulberry (*Morus alba* L.), black mulberry (*Morus nigra* L.), and red mulberry (*Morus rubra* L.) are common (Butkhop et al., 2013). The high antioxidant content of black mulberry (*Morus nigra* L.) leaves was reported in previous studies (Radojković et al., 2018; Polumackanycz et al., 2021; Vukmirović et al., 2023). There are many studies investigating *Morus alba* L. leaves in laying hens (Al-kirshi et al., 2010; Olteanu et al., 2012; Kamruzzaman et al., 2014; Lin et al., 2017; Zhang et al., 2022). However, as can be seen in the literature, the number of studies investigating the possibilities of using *Morus nigra* L. leaves in poultry is limited. Therefore, the present study examines the effects of black mulberry leaf powder (BML) on performance, egg quality characteristics, yolk TBARS level, DPPH radical scavenging activity (% reduction), and cholesterol level in laying hens.

MATERIAL AND METHOD

Preparation of Black Mulberry Leaf Powder:

Black mulberry leaves collected in June were dried under the shade conditions. The dried leaves were ground in a laboratory blender and stored under suitable conditions until the experiment.

Experiment Plan and Feeding of Animals:

The animal experiment was carried out at Amasya University Suluova Vocational School for 9 weeks, one week of which was an acclimatization period. Brown Nick hens (35- weeks old) were divided into 3 groups (total 72 hens), 24 in each group, and distributed in 4-storey cages (35 cm × 40 cm × 40 cm) (Table 1). Hens were put into a completely randomized block design. The number of hens in groups was determined using G*Power 3.1. program's F tests (Fixed effects, omnibus, one-way) module. While the chickens were placed in the cages, it was tested that the groups were homogeneous in terms of weight ($P > 0.05$). During the experiment, feed and water were given *ad libitum*. Lighting was performed for 16 hours daily (lights on at 5:30 and lights off at 21:30). The temperature and humidity levels were routinely checked during the experiment.

Table 1. Experiment plan

Groups	Number of Repetitions (n)	Feed Additive
BML-0	24	-
BML-1	24	0.3 g/kg BML
BML-2	24	0.6 g/kg BML

BML: Black Mulberry Leaf.

The control group (BML-0) was fed a basal diet. Experimental groups (BML-1 and BML-2) were fed individually by adding 0.3 and 0.6 g/kg black mulberry leaf (BML) powder to the basal diet, respectively. The chemical composition of the basal diet and BML powder were determined by the method reported in AOAC (2000). The components and chemical composition of the basal feed used in the experiment are presented in Table 2. The nutrient composition of BML powder analyzed is given in Table 3.

Table 2. Chemical composition of basal diet used in the experiment

Ingredients	kg/ton	Nutrient contents (analyzed)	%
Maize	500.000	Dry matter	88.96
Soybean meal (46% CP)	138.130	Crude protein	17.50
Full-fat soybean (34% CP)	94.111	Crude fibre	4.19
Sunflower meal (34% CP)	86.471	Ether extract	4.35
Triticale	73.380	Crude ash	12.24
Sunflower oil	6.744	Methionine	0.37
Limestone	87.265	Lysine	0.85
Dicalcium phosphate	8.242	Calcium	3.6
Salt	3.246	Methionine + Cystine	0.69
DL-methionine	0.011	Tryptophan	0.22
Premix*	2.500	Arginine	1.22
Total	1000	Threonine	0.69
Calculated ME (kcal/kg)**	2760		

*Each 2.5 kg of premix contains 10,000,000 IU Vitamin A, 3,000,000 IU Vitamin D3, 25,000 mg Vitamin E, 3,000 mg Vitamin K3, 2,000 mg Vitamin B1, 5,000 mg Vitamin B2, 40,000 mg Vitamin B3, 12,000 mg Vitamin B5, 4,000 mg Vitamin B6, 1,000 mg Vitamin B9, 60 mg Vitamin H, 20 mg B12, 120,000 mg Mn, 40,000 mg Fe, 70,000 mg Zn, 7,000 mg Cu, 1,000 mg I, 500 mg Se, 2,500 mg canthaxanthin, apo-carotenoic acid ester. CP: Crude protein.

**Calculated metabolic energy (TSl, 1991).

Table 3. Chemical composition of BML powder

Nutrient contents (analyzed)	%
Dry matter	93.7
Crude protein	15.5
Ether extract	1.5
Crude fibre	7.0
Crude ash	16.2

Determination of Performance Parameters: Body weight gain (g), egg weight (g), feed consumption (g), egg

production (%), and feed conversion ratio (g feed/g egg) were determined as performance parameters. The remaining feed and egg weights were measured every 2 weeks. Performance parameters were determined using all these data. After subtracting the remaining feed amount from the total amount of feed given, it was divided by the number of days and the daily feed consumption of each group was calculated. Egg production was calculated by dividing the total egg number of each group by the number of animals in that group and multiplying by 100. The feed conversion ratio was determined by dividing the feed consumed for 2 weeks by egg weight. The body weight gains of the hens weighed at the beginning and the end of the trial were calculated (Body weight gain = Final body weight – Initial Body weight).

Determination of Egg Quality Parameters: In the present study shape index (%), yolk index (%), albumen index (%), Haugh unit (%), yolk color (L^* , a^* , and b^* values), shell weight (g), and shell thickness (μm) were evaluated as egg quality characteristics. For this purpose, eggs collected in the last two days of the experiment ($n=40$) were used. Egg and eggshell weights were determined with a precision scale of 0.001 g. Egg width, length, yolk diameter, and albumen width and length were measured with digital caliper (1108-150, Insize, China). Yolk height and albumen height were measured using a tripod micrometer (Mitutoyo, 0.01–20 mm; Kawasaki, Japan). Shape index (Duman et al., 2016), yolk index (Şekeroğlu & Altuntaş, 2009), albumen index (Iskender et al., 2017), and Haugh unit (Ryu et al., 2011) were calculated using the formulas given below.

$$\text{Shape index (\%)} = [\text{egg width/egg length}] \times 100$$

$$\text{Albumen index (\%)} = [\text{albumen height}] / [(\text{albumen length} + \text{albumen width}) / 2] \times 100$$

$$\text{Yolk index (\%)} = [\text{yolk height/yolk width}] \times 100$$

$$\text{Haugh unit (\%)} = 100 \log (H + 7.57 - 1.7W^{0.37}), (W = \text{egg weight; } H = \text{albumen height})$$

Eggshell thickness was measured using a micrometer (Mitutoyo, 0.01-5 mm; Kawasaki, Japan) in three different parts (upper and lower ends and middle). The colorimeter (PCE-CSM 4) was used to determine yolk color values (L^* , a^* , and b^*). L^* value indicates lightness, a^* value indicates redness, and b^* value indicates yellowness (Lokaewmanee et al., 2013).

Determination of Yolk TBARS Value: As an indicator of lipid oxidation, the MDA (malondialdehyde) value was determined in 18 eggs ($n=18$) from each group at the end of the experiment (Kılınc & Richards, 2003). In this method, 2g yolk is taken and added with 12 ml TCA solution (7.5% TCA, 0.1% EDTA, 0.1% propyl gallate) and homogenized for 20-25 sec. in ultra-turrax. Then, they were filtered using the Whatman 1 filter paper. Then, 3 ml of filtrate was taken and put into glass tubes and added with 3

ml 0.02 M TBA solution. These tubes containing solution were kept in a water bath at 100°C for 40 minutes and then cooled under tap water. Cooled tubes were centrifuged at 2000 rpm for 5 minutes and the absorbance values were measured at 530nm wavelength using a spectrophotometer (Genesys 10S UV-VIS, Thermo Scientific, USA). TBARS value ($\mu\text{mol MDA/kg egg}$) was calculated with the help of the formula below.

$$\text{TBARS} = [(\text{absorbance}/k(0.06) \times 2/1000) \times 6.8] \times 100 / \text{sample weight}$$

k = Value obtained from the standard curve

(TBARS: Thiobarbituric acid reactive substances)

Determination of Yolk DPPH Value: The method of Farivar (2014) was used to determine DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) the radical scavenging activity (DPPH reduction, %) in 18 yolks ($n=18$) from each group at the end of the experiment. In this method, 2g yolk was added with 25 mL methanol in falcon tubes and the extraction process was performed for 20 minutes in an ultrasonic bath (Elmasonic S 80/H). Yolk-methanol mixture was filtered using filter paper. Filtrates were pipetted to 0.1 ml glass tubes. Then, they were added with 2.9 mL DPPH solution (100 mL Methanol + 0.0025 g DPPH). Tubes were mixed for 25 sec. in a vortex (IKA Vortex 4 Basic), kept under dark conditions for 1 hour, and then sample absorbances and control tubes were read using a spectrophotometer (Genesys 10S UV-VIS, Thermo Scientific, USA) at 517 nm wavelength. DPPH value was calculated with the help of the following formula (Sudha et al., 2011).

$$\text{DPPH (\%)} = [(A0-A1)/A0] \times 100$$

(A0: Absorbance of the control, A1: Absorbance of the sample)

Determination of Yolk Cholesterol Value: Yolk cholesterol level was determined using 10 eggs ($n=10$) from each group at the end of the experiment. Yolk cholesterol was determined by the colorimetric method (Washburn & Nix, 1974).

Statistical Analysis: Analysis of variance (One-Way Analysis of Variance), intergroup comparisons between (Duncan's test), and polynomial analysis (linear and quadratic effects) were performed using the SPSS 21.0 package program. The effects (significance) of the groups were evaluated at $P<0.05$ level (IBM Corp., 2012). In addition, the number of hens used in the present study was determined by the G*Power (Faul et al., 2007) software package (version 3.1.4).

RESULTS AND DISCUSSION

Performance Parameters: The results regarding the performance parameters [Initial Body Weight (IBW), Final Body Weight (FBW), Body Weight Gain (BWG), Egg Weight (EW), Egg Production (EP), Feed Intake (FI), and Feed Conversion Ratio (FCR)] are presented in Table 4.

The effects of BML powder (0.3 and 0.6 g/kg) on performance parameters were found to not be statistically significant in laying hens ($P>0.05$). The results achieved here are consistent with previous studies reporting that mulberry leaves do not affect performance parameters in laying hens (Olteanu et al., 2012; Panja, 2013; Kamruzzaman et al., 2014).

Egg Quality Parameters: The results achieved here regarding egg quality traits [Shape Index (SI), Yolk Index (YI), Albumen Index (AI), Haugh Unit (HU), Shell Weight (SW), Shell Thickness (ST), Lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*)] are given in Table 5.

The effects of BML powder supplemented to the diet of laying hens on egg quality parameters were statistically insignificant ($P>0.05$). In the polynomial analysis, the linear effect was found significant in terms of

YI, HU, and a^* values ($P<0.05$). These values have linearly increased with BML levels. In a previous study (Kamruzzaman et al., 2014), it was determined that mulberry leaves (3, 6, and 9%) did not affect egg quality characteristics. In another study, it was reported that ST, HU, and SW were not affected by mulberry leaves (3 and 6%) in their diet (Olteanu et al., 2012). These findings are consistent with the results of the present study. Contrary to the present study, it was determined that mulberry leaves increased ST (Lin et al., 2017; Huang et al., 2022), HU (Lin et al., 2017), yolk color (Olteanu et al., 2012; Xue-dong et al., 2013; Lin et al., 2017), and the SW (Lin et al., 2017).

Yolk TBARS Value, DPPH Radical Scavenging Activity, and Cholesterol Value: The results of the study on yolk TBARS, DPPH, and cholesterol values are given in Table 6.

Table 4. Effect of BML powder on performance parameters (n=24)

Parameters	Groups			SEM	P values		
	BML-0	BML-1	BML-2		C	L	Q
IBW	1772.61	1794.21	1768.58	17.034	0.808	0.924	0.520
FBW	1791.26	1844.50	1816.88	18.074	0.492	0.566	0.297
BWG	18.65	50.29	48.29	8.146	0.209	0.139	0.330
EW	61.49	61.31	61.74	0.203	0.687	0.619	0.478
EP	89.41	86.71	86.35	0.818	0.238	0.122	0.491
FI	117.31	117.14	114.00	0.756	0.132	0.074	0.354
FCR	1.91	1.92	1.85	0.013	0.083	0.063	0.217

BML-0, BML-1, BML-2: Groups fed black mulberry powder added to basal diet at 0, 0.3, and 0.6 g/kg levels, respectively. SEM: Standard Error of Mean; C: Combined; L: Linear; Q: Quadratic; IBW: Initial Body Weight, g; FBW: Final Body Weight, g; BWG: Body Weight Gain, g; EW: Egg Weight, g; EP: Egg Production, %; FI: Feed Intake, g/day/hen; FCR: Feed Conversion Ratio, g feed/g egg.

Table 5. Effects of BML powder on egg quality characteristics (n=40)

Parameters	Groups			SEM	P values		
	BML-0	BML-1	BML-2		C	L	Q
SI	79.32	78.80	79.53	0.233	0.421	0.724	0.206
YI	44.30	44.92	45.31	0.205	0.127	0.044	0.777
AI	9.16	9.52	9.59	0.120	0.295	0.148	0.557
HU	83.85	85.83	86.06	0.451	0.088	0.045	0.867
SW	7.05	7.09	7.03	0.048	0.877	0.849	0.634
ST	0.364	0.369	0.360	0.002	0.245	0.388	0.151
L^*	54.40	53.63	53.66	0.210	0.240	0.251	0.374
a^*	11.36	11.72	11.83	0.091	0.092	0.037	0.505
b^*	43.84	43.49	44.10	0.227	0.557	0.646	0.328

BML-0, BML-1, BML-2: Groups fed black mulberry powder added to basal diet at 0, 0.3, and 0.6 g/kg levels, respectively. SEM: Standard Error of Mean; C: Combined; L: Linear; Q: Quadratic; SI: Shape Index, %; YI: Yolk Index, %; AI: Albumen Index, %; HU: Haugh Unit, %; SW: Shell Weight, g; ST: Shell Thickness, μm ; L^* : Lightness; a^* : Redness; b^* : Yellowness.

Table 6. Effect of BML powder on yolk TBARS (n=18) and DPPH (n=18), cholesterol (n=10) values

Parameters	Groups			SEM	P values		
	BML-0	BML-1	BML-2		C	L	Q
TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg egg}$)	3.009 ^a	1.768 ^b	1.865 ^b	0.182	0.006	0.027	0.063
DPPH (%)	7.928	7.937	8.555	0.474	0.832	0.599	0.768
Cholesterol (mg/g)	12.70 ^a	11.45 ^b	11.16 ^b	2.407	0.015	0.007	0.299

a,b: The averages with different superscripts in the same row differ significantly ($P<0.05$).

BML-0, BML-1, BML-2: Groups fed BML powder added to basal diet at 0, 0.3, and 0.6 g/kg levels, respectively. SEM: Standard Error of Mean; C: Combined; L: Linear; Q: Quadratic; TBARS: Thiobarbituric acid reactive substances; DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

Although different levels of BML powder did not affect DPPH radical scavenging activity in yolk, it affected TBARS and cholesterol levels ($P<0.05$). It was determined that adding BML to the diet had a positive effect by reducing the yolk TBARS value and cholesterol level. In the polynomial analysis, linear and quadratic effects were significant found to be in terms of yolk TBARS and cholesterol ($P<0.05$). The decrease in TBARS in yolk is thought to originate from the antioxidant property of BML. The previous studies emphasized that the antioxidant properties of BML are high (Polumackanycz et al., 2021; Vukmirović et al., 2023). Johri et al. (2013), in their study,

associated the decrease in the cholesterol level of the yolk with the hypocholesterolemic effect of the mulberry leaf. Therefore, it is thought that the decrease in the cholesterol level of the yolk in the present study is because of the hypocholesterolemic effect of the black mulberry leaf. Lin et al. (2017) reported that mulberry leaf extract at different levels (0.5, 1, and 2%) decreased the serum MDA level. In another study, Zhang et al. (2022) determined that different mulberry leaf extract levels (0.4, 0.8, and 1.2%) reduced the cholesterol levels of eggs. Furthermore, Kamruzzaman et al. (2014) reported that different levels (3, 6, and 9%) of mulberry leaf meal reduced the cholesterol level in the

yolk. The results of the present study overlap with these studies.

CONCLUSION

BML powder at different levels (0.3 and 0.6 g/kg) in diets of laying hens did not significantly affect other parameters (performance, egg quality traits, and yolk DPPH % reduction), except TBARS and cholesterol level in yolk. It was determined that BML delayed lipid oxidation by decreasing MDA in the yolk. In addition, it was also determined that the BML powder reduced the cholesterol level in eggs compared to the control group. Given the findings of the present study, it was concluded that BML can be used to prevent lipid oxidation and obtain low-cholesterol eggs without negatively affecting performance parameters. However, it is thought that more comprehensive studies on BML would be beneficial.

ETHICS COMMITTEE PERMISSION

The Ethics Committee approval for this study was obtained from Ondokuz Mayıs University Animal Experiments Local Ethics Committee (2023/10).

REFERENCES

- Ali, B., Ameha, N., Girma, M. & Zeryehun, T. (2023). Effect of black cumin (*Nigella Sativa* L.) seeds as an additive on performance of white leghorn layers. *Nigerian Journal of Animal Science and Technology (NJAST)*, 6(1), 1-13.
- Al-kirshi, R., Alimon, A.R., Zulkifli, I., Sazili, A., Wan Zahari, M. & Ivan, M. (2010). Utilization of mulberry leaf meal (*Morus alba*) as protein supplement in diets for laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 9(3), e51.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists, AOAC International, Maryland, USA.
- Assi-Husain, H., Sadeghi, A. & Karimi, A. (2023). Effects of chicory, turmeric, artichoke and sage powder in high energy and low protein diets on yield, egg quality and fatty liver status in laying hens. *Animal Sciences Journal*, 36(138), 19-38.
- Bagno, O.A., Prokhorov, O.N., Shevchenko, S.A., Shevchenko, A.I. & Dyadichkina, T.V. (2018). Use of phytobiotics in farm animal feeding. *Agricultural Biology*, 53(4), 687-697.
- Butkhup, L., Samappito, W. & Samappito, S. (2013). Phenolic composition and antioxidant activity of white mulberry (*Morus alba* L.) fruits. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(5), 934-940.
- Cimrin, T. (2019). Thyme (*Thymbra spicata* L.), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and vitamin E supplementation of laying hens. *South African Journal of Animal Science*, 49(5), 914-921.
- Çufadar, Y. (2018). Effects of dietary different levels of rosemary essential oil on performance and eggshell quality parameters in laying hens. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3), 454-457.
- Duman, M., Şekeroğlu, A., Yıldırım, A., Eleroğlu, H. & Camcı, Ö. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde*, 80(117).
- Farivar, A. (2014). *Düşük ve yüksek deasetilasyon derecesine sahip kitosanın, yumurtacı tavuk rasyonlarında kullanımının verim, kalite ve fonksiyonellik üzerine etkisi*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye, 174s.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.G. & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191.
- Ghasemi, R., Zarei, M. & Torki, M. (2010). Adding medicinal herbs including garlic (*Allium sativum*) and thyme (*Thymus vulgaris*) to diet of laying hens and evaluating productive performance and egg quality characteristics. *Am J Anim Vet Sci*, 5(2), 151-154.
- Ghosh, T., Kumar, A., Sati, A., Mondal, B.C., Singh, S.K. & Kumar, R. (2020). Effect of dietary supplementation of herbal feed additives (black cumin, garlic and turmeric) in combination with linseed oil on production performance of white leghorn laying chickens. *J Entomol Zool. Stud*, 8(6), 478-482.
- Huang, Z., Dai, H., Jiang, J., Ye, N., Zhu, S., Wei, Q., Zengpeng, L. & Shi, F. (2022). Dietary mulberry-leaf flavonoids improve the eggshell quality of aged breeder hens. *Theriogenology*, 179, 177-186.
- IBM Corp. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Iskender, H., Yenice, G., Dokumacioglu, E., Kaynar, O., Hayirli, A. & Kaya, A. (2017). Comparison of the effects of dietary supplementation of flavonoids on laying hen performance, egg quality and egg nutrient profile. *British Poultry Science*, 58(5), 550-556.
- Jain, C., Khatana, S. & Vijayvergia, R. (2019). Bioactivity of secondary metabolites of various plants: A review. *Int. J. Pharm. Sci. Res*, 10(2), 494-504.
- Johri, S., Chauhan, K. & Chauhan, G. (2013). Studies on hypoglycemic and hypocholesterolemic effects of mulberry leaves. *Research Journal of Family, Community and Consumer Sciences*, 1(13), 14-17.
- Kamruzzaman, M., Khatun, M.A., Islam, M.S., Rahman, M.Z. & Yeasmin, T. (2014). Effect of dietary mulberry leaf meal on egg quality of laying hens. *Journal of Science and Technology*, 12(2), 17-21.
- Kılıç, B. & Richards, M.P. (2003). Lipid oxidation in poultry doner kebab: prooxidative and antioxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2), 686-689.
- Kılınç, G., Sezener, M.G. & Gülhan T. (2020). Yumurtacı tavuklarda hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill.) yaprak ekstraktının ince bağırsak mikroflorası ve bazı kan parametreleri üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(1), 91-99.
- Kılınç, G. (2023). The Effects of ashwagandha (*Withania somnifera*) root powder on performance, egg quality and yolk lipid oxidation in laying hens. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(1), 37-41.

- Kılınç, G., Yalçın, S. & Yalçın, S. (2023). Effects of supplemental dried wild leek (*Allium scorodoprasum* L. subsp. *rotundum*) leaves on laying performance, egg quality characteristics, and oxidative stability in laying hens. *Tropical Animal Health and Production*, *55*(3), 169.
- Lin, W.C., Lee, M.T., Chang, S.C., Chang, Y.L., Shih, C.H., Yu, B. & Lee, T.T. (2017). Effects of mulberry leaves on production performance and the potential modulation of antioxidative status in laying hens. *Poultry Science*, *96*(5), 1191-1203.
- Lokaewmanee, K., Yamauchi, K. & Okuda, N. (2013). Effects of dietary red pepper on egg yolk colour and histological intestinal morphology in laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *97*(5), 986-995.
- Lorenzo, J.M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F.J., Putnik, P., Kovačević, D.B., Shpigelman, A., Granato, D. & Franco, D. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, *106*, 1095-1104.
- Mansoub, N.H. (2011). Assessment on effect of thyme on egg quality and blood parameters of laying hens. *Annals of Biological Research*, *2*(4), 417-422.
- Mohammed, A.B., Abdulwahid, A.S. & Raouf, S.M. (2022). Effect of *Thymus vulgus* addition to the diet of laying hens on egg production, egg quality, biochemical and antioxidant parameters. *Adv. Anim. Vet. Sci.*, *10*(2), 427-433.
- Olteanu, M., Panaite, T., Ciurescu, G. & Diana Criste, R. (2012). Effect of dietary mulberry leaves on performance parameters and nutrient digestibility of laying hens. *Indian Journal of Animal Sciences*, *82*(8), 914.
- Panja, P. (2013). The effects of dietary mulberry leaves (*Morus alba* L.) on chicken performance, carcass, egg quality and cholesterol content of meat and egg. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, *10*(2), 121-129.
- Parizadian Kavan, B., Khosravinia, H., Karimirad, R. & Tavakolinasab, F. (2023). Effects of dietary supplementation of milk thistle and nettle essential oils on performance, egg quality, and hematological parameters in layer hens. *Poultry Science Journal*, *11*(1), 125-131.
- Pirgozliev, V., Rose, S.P. & Ivanova, S. (2019). Feed additives in poultry nutrition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *25*(1), 8-11.
- Placha, I., Gai, F. & Pogány Simonová, M. (2022). Natural feed additives in animal nutrition-Their potential as functional feed. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 1062724.
- Polumackanycz, M., Wesolowski, M. & Viapiana, A. (2021). *Morus alba* L. and *Morus nigra* L. leaves as a promising food source of phenolic compounds with antioxidant activity. *Plant Foods for Human Nutrition*, *76*, 458-465.
- Radojković, M., Moreira, M. M., Soares, C., Fátima Barroso, M., Cvetanović, A., Švarc-Gajić, J., Morais, S. & Delerue-Matos, C. (2018). Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from *Morus nigra* leaves: optimization and characterization of the antioxidant activity and phenolic composition. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, *93*(6), 1684-1693.
- Ryu, K.N., No, H.K. & Prinyawiwatkul, W. (2011). Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. *Journal of Food Science*, *76*(5), 325-329.
- Sánchez, M.D. (2000). World distribution and utilization of mulberry, potential for animal feeding. In *FAO electron. Conf. Mulberry animal prod.(Morus1-L)* (Vol. 111).
- Sandeep, K., Berwal, R.S. & Ravi, K. (2020). Effect of dietary supplementation of Ashwagandha root powder on production performance of laying hens. *Haryana Veterinarian*, *59*(2), 201-205.
- Sudha, G., Priya, M.S., Shree, R.I. & Vadivukkarasi, S. (2011). In vitro free radical scavenging activity of raw pepino fruit (*Solanum muricatum* aiton). *Int. J. Curr. Pharm. Res.*, *3*(2), 137-140.
- Şekeroğlu, A. & Altuntaş, E. (2009). Effects of egg weight on egg quality characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(3), 379-383.
- Tian, M., He, X., Feng, Y., Wang, W., Chen, H., Gong, M., Liu, D., Clarke, J.L. & van Eerde, A. (2021). Pollution by antibiotics and antimicrobial resistance in livestock and poultry manure in China, and countermeasures. *Antibiotics*, *10*(5), 539.
- TSI. (1991). Animal feeds-determination of metabolizable energy (Chemical method). TS9610.
- Washburn, K.W. & Nix, D.F. (1974). A rapid technique for extraction of yolk cholesterol. *Poultry Science*, *53*, 1118-1122.
- Vukmirović, S., Ilić, V., Tadić, V., Čapo, I., Pavlović, N., Tomas, A., Kusturica, M.P., Tomić, Maksimović, S. & Stilinović, N. (2023). Comprehensive analysis of antioxidant and hepatoprotective properties of *Morus nigra* L. *Antioxidants*, *12*(2), 382.
- Xue-dong, Z., You-gui, L., Lei, Z., Jing-hui, F., Shi, Z., Qing-hai, L. & Li-feng, L. (2013). Effect of dietary mulberry leaves on productive performance, egg quality and blood biochemistry in laying hens. *Animal Husbandry and Feed Science*, *5*(2), 79.
- Yigit, D., Akar, F., Baydas, E. & Buyukyildiz, M. (2010). Elemental composition of various mulberry species. *Asian Journal of Chemistry*, *22*(5), 3554.
- Yitbarek, M.B. (2015). Phylogenics as feed additives in poultry production: a review. *International Journal of Extensive Research*, *3*, 49-60.
- Yu, C., Wei, J., Yang, C., Yang, Z., Yang, W. & Jiang, S. (2018). Effects of star anise (*Illicium verum* Hook. f.) essential oil on laying performance and antioxidant status of laying hens. *Poultry Science*, *97*(11), 3957-3966.
- Zhang, H., Ma, Z.F., Luo, X. & Li, X. (2018). Effects of mulberry fruit (*Morus alba* L.) consumption on health outcomes: A mini-review. *Antioxidants*, *7*(5), 69.
- Zhang, B., Wang, Z., Huang, C., Wang, D., Chang, D., Shi, X., Chen, Y. & Chen, H. (2022). Positive effects of mulberry leaf extract on egg quality, lipid metabolism, serum biochemistry, and antioxidant indices of laying hens. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 1005643.



Spatio-temporal Distribution and Population Dynamics of the Red Mullet *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 from the South-east Black Sea

Hatice ONAY* Göktuğ DALGIÇ Yusuf CEYLAN

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing Technology, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 19.10.2023

Kabul/Accepted: 18.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Onay, H., Dalgıç, G. & Ceylan, Y. (2023). Spatio-temporal Distribution and Population Dynamics of the Red Mullet *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 from the South-east Black Sea. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 720-727. <https://doi.org/10.35229/jaes.1378446>

Atıf yapmak için: Onay, H., Dalgıç, G. & Ceylan, Y. (2023). Güneydoğu Karadeniz’ de Barbun (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) Balığının Mekansal-Zamansal Dağılımı ve Popülasyon Dinamiği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 720-727. <https://doi.org/10.35229/jaes.1378446>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-3463-7360>

ID: <https://orcid.org/0000-0001-8619-6160>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-7513-4957>

*Corresponding author:

Hatice ONAY

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing Technology, Rize, Türkiye

✉: hatice.bal@erdogan.edu.tr

Abstract: A total of 2930 *Mullus barbatus* individuals collected from the southeastern Black Sea coast between March 2017 and April 2018 were studied for growth, mortality rates and distribution according to depth and season. *M. barbatus* is abundant along of 30-45 m depth in winter. Von Bertalanffy growth parameters for all individuals were calculated as $L_{\infty}=28.19$ cm, $K=0.16$ years⁻¹, $t_0=-0.144$ years. The maximum age was detected 5 years. Natural mortality, total mortality and fishing mortality exponent coefficients were calculated as 0.33 year⁻¹, 1.001 year⁻¹ and 0.67 year⁻¹, respectively. The exploitation rate of the population was determined as 0.66 year⁻¹. Due to the exploitation rate is above 0.5, it can be said that there is a high fishing pressure on the stock.

Keywords: Black sea, exploitation rate, fish population, mortality, mullidae.

Güneydoğu Karadeniz’ de Barbun (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) Balığının Mekansal-Zamansal Dağılımı ve Popülasyon Dinamiği

*Sorumlu yazar:

Hatice ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Rize, Türkiye.

✉: hatice.bal@erdogan.edu.tr

Öz: Mart 2017 ile Nisan 2018 arasında Karadeniz’in Güneydoğu sahilinden toplamda 2930 *Mullus barbatus* bireyi büyüme, ölüm oranları ve derinlik ile mevsime göre belirlenen dağılımları açısından incelenmiştir. *M. barbatus* kış aylarında 30-45 m derinliklerinde daha bol miktarda bulunduğu belirlenmiştir. Tüm bireyler için Von Bertalanffy büyüme parametreleri $L_{\infty}=28,19$ cm, $K=0,16$ yıl⁻¹, $t_0=-0,144$ yıl olarak hesaplanmıştır. Maksimum yaş 5 olarak tespit edilmiştir. Doğal ölüm, toplam ölüm ve avcılık ölüm oranları üssü katsayıları sırasıyla 0,33 yıl⁻¹, 1,001 yıl⁻¹ ve 0,67 yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Popülasyonun sömürülme oranı 0,66 yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sömürülme oranı 0,5’in üzerinde olduğu için, stok üzerinde yüksek bir av baskısı olduğunu söyleyebiliriz.

Anahtar kelimeler: Balık popülasyonu, karadeniz, mullidae, ölüm oranı, sömürülme oranı.

INTRODUCTION

The red mullet, which belongs to the Mullidae family, is a benthic species that lives mostly on the sandy and muddy bottom of the continental shelf and is widespread throughout the Mediterranean Sea. (Hureau, 1986; Özbilgin et al., 2014). In the Black Sea in the last four decades, the environmental pollution observed and the climate change (Bat et al., 2018), fishing pressure and the presence of alien species have caused important changes in fish stocks and biodiversity (Mee, 1992). These changes in the Black Sea

ecosystem have also negatively affected Turkish overall fisheries. The production of red mullet in 1989 in Turkey rise to 8833 tonnes, while it was determined to be 1569 tonnes in 2018 (TUİK, 2019). Red mullet is one of the most important target species in fishing with active (bottom trawl) and passive (trammel, gill nets) fishing gears along the Black Sea coastline. Information about fish age, development and growth is a cornerstone for fishery research and management (Magnifico, 2007). A more comprehensive evaluation is required in order to assess food preferences, migratory behaviour, habitats for larvae, juveniles and adults,

reproduction patterns, the age structure of stock, age at maturity, sex ratio, natural mortality rate, fishing mortality rates, as well as estimate the total number or weight of individuals in the stock. (Wallace & Fletcher, 2001). Several aspects of red mullet biology including reproduction, age and growth (Samsun, 1990; Samsun & Özdamar, 1995; Şahin & Akbulut, 1997; Genç et al., 1998; Genç, 2000; Genç et al., 2002; Özbilgin et al., 2014; Arslan and İşmen, 2014; Süer, 2008; Aksu et al., 2011; Reşat, 2013; Süer, 2016; Yıldız & Karakulak, 2016; Carbonara, 2017) and distribution (Tserpes et al., 2002; Gönener & Bilgin, 2006; Gönener & Bilgin 2010; Yalçın & Gurbet, 2012; Yıldız & Karakulak, 2016; Gönener & Özdemir, 2013) have been studied but information on its bathymetric distribution and movements according to depth ranges is limited.

Depth and sediment types are the dominant factors in demersal fish forming community in certain regions. It was examined the seasonal changes in the distribution pattern of red mullet in the Southeast Black Sea in this study. In order to determine factors such as maturation and seasonal timing and direction of fish movement, the research survey data on red mullet distribution, maturity, sex, age, size, biomass and abundance were compared with depth and temperature.

MATERIAL AND METHOD

Samples were collected monthly between March 2017 and April 2018 at Rize coast in the south-eastern Black Sea onboard the *R/V Karadeniz Araştırma* by using a bottom trawl with a cod-end mesh size of 12 mm. Depth range of the fishing ground was 0-30 m - 30-45 m and 45-60+ m. Towing speed varied between 2.5 and 3.5 knots, and towing duration was limited to 30 min for all hauls. Fishing took place within an area defined by the following coordinates: 40°59'29"N/40°19'52"E; 40°59'57"N/40°18'50"E; 41°01'32"N/40°22'53"E; 41°02'10"N/40°22'04"E (Fig 1). A total of 38 hauls were taken.

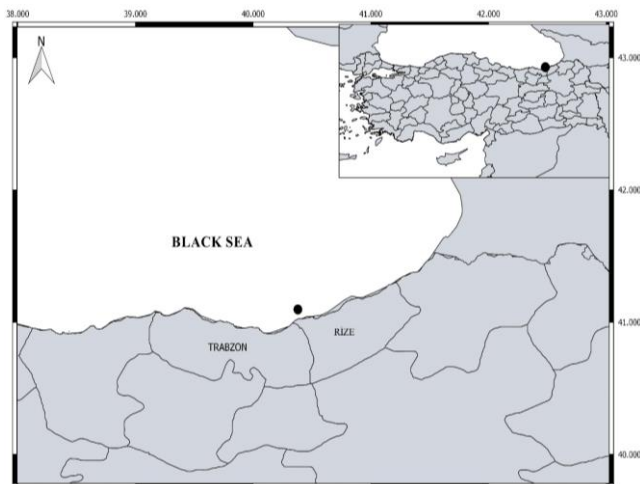


Figure 1. Study area (İyidere coasts of Rize).

At the end of the operation the catch was taken to the deck and classified. First, the species with a small number of individuals were separated from the general catch, and then the sub-sampling was made from the target species, red mullet, by random sampling method. The sampled research material was transported to the laboratory in plastic containers to examine other biological data. A total of 2930 samples (1514 females, 1416 males) were taken to the laboratory and were measured (total length (*TL*)), weighed and sexed. The *TL* of each red mullet was measured with to the nearest of 1 mm. Specimens were weighed (wet weight) on a balance with to the nearest of 0.001 g. In addition, sea water temperature and depth parameters were measured using STAR ODDI device connected to the trawl net with steel wire. For age determination, otoliths of 2930 (1514 females, 1416 males) fish were removed and cleaned from blood and tissues, and then stored in containing 70% of ethanol in eppendorf tubes. The number of transparent and opaque zones of sagittal otoliths was counted using a Nikon SMZ1000 mark stereomicroscope at a magnification between $\times 0.8$ and $\times 8.0$ interfaced with a Nikon DSF11 digital camera connected to a computer using reflected light. Monthly size–frequency distributions for both sexes were calculated according to 1 cm length-class intervals. Size–frequency distribution analysis for females and males was conducted the Mann-Whitney U test by using with the SIGMA plot 12.0 program. Comparison of the mean *TL* between females and males was performed using t-test. Statistical analyses were considered significantly different at the level of $p < 0.05$. The sex-ratio of the red mullet was analysed using a χ^2 test. Least squares regression analysis with MS Excel software was used to calculate the *L/W* relationship parameters (Huxley 1924). The *L/W* relationship was estimated as: $W = a TL^b$, where *W* is the body weight (g), *TL* is the total length (cm), *a* is the intercept, and *b* is the slope of the regression line. For comparison of the difference of slope value from $b=3$ both females and males, Pauly's t-test was performed (Pauly, 1984). Von Bertalanffy growth equations are used to calculate the growth in length and weight (King, 1995; Sparre & Venema, 1998). Calculation of Von Bertalanffy Growth Equation (VBGE) parameters is made by the following formula of age-length relation $L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$ which was explained in Ford-Walford method of (Sparre & Venema, 1998). In the formula *t* is time (age), *L_t* is length at age *t* (cm), *L_∞* is asymptotic *TL* to the red mullet growth (cm), *K* is the growth rate parameter (year⁻¹), *t₀* is the theoretical age when fish would have been at zero *TL*. Growth performance comparisons were made using the growth performance index (*Ø*) which is preferred rather than using *L_∞* and *K* individually (Pauly & Munro, 1984) and was computed as: $\text{Ø} = \log(K) + 2\log(L_\infty)$. In the study, the total mortality rate (*Z*) was calculated according to the formula below, which was created by

making use of the mean size of the fish (Beverton and Holt, 1957): $Z=K \cdot (L_{\infty}-L) / (L-L')$ where Z =Total mortality rate, K =Growth factor (year^{-1}) L_{∞} =Asymptotic length of fish (cm), L =mean length of fish used in growth constants, L' = the smallest length of fish that are fully represented in catch samples. The natural mortality factor (M) was calculated according to by (Pauly 1980), using growth parameters calculated from age data. In this equation, the average temperature of the habitat in which red mullet lives is taken as 15.2 °C. The following formula was used: $M=0.8 \exp (-0.0152-0.279 \ln(L_{\infty}) +0.6543 \ln(k)+0.463 \ln(T))$, where M = natural mortality factor (year^{-1}) L_{∞} =Asymptotic length of fish (cm) K =Growth factor (year^{-1}) T =Annual average temperature of habitat (°C). The exploitation rate (E) is calculated by the ratio of the fishing mortality rate (F) to the total mortality factor (Z). Fishing mortality factor (F) was calculated by $F=Z-M$; $E=F/Z$, Z =Total mortality rate (year^{-1}), M =Natural mortality rate (year^{-1}), F =Fishing mortality rate (year^{-1}), E =exploitation rate. If the E value is greater than 0.5, which means that the fishing pressure on the population is high and that it is equal to 0.5 means that fishing is at the optimum level (Pauly, 1983).

Seasonal and Bathymetric Distribution-Catch per Unit Effort (CPUE): The data obtained from the shootings were standardized as catch per unit time (CPUE-kg/hour). The following equation was used when calculating the amount of CPUE (Pauly, 1980); Cw/t (kg/h) where is

Cw =the weight of the catch in a haul (kg), t =haul time of trawl net (hour). With the SIGMA plot 12.0 program, CPUE values of according to depth and seasons (Two Way Analysis of Variance) were tested with Twoway ANOVA. All pairwise multiple comparison produres (Tukey test) were made.

RESULTS

Population Structure: A total of 2930 red mullet (1514 females, 1416 males) were captured between March 2017 and April 2018. TL of females varied between 5.6 and 23.6 cm (average 12.76 ± 0.077 cm) and TL of males varied between 5.2 and 20.1 cm (average 11.05 ± 0.061 cm). There was no statistically significant difference between average TL of the females and males (t test: $P > 0.05$). In addition, the difference between length frequency distributions of female and male individuals was found to be statistically insignificant (Mann-Whitney test $U = 154.0$, $P < 0.05$) Overall length frequency distribution is presented in Figure 2.

The monthly length frequency distribution is presented in Figure 3. For fishing, the minimum permitted fish length is 13 cm for red mullet in Turkey. The 68.5% of fish caught for this study were found to be below 13 cm. Especially in the autumn period (after September), much more fish which are under 13 cm were sampled.

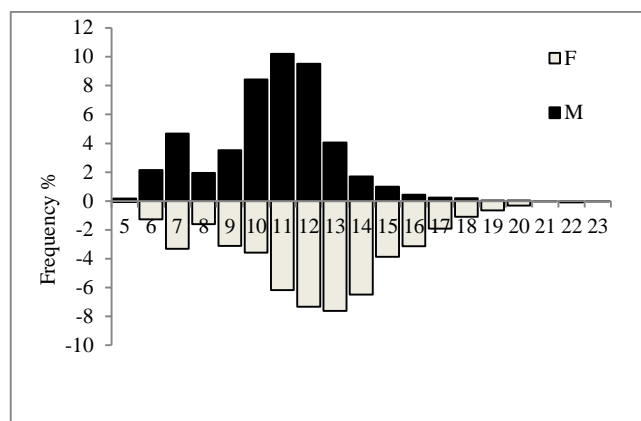


Figure 2. Overall length frequency of red mullet individuals.

According to growth models, L_{∞} value was calculated to be higher in females than males. This value was determined to be 28.08 cm in females and 23.49 cm in males. The growth factor (K) value calculated for male individuals was found higher than females. K value was calculated between 0.160 years^{-1} in females and 0.225 years^{-1} in males. The growth performance index (Φ') value calculated using the parameters calculated by growth models (L_{∞} and K) was determined to be 2.103 for females and 2.095 for males (Table 1).

Table 1. Growth model parameters of *M. barbatus* individuals, L_{∞} = asymptotic length, K = growth factor, t_0 = age when fish length is theoretically zero, W_{∞} = asymptotic weight, parameter, Φ' = growth performance index.

Parameter	L_{∞}	k	t_0	W_{∞}	Φ'
Total	28,19	0,161	-0,144	245,01	2,109
Female	28,08	0,160	-0,247	247,76	2,103
Male	23,49	0,225	-0,750	127,92	2,095

The female/male ratio (1.06: 1) was in favour of females so, sex ratio difference was statistically insignificant in analysed samples ($\chi^2=3.278$ $P < 0.005$). The oldest individual was found to be 5 years old for both females and males. The dominant age group was found to be 2 years old (31.24%) in females and 1 year old (52.68%) in males (Fig. 4). Otoliths of a total of 2930 red mullet (1514 females and 1416 males) were removed and aged successfully from sagittal otoliths. The oldest individual was found to be 5 years old for both females and males.

The results from otolith readings are given in table 2. The relationship between the total length-weight values obtained from red mullet individuals was calculated as follows; Female: $W=0.0048L^{3.2535}$ ($r^2=0.9838$), Male: $W=0.0055L^{3.1851}$ ($r^2=0.9722$). According to the t-test applied, it was observed that this species showed a positive allometric growth in the research area ($P < 0.05$). The total mortality rate ($Z \text{ year}^{-1}$ 1.001) and natural mortality rate ($M \text{ year}^{-1}$ 0.33) were determined through the initial catch length of the red mullet population then fishery mortality rate ($F \text{ year}^{-1}$ 0.67) and exploitation rate ($E \text{ year}^{-1}$ 0.66) were calculated from those data obtained.

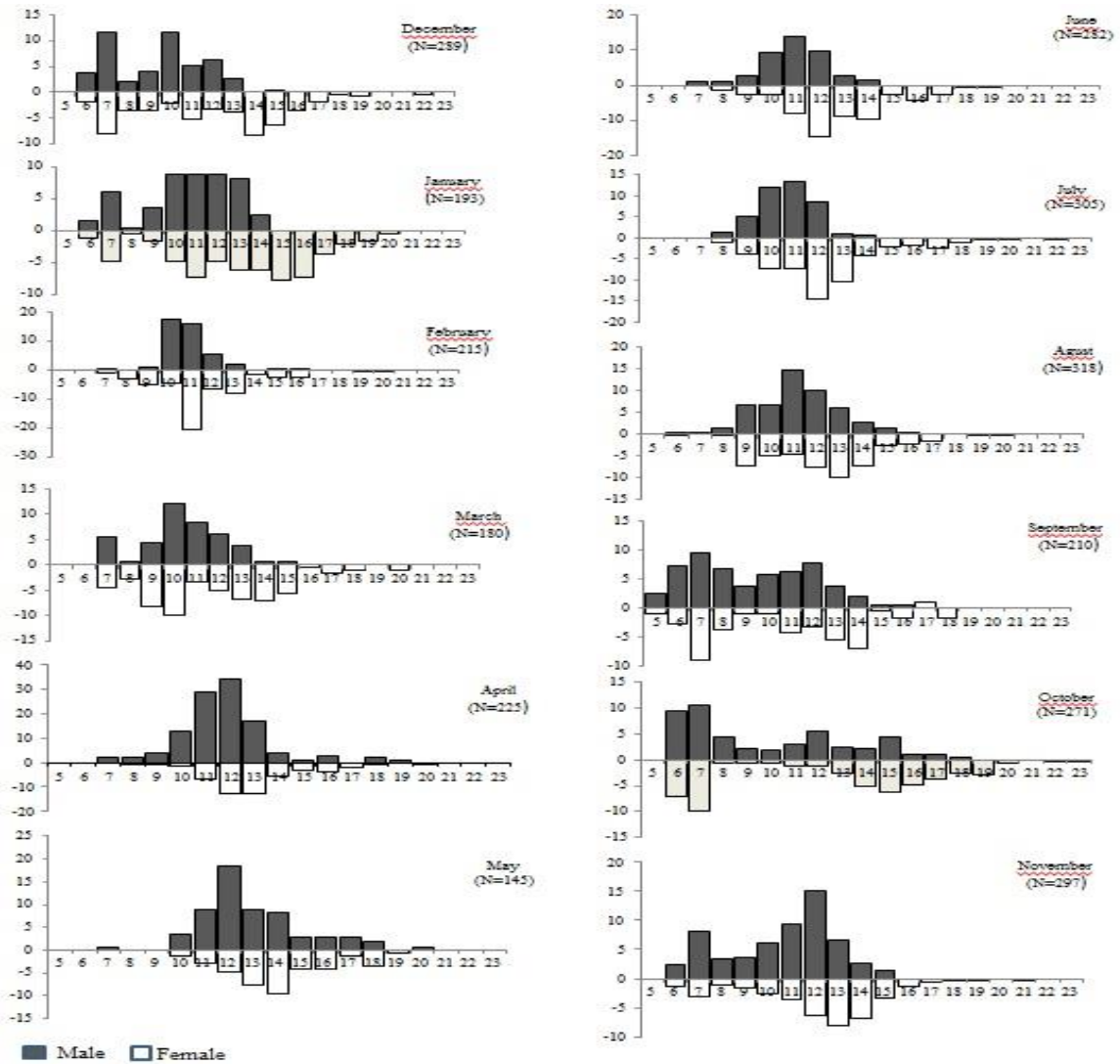


Figure 3. Monthly length frequency distribution of red mullet individuals according to sex.

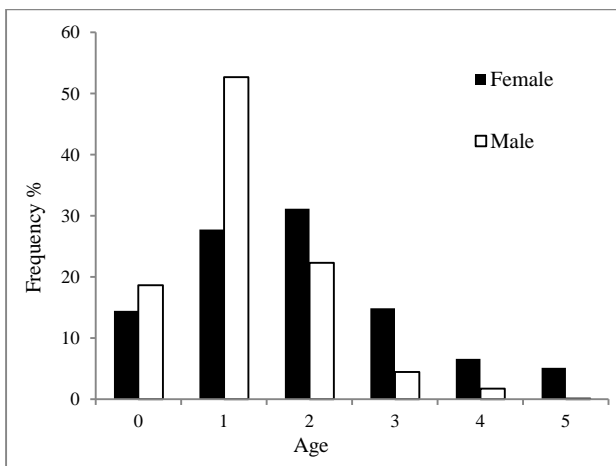


Figure 4. Age composition of male and female red mullet individuals.

Seasonal and Bathymetric Distribution-Catch per Unit Effort: In 38 experimental operations carried out during the study, was swept and a total catch of 875.04 kg of red mullet were caught. The highest CPUE value was observed in the winter season when the temperature is low (Fig. 5).

Table 2. Red mullet age-length key for all individuals.

Total Length (cm)	Age groups											Total	
	Female					Male							
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	5		
5	2						5					7	
6	37						63					100	
7	97						137					234	
8	47						57					104	
9	36	55					2	101				194	
10		105						247				352	
11		181						299				480	
12		79	136					99	180			494	
13			223							114	5	342	
14			113	77						22	28	240	
15				113						25	4	142	
16				35	57					5	8	105	
17					43	13						63	
18						32					6	38	
19						19						1	20
20						9						1	10
21						1						1	
22						3						3	
23						1						1	
Total	219	420	472	225	100	78	264	746	316	63	25	2	2930

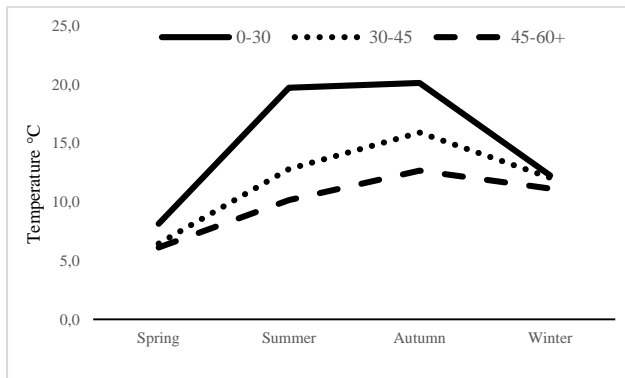


Figure 5. Seasonal temperature change during the sampling period.

The amount of catch caught per unit time (*CPUE*-*kg/hour*) from the catch data was 28.95 *kg/hour* in spring, 27.58 *kg/hour* in summer, 59.76 *kg/hour* in autumn, and 68.59 *kg/hour* in winter (Fig. 6). According to the calculations, for all over the experimental period it was found as 49.04 *kg/h* at 0-30 *m* depth, 65.36 *kg/h* at 30-45 *m* depth and 32.42 *kg/h* at 45-60+ *m* depth. The lowest *CPUE* value of red mullet individuals were determined in spring (April), and the highest *CPUE* value was determined in winter (January). (Fig. 6).

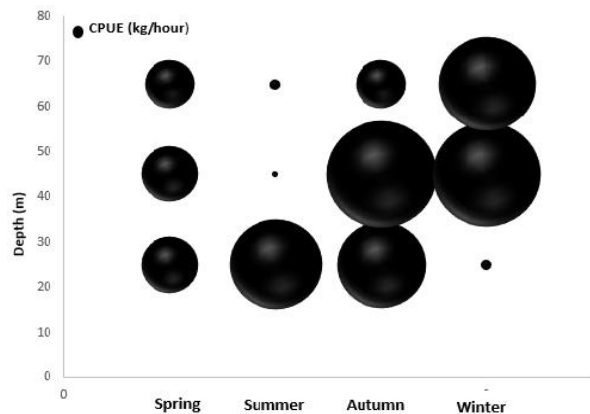


Figure 6. *CPUE* values of red mullet individuals according to depth and seasons.

The lowest temperatures detected throughout the year were measured in winter and spring seasons. Accordingly of *CPUE* there was a statistically significant interaction between seasons and depth ($p < 0.05$). It was found the differences on *CPUE* value between 0-30 *m* and 45-60+ *m* depths in autumn. Also, there were differences on *CPUE* value between 30-45 and 45-60+ *m* depths in autumn. In winter, the differences were observed only between 0-30 *m* and 45-60+ *m*. Considering all seasons, there were differences when the depth was changed. Between spring and autumn, *CPUE* value was different at 0-30 *m* depth. Between winter and autumn, *CPUE* value was different at 0-30 *m* depth. Between summer and autumn, *CPUE* value was different at 30-45 *m* depth. The red mullet was found at all depths in the spring, however the red mullet got close to the shore in summer. Then, it

was observed that the red mullet started to move deeper in autumn. In the winter, it was seen that red mullet completely moved away from the shore and gone deeper side (Fig. 6).

DISCUSSION AND CONCLUSION

Population Structure: Considering the studies (Aksu et al., 2011; Aydın & Karadurmuş, 2013; Genç, 2000; Reşat, 2013; Samsun, 1990; Süer, 2008; Süer, 2016; Yıldız & Karakulak, 2016; Zengin et al., 2011) which are conducted in Black Sea, it is seen that the length range and mean length values are compatible with this study. A study (Süer, 2016) reported that the length range was between 4.2 and 18.5 cm and also mean length was 8.42 cm. Another study (Reşat, 2013), reported that length range was between 4.8 and 23.3 cm and mean length 9.78 cm. However, when looking at the smallest lengths and mean lengths recorded, it can be said that stock of red mullet is extremely vulnerable in terms of sustainability. It is believed that the reason that creates the differences between the length data is due to the different fishing gear used in the studies. Length-weight relationship parameters were calculated separately for males, females and all individuals. In current studies, all individuals display different length-weight relationships and also display positive allometric growth. The results obtained in our study are similar to other studies (Ak, 2009; Ak et al., 2009; Genç, 2000; Genç et al., 2002; Samsun & Erkoyuncu, 1992; Samsun & Özdamar, 1995; Samsun, 1990; Süer, 2008; Süer, 2016; Yıldız & Karakulak, 2016). However, some studies (Aksu et al., 2011; Samsun & Erkoyuncu, 1992) reported negative allometric growth. Sex ratio was in favor of the female. Female individuals seem to be dominant throughout the year. The previous studies in the Black Sea generally showed a situation in favor of females (Samsun, 1990; Samsun & Özdamar, 1995; Genç, 2000; Genç et al., 2002; Ak, 2009; Reşat, 2013; Süer, 2016; Yıldız & Karakulak, 2016), this situation is similar with our study. However, other studies had different situation (Süer, 2008; Şahin & Akbulut, 1997) which indicated sex ratio was in favor of the male. The reason for this situation may be that the size distribution range in males is narrower than that of females. In other words, there are only female individuals in a certain length range and this explains that females are dominant in all sampling. The dominant ages were determined as 1, 2 and 0 in the age-frequency distribution, respectively. Studies have reported that the dominant age groups were 1, 2, 3 (Samsun, 1990; Şahin & Akbulut, 1997; Süer, 2008; Süer, 2009; Aydın & Karadurmuş, 2013; Yıldız & Karakulak, 2016; Samsun, 2017; Yılmaz et al., 2019). The highest maximum age was reported as 9 only by (Genç, 2000). After this study, in some studies

conducted in different years, the maximum age of 7 was determined, but the number of individuals determined at the age of 7 is quite low (Aydın & Karadurmuş, 2013; Süer, 2008; Süer, 2016). In some recent studies, it has been reported that the maximum age is 4 (Yıldız & Karakulak, 2016; Samsun, 2017; Yılmaz et al., 2019). Thus, our findings and some study indicates that there is a decline in the maximum age. Researchers reported that a population dominated by young individuals could not be in balance because of the withdrawal of older age groups due to fishing and population fluctuations may occur due to varying growth rates (Berkeley, 2004; Anderson et al., 2008). Considering this situation, it can be said that red mullet fishery is in danger in terms of sustainability. In the comparison between the sexes, it was seen that males and females exhibit different growth characteristics. Males grow faster than females and reach their maximum length at an earlier age. A study (Jennings et al., 1999) reported that the growth rate in populations which is under prolonged fishing pressure study, the K values were higher and the L_{∞} length was lower for males. However, considering all studies, it is thought that the difference of L_{∞} value may be related to the wider or narrower length range in the studies. The reason for the change of K value according to years and regions may be due to the different length composition of the fish studied, age composition, biotic (prey-predator relationship, genetic variation) and abiotic (such as temperature, salinity) environmental factors. In population dynamics studies and can be used to compare growth under the influence of different environmental factors. In addition, the growth performance index is an index used to compare previous studies in the same region (Pauly, 1991). In our study, the (\emptyset) value calculated for females was slightly higher than males thus females grew slightly faster than males. Also, considering the studies conducted (Aksu et al., 2011; Genç, 2000; Genç et al., 2002; İşmen et al., 2000; Samsun & Erkoyuncu, 1992; Samsun & Özdamar, 1995; Süer, 2008; Süer, 2016; Şahin & Akbulut, 1997; Yıldız & Karakulak, 2016) in the Black Sea, it is similar our study (No significant difference found with T test, $p < 0.05$). But (Süer, 2008) and (Aksu et al., 20011) report the differences in index values. The reason for this difference may be due to the of different fishing gear. If the exploitation rate is higher than 0.5, it means that the fishing pressure on the population is high and if it is equal to 0.5, it means that fishing is at an optimum level (Pauly, 1983). This may be due to the fact that the fishing mortality rate calculated in previous studies (Aksu et al., 2011; Genç, 2000; Genç et al., 2002; Samsun, 1990; Süer, 2016; Yıldız & Karakulak, 2016) in the Black Sea varies from year to year and this is due to different fishing pressures by years, the strength of the year class according to years, and therefore different biotic and

abiotic factors that control the growth characteristics of new individuals. In addition, wide length composition positively effects on breeding success and egg production and can be more resistant to environmental damage and hence mortality rates may be affected (Karkach, 2009).

Seasonal and Bathymetric Distribution-Catch per Unit Effort (CPUE): A study (Genç, 2000) stated that the amount of biomass of red mullet in the Black Sea, depends on the season and depth. The author reported that the highest amount of catch was at a depth of 50-100 m in winter and 0-20 m in summer. Another study (Zengin et al., 2011) which contains sampling throughout the year, stated that the red mullet was determined in every season and the most abundant seasons were winter, autumn and then spring. (Gönener & Bilgin, 2006), It was also calculated the amount of fish per unit area at two different depths (<75 and > 75 m) and reported that there was a higher amount of catch at a depth of <75 m . It was calculated the highest fishing values in October and December. Another study (Süer, 2016) calculated the quantity of red mullet per unit area and unit time according to season and depth. Author determined the highest values in autumn and then in winter. The unit determined the highest amount of biomass at a depth of 0-30 m depending on the depth. With the studies carried out in the Black Sea and this study, it was determined that the red mullet was abundant, and the depths were similar, but it was observed that there were differences between amounts. It is thought that the differences between these studies may be due to the fishing gear and the method used. Another study (Yalçın, 2009) in the Aegean Sea, reported the highest catch amount in winter, followed by spring, autumn, and summer. This study also stated that fish abundance at low temperatures is higher depending on the temperature. Another study (Yalçın & Gurbet, 2012) in the Aegean Sea, reported that the red mullet was found in shallow waters less than 60 m depth. It also reported that red mullet was the most abundant at a depth of 30-60 m and at a temperature of 16.5-19 °C. In addition, it stated that the highest amount depending on the season, was intense in autumn (September) and winter. Another study (Tserpes et al., 2002), in the Mediterranean, reported the highest amount of fish depending on the depth is between 50-100 m . The result of mentioned studies are similar with our results. Conclusion, this study showed that the species of red mullet distribution in coastal waters, is depending on environmental parameters.

FUNDING

This work was supported by Research Fund of Recep Tayyip Erdogan University. Project Number: FDK-2017- 754.

CONFLICTS OF INTEREST/ COMPETING INTERESTS

The authors declare that they have no conflict of interest. This article does not contain any studies involving animals or human participants performed by any of the authors.

ACKNOWLEDGEMENTS

We appreciate the crew members of the Karadeniz Araştırma Vessel and MSc Erhan Ozturk and Muhammet Emanet for their help in laboratories.

REFERENCES

- Ak, O. (2009).** *Fish egg and larvae distribution with egg production and distribution of economic demersal fishes whiting (*Merlangius merlangus euxinus nordmann, 1840*) and red mullet (*Mullus barbatus ponticus, Ess. 1927*) in Trabzon coast.* Doctoral Thesis. Atatürk University, Erzurum, p 244.
- Ak, O., Kutlu, S. & Aydın, I. (2011).** An Investigation on fish fauna by bottom trawled in Trabzon coast (East Black Sea). *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(2), 99-106.
- Ak, O., Kutlu, S., Genç, Y. & Haliloglu, H.I. (2009).** Length frequency, length-weight relationship and sex ratio of the whiting, *Merlangius merlangus* in the Black Sea, Turkey. *Journal of Social Sciences Institute*, 11(2), 37-43.
- Aksu, H., Erdem, Y., Özdemir, S. & Erdem, E. (2011).** Estimation of some population parameters of red mullet (*Mullus ponticus*, Essipov, 1927) caught in the Black Sea. *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(4), 345-353.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N. & Clarke, K.R. (2008).** PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Arslan, M.İ. & İşmen, A. (2014).** Age, growth, reproduction and feeding of *Mullus barbatus* in Saros Bay (North Aegean Sea). *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 20(3), 184-199.
- Aydın, M. & Karadurmuş, U. (2013).** An investigation on age, growth and biological characteristics of red mullet (*Mullus barbatus ponticus*, Essipov, 1927) in the Eastern Black Sea. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 12(2), 277-288.
- Bat, L., Öztekin, A., Şahin, F., Arıcı, E. & Özsandıkçı, U. (2018).** An overview of the Black Sea pollution in Turkey. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 1(2), 67-86.
- Berkeley, S.A., Hixon, M.A., Larson, R.J. & Love, M.S. (2004).** Fisheries sustainability via protection of age structure and spatial distribution of fish populations. *Journal of FisheriesSciences.com*, 29(8), 23-32. DOI: 10.1577/1548-8446(2004)29[23:FSVPOA]2.0.CO;2
- Beverton, R.J.H. & Holt, S.J. (1957).** On the Dynamics of Exploited Fish Population. Ministry Agriculture and Fisheries, ISBN 978-94-011-2106-4, pp 515.
- Carbonara, P., Intini, S., Kolutari, J., Joksimović, A., Milone, N., Lembo, G., Casciaro, L., Bitetto, I., Zupa, W., Spedicato, M.T. & Sion, L. (2018).** A holistic approach to the age validation of *Mullus barbatus* L., 1758 in the Southern Adriatic Sea (Central Mediterranean). *Scientific Reports*, 8, 3219. DOI: 10.1038/s41598-018-30872-1
- Genç, Y. (2000).** *Population parameters and bio-ecological features of the red mullet (*Mullus barbatus ponticus*, Ess. 1927) Stocks from the eastern Black Sea coast of Turkey.* PhD thesis, Karadeniz Technical University, Turkey. pp 182.
- Genç, Y., Mutlu, C., Zengin, M., Aydın, İ., Zengin, M. & Tabak, İ. (2002).** Result report of the effect of fishing power in the Eastern Black Sea on demersal fish stocks, Trabzon, Fisheries Central Research Institute, Project No: TAGEM/IY/97/17/03/006, p 114.
- Genç, Y., Zengin, M., Bahar, S., Tabak, İ., Ceylan, B., Çiftçi, Y., Üstündağ, C., Akbulut, B. & Şahin, T. (1998).** Economic seafood research project, Trabzon, Fisheries Central Research Institute, Project No: TAGEM/IY/96/17/3/001, pp 127.
- Gönener, S. & Bilgin, S. (2006).** The distribution and biomass of catchable fish caught by commercial bottom trawl in the Black Sea (Sinop-İnceburun region). *Turkish Journal of Science and Technology*, 18(3), 305-312.
- Gönener, S. & Bilgin, S. (2010).** The distribution and biomass of catchable fish caught by commercial bottom trawl in the Black Sea (Sinop-İnceburun region). *Journal of FisheriesSciences.com*, 4(3):195. DOI: 10.3153/jfsc.com.2010021
- Gönener, S. & Özdemir, S. (2013).** The distribution and biomass of catchable fish caught by commercial bottom trawl in the Black Sea (Sinop-İnceburun region). *Journal of FisheriesSciences.com*, 7(2), 125-140. DOI: 10.3153/jfsc.com.2013014
- Hureau, J.C. (1986).** Mullidae. In: Whitehead, P.J.P. Bauchot M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J., Tortonese, E. (eds) *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, Vol 2. UNESCO, Paris, pp 877-882.
- Huxley, J.S. (1924).** Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, 14, 896-897.
- İşmen, A., Yıldırım, Y. & İşmen, P. (2000).** Growth characteristics and reproductive biology of red mullet (*Mullus barbatus*, L. 1758) in the Eastern Black Sea. *Fisheries Symposium*, Sinop, pp. 342-356.
- Jennings, S., Greenstreet, S.P.R. & Reynolds, J.D. (1999).** Structural change in an exploited fish community: A consequence of differential fishing effects on species with contrasting life histories. *Journal Animal Ecology*, 68(3), 617- 627.

- Karkach, A.S. (2006).** Trajectories and models of individual growth. *Demographic Research* **15**, 347-400.
- King, M. (1995).** Fisheries biology, assessment and management. fishing news book Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford, p 341.
- Magnifico, G. (2007).** New insights into fish growth parameters estimation by means of length-based methods. Ph.D. Thesis in Evolutionary Biology and Ecology XIX cycle University of Rome "Tor Vergata" pp 202.
- Mee, L.D. (1992).** The Black Sea in crisis. A need for concerted international action. *Ambio*, **21**, 278-286.
- Özbilgin, H., Tosunoglu, Z., Bilecenoglu, M. & Tokac, A. (2004).** Population parameters of *Mullus barbatus* in Izmir Bay (Aegean Sea), using length frequency analysis. *Journal Applied Ichthyology*, **20**, 231-233.
- Pauly, D. (1984).** Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. Makati, Metro, Manila, Philippines. ICLARM Contribution, no. 143, pp 325.
- Pauly, D. & Munro, J.L. (1984).** Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, **2**(1), 21.
- Pauly, D. (1980).** A selection of simple methods for assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries Circulars, No: 729, p 54.
- Pauly, D. (1983).** Length-converted catch curves, a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). *ICLARM Fishbyte*, **1**(2), 9-13.
- Pauly, D. (1991).** Growth performance in fishes: rigorous description of patterns as a basis for understanding causal mechanisms. *Aquabyte*, **4**, 3-6.
- Reşat, H. (2013).** Determination of some reproduction characteristics of the whiting (*Merlangius merlangus*) and red mullet (*Mullus barbatus*) that captured in region Sinop. Msc Thesis, Sinop University Türkiye, Sinop, pp 65.
- Samsun, O. & Erkoyuncu, İ. (1992).** Investigation of various characteristics of fishery biology of red mullet (*Mullus barbatus ponticus* Ess.1927) caught by trawl in the Middle Black Sea. XI. *National Biology Congress*, p. 335- 338.
- Samsun, O. & Özdamar, E. (1995).** Estimation of some population parameters of red mullet (*Mullus barbatus ponticus* Ess.1927) in the 1994-1995 fishing season in the Gulf of Samsun. *OMU Journal of Engineering Sciences and Technology*, **6**(1) 90-96.
- Samsun, O. (1990).** Research on the some characteristics of the red mullet (*Mullus barbatus ponticus* Ess. 1927) caught by the trawlers in the mid Black Sea region from the point of view of fishery biology. Phd Thesis, Ondokuz Mayıs University Turkey pp 88.
- Samsun, O. (2017).** Length-weight relationship and mortalities of *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927 in the Central Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, **3**(2), 75-80.
- Sparre, P. & Venema, S.C. (1992).** Introduction to tropical fish stock assessment Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper, 405.
- Sparre, P.J. & Venema, S.C. (1998).** Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual (Rev. 2). FAO Fisheries Technical Reports, 407.
- Süer, S. (2008).** Determination of age and growth model of red mullet *Mullus barbatus ponticus* (Essipov 1927) (*Mullidae*) by means of otolith reading and length-frequency analysis. Msc. Thesis, Ondokuz Mayıs University Turkey pp 115.
- Süer, S. (2016).** Comparative analysis of population parameters by age-based methods, in whiting (*Merlangius merlangus* L., 1758) and red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) stocks under different fishing pressures in Black Sea. Ph.D. Thesis, Ondokuz Mayıs University ,Turkey, pp 271.
- Şahin, T. & Akbulut, B. (1997).** Some biological characteristics of *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927 in the Eastern Black Sea coast of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **21**(2):179-185.
- Tserpes, G., Fiorentino, F., Levi, D., Cau, A., Murenu, M., Zamboni, A. & Papaconstantinou, C. (2002).** Distribution of *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management. *Scientia Marina*, **66**(2):39-54. DOI: 10.3989/scimar.2002.66s239
- TÜİK. (2019).** Turkish Statistical Institute, Fisheries Statistics, Turkey. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do?sessionId=J5lbfz pGsZtN1T1FwR2kvyRfL6XzhBvpGyBXqJsnZ RWjhTyMM9jp!1539202544> (Accessed 29 september 2020).
- Wallace, R.K. & Fletcher, K.M. (2001).** Understanding fisheries management. Mississippi Alabama Sea Grant Consortium. pp 62.
- Yalçın, E. (2009).** The effects of abiotic environmental variables on red mullet (*Mullus barbatus*) and hake (*Merluccius merluccius*) populations in Izmir Bay. Phd. Thesis. Ege University, Turkey, pp 184.
- Yıldız, T. & Karakulak, F.S. (2016).** An investigation of age, growth and mortality of the red mullet *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 in the western Black Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, **57**, 415-425.
- Yılmaz, B., Samsun, O., Akyol, O., Erdem, Y. & Ceyhan, T. (2019).** Age, growth, reproduction and mortality of Red Mullet (*Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927) from the Turkish coasts of the Black Sea. *Ege University Faculty of Fisheries*, **36**(1), 41-47.
- Zengin, M., Gümüş, A., Süer, S., Dağtekin, M., Akpınar, Ö.İ., Zengin, M. & Dalgıç, G. (2011).** Trawl Fishing in the Black Sea Project Interim Report, Trabzon, Fisheries Central Research Institute, Project No: TAGEM/HAYSÜD/2010/09/01/04 Antalya p 121.



Evaluation of Wooded Area in University Campuses: The Case of KTÜ Kanuni Campus in Trabzon^[*]

Gülçay ERCAN OĞUZTÜRK^{1*} Müberra PULATKAN²

¹Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Engineering ve Architecture, Department of Landscape Architecture, Zihni Derin Campus, Rize/Türkiye.

²Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Kanuni Campus, Trabzon/Türkiye

Geliş/Received: 17.11.2023

Kabul/Accepted: 16.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Ercan Oğuztürk, G. & Pulatkan, M. (2023). Evaluation of Wooded Area in University Campuses: The Case of KTÜ Kanuni Campus in Trabzon. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 728-735. <https://doi.org/10.35229/jaes.1392378>

Atıf yapmak için: Ercan Oğuztürk, G. & Pulatkan, M. (2023). Üniversite Yerleşkelerindeki Koruluk Alanların Değerlendirilmesi: Trabzon KTÜ Kanuni Yerleşkesi Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 728-735. <https://doi.org/10.35229/jaes.1392378>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-0893-4719>
IB: <https://orcid.org/0000-0002-6619-9804>

Abstract: Universities are the ones that highlight the social-economic structure, cultural and political characteristics of the society they are in and have a significant potential to create alternative green spaces in cities. With these features, campuses are an important component of living ecosystems. In addition to the social and economic benefits provided by the city, the campuses, which is located in wider areas compared to other institutional structures, provides ecological, aesthetic, economic and psychological benefits to the city and its users with its open and green areas. For this purpose, Karadeniz Technical University campus, located in the city center of Trabzon, was chosen as the study area. Within the scope of the study, the plant inventory in the KTU campus, which has natural and organism plant taxa richness and plant diversity, was determined, the use rate of native taxa and exotic taxa and the intended use rates in the use content. When the plant taxa determined by on-site observation and evaluation method are examined: a total of 211 woody taxa, 83 Gymnospermae and 128 Angiospermae, were observed in the area. The results, which include 163 exotic species, 36 native species, 9 exotic cultures, 1 native culture and 2 naturalized species in the campus. As a result of the obtained data, suggestions were developed for the use of native plants in campus areas.

*Corresponding author:
Gülçay ERCAN OĞUZTÜRK
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of
Architecture and Engineering, Department of
Landscape Architecture, Zihni Derin Campus,
Rize/Türkiye
✉: gulcay.ercanoguzturk@erdogan.edu.tr

Keywords: Exotic taxa, floristic diversity, KTU campus, native taxa, Trabzon.

Üniversite Yerleşkelerindeki Koruluk Alanların Değerlendirilmesi: Trabzon KTÜ Kanuni Yerleşkesi Örneği

Öz: Üniversiteler, içerisinde yer aldıkları toplumun sosyal-ekonomik yapısını, kültürel ve siyasi özelliklerini ön plana çıkartan ve kentlerde alternatif yeşil alanlar oluşturmak için önemli potansiyele sahip olan alanlardır. Bu özellikleriyle yerleşkeler kentsel ekosistemlerin önemli bir bileşenidir. Kente sunduğu sosyal ve ekonomik faydaların yanı sıra diğer kurumsal yapılara göre daha geniş alanlarda konumlanan yerleşkeler açık ve yeşil alanlarıyla kente ve kullanıcılarına ekolojik, estetik, ekonomik ve psikolojik faydalar sağlamaktadır. Bu çalışmada, Trabzon kent merkezinde yer alan Karadeniz Teknik Üniversitesi yerleşkesi, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında, doğal ve egzotik bitki taksonlarıyla zengin bitkisel çeşitliliğe sahip KTÜ yerleşkesinde yer alan bitkilerin envanteri çıkarılarak, doğal taksonlar ve egzotik taksonların kullanım oranı ve kullanım yoğunlukları belirlenmiştir. Yerinde gözlem ve değerlendirme yöntemiyle tespit edilen bitki taksonları incelendiğinde; 83 Adet Gymnospermae ve 128 adet Angiospermae olmak üzere toplam 211 adet odunsu taksonun yer aldığı tespit edilmiştir. Yerleşkede, 163 adet egzotik tür ile 36 adet doğal tür, 9 adet egzotik kültür, 1 adet doğal kültür ve 2 adet doğallaşmış türün yer aldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde yerleşke alanlarında doğal bitki kullanımına yönelik öneriler geliştirilmiştir. KTÜ yerleşkesi, Trabzon, Doğal takson, Egzotik Takson, Floristik çeşitlilik

*Sorumlu yazar:
Gülçay ERCAN OĞUZTÜRK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Zihni Derin Yerleşkesi,
Rize/Türkiye
✉: gulcay.ercanoguzturk@erdogan.edu.tr

Anahtar kelimeler: KTÜ yerleşkesi, doğal takson, egzotik takson, floristik çeşitlilik, Trabzon.

^[*]This study was part of a doctoral thesis (Oğuztürk, 2022) and supported by the Research Fund of the Karadeniz Teknik University, Project Number: FDK 2022-10154.

INTRODUCTION

Architectural structures and open green spaces that make up the components of the city are the elements that ensure the integrity of the city. The urban landscape, which has a dynamic structure, is in constant change and this change is provided by the plants that make up the living material in urban open green spaces (Acar et al., 2007; Çorbacı et al., 2020).

Open green spaces are public spaces that positively affect the social, physical and psychological state of the individual (Öztürk, 2013; Tarakçı Eren & Var, 2016). In parallel with the increasing urbanization, open green spaces that balance the relationships between human and nature and that increase the quality of life by providing recreational opportunities are very important areas for cities (Konaklı & Önder, 2005; Grahn & Stigsdotter, 2010; Wu, 2010; Güneroğlu & Bekar, 2018).

At the same time, these spaces, which are aesthetically and functionally planned and designed for the physical and psychological needs of the city users, provide an integrity with the structural and plant elements and increase the quality of the environment in landscape architecture practices (Gül & Küçük, 2001; Yang et al., 2005; Bayramoğlu, 2016). Vegetable materials are considered as a natural element that develops and enriches the environment they are in with their aesthetic and functional properties (Eroğlu et al., 2016).

The inclusion of nature in landscape design is essential for sustainable development. Thus, the importance of natural design approaches and spaces that can protect the natural structure is constantly increasing (McHarg, 1969). The use of native taxa in planting design helps maintain the balance and beauty of natural ecosystems. Using native species can result in landscapes that mimic traditional landscapes and require less maintenance. Türkiye has a very rich floristic diversity, but this potential is rarely used. Within the scope of sustainability, native species with ornamental plant potential should be utilized in landscape design in urban and rural areas (Sarı & Acar, 2015; Ercan Oğuztürk & Bayramoğlu, 2020). Native taxa with a high landscape potential remained in rural areas, except for a few taxa, and could not be included in the urban landscape despite suitable temperature, precipitation and soil conditions.

Although cities face continuous fragmentation and consequent spatial reduction, they still contain a variety of mosaic structures that have come together from natural and highly valuable habitats and species. Many studies have noted that the number of non-native species tends to increase along the urban-rural range towards the urban centre. The increase in the number of non-native species towards the city center is the result of human influence (Kowarick, 1995; Acar & Sarı, 2010; Pulatkan et al., 2022).

Cities are made up of structural areas and the functional areas surrounding them. The environment, other than the built areas, includes open and green areas that are semi-natural and/or created by humans. University campuses, which have a significant open and green space potential for urban areas, are indispensable elements of cities with the environmental, social, and economic benefits they provide for the city and its users (Çetinkaya & Uzun, 2014; Ekren & Çorbacı, 2022). Many benefits can be listed as reducing air pollution with light green areas of campuses, regulating micro-conditioning, providing life environment for wild animals, carbon retention, energy saving, reducing noise, erosion control and space creation (Trowbridge & Bassuk, 2004; Küçük & Gül, 2005; Gülçin & Van den Bosch, 2021; Karaşah, 2021, Akten & Yücedağ, 2022; Çorbacı et al., 2022; Sarı ve Karaşah, 2023).

In order for plants to reveal the expected benefits (ecological, aesthetic, psychological, etc.) and to help create livable spaces, especially in urban areas, their characteristics (form, color, size, texture, etc.) should be used correctly in design (Gülgün et al., 2014; Birişçi et al., 2017; Kösa, 2019). However, when the plant design studies in open and green areas in cities and campuses are examined in studies on the subject in our country, it is understood that many plant taxa are selected by keeping only their form, color and aesthetic characteristics in the foreground. It is not taken into consideration that the taxa used are species that will adapt to the ecological conditions of the region (Başer & Yıldızcı 2011; Yücedağ et al., 2017; Sarı & Karaşah, 2018; Çorbacı et al., 2022).

Success in this matter will only be possible if the land use decisions are taken correctly, and landscape architects and planners perform their duties by ensuring ecological integrity. Making land use decisions and determining the appropriate planning and management style during the use of natural resources is related to the correct interpretation of the floristic potential of the area by analyzing it. In addition, the detection of the presence of plants increases the possibilities of using these plants in various fields. The use of native plants in landscape planning and design studies, which is one of these uses, not only increases the chances of success, but also ensures the integrity of the campus with the city and its immediate surroundings (Ekici, 2010).

Pulatkan, (2001) also mentioned the contribution of native species production to the country's economy in her study. Yalçınalp, (2005) on the other hand, revealed in his study that plants are the most important natural resource in the plateau; however, native species are neither protected in the area nor used in landscaping applications in the immediate vicinity of the existing facilities. Karaşah and Sarı, (2018) stated that determining the natural plant species that can reflect the character of each region and using them

in urban planting designs will contribute to the urban identity in terms of aesthetics and ecology. Considering the time we are in, producing, researching and focusing only on species with economic value will not mean protecting other species. The world is moving towards the protection of biodiversity.

University campuses are areas that highlight the social-economic structure, cultural and political characteristics of the society in which they are located. The native plants used in the plant designs of the campuses that provide alternative green spaces for the cities are economically and ecologically very important (Güneroğlu & Bekar, 2018; Yıldız, 2020; Oğuztürk & Pulatkan, 2022). By making an inventory of the plants in the open green areas of the campus, the usage rate and usage intensities of exotic taxa among the native taxa were determined, and as a result of the results, suggestions were developed for the use of native plant species in the campuses.

MATERIAL AND METHOD

Study Area: The main material of the research is the existing plants in the urban open green areas of Trabzon province. All trees and shrubs that make up the plant existence in urban open green areas were included in the study. At the same time, the literature on the research area, site plans of the areas, maps and various photographs of plants were also evaluated as research material.

The study area consists of Karadeniz Technical University (KTU) Kanuni Campus, which is within the borders of Ortahisar district of Trabzon province, located in the Eastern Black Sea region of the Black Sea region. The green areas of KTU Kanuni Campus, located in the coastal part of Trabzon province, were determined as the study area (Figure 1).

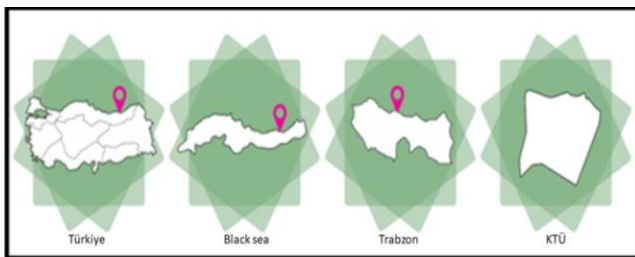


Figure 1. Study area location map

Method: As a method for the evaluation of the plant inventory in the open green areas of the KTU campus, the collection of data, the determination of the native exotic status and usage intensities of the data, their evaluation and systematic classification and tabulation constitute. The research was carried out in three stages as preliminary survey studies, field studies and office studies.

1. Data Collection: Literature review for the study areas, collection and evaluation of data related to the land were carried out. In this context, the literature on the field

and the subject has been examined. The data used in the study were obtained from various public institutions, and the satellite images of the areas were taken from Google Earth. The study of Anşın and Terzioğlu, (1998) was also used while determining the plant list and locations.

2-Determination and Evaluation of the Native Exotic Status of the Data and their Usage Intensities: Plant taxa and usage frequencies in urban open and green areas of KTU campus were determined.

3. Tabulation of Data by Systematic Classification: All data obtained as a result of field studies were transferred to the computer environment. Office programs were used to store and query the data in computer environment.

RESULTS

The results obtained in the study can be listed as follows: (i) Identification and classification of existing green spaces, (ii) Determination of native exotic status of plant taxa and evaluation of their intensity of use.

(i) Identification and classification of existing green spaces.

KTU Kanuni Campus, chosen as the study area, was divided into three zones as protection zones defined in terms of plants in previous studies (KYSMP, 2016):

1. Areas that must be protected,
2. Plant protection zones of moderate importance and
3. Areas that are not objectionable for different uses in terms of plant resources.

1. The characteristics of the regions that must be protected:

- Finding herbaceous and woody species from the time the university campus was established until today (1955-2022),

- The presence of rare or unseen species in our country and Black Sea region,

- Including natural rocky area habitats,

- It can be listed as the presence of production plots and exotic species in and around the Faculty of Forestry greenhouse. In addition, the areas in the southern part of the Landscape Architecture Department are reserved as areas that must be protected in terms of being planned as a plant collection area containing herbaceous and woody species of the Black Sea region, which some departments (Landscape Architecture, Forest Engineering and Biology Departments) use especially for applied courses.

Areas defined as absolute protection zones generally include the areas on the main transportation line within the campus area, the green areas in the south of the Landscape Architecture Department and in the C gate area (KYSMP, 2016).

2. Regions of moderate importance: These are the areas where the plants in the area can be evaluated by

moving them to different points when any different area use is planned for the campus area (KYSMP, 2016).

3. *Non-inconvenient areas*: When different uses are needed within the campus, this region is a region that does not mind in terms of plant resources (KYSMP, 2016).

Within the scope of this study, the green areas within the campus were examined as 5 different regions (grove areas, active green areas, rocky area habitats, greenhouse production area, open green areas) (Figure 2).



Figure 2. Green areas in the campus

(ii) Determination of Native Exotic Status of Plant Taxa.

Plant species are divided into “conifers” and “broad-leaved” and classified as trees, shrubs, shrubs and ground covers. The plants in the KTÜ Kanuni campus were evaluated according to 7 classes. These classes; they are designated as broad-leaved trees and shrubs, coniferous trees and shrubs, broad-leaved shrubs, coniferous shrubs, citrus fruits, palm trees, huggers and climbers. There are 211 taxa belonging to 52 families in the green areas of KTÜ Kanuni campus, 36 of which are native, 163 are exotic, 9 are exotic-culture, 1 is native-culture and 2 are naturalized form plants. A total of 211 different taxa were identified: 83 taxa of coniferous trees and shrubs, 70 taxa of broad-leaved trees and shrubs, 48 taxa of broad-leaved shrubs, 3 taxa of citrus fruits, 2 taxa of palm trees, 5 taxa of climbers and climbers.

- 65 out of 83 taxa in coniferous trees, shrubs and shrubs are exotic (78%),
- Out of 70 taxa in broad-leaved trees, shrubs and shrubs, 13 are native (19%), 57 are exotic (81%),
- 1 of 10 taxa is native (10%), 8 is exotic (90%),
- 36 of the 211 taxa were native (17%) and 163 were exotic (83%) (Figure 3).

It was determined that the taxa in the Kanuni campus of KTU belonged to the Pinaceae, Cupressaceae, Rosaceae and Sapindaceae families in the highest number (Figure 4).

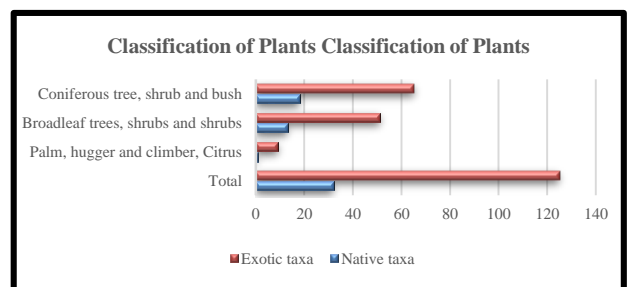


Figure 3. Map of the number (number) and native-exotic (number) status of plant taxa according to plant classes in the open green areas of KTU Kanuni campus

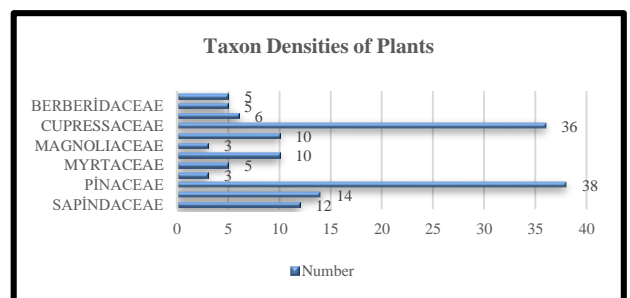


Figure 4. Family densities of taxa used in KTU Kanuni campus

Wooded Areas in KTU Campus: There are 4 wooded areas of different sizes within the borders of the KTU campus (Figure 5). The plants in these wooded areas were identified and their native-exotic status was determined.



Figure 5. Wooded areas within the campus area

1 native and 10 exotic taxa were identified in the detection study in Grove No.1. It has been observed that *Pinus brutia* Ten., (Red Pine), which is the native plant of Türkiye, is found in the area intensively. In the woodland, native taxa include *Cedrus libani* A. RICH, *Pinus pinea* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (Alder), *Fraxinus excelsior* L., *Liquidambar orientalis* Mill., *Mespilus germanica* L., *Platanus orientalis* L., *Populus tremula* L., *Tilia platyphyllos* Scop and *Ulmus glabra* HUDSON, exotic taxa *Cedrus deodara* (Roxb.) Loud., *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don., *Cupressus arizonica* Greene, *Sequoia sempervirens* D. Don Endl., *Acer negundo* L., *Koelreuteria paniculata* L., *Laburnum vulgare*, *Liquidambar styraciflua* L., *Nerium oleander* L. and *Robinia pseudoacacia* L (Fig. 6).

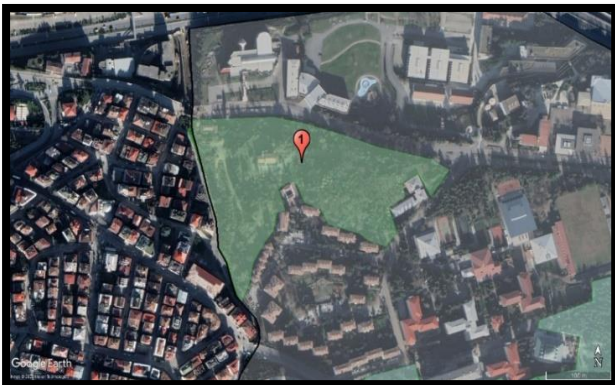


Figure 6. Woodland No. 1

In the detection study carried out in the grove no. 2, 16 native taxa and 5 exotic taxa were determined in the area. It has been determined that *Pinus pinea* L., which spreads native in Türkiye, is the dominant tree species in the area. It has been observed that the woodland area is mostly composed of taxa that are native for this region.

Along with this taxon, the native taxa in the grove are *Picea orientalis* (L.) Link, *Abies nordmanniana* (STEV.) SPACH, *Cedrus libani* A. RICH, *Fagus orientalis* Lipsky, *Platanus orientalis* L., *Cedrus orientalis* Lipsky (Eastern Beech), *Platanus orientalis* L., *Ulmus glabra*, HUDSON, *Acer pseudoplatanus* L., *Laurus nobilis* L., *Liquidambar orientalis* Mill., *Populus tremula* L., *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* J. F. ARNOLD, *Fraxinus ornus* L., *Carpinus orientalis* MILLER, taxa. In addition, along with native taxa, *Robinia pseudoacacia* L., *Thuja occidentalis* L., *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Ait., *Sequoia sempervirens* D. Don Endl., exotic taxa are also found (Figure 7).



Figure 7. Wooded area numbered 2

6 native taxa and 2 exotic taxa were identified in the wooded area no. 3. The plant density of the area constitutes *Pinus pinea* and *Pinus sylvestris* L., which are native spread in Türkiye. Besides these plants, *Pinus pinaster* belongs to native plants., *Cupressus sempervirens* L., *Quercus robur* L., *Fraxinus ornus* L., and exotic plants *Pinus pinaster* Ait., *Robinia pseudoacacia* L. are the taxa in the grove (Figure 8).

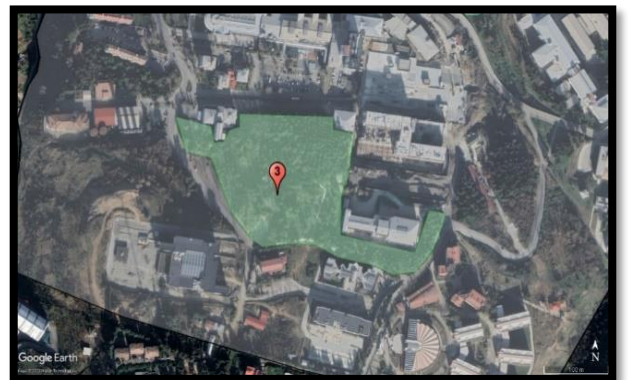


Figure 8. Wooded area numbered 3

As a result of the observations in the wooded area 4, 4 native taxa and 2 exotic taxa were identified. It has been determined that the dominant tree species of the area is *Pinus pinea*, which is the native plant of Türkiye. *Pinus pinea*, *Pinus brutia* TEN., *Quercus robur* L., *Fraxinus ornus* L., *Populus tremula* L. taxa. Along with these, *Eucalyptus globulus* Labill from exotic plants, and *Robinia pseudoacacia* L taxa are also found (Figure 9).

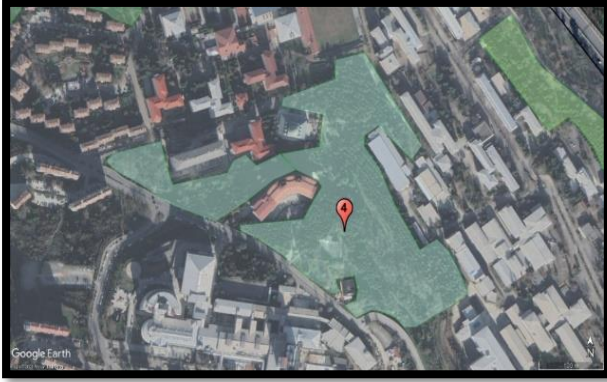


Figure 9. Wooded area number 4

DISCUSSION

Plants, which have an important place in human life with their characteristics throughout history, are also very valuable in terms of aesthetics and functionality in plant design studies today. In this study, it has been determined that there are a total of 211 woody taxa, 83 Gymnospermae and 128 Angiospermae, in the KTU Campus, while 36 of the 211 taxa are native (17%) and 163 are exotic (83%). According to these data, it has been determined that species naturally found in the Eastern Black Sea region are not used in the KTÜ Kanuni campus.

Looking at the wooded areas that have existed since the establishment of the campus, it is seen that native species predominate. It was determined that the preference of exotic plants in the landscaping areas built later in the campus caused the number of exotic species to be high throughout the campus. While creating these data, in addition to our determinations, Anşin and Terzioğlu's (1998) study was used.

Plants used in urban open green areas are important with the benefits they provide to the city and users. The purpose of use, density, type of plants used in cities varies according to various parameters (climate, geographical structure, socio-economic structure, etc.). The ability of plants used in cities to fulfill the expected functions is possible with a good knowledge of their biological characteristics and growing desires. All kinds of planting, maintenance and protection works will be carried out in a healthy way in line with the management plan that can be created for urban open green spaces (Önder & Akbulut, 2011). While there are approximately 12.000 plant taxa in the European Continent, which is 15 times larger than Türkiye, there are more than 12.000 taxa in Türkiye (Güner et al., 2012). In the study on plant existence in Türkiye, it was determined that there are 13,211 taxa belonging to 163 families in Türkiye. Accordingly, there are a total of 10754 native taxa, including 1168 genera, 8988 species, 1683 subspecies and 1074 varieties, 298 hybrids, and 3708 endemic taxa. The endemism rate among plant taxa is 34.5% (Davis et al., 1988; Çorbacı et al., 2020;

Yıldırım et al., 2022). In the herbal research carried out in the Eastern Black Sea region, 220 endemic plant taxa were determined (Anşin, 1982). There are 2239 plant taxa that are rarely seen in the Eastern Black Sea region, and 440 of them are rare in Türkiye. 514 of the plants detected in this region are endemic taxa, and the endemism rate of 41 was determined to be 23%. Of the endemic taxa, 428 are very rare and 300 are rare plants in Türkiye (Yaldız et al., 2010; Çorbacı et al., 2020).

CONCLUSION

While our country and the Black Sea region are so rich in terms of plant life, the use of exotic plant species in urban landscapes not only causes waste of national wealth but also has a negative ecological and economic impact on the urban environment. Trabzon province is known as one of the greenest cities of our country in terms of its geographical location and climate characteristics. This green texture forms a whole with the natural vegetation in rural areas and green areas in urban areas. University campuses are also of great importance for the city in terms of open green areas in urban areas. University campuses are an important component of urban life. Campuses located in larger areas, in addition to the social and economic benefits they provide to the city, also contribute to the ecology of the city with their open and green areas. It is also important to use native plant species in these areas in order to increase ecological contributions.

Depending on the climatic conditions of the region, many plant taxa grow native. There are many native plant taxa that can be used instead of exotic plant taxa in the campus areas and contribute to the area in terms of aesthetics and functionality. In this context;

- The use of native plants should be preferred in campus landscape designs.
- Production planning should be done by researching the existing plant taxa in the areas.
- Local governments should encourage the use of native taxa.
- In this context, plant management plans should be prepared as a result of the plant inventory in the open green areas of KTU Kanuni campus.
- The sustainability of green areas should be ensured and campus users should be informed about this issue.

As a result, university campuses are important green areas for cities. These areas are of great importance for campus and city users. Since the correct planning of these areas will contribute to the city in ecological and economic terms, preparing the inventories of the areas in terms of correct planning is important as it will form a basis for other studies.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was part of a doctoral thesis (Oğuztürk, 2022) and supported by the Research Fund of the Karadeniz Teknik University, Project Number: FDK 2022-10154.

REFERENCES

- Acar, C., Acar, H. & Eroglu, E. (2007).** Evaluation of ornamental plant resources to urban biodiversity and cultural changing: a case study of residential landscapes in Trabzon city (Türkiye). *Building and Environment*, **42**(1), 218-229.
- Acar, C. & Sarı, D. (2010).** Evaluation of plants in urban residential areas in terms of their use in landscape: The case of Trabzon city. *Ekoloji*, **19**, 74, 173-180.
- Akten, S. & Yücedağ, C. (2022).** Investigation of Isparta Çünür Mahallesi park and residential gardens in terms of landscape design. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, **23**,1,51-64.
- Anşin, R. (1982).** Endemizm ve Doğu Karadeniz Bölgesinde yetişen endemik bitki taksonları, (Endemism and endemic plants of the East Black Sea region), *KTÜ Orman Fakültesi Dergisi*, **5**, 2, 311-326.
- Anşin, R. & Terzioğlu, S. (1998).** *Exotic trees and shrubs of the Eastern Black Sea region, especially Trabzon region*, KTU Printing House, Trabzon.
- Başer, B. & Yildizci, A.C. (2011).** Plant species selection criteria in urban open space arrangements: The example of Istanbul. *ITU Journal Series A: Architecture, Planning, Design*, **10**(2),
- Bayramoğlu, E. (2016).** Sustainable landscaping approach: Evaluation of KTU Kanuni Campus in terms of xeriscape. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, **17**(2), 119-127.
- Ercan Oğuztürk, G. & Bayramoğlu, E. (2020).** Investigation of Rize Coastal Park in terms of arid landscape. *İnönü University Art and Design Journal*, **10**(21), 13-24.
- Birişçi, T., Mansuroğlu, S., Söğüt, Z. & Kalaycı, Önaç, A. (2017).** Wood, environment and soil. *Soil in every frame of life*. Istanbul Aydın University Press, Istanbul, 622s.
- Cetinkaya, G. & Uzun, O. (2014).** *Landscape Planning*. Birsen Publishing House, 219, Istanbul.
- Çorbacı, O. L., Abay, G., Oğuztürk, T. & Üçok, M. (2020).** Kentsel rekreasyonel alanlardaki bitki varlığı; Rize örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, **16**(2), 16-44.
- Çorbacı, O. L., Oğuztürk, T. & Ekren, E. (2022).** Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ahmet Erdoğan Cami peyzaj projesinin bitkisel tasarım açısından değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **23**(2),63-78.
- Davis, P.H., Mill R.R. & Tan, K. (1988).** *Flora of Türkiye and the East Aegean Islands* (Supplement). Volume 10, Edinburgh University press, Edinburgh.
- Ekici, B. (2010).** Bartın kenti ve yakın çevresinde yetişen bazı doğal bitkilerin kentsel mekânlarda kullanım olanakları, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi A*, (2), 110-126.
- Ekren, E. & Çorbacı, O.L. (2022).** Kahramanmaraş kentsel açık yeşil alanlarında kullanılan bitki materyalinin değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, **18**(1), 25-50.
- Eroğlu, E., Kaya, S. & Özçelik, Z. (2016).** Floristic and aesthetic examination of vegetal diversity in a historical urban area. *Düzce University Faculty of Forestry Journal of Forestry*, **12**(2), 163-177.
- Grahn, P. & Stigsdotter, U.K. (2010).** The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. *Landscape And Urban Planning*, **94**(3-4), 264-275.
- Gul, A. & Kucuk, V. (2001).** Kentsel açık-yeşil alanlar ve Isparta kenti örneğinde irdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, **2**(1), 27-48.
- Gülçin, D. & Van Den, Bosch. Cck. (2021).** Assessment Of Above-Ground Carbon Storage By Urban Trees Using Lidar Data: The Case Of A University Campus. *Forests*, **12**(1), 62
- Gülgün, B., Güney, M., Aktaş, E. & Yazıcı, K. (2014).** Role of landscape architect in interdisciplinary planning of sustainable cities. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, **15**(4), 1877-1880.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M.T. (2012).** Türkiye Bitkileri Listesi. *Damarlı Bitkiler*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Güneroğlu, N. & Bekar, M. (2018).** Evaluation of open green areas in terms of vegetation design criteria, example of KTÜ Kanuni Campus. *Social Sciences Studies Journal*, **4**(16), 1113-1123.
- Karaşah, B. & Sarı, D. (2018).** Kent Kimliğinde Etkili Bir Bileşen: Doğal Bitkiler. *International Social Sciences Studies Journal*, **4**(26), 5539-554.
- Karaşah, B. (2021).** A research on medicinal and aromatic plants that can be evaluated due to color properties in planting design. *Turkish Journal of Forest Science*, **5**(2), 536-550.
- Konakli, N. & Onder, S. (2005).** A research on arboretum concept and establishment of arboretum for Selcuk University Campus area. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, **19**(35), 16-29.
- Kowarik, I. (1995).** On the role of alien species in urban flora and vegetation. *Urban Ecology*, **4**, 321-338.
- Kösa, S. (2019).** The Evaluation of Antalya Kaleiçi Streets In Terms Of Plant Materials And Planting Design. *Journal of Ege University Faculty of Agriculture*, **56**(1), 63-75.
- KYSMP. (2016).** *Karadeniz Technical University Kanuni Campus strategic master plan*. KTÜ Press, Trabzon.

- Küçük, V. & Gül, A. (2005).** Isparta kentiçi yol ağaçlandırmaları üzerine bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(3), x-x.
- Mcharg, I., (1969).** *Design With Nature*. Doubleday/natural history press, Doubleday and Company Inc., New York.
- Oğuztürk, G.E. & Pulatkan, M. (2022).** Üniversite Yerleşkelerinin Bütüncül Planlama Yaklaşımıyla Değerlendirilmesinin Bibliyometrik Analiz ile irdelenmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, *18*(2), 1-13.
- Önder, S. & Akbulut, C.D. (2011).** Evaluation of plant material used in urban open-green areas; example of Aksaray city. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. *25*(2), 93-100.
- Öztürk, S. (2013).** The effects of urban open and green spaces on life quality; A case study of Kastamonu. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *13*(1), 109-116.
- Pulatkan, M. (2001).** *Orman Güllü Taksonlarının Peyzaj Mimarlığında Değerlendirilmesi ve Rhododendron luteum Sweet'in Değişik Kültür Ortamlarında Yetiştirilmesi Üzerine Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tez Projesi (Yayınlanmamış), KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. Trabzon, 96s.
- Pulatkan, M., Çimen, N., Kurt, U. & Turna, İ. (2022).** The effects of Ga₃ and storage time on the germination of *Epigaea gultherioides* (Ericaceae) seeds. *Baltic Forestry*, *28*(1).
- Sarı, D. & Acar, C. (2015).** Evaluation of natural plant taxa in alpine rocky habitats in terms of their functions in plant designs. *Artvin Çoruh University Journal of the Faculty of Forestry*, *16*(2), 144-163.
- Sarı, D. & Karavaş, B. (2018).** A research on preferences of planting design elements, principles and approaches in landscape design applications. *Yıldız Technical University Faculty of Architecture Journal (MEGARON)*, *13*(3), 470-479.
- Sarı, D. & Karavaş, B. (2023).** Ecosystem services provided by woody landscape plants in campus settlements: AÇÜ Seyitler Campus Example. *Artvin Çoruh University Faculty of Forestry Journal*, *24*(2), 129-139.
- Tarakci Eren, E. & Var, M. (2016).** Parkların bitkisel tasarımında kullanılan taksonlar: Trabzon kent merkezi örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *17*(2), 200-213.
- Trowbridge, J.P. & Bassuk, N.L. (2004).** *Trees in The Urban Landscape*. John Wiley & Sons Inc., United State of America.
- Wu, J. (2010).** Urban sustainability: An inevitable goal of landscape research. *Landscape Ecology*, *25*(1), 1-4.
- Yang, J., McBride, J., Zhou, J. & Sun, Z. (2005).** The urban forest in beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening*, *3*, 65-78.
- Yalcinalp, E. (2005).** *Trabzon'da Bazı Turizm Merkezleri Ölçeğinde Yayla Turizminin Ekoturizm Kapsamında İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü, Trabzon, 49-70.
- Yaldız, G., Yüksek, T. & Şekeroğlu, N. (2010).** Medicinal and aromatic plants in the flora of rize province and their usage areas. *III. National Black Sea Forestry Congress*, Vol: III, 1100-1114.
- Yıldız, N.E. (2020).** Üniversite yerleşkelerinde ekolojik peyzaj tasarımı: Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi örneği. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, *7*(62), 3594-3604.
- Yildirim, N., Pulatkan, M. & Ercan Oğuztürk, G. (2022).** GA₃ treatments on seed germination in *Rhodothamnus sessilifolius*, an endangered species in Türkiye. *Caldasia*, *44*(2), 241-247.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G. & Ulu, A. (2017).** Burdur kenti toplu konut ve site alanlarının peyzaj tasarım yeterliliğinin incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *8*(2), 114-122.



An Experimental Investigation on Aeration Performance of Sharp-crested Weirs: Discharge Effect

Serhat KÜÇÜKALİ*

Hacettepe University, Civil Engineering Department, Hydraulics Division, Beytepe 06800, Ankara

Geliş/Received: 08.12.2023

Kabul/Accepted: 27.12.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

How to cite: Küçükali, S. (2023). An Experimental Investigation on Aeration Performance of Sharp-crested Weirs: Discharge Effect. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 736-741. <https://doi.org/10.35229/jaes.1402216>

Atf yapmak için: Küçükali, S. (2023). İnce Kenarlı Savaklardaki Havalandırma Verimliliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi: Debi Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 736-741. <https://doi.org/10.35229/jaes.1402216>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5867-3270>

*Corresponding author:

Serhat KÜÇÜKALİ
Hacettepe University, Civil Engineering
Department, Hydraulics Division, Beytepe
06800, Ankara: Türkiye
✉: serhatkucukali@hacettepe.edu.tr

Abstract: In this experimental study, the aeration performance of weirs was investigated regarding the discharge effect. Experiments were conducted at a 90° V-notch weir with drop heights ranging from 0.35-0.535 m and unit discharges ranging from 3×10^{-2} to 6.33×10^{-2} m²/s and E_{20} varied in the range of 0.13-0.23. A positive correlation has been established between the discharge rate of a unit and the efficiency of aeration. This correlation has been mathematically defined using a power function that takes into account the drop height and the unit discharge. It has been determined that the aeration efficiency is directly proportional to the 3/4 power of the drop height and the 1/3 power of the unit discharge. The predictive accuracy of the proposed empirical formula has been evaluated by comparing it with other empirical formulas based on their average relative error values. Furthermore, when the drop height is assumed to be equal to the head loss, it has been observed that the dependence of hydraulic jump aeration efficiency on head loss continues for weirs. This finding suggests that the primary factor influencing the process is the presence of free-surface macro turbulence.

Keywords: Discharge effect, dissolved oxygen, drop height, self-aeration, sharp-crested weir.

İnce Kenarlı Savaklardaki Havalandırma Verimliliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi: Debi Etkisi

*Sorumlu yazar:

Serhat KÜÇÜKALİ
Hacettepe Üniversitesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim
Dalı, Beytepe 06800, Ankara: Türkiye
✉: serhatkucukali@hacettepe.edu.tr

Öz: Bu deneysel çalışmada savakların havalandırma performansı debi etkisi altında incelenmiştir. Bu amaçla, düşme yükseklikleri 0,35-0,535 m arasında ve birim genişlikten geçen debinin 0,03-0,063 m²/s aralığında değişen 90° üçgen ince kenarlı bir savakta deneyler yapılmıştır. Deneysel verilerin analizi sonucu, birim genişlikten geçen ile havalandırma verimliliği arasında pozitif bir korelasyon bulunmuş ve ortaya çıkan ilişki, düşüm yüksekliği ve debinin fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Önerilen ampirik formülün tahmin kapasitesi diğer ampirik formüllerle ortalama bağıl hata değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca düşüm yüksekliğinin yük kaybına eşit olduğu varsayıldığında, hidrolik sıçramadaki havalandırma verimliliğinin yük kaybında olan bağımlılığının ince kenarlı savakta da geçerli olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çözünmüş oksijen, debi etkisi, doğal havalandırma, düşüm yüksekliği, ince kenarlı savak.

INTRODUCTION

In the hydrosphere, dissolved oxygen (DO) is one of the most important water quality parameters for the aquatic biota and environmental issues (Gulliver et al., 1998). For example, DO quantity directly affects the fish activities such as spawning and migrating; hence, for a good abundance of fish population and species diversity, DO concentration is recommended to be higher than 5 mg/L (Giller & Malmqvist, 1998; Welch & Jacoby, 2004). However, in streams DO content generally has low levels resulting from wastewater diffusion from point and non-point sources, in which chemical reactions like nitrification

and oxidation of organic matter deplete the DO content of the water. Therefore, the self-aeration mechanism which means a transfer of oxygen from air into water is an important phenomenon for regaining the lost dissolved oxygen. At hydraulic structures, aeration efficiency is computed with the equation proposed by Gamenson (1957):

$$E = \frac{C_u - C_d}{C_s - C_u} = \frac{\text{Total Oxygen Transfer}}{\text{Potential Maximum Oxygen Transfer}} \quad (1)$$

The aeration efficiency, denoted as E, encompasses a spectrum ranging from 0, indicating the absence of aeration, to 1, representing complete downstream saturation. C_u and C_d symbolize the dissolved oxygen concentrations at

the upstream and downstream sections of a hydraulic structure, respectively, while C_s signifies the mass concentration of dissolved oxygen in a state of full saturation. Equation (1) has been derived from Fick's Law.

$$\frac{dC}{dt} = Ka(C_s - C) \tag{2}$$

The rate of mass transfer, denoted as dC/dt , is influenced by the mass transfer coefficient, represented as K . The mass transfer coefficient is dependent on the diffusion coefficient of the gas being transferred, as stated by Muntz & Roberts (1989), as well as the turbulence structure of the flow, as mentioned by Kawase & Moo-Young (1992). Another factor in the equation is the ratio of the total surface area of the bubbles to the overall volume of the air-water mixture, denoted as a . Additionally, C represents the concentration of the dissolved gas. The term "self-aeration" refers to the process of oxygen transfer from air to water, which has significant implications for the environment and ecology of polluted streams (Zhao, et al., 2022). It is worth noting that hydrodynamic processes that facilitate self-aeration, such as hydraulic jumps, plunging jets or waterfalls, and stepped channels, also share the common property of being utilized as energy dissipaters in hydraulic structures. Consequently, it is anticipated that there exists a positive correlation between energy dissipation and aeration efficiency, as suggested by Kucukali & Cokgor (2009).

At weirs, highly turbulent flow and turbulence mixing mechanisms at the receiving pool generate an air-

water interface area which ensures the gas transfer process (Ervine et al., 1980). Weirs are commonly used to improve the water quality of streams (Van der Kroon et al., 1969; Watson et al., 1998; Rajwa-Kuligiewicz et al., 2016), as well as to record flow rates. Yet, studies about oxygen transfer at weirs demonstrate that the aeration performance is directly proportional to the drop height (Table 1). In Table 1, E_{20} is the aeration efficiency at 20 °C, h is the drop height, d_c is the critical depth over a waterfall, q is the unit discharge, and d_p is the pool depth. Re is the Reynolds number and calculated from $Re = q/\nu$, ν is the kinematic viscosity of water; Fr_j is the Froude number of the waterfall and calculated from $Fr_j = (8gh^3/q^2)^{0.25}$, in which g is the acceleration of gravity.

It could be seen from the existing studies in the literature that there isn't a common correlation between the discharge and aeration efficiency of falling water at sharp-crested weirs (Table 1). For instance, in Avery & Novak (1978) formula, with the increase of discharge at a constant drop height, oxygen uptake decreases; on the other hand, in Nakasone (1987) formula aeration efficiency is positively related to discharge up to a certain limit, above this limit discharge was negatively related with unit discharge (Table 1). Accordingly, existing studies indicate that the weir aeration process under different discharges is uncertain. This experimental study aims to investigate the aeration performance of weirs in terms of discharge effect. For this purpose, systematic experiments were carried out at a 90° V-notch weir for several discharges.

Table 1. Aeration efficiency empirical formulas at weirs.

Reference	Formula	Remarks
Gameson (1957)	$E_{20} = 1 - \left(\frac{1}{1 + 0.62h} \right)$	Obtained from a field study of numerous polluted streams in England
Avery & Novak (1978)	$E_{20} = 1 - \left[\frac{1}{1 + (0.24 \times 10^{-4} \times Fr_j^{1.78} \times Re^{0.53})} \right]^{1.115}$	Obtained at a small-scale experimental set-up: 0.6 L/s < Q < 5.8 L/s
Markosfky & Kobus (1978)	$E_{20} = 1 - \left[\frac{1}{1 + 0.1Fr_j^{1.2}} \right]^{1.115}$	Valid under fully turbulent (i.e Re > 10 ⁵) conditions
Nakasone (1987)	For $q \leq 0.065 \text{ m}^3/\text{s.m.}$ $E_{20} = 1 - \exp \left[-2.61 \times (h + d_c)^{1.31} \times q^{0.428} \times d_p^{0.310} \right]$ for $q > 0.065 \text{ m}^3/\text{s.m.}$ $E_{20} = 1 - \exp \left[-0.28 \times (h + d_c)^{0.31} \times q^{-0.363} \times d_p^{0.310} \right]$	Valid for $(h+1.5d_c) \leq 1.2 \text{ m}$
Kim & Walters (2001)	$E_{20} = 1 - \frac{1}{1 + 0.453Fr_j^{0.453} \times h^{1.117} \times \left(\frac{d_p}{h} \right)^{0.475}}$	Experiments flow conditions: 0.046 ≤ q ≤ 0.139 m ³ / s.m

EXPERIMENTAL SET-UP

Experiments were conducted within a glass-walled and concrete-bottomed horizontal rectangular flume measuring 0.5 m in width, 0.45 m in depth, and 12.30 m in length (Figure 1). The flow in the flume was supplied by a header tank standing at a height of 1.12 m, which in turn received water from a 5.7 m³ chamber through a 7.5 kW pump situated below the tank. Upstream of the flume, a 90-degree V-notch weir was employed both for measuring discharge and as a self-aerator in the experiments (Figure 1). The weir plate thickness is in the

order of 2 mm (ISO, 2008). The flow rate was regulated through a valve located adjacent to the pump, while the depths of flow were determined using pointer gauges with a precision of 0.2 mm. The pool depths were controlled by a sluice gate positioned 6.5 m from the starting point of the channel. Furthermore, great emphasis was placed on ensuring optimal pool depth conditions, wherein the penetration depth of bubbles was less than the pool depth. Consequently, any influence of pool depth on aeration efficiency values was eliminated (Avery and Novak, 1978).

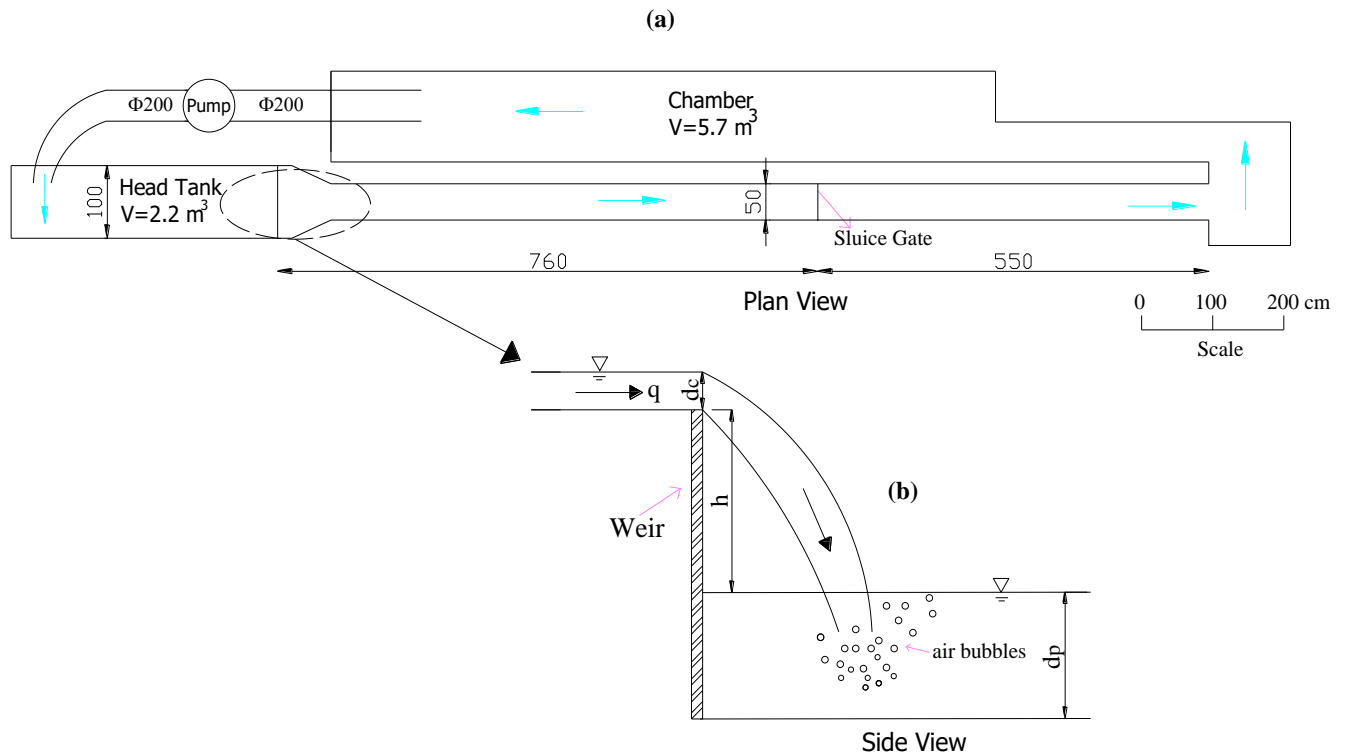


Figure 1. (a) Plan view of the experimental set-up. (b) sketch of the weir aeration process.

Simultaneous measurements of dissolved oxygen (DO) were conducted at both the upstream and downstream locations of the weir. These measurements were carried out using handheld oxygen meters (Model WTW Oxi 330i), which boast an accuracy of ±0.5% for oxygen concentration and ±0.1% for temperature within the range of 0-19.99 mg/L DO and -5 to +50 °C, respectively. The experiments employed the air calibration technique, and the oxygen probe had a sampling rate of 1 Hz. In order to deplete the DO concentration of the descending water, Sodium Sulfide and Cobalt Chlorite were introduced into the chamber as catalysts. The aeration efficiencies were determined using Equation (1), and then adjusted to a standard temperature of 20 °C using the formula developed by Gulliver & Rindels (1990):

$$1 - E_{20} = (1 - E_T)^{1/f_T} \tag{3}$$

where E_{20} denotes aeration efficiency at 20 °C, E_T aeration efficiency at water temperature T_w , and f_T is a constant and calculated from Equation (4):

$$f_T = 1 + 0.02103(T_w - 20) + 8.261 \times 10^{-5}(T_w - 20)^2 \tag{4}$$

RESULTS AND DISCUSSION

Experimental conditions and test results are presented in Table 2. In the experiments drop heights varied between 0.35-0.535 m for q values ranging from 3×10^{-2} to 6.33×10^{-2} m²/s. E_{20} got values between 0.151-0.256 and had the highest value at $h=0.535$ m and $q=6.33 \times 10^{-2}$ m²/s test condition (Table 2).

Table 2. Detail of experimental conditions and results.

Test No	Q (m ³ /s)	q (m ² /s)	d _c (cm)	d _p (cm)	h (cm)	h/d _c	E ₂₀
1	0.0195	5.42E-02	18.0	19.5	49.0	2.72	0.212
2	0.0195	5.42E-02	18.0	31.0	35.5	1.97	0.150
3	0.0195	5.42E-02	18.0	23.5	43.0	2.39	0.179
4	0.0195	5.42E-02	18.0	27.3	39.2	2.18	0.169
5	0.0195	5.42E-02	18.0	29.0	37.5	2.08	0.165
6	0.0253	6.33E-02	20.0	18.0	53.5	2.68	0.236
7	0.0253	6.33E-02	20.0	19.5	49.0	2.45	0.217
8	0.0253	6.33E-02	20.0	22.4	46.1	2.31	0.212
9	0.0253	6.33E-02	20.0	26.3	42.2	2.11	0.188
10	0.0253	6.33E-02	20.0	31.5	37.0	1.85	0.160
11	0.0253	6.33E-02	20.0	20.2	51.0	2.55	0.221
12	0.0129	4.22E-02	15.3	18.0	45.8	2.99	0.171
13	0.0129	4.22E-02	15.3	16.8	49.0	3.20	0.179
14	0.0129	4.22E-02	15.3	28.0	35.8	2.34	0.141
15	0.0129	4.22E-02	15.3	23.8	40.0	2.61	0.160
16	0.0072	3.00E-02	12.1	17.2	48.6	4.02	0.160
17	0.0072	3.00E-02	12.1	20.6	40.0	3.31	0.146
18	0.0072	3.00E-02	12.1	25.6	35.0	2.89	0.131
19	0.0072	3.00E-02	12.1	19.5	43.1	3.56	0.150

In Figure 2, the aeration efficiency is shown as a function of the drop height. The figure reveals that the values exhibit scattering around a linear line, thus indicating the influence of a second parameter on the process. This particular parameter is believed to be the unit discharge. In Figure 3, the E₂₀ values are plotted against the drop height for various unit discharges. It is noteworthy that even when the drop height remains constant, an increase in the unit discharge leads to an increase in E₂₀. Furthermore, Figure 3 demonstrates that E₂₀ is primarily determined by the drop height and secondarily influenced by the unit discharge. By employing non-linear regression analysis on the experimental data points, it was determined that the power function provides the best fit for the data:

$$E_{20} = 1.06 \times h^{0.77} \times q^{0.34} \quad (R^2 = 0.98) \quad (5)$$

Furthermore, E₂₃ exhibits an inverse relationship with both surface tension and kinematic viscosity. This is due to the necessity of overcoming surface tension effects in order to facilitate the transfer of gas between air and water (Kobus, 1991; Ervine, 1998). Moreover, lower values of Reynolds number result in a reduction of turbulence fluctuation velocities (Wei & Willmarth, 1989).

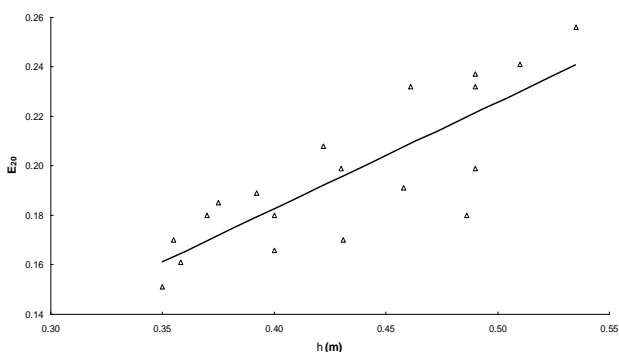


Figure 2. Aeration efficiency E₂₀ versus fall height h.

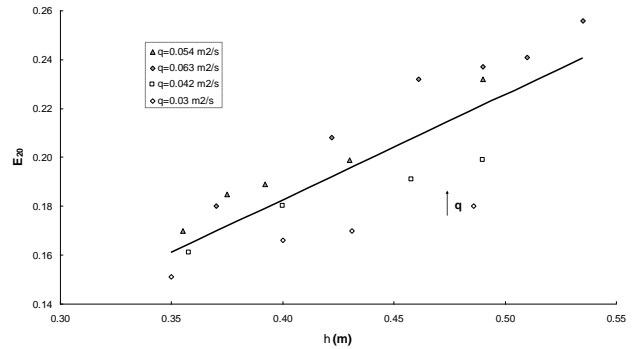


Figure 3. Variation of aeration efficiency as a function of fall height at various unit discharges.

On the other hand, E₂₀ is directly proportional to the specific weight γ because the pressure exerted on the entrained bubbles will increase with γ , which in turn enhances the quantity of transferred oxygen from bubbles to solution (Markofsky & Kobus, 1978; Urban et al., 2005). Showing these statements in a mathematical form:

$$E_{20} \propto \frac{Q \times h \times \gamma}{\sigma \times \nu} = \frac{(m^3/s) \times m \times (N/m^3)}{(N/m) \times (m^2/s)} = Dimensionless \quad (6)$$

yields a dimensionally homogenous equation. Water's physical properties are known for a constant temperature and pressure at 20 °C: $\gamma = 9789 \text{ N/m}^3$; $\sigma = 0.0728 \text{ N/m}$; $\nu = 1.003 \times 10^{-6}$ (Streeter & Wylie, 1981), substituting these terms in Equation (6) one obtains:

$$E_{20} \propto 13.46 \times 10^{10} \times Q \times h \quad (7)$$

Based on experimental results the inter-relationship between the E₂₀, Q, and h expressed with a power function, hence:

$$E_{20} = a 13.46 \times 10^{10} q^b h^c \quad (8)$$

These experimental coefficients were found as: $a = 7.87 \times 10^{-12}$, $b = 0.24$, $c = 0.73$. Beyond $q > 0.1 \text{ m}^2/\text{s}$, which represents the fully turbulent conditions (Kobus, 1991) E₂₀ could be independent of q. Further, Toombes & Chanson (2005) results supported this statement. The proposed empirical formula in Equation (8) is valid for $q < 0.1 \text{ m}^2/\text{s}$. Figure 4 shows the plot of predicted versus observed aeration efficiency values. It can be seen from the figure that, Equation (5) made good predictions, only two points lie outside the $\pm 5\%$ error bands, and the average relative error (ARE) is found 2.5% which is less than the practically acceptable 5%. The relative error of each experimental point is calculated with:

$$Relative\ error = \frac{|E_{predicted} - E_{observed}|}{E_{observed}} \times 100 \quad (9)$$

Also, the proposed empirical formula prediction capacity is compared with the other empirical formulas in terms of their average relative error values. Interestingly, the best prediction is made by Gamenson's (1957) formula, related only to the fall height, among other formulas (Figure 4). Consequently, the trend is best fitted by the correlation of Gamenson10 with ARE=%9.1, Avery and Novak (1978) with ARE= %18.8; Nakasone (1987) with ARE= %22.5.

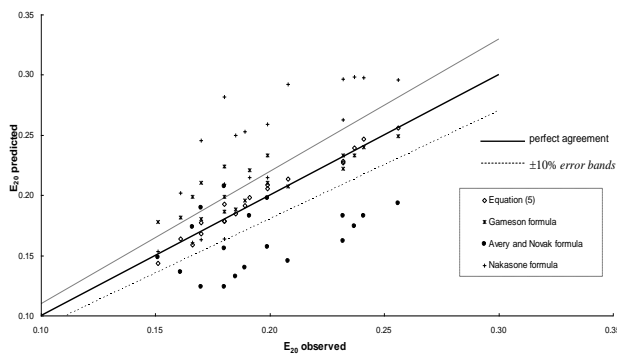


Figure 4. Results of the proposed empirical formulas and comparison with the other formulas.

Based on experimental results, a direct relation was found between the discharge and aeration efficiency. Furthermore, Nakasone (1987) proposed an empirical equation to determine the aeration length of a weir:

$$L_a = 2.69 \times 10^{-4} \times h^{0.134} \times q^{0.666} \quad (11)$$

in which, L_a denotes the aeration length and higher values of L_a will generate higher aeration efficiencies (Nakasone, 1987) and in this equation, aeration efficiency is directly proportional to drop height and discharge with a power function. Further, Kucukali & Cokgor (2020) developed an empirical formula for estimating the aeration efficiencies of hydraulic jumps in terms of energy loss based on 49 series experiments conducted at the same channel shown in Figure 1. In the study, relevant parameters represent the degree of turbulence, and most of the researchers pointed out that free-surface macro turbulence is the main mechanism enabling oxygen transfer (Kobus, 1981; Sene et al., 1994; Chanson, 1996; Ervine, 1998). Based on the experimental results, least square fitting gives the following expression for the aeration efficiency of hydraulic jumps (Kucukali, 2006):

$$E_{20} = 0.77 \times \Delta H^{0.73} \times q^{0.24} \quad (R^2 = 0.97) \quad (12)$$

Additionally, in the case of weirs where the drop height is assumed to be equal to the head loss, thereby achieving optimum pool depth conditions (Apted & Novak, 1973), the values of aeration efficiency were shown as a function of head loss for both hydraulic jumps and

weirs (Figure 5). It is evident from Figure 5 that a similar pattern observed for hydraulic jumps continues for weirs, and this positive correlation between aeration efficiency and head loss can be attributed to the increase in turbulence levels. These findings align well with the theories proposed by Higbe (1935) and Dankwerts (1951), which suggest that the rate of mass transfer is dependent on the surface renewal facilitated by large-scale organized eddy motions near the free surface, which are influenced by the turbulence characteristics of the flow.

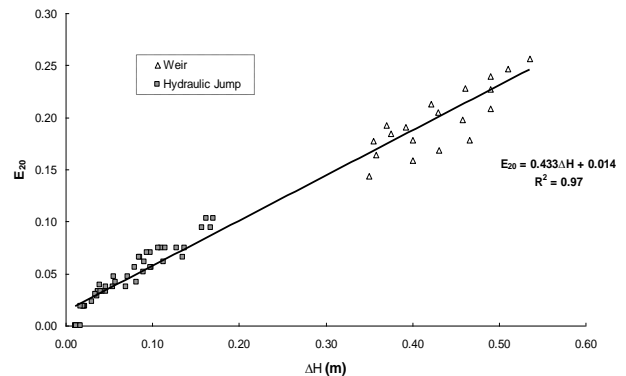


Figure 5. Variation of aeration efficiency as a function of head loss at a hydraulic jump and weir.

CONCLUSION

Based on the experimental results, a positive correlation was found between the unit discharge and aeration efficiency at weirs and this formula is valid under $q < 0.1 \text{ m}^2/\text{s}$. The proposed equation made good estimations; only two out of a total of 19 readings lie outside the $\pm 5\%$ error bands and the average relative error (ARE) is found 2.5% which is less than the practically acceptable 5%. Also, the proposed empirical formula prediction capacity is compared with the other empirical formulas in terms of their average relative error values, and the best prediction is made by Gamenson's (1957) formula among other empirical formulas in the literature. Additionally, by assuming a drop height equal to head loss, it was observed that hydraulic jump aeration efficiency dependence on head loss continued for weirs indicating the free-surface macro turbulence's main role in the process.

REFERENCES

- Apted, R.W. & Novak, P. (1973).** Oxygen uptake at weirs. *Proceedings of 15th IAHR Congress*, Istanbul, Türkiye, 177-186.
- Avery, S. T. & Novak, P. (1978).** Oxygen transfer at hydraulic structures. *J. Hydr. Div., ASCE*, **104**(11), 1521-1540.
- Dankwerts, P.V. (1951).** Significance of liquid-film coefficients in gas absorption. *Industrial and Engineering Chemistry*, **43**(6), 1460-1467.

- Ervine, D.A., Mckeogh, E. & Elsayy, E.M. (1980).** Effect of turbulent intensity on the rate of entrainment by plunging water jets. *Proc. Inst. Civ. Engrs.*, **2**, 425-455.
- Ervine, D.A. (1998).** Air entrainment in hydraulic structures: a review. *Proc. Instn Civ. Engrs Wat., Marit. & Energy.*, **130(5)**, 142-153.
- Giller, P.S. & Malmqvist, B. (1998).** *The biology of streams and rivers*, Oxford University Press, Great Britain.
- Gulliver, J.S., Wilhelms S.C. & Parkhill, K.L. (1998).** Predictive capabilities in oxygen transfer at hydraulic structures. *Hydr. Engrg.*, ASCE, July, 664-671.
- Gulliver, J.S. & Rindels, A.J. (1990).** Indexing gas transfer in self-aerated flows. *J. Envir. Engrg.*, ASCE, **116(3)**, 503-523.
- Gameson, A.L.H., Vandyke, K.G. & Ogden, C.G. (1958).** The effect of temperature on aeration at weirs. *Water and Water Engrg.*, Nov, 489-492.
- Higbe, R. (1935).** On the adsorption of a pure gas into a still liquid during short period of exposure. *Transactions, American Institute of Chemical Engineers*, **31**, 365-390.
- ISO. (2008).** *Hydrometry-Open channel flow measurement using thin-plate weirs*, Geneva, Switzerland.
- Kawase, Y. & Young, M.M. (1992).** Correlations for liquid-phase mass transfer coefficients in bubble column reactors with Newtonian and non-newtonian fluids. *The Can. J. Chem. Engrg.*, **70**, 48-54.
- Kim J. & Walters, R.W. (2001).** Oxygen transfer at low drop weirs. *J. Envir. Engrg, ASCE*, **127(7)**, 604-610.
- Kobus, H. (1991).** *Introduction to air-water flows. Air entrainment in free surface flows*, I. R. Wood, ed., IAHR Hydraulic Structures Manual, No. 4, Rotterdam.
- Kucukali, S. (2006).** *Investigation of hydraulic jumps aeration efficiency in terms of head loss concept*. Ph.D. thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, (In Turkish).
- Kucukali, S. & Cokgor, S. (2009).** Energy concept for predicting hydraulic jump aeration efficiency. *J. Envir. Engrg.*, ASCE, **135(2)**, 105-107.
- Kucukali, S. & Cokgor, S. (2020).** *An experimental investigation of reaeration and energy dissipation in hydraulic jump*, M. B. Kalinowska, ed., *Recent Trends in Environmental Hydraulics*, 127-136, Cham, Switzerland, Springer.
- Muntz, C. & Roberts, P.V. (1989).** Gas and liquid phase mass transfer resistances of organic compounds during mechanical surface aeration. *Wat. Res.*, **23(5)**, 589-601.
- Markosfky, M. & Kobus, H., 1978.** Unified presentation of weir-aeration data. *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, **104(4)**, 562-568.
- Nakasone, H. (1987).** Study of aeration at weirs and cascades. *J. Envir.Engrg, ASCE*, **113**, 64-81.
- Rajwa-Kuligiewicz, A., Bialik, R.J. & Rowiński, P. (2016).** *Experimental investigations on the oxygen transfer efficiency at low-head hydraulic structures*, P. Rowiński, ed., *Hydrodynamic And Mass Transport At Freshwater Aquatic Interfaces*, GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences. Springer, Cham.
- Sene, K.J., Hunt, J.C.R. & Thomas, N.H. (1994).** The role of coherent structures in bubble transport by turbulent shear flows. *J. Fluid Mechanics*, **259**, 219-240.
- Streeter, V.L. & Wylie, E.B. (1981).** *Fluid mechanics*, McGraw-Hill, Singapore.
- Toombes, L. & Chanson, H. (2005).** Air-water mass transfer on a stepped waterway. *J. Envir. Engrg.*, ASCE, **131(10)**, 1377-1386.
- Urban, A.L., Wilhelms, S.C. & Gulliver, J.S. (2005).** Decay of turbulence downstream of a stilling basin. *J.Hydr. Engrg.*, ASCE, **131(9)**, 825-829.
- Van der Kroon, G.T.M. & Scharm, A.H. (1969).** *Weir-aeration-Part II. H₂O*, **22**, 538-545.
- Watson, C.C., Walters, R.W. & Hogan, S.A. (1998).** Aeration performance of low drop weirs. *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, **124(1)**, 65-71.
- Wei, T. & Willmarth, W.W. (1989).** Reynolds-number effects on the structure of a turbulent channel flow. *J. Fluid Mech.*, **204**, 57-95.
- Welch, E.B. & Jacoby, J.M. (2004).** *Pollutant effects in freshwater: Applied limnology*, Spon Press, London and New York.
- Zhao,W., Prata, A., Peirson, W., Stuetz, R. & Felder, S. (2022).** Reaeration in supercritical open channel flows: An experimental study. *Journal of Hydraulic Engineering*, **148**, DOI: [10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0002001](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0002001)



Poliakrilamid ve Tutunum Kimyasallarıyla Desteklenen Nanofibrillenmiş Selülozun Geri Dönüştürülmüş Atık Kağıtların Mekanik/Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi^[*]

Ayhan TOZLUOĞLU

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Bölümü, Düzce, Türkiye

Geliş Tarihi: 03.11.2023

Kabul Tarihi: 27.12.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atf yapmak için: Tozluoğlu, A. (2023). Poliakrilamid ve Tutunum Kimyasallarıyla Desteklenen Nanofibrillenmiş Selülozun Geri Dönüştürülmüş Atık Kağıtların Mekanik/Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4), 742-748. <https://doi.org/10.35229/jaes.1385598>

How to cite: Tozluoğlu, A. (2023). Effect of Nanofibrillated Cellulose Reinforced with Polyacrylamide and Retention Chemicals on the Mechanical/Physical Properties of Recycled Waste Papers. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4), 742-748. <https://doi.org/10.35229/jaes.1385598>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-1828-9450>

*Sorumlu yazarın:
Ayhan TOZLUOĞLU
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi,
Orman End. Müh. Bölümü, Düzce, Türkiye
✉: ayhantozluoglu@duzce.edu.tr

Öz: Dünya genelinde atık kağıtların yeniden değerlendirilerek (recycling) tek başlarına veya bağlayıcı ve katkı kimyasalları ile karıştırılarak başarılı bir şekilde kağıt üretimi gerçekleştirilmektedir. Atık kağıttan üretilen kağıt ve kağıt ürünlerinin üretim ve tüketim miktarları ve çeşitlilikleri her geçen yıl artmaktadır. Fakat geri dönüştürülmüş liflerden üretilen kağıtların, işlenmemiş liflerden üretilen kağıtlara göre daha düşük mukavemet özelliklerine sahip olması nedeni ile fiziksel ve direnç özellikleri azalmaktadır. Atık kağıt hamurundan elde edilecek kağıtların üretiminde güçlendirici katkı maddeleri olarak poliakrilamid (PAM) ve koloidal silika bazlı tutunum (retensiyon) kimyasalları (RK) ile birlikte nanofibrillenmiş selülozların kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Çünkü nanofibrillenmiş selülozlar (CNF) nanometre ölçeğindeki olağanüstü özellikleri ile kağıt kalitesinin artırılmasını sağlar. Bu çalışmada; Rapid Köthen laboratuvar deney kağıdı makinesinde 130 g/m² kağıtların üretimi sırasında atık kağıt hamur lif süspansiyonuna %2 ve %4 konsantrasyonlarda CNF, %1 konsantrasyonda PAM ve %1 konsantrasyonda RK ilave edilerek farklı kombinasyonlarda numuneler üretilmiş olup akabinde fiziksel ve mekanik testlere tabi tutulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde; mekanik özelliklerden kopma direnci, patlama direnci ve iç bağ mukavemeti değerlerinin kontrol atık kağıt hamur liflerine nazaran sırasıyla %13,9, 20,9 ve 15,2 oranında artış gösterdiği ve porozite değerinin ise kontrol numunesine göre %32,9'luk bir azalma gösterdiği gözlemlenmiştir. Öte yandan kontrol numunesine bağlayıcı maddelerin dışında CNF eklendiğinde kağıdın ezilme değerlerini artırdıkları gözlemlenmiştir. Elde edilen bu değer üretilen kağıtların kontrol hamuruna nazaran daha iyi mukavemet özellikleri sergilediğini ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Atık kağıt, nanofibrillenmiş selüloz, poliakrilamid, ezilme testleri, kopma, porozite.

Effect of Nanofibrillated Cellulose Reinforced with Polyacrylamide and Retention Chemicals on the Mechanical/Physical Properties of Recycled Waste Papers

Abstract: Around the world, paper is produced successfully by recycling waste paper alone or by mixing it with binders and additive chemicals. The production and consumption amounts and diversity of paper and paper products produced from waste paper are increasing every year. However, due to the recycling conditions of the produced papers, the physical and resistance properties of papers produced from recycled fibers have lower strength properties than papers produced from virgin fibers. Nanocelluloses are also used along with polyacrylamide (PAM) and colloidal silica-based retention chemicals (RK) as strengthening additives in the production of fluting paper from waste papers. It is becoming increasingly widespread because cellulose nanofibrils (CNF) enable improving paper quality with their extraordinary properties at the nanometer scale. In this study, during the production of 130 g/m² fluting papers in the Rapid Köthen laboratory test paper machine, samples were prepared with different combinations by adding additives such as CNF at 2% and 4% concentrations, PAM at 1% concentration and RK at 1% concentration. They were subsequently subjected to physical and mechanical tests. When the results are examined; it was observed that the mechanical properties such as tensile index, burst index and internal bond strength increased by 13.9, 20.9 and 15.2%, respectively, compared to the control recycled pulp fibers, and the air permeability (porosity) value decreased by 32.9% compared to the control sample. On the other hand, it was observed that when CNF was added to the control recycled fibers, apart from the binders, the crush test values of the paper increased. This value obtained revealed that the produced papers exhibited better strength properties compared to the control pulp.

*Corresponding author:
AUTHOR
Duzce University, Forest Faculty Forest
End. Eng. Dep., Duzce, Türkiye
✉: ayhantozluoglu@duzce.edu.tr

Keywords: Recycled paper, nanofibrillated cellulose, polyacrylamide, crush tests, tensile, porosity.

[*] *TÜBİTAK TEYDEB 1505 Proje No: 5180044 Nanoteknolojik Ambalaj Kağıdı ve Karton Üretimi.

GİRİŞ

Atık kağıdın dünya çapında toplanması veya geri kazanımı 1970 (31 milyon ton) ile 2010 (210 milyon ton) yılları arasında çok fazla artış göstermiştir (Mansikkasalo vd., 2014; Laurijssen vd., 2010). Atık kağıdın başlıca türleri karton ambalaj kapları (oluklu ve kraft kalite), gazete, dergi ve ofis atık kağıtlarıdır. Tüm bu türlerin geri dönüşüm kademeleri ve kullanım dereceleri farklıdır. Atık kağıtlar; kağıt ve karton endüstrisi için düşük maliyetli bir lif kaynağı olmasının yanı sıra dolaylı yoldan orman kaynaklarının korunmasına, çevre kirliliğinin azalmasına, su ve enerji tasarrufuna katkıda bulunmaktadır. Atık kağıt, en geri dönüştürülebilir selülozik kaynaklardan biridir ve genellikle kağıt yapımında ortalama 3-4 kez (teorik olarak 6-7 kez) geri dönüştürülür (Zhang vd., 2015). Atık kağıdın geri dönüştürülmesi uygulaması birçok açıdan faydalı olmasına rağmen bazı sınırlamalara sahiptir. Atık kağıdın her yeniden kullanım döngüsünde; lif morfolojisi (uzunluk ve boyutun kısalması), kağıt liflerinin kimyasal bileşimi ve yüzey koşulları, lif bağlanması (ara ve iç), selülozun polimerizasyon derecesi ve su tutma değerindeki olumsuz değişiklikler nedeniyle kağıt liflerinin mukavemeti azalır. Belirli sayıda gerçekleşen geri dönüşümden sonra kağıt hamuru liflerinin boyu kısalarak liflerin hidroksil grupları açılmaz bir hal alır, hornifikasyon gerçekleşir ve bu atık kağıt lifleri kullanılarak üretilmiş kağıtlar düşük mukavemet özellikleri gösterir (Chen vd., 2016). Bu nedenle, kağıt hamuru liflerinin bağlanma oranını artırarak geri dönüştürülmüş hamurun mukavemet özelliklerini geliştirmek için poliakrilamidler (PAM), polivinil alkoller, katyonik nişasta ve özellikle son yıllarda nanofibrillenmiş selüloz (CNF) gibi çeşitli katkı maddeleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Hubbe, 2006; Shen vd., 2021).

CNF, genellikle selülozik liflerin mekanik mikrofibrilasyona maruz bırakılmasıyla üretilen, nanometrik düzende (100 nm'den düşük) çaplara sahip küçük selüloz yapılarından oluşan süspansiyonlardır (Lavoine vd., 2012). Günümüzde nanoselüloz, yüksek spesifik yüzey alanı, yüksek en/boy oranı, uygun fiziksel ve reolojik özellikler gibi kendine özgü özellikleri nedeniyle ve bunun yanında yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir özelliklerinin de ön plana çıkmasıyla ürün kalitesini ve yeni nanomateryallerin oluşturulmasını geliştirmek için bilim adamlarının ve endüstrilerin büyük ilgisini çekmektedir. Ancak kağıt hamuru ve kağıt endüstrilerinde nanoselüloz uygulamasına odaklanıldığında gerçekte olan durumun mevcut potansiyelin çok altında olduğu gözlemlenmektedir. Bunun temel nedeni yüksek üretim maliyeti, yüksek enerji tüketimi ve operasyonel darboğazlardır. Bu nedenle günümüzde bu araştırma alanına yaklaşan çalışmalara giderek daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır (Pego vd., 2020). Yüksek polimerizasyon derecesi (DP) ve en boy oranına

sahip CNF'ler liflerin daha yüksek oranda bağlantı oluşturabiliyor olması sebebiyle daha güçlü malzemelerin üretimine imkan vermektedir (Sertkaya vd., 2023). CNF'nin hem işlenmemiş (González vd., 2012; Petroudy vd., 2014; Taipale vd., 2010) hem de geri dönüştürülmüş hamurları (Balea vd., 2016a, b; DelgadoAguilar vd., 2015) güçlendirme yeteneğini açıklayan çeşitli çalışmalar olmasına rağmen CNF-hamur süspansiyonu karışımının kağıt özellikleri üzerindeki etkisine ilişkin çok fazla çalışma yayınlanmamıştır (Campano vd., 2018).

Kağıt üretimi alanında CNF'ler üzerine yapılan çoğu araştırmanın ana odağı, bunların işlenmemiş kağıt hamuru ve kağıt uygulamaları için katkı maddesi olarak kullanılması olmuştur. Kağıt hamuru süspansiyonuna CNF'nin eklenmesi, kağıdın fiziksel özellikleri üzerinde dikkate değer bir etkiye sahiptir. Parçacık boyutu ve spesifik yüzey alanı nedeniyle CNF, lifler arasındaki gözenekleri doldurup azaltır ve bağlanma oranını artırır. CNF konsantrasyonu arttıkça kağıdın yoğunluğu ve opaklığı artarken kalınlığı, hacmi, gözenekliliği ve hava geçirgenliği azalır (Balea vd., 2019, Balea vd., 2020; Sanchez-Salvador vd., 2020). Bununla birlikte, anyonik yükü, kağıt ağ oluşumu sırasında CNF'nin kağıt ağ üzerinde tutulmasını kısıtlar. Ayrıca, CNF konsantrasyonunun ve tutunmasının artırılması genellikle drenaj hızını azaltır. Örneğin González vd., (2012), ağartılmış okaliptüs hamur süspansiyonuna %3 CNF ilavesinin serbestlik derecesini %61,1 artırdığını bildirmiştir. Ayrıca Tozluoğlu vd., (2021) tarafından geri dönüştürülmüş kağıt hamuru süspansiyonlarına %4 CNF'nin eklenmesinden sonra serbestlik derecesinde %23,3'lük bir artış rapor edilmiştir. Bağlayıcı maddelerin kullanımı yalnızca tutunmayı arttırmakla kalmaz, aynı zamanda lifler arası bağları güçlendirerek mekanik özellikler üzerinde de olumlu etkiler bırakır, bu nedenle bağlayıcı ve mukavemet artırıcı maddelerinin uygun seçimi ve optimizasyonu gerekliliği doğmaktadır (Tozluoğlu & Fidan, 2023).

Bu çalışmadaki amacımız; atık kağıt hamur liflerine farklı konsantrasyonlarda eklenen CNF'lerin çeşitli bağlayıcılar ile (PAM ve RK) olan etkileşimlerinin ve çeşitli üretilen kağıtların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılmasıdır. Atık kağıt liflerinden elde edilen hamur süspansiyonuna uygulanan CNF, PAM ve RK ile güçlendirilen kağıt numuneleri ile kontrol numunesinin fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılarak sonuçlar literatür çalışmaları ile desteklenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Çalışma kapsamında kullanılan atık kağıtlar KMK Kağıt A.Ş.'den (Kütahya, Türkiye) temin edilmiştir. Nanofibrillenmiş selüloz (CNF-%2 w/w) ise

Nanografi Nanoteknoloji A.Ş.'den (Ankara, Türkiye) temin edilmiştir.

Metot: Bu çalışmada, atık kağıt lifleri 130 g/m² kağıt üretiminde birincil hammadde kaynağı (kontrol) olarak kullanılmıştır. Çalışmada CNF'nin kağıt özellikleri üzerindeki etkisini karşılaştırabilmek amacıyla; koloidal silika bazlı tutunum kimyasalı (RK) (Perform PA 8136) ve Poliakrilamid (PAM) gibi bağlayıcı maddeler ile RK+CNF ve PAM+CNF modifikasyonları ayrı ayrı denenmiştir. Bu kapsamda hamur süspansiyonuna %1 konsantrasyonda RK, %1 konsantrasyonda PAM ve CNF uygulamalarında ise %2 ve %4 konsantrasyonlarda CNF, ilave edilerek, ISO 5269-2'ye göre Rapid Köthen kağıt makinesi (PTI, Vorchdord, Avusturya) kullanılarak, kağıt üretimleri gerçekleştirilmiştir. Rapid Köthen kağıt makinesinde kullanılan su oda sıcaklığında (22-25°C) şebeke suyu olup herhangi bir ısıtma veya soğutma işlemi yapılmamıştır.

Kağıtlar 130 g/m² gramajında hazırlanmış ve daha sonra TS 636 EN 20187 standardına göre kondisyonlanmıştır. Çalışma kapsamında RK, PAM ve CNF ilavesiyle modifiye edilen kağıtların mekanik (kopma indisi-TAPPI T494, patlama indisi-TAPPI T403, iç bağ mukavemeti-TAPPI T 569, Short-Span Compression Test SCT- TAPPI T826, Concora Medium Test CMT- BS EN ISO 7263, Ring Crush Test RCT- TAPPI T822 ve Concora Crush Test CCT- TAPPI T824) ve fiziksel (hava geçirgenliği-TS ISO 5636-3) değerleri ilgili standartlara göre belirlenmiştir.

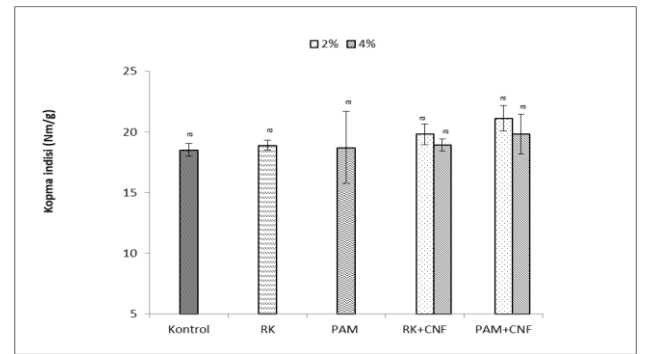
İstatistiksel Analiz: Tüm veriler varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testleri yoluyla Minitab programı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

BULGULAR

Kopma Direnci: Kopma direnci, kağıdın lifli ağ yapısının kırılmaya karşı direncini ölçmek için kullanılır. Lif uzunluğu, lif yönü, lif mukavemeti, lif incelleme derecesi ve kullanılan dolgu maddesi gibi faktörler kağıdın kopma mukavemetini etkileyen ana faktörlerdir (Xu vd., 2016). Kağıtta üretiminde CNF kullanılması genellikle kopma indisini artırır. Mikro/nano fibrillerin yüksek bağlanma yeteneği sayesinde, alt tabaka (kağıt yüzeyi) arasında güçlü bir bağlanma meydana gelir ve böylece kağıttaki gözenekli selülozik alt tabakalar üzerinde sert nanofibril tabakaları oluşur. Bu katman sayesinde kopma indis değeri artmaktadır (Beneventi vd., 2014; Afra vd., 2016).

Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre kontrol kağıt hamur liflerine %1 PAM ve %1 RK eklenmesi ile kopma indis değerleri sırasıyla %1,15 ve %2,20 oranlarında artmıştır. Öte yandan kontrol numunesine bağlayıcı maddelerin dışında CNF eklendiğinde ise CNF'lerin liflere nazaran daha yüksek spesifik yüzey alanına sahip olmalarına bağlı olarak lifler arasındaki bağlantı miktarını artırarak kopma indis

değerlerini artırdıkları gözlemlenmiştir (Hassan vd., 2011; Petroudy vd., 2014). En yüksek kopma direnci (21,1 Nm/g) PAM+%2 CNF uygulaması sonrasında elde edilmiş olup, kontrol numunesine göre %13,9'luk bir artış sağlandığı gözlemlenmiştir (Şekil 1). Elde edilen bu sonuç literatür çalışmalarıyla da paralellik göstermiş olup, Merayo vd., (2017) yaptıkları çalışmada atık kağıt liflerine CNF'yi C-PAM ile birlikte kattıklarında kopma değerlerinde artış gözlemlenmişlerdir. Elde edilen değerlerin istatistiksel analiz sonuçları CNF'nin farklı konsantrasyonlarda çeşitli bağlayıcı ve kağıt katkı kimyasalları varlığında, 130 g/m² gramajında üretilen kontrol atık kağıt hamur liflerine eklenmesi suretiyle üretilen kağıtların kopma indis değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (p < 0.01).

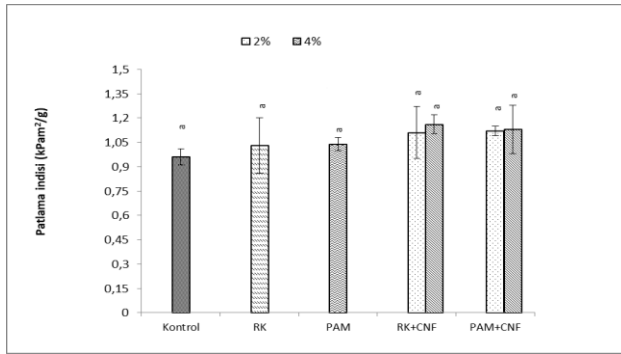


Şekil 1. CNF'nin kağıtların kopma direnci üzerine etkisi
Figure 1. The effect of CNF on the tensile strength of papers

Patlama Direnci: Patlama direnci lifler arası bağlantı miktarına, bireysel lif sağlamlığına bağlı olup, kağıdın makine yönü ve enine yön sağlamlık oranından ve kağıdın uzama miktarından etkilenir (Hassan vd., 2011).

Çalışma kapsamında elde edilen değerler incelendiğinde kontrol kağıt hamur liflerine %1 RK ve %1 PAM kullanımı ile patlama direnci sırasıyla %7,32 ve %8,71 oranlarında artış göstermiştir. Öte yandan kontrol numunesine bağlayıcı maddelerin dışında CNF eklendiğinde ise en yüksek patlama direnci (1.16 kPam²/g) RK+%4 CNF uygulaması sonrasında elde edilmiş olup, kontrol numunesine göre %20,9'luk bir artış sağlandığı gözlemlenmiştir (Şekil 2). Bu çalışmada CNF'lerin kontrol atık kağıt hamur liflerine eklendiklerinde patlama indis değerlerini artırması artan lifler arası bağlantı miktarı ile açıklanabilir. CNF'nin bağlayıcı ve kağıt katkı kimyasalları gibi farklı biyopolimerik malzemeler ile birlikte çeşitli kombinasyonlarda kontrol atık kağıt hamur liflerine eklenmesi sonucunda patlama indis değerlerinde meydana gelen artışlar uygulanan malzemelere bağlı olarak CNF'nin dolgu maddeleri ile oldukça yeterli bir bağlanmayı olumlu yönde desteklediğini ortaya koymaktadır (Lourenço vd., 2019). Benzer şekilde Salam vd., (2013) atık karton kağıdı hamur liflerine %2 oranında kristal nanoselüloz (CNC) ve kimyasal olarak modifiye

ettikleri CNC'leri ilave ettiklerinde kontrol kağıtlarına göre patlama direnci, %10,8-46,0 oranlarında artış göstermiştir. Öte yandan; CNF ilavesinin hamur liflerinin patlama direnci üzerindeki etkisi ise literatürde tartışmalı bir konudur. Hassan vd., (2011) şeker kamışı küspesi hamur liflerine farklı oranlarda CNF eklediklerinde patlama direncinin düştüğünü belirtmişlerdir. Elde edilen değerlerin istatistiki analiz sonuçları CNF'nin farklı konsantrasyonlarda çeşitli bağlayıcı ve kağıt katkı kimyasalları varlığında, 130 g/m² gramajında üretilen atık kağıt hamur liflerine eklenmesi suretiyle üretilen kağıtların patlama indis değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (p < 0.05).

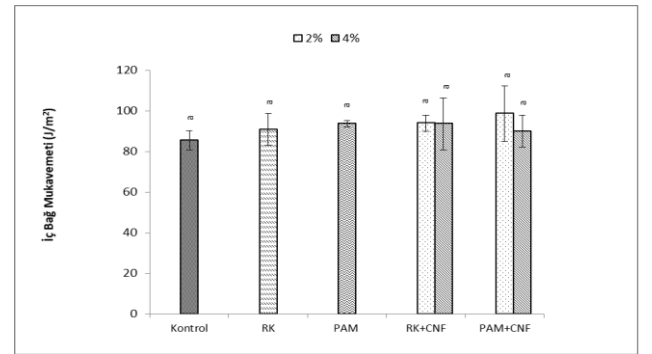


Şekil 2. CNF'nin kağıtların patlama direnci üzerine etkisi
Figure 2. The effect of CNF on the burst strength of papers

İç Bağ Mukavemeti: İç bağ, bir kağıt numunesinin katmanlarına ayrılması için gereken kuvvet miktarını ölçer. Kağıdın özellikleri arasında önemli bir yere sahip olan iç bağ, lifler arası bağ kuvveti ve bağ miktarı ile doğrudan ilişkilidir (Fidan vd., 2021). Kağıdın kaplama işlemlerinde zayıf iç bağ, ayrılmaya neden olur (Koubaa & Koran, 1995).

Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre kontrol kağıt hamur liflerine %1 PAM ve %1 RK eklenmesi ile iç bağlanma değerleri sırasıyla %6,23 ve %9,34 oranlarında artış göstermiştir. Öte yandan kontrol numunesine bağlayıcı maddelerin dışında CNF eklendiğinde ise CNF'lerin liflere nazaran daha yüksek spesifik yüzey alanına sahip olmalarına bağlı olarak lifler arasındaki bağlantı miktarını artırarak (Hassan vd., 2011; Petroudy vd., 2014) iç bağlanma değerlerini artırdıkları gözlemlenmiştir. En yüksek iç bağlanma değeri (98,7 J/m²) PAM+%2 CNF uygulaması sonrasında elde edilmiş olup, kontrol numunesine göre %15,2'lik bir artış sağlandığı gözlemlenmiştir (Şekil 3). İç bağlanma testi, hem lifler arasındaki bağ miktarını hem de lifler arasındaki bağlanmanın gerçekleştiği alanda iyileşme olup olmadığını gösteren bir testtir. İç kohezyon yani iç bağlanma mukavemeti, kağıt bileşenlerinin bağlanma kapasitesi ile yakından ilişkilidir özellikle dış lifler ve ince parçalar arasındaki ilişkide önemli bir rol oynar (Delgado-Aguilar vd., 2015; Kang & Paulapuro, 2006). Delgado-Aguilar vd. (2015), atık kağıt hamur süspansiyonuna %1,5 CNF'nin

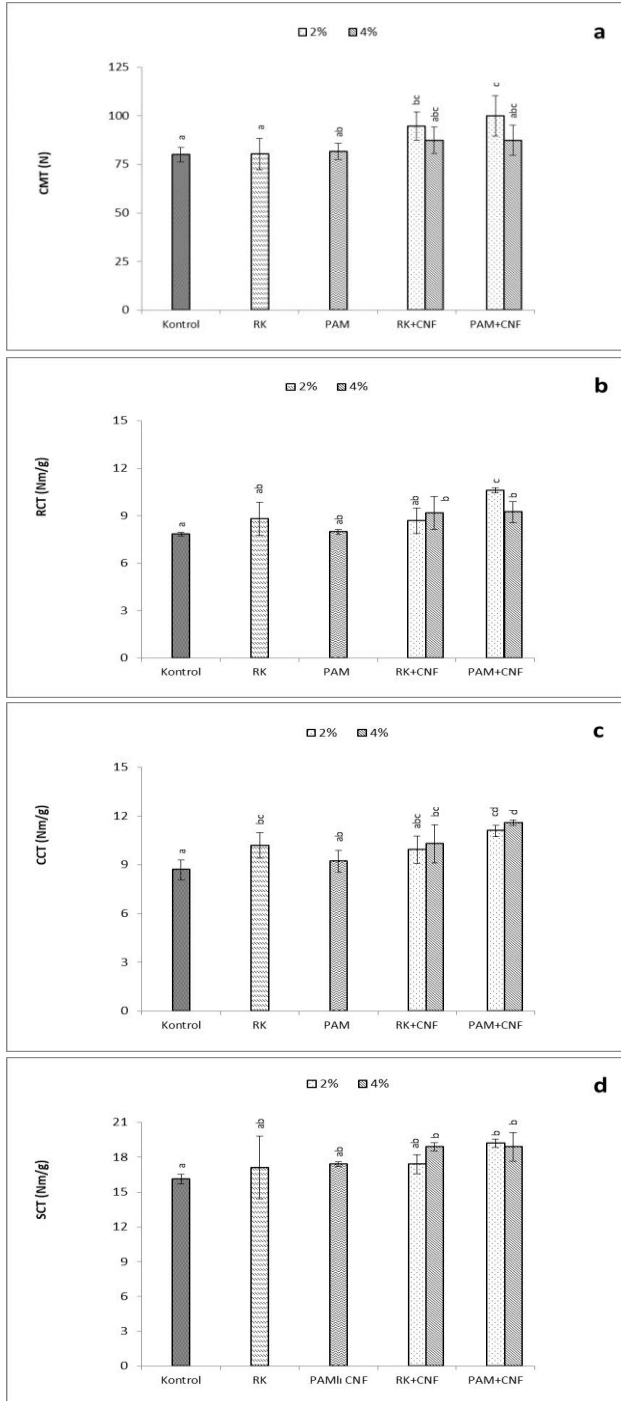
eklenmesiyle iç bağ değerlerinde %24,4 oranında artış olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca Tozluoğlu vd. (2021), atık kağıt hamuru süspansiyonuna %4 periyodat ile ön işleme tabi tutulmuş CNF ilave ettiklerinde iç bağ mukavemetinde %90,1'e kadar önemli bir iyileşme olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen değerlerin istatistiki analiz sonuçları CNF'nin farklı konsantrasyonlarda çeşitli bağlayıcı ve kağıt katkı kimyasalları varlığında, 130 g/m² gramajında üretilen atık kağıt hamur kontrol liflerine eklenmesi suretiyle üretilen kağıtların iç bağlanma değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir (p > 0.05).



Şekil 3. CNF'nin kağıtların iç bağlanma değerleri üzerine etkisi
Figure 3. Effect of CNF on the internal bond values of papers

Ezilme Testleri: Farklı bağlayıcı madde ve CNF katkılarının atık kağıtların ezilme testi üzerindeki etkileri (SCT, CCT, CMT, RCT), Şekil 4a-d 'de verilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen değerler incelendiğinde kontrol kağıt hamur liflerine %1 RK ve %1 PAM kullanımı ile CMT %0,38 ve %2,13; RCT %12,4 ve %1,79; CCT %17,2 ve %6,09 ve SCT değerleri sırasıyla %6,21 ve %8,07 oranlarında artış göstermiştir. Öte yandan kontrol numunesine bağlayıcı maddelerin dışında CNF eklendiğinde ezilme değerlerini artırdıkları gözlemlenmiştir. En yüksek CMT (100 N) PAM+%2 CNF uygulaması sonrası, en yüksek RCT (10,6 Nm/g) PAM+%2 CNF uygulaması sonrası, en yüksek CCT (11,6 Nm/g) PAM+%4 CNF uygulaması sonrası ve en yüksek SCT (19,2 Nm/g) PAM+%2 CNF uygulaması sonrasında elde edilmiştir olup, kontrol numunesine göre %13,9'luk bir artış sağlandığı gözlemlenmiştir Şekil 4a-d. Elde edilen sonuçlara benzer şekilde Sanchez-Salvador vd. (2020), atık kağıt lif süspansiyonuna sırasıyla %1,5, %3, %4,5 ve %6 CNF'nin eklenmesiyle SCT değerlerinde %12,3, %16,3, %19,0 ve %23,4 artış olduğunu bildirmişlerdir. Tozluoğlu vd. (2021), kağıt hamuru süspansiyonuna %4 CNF eklenmesiyle CMT ve CCT değerlerinde %50,6 ve %44,1'lik bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Ehman vd. (2020), %3 CNF içeren kağıtların RCT indis değerlerinde kontrol numunelerine kıyasla %28,2'lik bir artış tespit etmiştir. Elde edilen değerlerin istatistiki analiz sonuçları CNF'nin farklı konsantrasyonlarda çeşitli bağlayıcı ve kağıt katkı kimyasalları varlığında, 130 g/m²

gramajında üretilen kontrol atık kağıt hamur liflerine eklenmesi suretiyle üretilen kağıtların SCT, CCT, CMT ve RCT değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ($p < 0.01$).

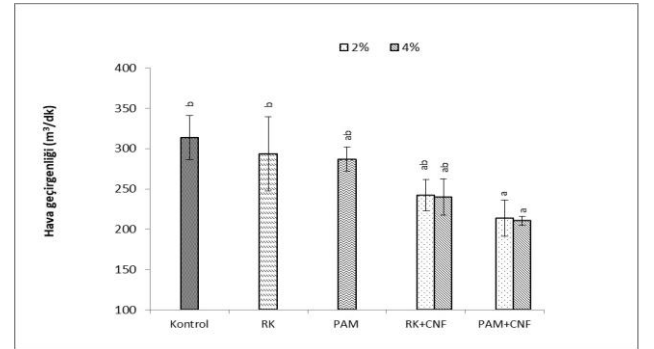


Şekil 4. CNF'nin kağıtların CMT, RCT, CCT ve SCT değerleri üzerine etkisi
Figure 4. Effect of CNF on the CMT, RCT, CCT and SCT values of papers

Hava Geçirgenliği (Porozite): Hava geçirgenliği, birim zamanda birim alandan geçen cm^3 cinsinden hava miktarı olarak tanımlanır. Hava geçirgenliği kağıdın gözenekliliği hakkında bilgi verir. Kağıdın hava geçirgenliği, yalnızca kağıdın gözenekliliğini (boş

hacim/toplam hacim) değil aynı zamanda ağ yapısının karmaşıklığını da gösterir (He vd., 2017).

Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre kontrol kağıt hamur liflerine %1 PAM ve %1 RK eklenmesi ile hava geçirgenliği değeri sırasıyla %6,43 ve %8,53 oranlarında azaltmıştır. Öte yandan kontrol numunesine bağlayıcı maddelerin dışında CNF eklendiğinde ise en düşük hava geçirgenliği değeri ($210,6 \text{ m}^3/\text{dk}$) %1 PAM+%4 CNF uygulaması sonrasında elde edilmiş olup, kontrol numunesine göre %32,0'lık bir azalma sağlandığı gözlemlenmiştir (Şekil 5). Sanchez-Salvador ve ark. (2020), CNF'nin atık kağıt hamuru liflerine %1,5, %3, %4,5 ve %6 oranında eklenmesinin porozite değerlerini sırasıyla %55,9, %64,4, %75,8 ve %87,7 azalttığını gözlemlemiştir. Ayrıca, %1-5 oranlarında CNF ilavesiyle atık kağıt liflerinden elde edilen kağıtlarda hava geçirgenliğinde %75'e kadar önemli bir azalma Balea vd. (2018) tarafından rapor edilmiştir. Ayrıca Balea vd. (2016b), atık kağıt liflerine %4,5 oranında CNF eklendiğinde hava geçirgenliğinde neredeyse %90 azalma gözlemlenmiştir. Elde edilen değerlerin istatistiksel analiz sonuçları, CNF'nin farklı konsantrasyonlarda çeşitli bağlayıcı ve kağıt katkı kimyasalları varlığında, 130 g/m^2 gramajında üretilen atık kağıt hamur kontrol liflerine eklenmesi suretiyle üretilen kağıtların hava geçirgenliği değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).



Şekil 5. CNF'nin kağıtların porozite değerleri üzerine etkisi.
Figure 5. Effect of CNF on the porosity values of papers.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında geri dönüştürülmüş atık kağıt hamuruna farklı konsantrasyonlarda (%2 ve %4) CNF eklenmesi durumunda, bağlayıcı ve katkı kimyasalları kullanılarak üretilen kağıtların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. CNF atık kağıt süspansiyonuna %1 PAM ve %1 RK varlığında ilave edildiğinde; 130 g/m^2 gramajında üretilen kağıtların kopma, patlama, ve iç bağlanma test değerleri artan CNF konsantrasyonu ile artış göstermekle birlikte en yüksek kopma direnci %1 PAM+%2 CNF uygulaması sonrasında $21,1 \text{ Nm/g}$; en yüksek patlama direnci %1 RK+%4 CNF uygulaması sonrasında $1,16 \text{ kPam}^2/\text{g}$ ve en yüksek iç bağ

mukavemeti %1 PAM+%2 CNF uygulaması sonrasında 98.7 J/m² olarak gözlemlenmiş ve atık kağıt hamur kontrol numunelerine nazaran sırasıyla %13,9, 20,9 ve 15,2'lik artışlar elde edilmiştir. Öte yandan kontrol numunesine bağlayıcı maddelerin dışında CNF eklendiğinde ezilme değerlerini artırdıkları gözlemlenmiştir. Fiziksel özellikler incelendiğinde; en düşük porozite değeri %1 PAM+%4 CNF uygulaması sonrasında 210,6 m³/dk olarak elde edilmiş olup, kontrol numunesine göre %32,9'luk bir azalma sağlandığı gözlemlenmiştir. Selüloz nanofibrillerin hamur lif süspansiyonuna direkt olarak ilavesinin hamur ve kağıt özellikleri üzerine etkileri incelenmiş olup elde edilen kağıtların mekanik özellikleri olumlu yönde etkilenmiştir. Bu bağlamda; CNF atık kağıt hamur kontrol liflerine bağlayıcı ve kağıt katkı kimyasalları gibi farklı biyopolimerik malzemeler ile birlikte çeşitli kombinasyonlarda eklenmesi sonucunda kopma indisi, patlama indisi ve iç bağlanma değerlerinde meydana gelen artışlar uygulanan malzemelere bağlı olarak CNF'nin dolgu maddeleri arasında yeterli bir bağlanma sağladığını ortaya koymaktadır. Elde edilen kağıtların hava geçirgenliği değerleri ise CNF+PAM+RK ilavesi sonrasında düşüş göstermiş ve elde edilen bu değer üretilen kağıtların kontrol hamuruna nazaran daha iyi bariyer özellikleri sergilediğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Afra, E., Mohammadnejad, S. & Saraeyan, A. (2016).** Cellulose nanofibils as coating material and its effects on paper properties. *Progress in Organic Coatings*, 101, 455-460.
- Balea, A., Blanco, A., Monte, M.C., Merayo, N. & Negro, C. (2016a).** Effect of bleached eucalyptus and pine cellulose nanofibers on the physico-mechanical properties of cartonboard. *BioResources*, 11(4), 8123-8138.
- Balea, A., Merayo, N., Fuente, E., Delgado-Aguilar, M., Mutje, P., Blanco, A. & Negro, C. (2016b).** Valorization of corn stalk by the production of cellulose nanofibers to improve recycled paper properties. *BioResources*, 11, 3416-3431.
- Balea, A., Merayo, N., Fuente, E., Negro, C., Delgado-Aguilar, M., Mutje, P. & Blanco, A. (2018).** Cellulose nanofibers from residues to improve linting and mechanical properties of recycled paper. *Cellulose*, 25, 1339-1351.
- Balea, A., Sanchez-Salvador, J.L., Monte M.C., Merayo, N., Negro, C. & Blanco, A. (2019).** In situ production and application of cellulose nanofibers to improve recycled paper production. *Molecules*, 24(9), 1800.
- Balea, A., Fuente, E., Monte, M. C., Merayo, N., Campano, C., Negro, C. & Blanco, A. (2020).** Industrial application of nanocelluloses in papermaking: A review of challenges, technical solutions, and market perspectives. *Molecules*, 25(3), 526.
- Beneventi, D., Chaussy, D., Curtil, D., Zolin, L., Gerbaldi, C. & Penazzi, N. (2014).** Highly porous paper loading with microfibrillated cellulose by spray coating on wet substrates. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53, 10982-10989.
- Campano, C., Merayo, N., Balea, A., Tarrés, Q., Delgado-Aguilar, M., Mutje, P. & Blanco, Á. (2018).** Mechanical and chemical dispersion of nanocelluloses to improve their reinforcing effect on recycled paper. *Cellulose*, 25, 269-280.
- Chen, Y., Wan, J., Wu, Q., Ma, Y. & Huang, M. (2016).** Effect of recycling on fundamental properties of hardwood and wheat straw pulp fibers, and of handsheets made thereof. *Cellulose Chem. Technol.*, 50, (9-10), 1061-1067.
- Delgado-Aguilar, M., González, I., Pélach, M.A., De La Fuente, E. & Negro, C. (2015).** Improvement of deinked old newspaper/old magazine pulp suspensions by means of nanofibrillated cellulose addition. *Cellulose*, 22, 789-802.
- Ehman, N.V., Felissia F.E., Tarrés, Q., Vallejos, M.E., Delgado-Aguilar, M., Mutje, P. & Area M.C. (2020).** Effect of nanofiber addition on the physical-mechanical properties of chemimechanical pulp handsheets for packaging. *Cellulose*, 27, 10811-10823.
- Fidan, H., Tozluoğlu, A., Tutuş, A., Poyraz, B., Arslan, R., Sertkaya, S., ... & Killı, U. (2021).** Application of modified cellulose nanofibrils as coating suspension on recycled paper using size press. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 36(3), 523-535.
- González, I., Boufi, S., Pélach, M. A., Alcalà, M., Vilaseca, F. & Mutje, P. (2012).** Nanofibrillated cellulose as paper additive in eucalyptus pulps. *BioResources*, 7(4), 5167-5180.
- Hassan, E.A., Hassan, M.L. & Oksman, K. (2011).** Improving bagasse pulp paper sheet properties with microfibrillated cellulose isolated from xylanase-treated bagasse. *Wood Fiber Sci.*, 43(1), 76-82.
- He, M., Yang, G., Cho, B., Lee, Y.K. & Won, J. (2017).** Effects of addition method and fibrillation degree of cellulose nanofibrils on furnish drainability and paper properties. *Cellulose*, 24, 5657-5669.

- Hubbe, M. (2006).** Bonding between cellulosic fibers in the absence and presence of dry-strength agents – A review. *BioResources*, *1*(2), 281-318.
- Kang, T. & Paulapuro, H. (2006).** Effect of external fibrillation on paper strength. *Pulp Paper: Canada*, *107*, 7/8, 51-54.
- Koubaa, A. & Koran, Z. (1995).** Measure of the internal bond strength of paper/board. *Tappi J.*, *78*(3), 103-111.
- Laurijssen, J., Marsidi, M., Westenbroek, A., Worrell, E. & Faaij, A. (2010).** Paper and biomass for energy? The impact of paper recycling on energy and CO₂ emissions. *Resour. Conserv. Recycl.*, *54*(12), 1208-1218.
- Lavoine, N., Desloges, I., Dufresne, A. & Bras, J. (2012).** Microfibrillated cellulose-its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review. *Carbohydr. Polym.*, *90*(2), 735-764.
- Lourenço, A.F., Godinho, D., Gamelas, J.A.F., Sarmiento, P. & Ferreira, P.J.T. (2019).** Carboxymethylated cellulose nanofibrils in papermaking: influence on filler retention and paper properties. *Cellulose*, *26*, 3489-3502.
- Mansikkasalo, A., Lundmark, R. & Söderholm, P. (2014).** Market behavior and policy in the recycled paper industry: a critical survey of price elasticity research. *For. Policy Econ.*, *38*, 17-29.
- Merayo, N., Balea, A., de la Fuente, E., Blanco, Á. & Negro, C. (2017).** Synergies between cellulose nanofibers and retention additives to improve recycled paper properties and the drainage process. *Cellulose*, *24*, 2987-3000.
- Pego, M.F.F., Bianchi, M.L. & Yasumura, P.K. (2020).** Nanocellulose reinforcement in paper produced from fiber blending. *Wood Science and Technology*, *54*, 1587-1603.
- Petroudy, S.R.D., Syverud K., Chinga-Carrasco, G., Ghasemain, A. & Resalati, H. (2014).** Effects of bagasse microfibrillated cellulose and cationic polyacrylamide on key properties of bagasse paper. *Carbohydrate Polymers*, *99*, 311-318.
- Salam, A., Lucia, L.A. & Jameel, H. (2013).** A novel cellulose nanocrystals-based approach to improve the mechanical properties of recycled paper. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *1*(12), 1584-1592.
- Sanchez-Salvador, J.L., Balea, A., Monte, M.C., Negro, C., Miller, M., Olson, J. & Blanco, A. (2020).** Comparison of mechanical and chemical nanocellulose as additives to reinforce recycled cardboard. *Scientific Reports* *10*(1).
- Sertkaya, S., Arslan, R., Tozluoğlu, A., Fidan, H., Erol, Ö., Ünal, H. İ. & Candan, Z. (2023).** Buğday sapından nanoselüloz üretiminde farklı enzimatik ön muamele işlemlerinin etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *38*(4), 2055-2068.
- Shen, Z., Rajabi-Abhari, A., Oh, K., Yang, G., Youn, H. J. & Lee, H.L. (2021).** Improving the barrier properties of packaging paper by polyvinyl alcohol based polymer coating - Effect of the base paper and nanoclay. *Polymers*, *13*(8), 1334.
- Taipale, T., Osterberg, M., Nykanen, A., Ruokolainen, J. & Laine, J. (2010).** Effect of microfibrillated cellulose and fines on the drainage of kraft pulp suspension and paper strength. *Cellulose*, *17*, 1005-1020.
- Tozluoğlu, A., Fidan, H., Tutuş, A., Arslan, R., Sertkaya, S., Poyraz, B., Dikmen Küçük, S., Sözbir, T., Yemşen, B. & Gücüç, M.O. (2021).** Reinforcement potential of modified nanofibrillated cellulose in recycled paper production. *BioResources*, *16*(1), 911-941.
- Tozluoğlu, A. & Fidan H. (2023).** Effect of size press coating of cationic starch/nanofibrillated cellulose on physical and mechanical properties of recycled papersheets. *BioResources*, *18*(3), 5993-6012.
- Xu, Y., Kuang, Y., Salminen, P. & Chen, G. (2016).** The influence of nano-fibrillated cellulose as a coating component in paper coating. *BioResources*, *11*(2), 4342-4352.
- Zhang, Z., Macquarrie, D.J., Budarin, V.L., Hunt, A.J., Gronnow, M.J., Fan, J., Shuttleworth, P.S., Clark, J.H. & Matharu, A.S. (2015).** Low-temperature microwave-assisted pyrolysis of waste office paper and the application of biooil as an Al adhesive. *Green Chemistry*, *17*(1), 260-270.



Nesli Tükenme Tehlikesi Altındaki *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758)'in Çanakkale Boğazı'nda Su Altı İzleme Çalışması^[*]

Ata AKSU^{1*} Uğur ALTINAĞAÇ² İrem ALTAN AKSU³ Güvenç SORARLI¹ Deniz TAŞCI¹ Hayati YAĞLI¹

¹ İstanbul Gedik University, Gedik Vocational School, Underwater Technology Programme, İstanbul, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart University, Marine Sciences and Technology Faculty, Çanakkale, Türkiye

³ İstanbul Gedik University, Gedik Vocational School, Child Development Programme, İstanbul, Türkiye

Geliş/Received: 01.01.2023

Kabul/Accepted: 20.03.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Aksu, A. Altınağaç, U., Altan Aksu, İ. Sorarlı, G., Taşcı, D. & Yağlı, H. (2023). Nesli Tükenme Tehlikesi Altındaki *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758)'in Çanakkale Boğazı'nda Su Altı İzleme Çalışması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 749-755. <https://doi.org/10.35229/jaes.1227018>

How to cite: Aksu, A. Altınağaç, U., Altan Aksu, İ. Sorarlı, G., Taşcı, D. & Yağlı, H. (2023). Underwater Monitoring Study of Endangered *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in the Çanakkale Strait between 2020-2021. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 749-755. <https://doi.org/10.35229/jaes.1227018>

*ID: <http://orcid.org/0000-0003-4057-8088>

ID: <http://orcid.org/0000-0002-3638-9834>

ID: <http://orcid.org/0000-0002-1396-0313>

ID: <http://orcid.org/0000-0003-1005-3045>

ID: <http://orcid.org/0000-0003-0080-6904>

ID: <http://orcid.org/0000-0003-0590-7317>

*Sorumlu yazarın:

Ata AKSU

İstanbul Gedik University, Gedik Vocational School, Underwater Technology Programme, İstanbul, Türkiye

✉: ata.aksu@gedik.edu.tr

Öz: Bu çalışmada; ekolojik anlamda değerli ve nesli tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olan *Pinna nobilis*'in Çanakkale Boğazı'ndaki popülasyonlarının izleme çalışması yapılması hedeflenmiştir. Çalışma olarak Çanakkale Boğazı'nda 30 örnekleme istasyonunda 2020 ve 2021 yıllarında toplamda 87000 m² lik alanda su altı izleme yöntemi ile yapılmıştır. Ölü ve canlı *P. nobilis*'lerin tespiti su altı hat-çizgi sayım metoduyla tüplü dalış yöntemiyle yapılmıştır. Su altı sayım metoduyla sayılan pinalar housingli su altı kamerasıyla kayıt altına alınmıştır. Araştırma verilerinden elde edilen sonuçlara göre; boğazdaki pinaların toplam ölüm oranı 2020 yılında %81,15'ten 2021 yılında %94,67'ye yükselmiştir. 2020 yılında gözlemlenen ölü ve canlı pinaların toplam sayısı 5880 iken; 2021 yılında bu sayı 4002'ye düşmüştür. *P. nobilis* bireylerinin bu çalışmadaki boy-ağırlık ilişkisi regresyon denklemi toplam boy (B) için; $W = 0,031L^{2,9361}$ ($R^2=0,913$), genişlik(G) için; $W = 0,133L^{3,8656}$ ($R^2=0,7706$), kalınlık (K) için; $W = 22,741L^{2,1051}$ ($R^2= 0,8484$) olarak hesaplanmıştır. En yüksek frekansa sahip canlı pinalar 0-100 gram aralığında yer alırken, boy grubunda ise en yüksek frekans 15-20 cm. aralığında gözlenmiştir. Örnekleme istasyonlarından toplam 381 canlı numune kaydedilmiştir. Bu pinalarda ortalama boy(B) $28,10 \pm 8,20$ cm olarak ölçülmüştür. Canlı pinaların ağırlığı 15g. ile 1543g. arasında değişmekte olup; ortalama $317,57 \pm 252,99$ g. olarak kaydedilmiştir. Saha çalışması boyunca toplam 2183 dakika (36 saat 23 dakika) dalış yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Pinna nobilis*, çanakkale boğazı, boy-ağırlık ilişkisi, tüplü dalış, izleme çalışması.

Underwater Monitoring Study of Endangered *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in the Çanakkale Strait between 2020-2021^[*]

Abstract: In this study; It is aimed to monitor the populations of *Pinna nobilis*, which is ecologically valuable and in danger of extinction, in Çanakkale Strait. As a study, it was carried out with underwater monitoring method in an area of 87000 m² in total in 2020 and 2021 at 30 sampling stations in the Çanakkale Strait. Detection of dead and alive *P. nobilis* was made by scuba diving method with underwater line-line counting method. Pinna counted by the underwater visual counting method were recorded with a housing underwater camera. According to the results obtained from the research data; The total mortality rate of pinas along the strait increased from 81.15% in 2020 to 94.67% in 2021. While the total number of dead and live pinas observed in 2020 was 5880; In 2021, this number has decreased to 4002. The regression equation of the height-weight relationship of *P. nobilis* individuals in this study for total height (B); $W = 0,031L^{2,9361}$ ($R^2=0,913$), for width(G); $W = 0,133L^{3,8656}$ ($R^2=0,7706$), for thickness (K); $W = 22,741L^{2,1051}$ ($R^2=0,8484$). While alive pinas with the highest frequency are in the range of 0-100 grams, the highest frequency in the height group is 15-20 cm. observed in the range. A total of 381 alive samples were recorded from sampling stations. The average length (B) in these pinas was measured as $28,10 \pm 8,20$ cm. The weight of alive pinas is 15g. with 1543g. varies between mean $317,57 \pm 252,99$ g. was recorded as. During the fieldwork, a total of 2183 (36 hours and 23 minutes) minutes of dives were made.

Keywords: *Pinna nobilis*, çanakkale strait, length-weight relationship, scuba diving, monitoring study.

*Corresponding author:

Ata AKSU

İstanbul Gedik University, Gedik Vocational School, Underwater Technology Program

✉: ata.aksu@gedik.edu.tr

[*] Bu makale, Doktora tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from doctoral thesis..

GİRİŞ

Pinna nobilis, nesli IUCN (Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği)'nin kırmızı listesinde kritik seviyede yer alan bir çiftkabuklu türüdür. *P. nobilis*'in kitlesel ölümleri ile ilgili çalışmalar, İspanya, İtalya, Hırvatistan, Fas, Tunus, Yunanistan gibi Akdeniz'e kıyısı olan birçok ülkede yapılmıştır ve bu popülasyonların güncel durumunun takibi yapılmaya devam edilmektedir. Donato vd. (2021), pına türleri üzerinde İtalya kıyılarında yapmış oldukları çalışmada toplu ölüm olayı öncesi (2010), yayılan salgının başlangıcı (2018) ve toplu ölüm olayı sonrası (2020) popülasyonların uzun vadeli değişikliklerini izlemişlerdir ve görsel sayım ile gerçekleştirilen gözlemlerde, *P. nobilis* birey sayısının 2010'a göre 2018'de yarıya düştüğünü ve 2020'de kaybolduğunu bildirmişlerdir.

Öndeş vd. (2020), Haziran-Eylül 2019 döneminde Ege Denizi'nde 12, Marmara Denizi'nde 1 bölgeden *P. nobilis*'in toplu ölümleri ile ilgili veri toplamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, Marmara Denizi'nde ölüm oranının %10 gibi düşük bir oranda bulunmuşken Ege Denizi'nde bu oranı %97 olarak kaydetmişlerdir. Bu farklılığın deniz suyu sıcaklığı ve tuzluluk değerleri ile ilgili olabileceğini öne sürmüşlerdir. Künili vd. (2021), Çanakkale Boğazı'nda *P. nobilis* üzerine Türkiye'de ilk histopatolojik çalışmayı yapmışlardır. Çalışmadaki tüm istasyonlarda Haplosporidium protozoanı tespit etmişlerdir. Histopatolojik analizlere göre, özellikle manto, bağ dokusu, sindirim bezi ve bağırsakta *P. nobilis*'te *Haplosporidium pinnae* varlığını göstermişlerdir. Sağlıklı *P. nobilis* örneklerinin ise normal histolojik yapı gösterdiğini bulmuşlardır.

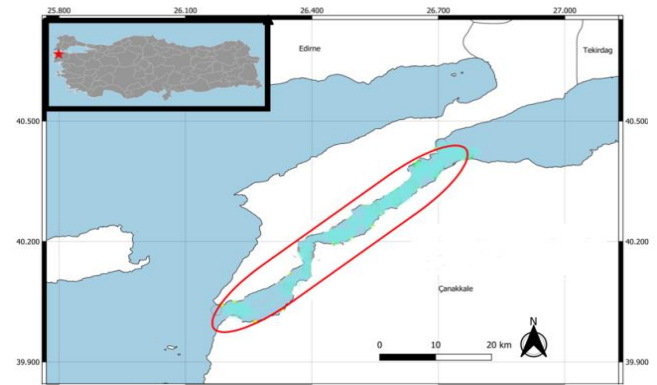
Katsanevakis vd. (2021)'de yapmış oldukları derleme çalışmada fan midyesi, *P. nobilis*'in hayatta kalan popülasyonlarının yalnızca birkaç dağınık lagün veya kapalı koyda ve Marmara Denizi'nde yaşayabildiğini tespit etmişlerdir. 2016 yılından bu yana bilim insanları tarafından *P. nobilis*'in korunması için önemli çabalar sarf edildiğini vurgulamışlardır. *P. nobilis*'in Karadeniz'de bulunmadığını ve İstanbul Boğazı'nın kuzey dağılım sınırı olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada, özellikle denizel ekosistemlerde önemli bir filtrasyon görevini üstlenen, ekolojik önemi yüksek ve Akdeniz'in en büyük çift kabuklu sınıfına ait *P. nobilis*'in 2016 yılından itibaren Akdeniz kıyılarında batıdan doğuya doğru artarak devam eden kitlesel ölümlerinin Çanakkale Boğazı'ndaki durumunun belirlenmesi ve 2020-2021 yılları arasında popülasyon durumlarına bakılması ve çalışma sahasındaki deniz suyu fizikokimyasal parametreleri ile toplu pına ölümleri arasındaki istatistiksel ilişkilerin incelenmesi hedeflenmiştir.

Boylamsal araştırma modeli ile düşünüldüğünde bu tür ekolojik durumların algılanabilmesi için birçok çalışmada izleme çalışmalarının uzatılması ve artırılması gerekliliği sürekli vurgulanmaktadır. Pensa vd. (2022),

İtalya'nın 800 km'lik kıyı şeridini kapsayacak şekilde güneydoğu kıyılarında yer alan çalışmalarında Apulia bölgesinde canlı bir *P. nobilis*'e rastlamadıkları gibi 90 km'lik kıyı şeridinde herhangi ölü bir pına dahi görmediklerini belirtmişlerdir. Kersting vd. (2020), uluslararası ortak çaba aracılığıyla, *P. nobilis*'in kitlesel ölümlerinin orta ve uzun vadeli etkileriyle mücadele etmeye devam etmek için Akdeniz'de eşgüdümlü olarak pına türlerini araştırma ve izlemenin önemini de açıkça belirtmişlerdir. Çınar vd. (2021), Güney Marmara Adaları'nda *P. nobilis* popülasyonları ile ilgili yapmış oldukları çalışmalarında yoğunluk çalışmalarının eksikliğinden bahsetmişlerdir. Bu çalışmada da aynı zamanda pına popülasyonlarının su altında izlenmesinin dışında taranan alanlarda (m²) canlılık ve ölüm oranlarının karşılaştırılması ile yoğunluk verilerinin istatistiksel olarak ilişkilendirilmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma sahası olarak Çanakkale Boğazı belirlenmiştir (Şekil 1). Çanakkale Boğazı Ege Denizi'nden farklı olarak ölü pına bireylerinin yanı sıra canlı pına popülasyonunu da sahiptir.

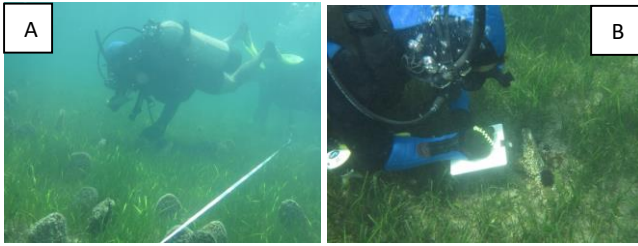


Şekil 1. Çalışma sahası Qgis haritası görünümü
Figure 1. Fieldstudy site's QGIS map view

Bu araştırma; Çanakkale Boğazı'nda 30 örnekleme istasyonunda ve 2 etapta gerçekleştirilmiştir. Birinci etapta; 2020 yılında 0-15 m derinlik konturunda dalış gerçekleştirilerek pinaların su altı görsel sayım metoduyla sayımı, pinalardan boy-ağırlık alınması ve suyun oşinografik özelliklerinin (tuzluluk, sıcaklık, pH, oksijen düzeyi) CTD (Conductivity-Temperature-Depth) cihazıyla ölçülmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise; 2021 yılı örnekleme istasyonlarının hepsine aynı metodla dalış gerçekleştirilerek pinaların görsel sayımı ve izleme çalışması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Canlı sualtı kaynaklarının ve su altı habitatlarının izlenmesi tahribatsız araştırma teknikleri gerektirir ve bu yöntemlerden biri de dalgıçlar tarafından gerçekleştirilen

sualtı görsel sayımdır (Pelletier vd., 2011). Sualtı görsel sayım yöntemi sularındaki balıkların bolluğunu, çeşitliliğini ve boyutunu tahmin etmek için en yaygın yaklaşımdır. Öte yandan, sualtı görsel sayım tekniği ile bolluğun tahmini hem zamansal hem de uzaysal ölçeklerde yüksek hareketliliklerinden dolayı yüksek düzeyde kümelenen ve/veya düşük yoğunluklarda gözlemlenen türlerde özellikle sorunludur (Irigoyen vd., 2018). Sualtı görsel sayım yaklaşımlarını içeren araştırmaların istatistiksel gücü, tekrar sayısı veya araştırılan alan artırılarak geliştirilebilir. Alternatif olarak, video tabanlı teknikler, sualtı makrofaunasını ve habitatlarını gözlemlemek için yaygın olarak kullanılan araçlar haline gelmiştir. Silvestri vd. (2022), çamur düzlüğü üzerinde *P. nobilis* kabuklarını tespit etmek için bir İHA (insansız hava aracı) sisteminin kullanılmasının, saha araştırmalarına göre avantajlar ve dezavantajlar sunduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 2. A. Su altında hat çizgi sayım için şeritmetre ile hattın belirlenmesi; B. görsel sayımın yazı tahtasına kayıt edilmesi.
Figure 2. A. Determining the line with a tape measure for line transect counting under water; B. recording the visual count on the slate.

Su altı gözlem yöntemleri literatür taranarak ve mevcut çalışmanın ihtiyaçları düşünülerek tespit edildiğinde en uygun yöntemin hat-çizgi sayımı olduğu düşünülmüştür. Bu yöntemle, pinaların sayımında 2 dalgıç yanyana gelerek hattın sağından ve solundan 5'er metrelik görüş mesafesindeki alandan sorumlu olmuşlardır. Kıyıya dik bir vaziyette iki balıkadam tarafından 5'er metreden 10 metre genişlikte, (50m. X 3 transekt =150m.) 150 metre uzunlukta olmak üzere, 1500 m²'lik alanda pina sayımı yapılmıştır. Oceanic Geo-2 dalış saatinin tüplü dalış için kullanılan norm moduyla maksimum derinlik ve dalış süresi ile ilgili bilgileri kaydedilmişti. Suyun altında çizgisel hat sayımı yapan dalgıçlar canlı ve ölü pina sayısı ile ilgili verileri su altı yazı tahtasına kurşun kalemle yazarak kayıt etmişlerdir. Görsel sayımlara ek olarak sualtı kılıflı kamera ile su altı fotoğraf ve video kaydı da alınmıştır.

Örnekleme istasyonlarındaki su altı araştırmaları için genellikle bağımsız aletli dalış donanımı (BAD) kullanılmıştır. Aynı zamanda istasyonların topografik özellikleri göze alındığında çok sığ derinliğe sahip ve akıntılarının şiddetli olduğu istasyonlarda serbest dalış metodu kullanılmıştır. Serbest dalışlar için maske, palet ve şnorkel yani dalışın ABC'si kullanılmıştır. Boy-ağırlık verisi alabilmek için yapılan bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nden

yasal izin (Tarih: 30.04.2020, Sayı: E.1257197) alınarak gerçekleştirilmiştir. Rabaoui vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada kabuk tam boyu, genişliği ve kalınlığını ölçerek boy parametrelerini tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada da boy parametreleri aynı şekilde hesaplanırken toplam boy "B", genişlik "G", kalınlık ise "K" harfi ile ifade edilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ham verilerden frekans grafikleri oluşturulmuştur. *P. nobilis*'lerin boy-ağırlık ilişkileri regresyonu $W=aL^b$ (Ricker, 1975) formülü ile incelenmiştir.

İstatistiksel Analizler: Pina ölüm oranı, tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk, pH değerleri arasında ilişki olup olmadığını incelemek için çeşitli analizler yapılmıştır. Tüm analizler için SPSS 24.0 kullanılmıştır. Analizler öncesinde tüm verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığı incelenmiştir. Öncelikle çarpıklık basıklık değerlerine bakılmıştır. Puanlar Z puanına çevrilerek uç değer temizliği yapılmıştır. bu verilerin analizinde parametrik yöntemlerden Pearson Momentler Çarpımı Kolerasyon Katsayısı kullanılmıştır. Yoğunluk ile canlı pina verileri normal dağılım göstermediğinden, analizde parametrik olmayan yöntemlerden Spearman-Brown Sıra Farkları Kolerasyon Katsayısı kullanılmıştır. Canlı pina ile tuzluluk arasında ilişki olup olmadığını analizi için Spearman's rho değeri hesaplanmıştır. 2020 ve 2021 yıllarında örnekleme istasyonlarından elde edilen veriler arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını analizi için *t*-testi kullanılmıştır.

BULGULAR

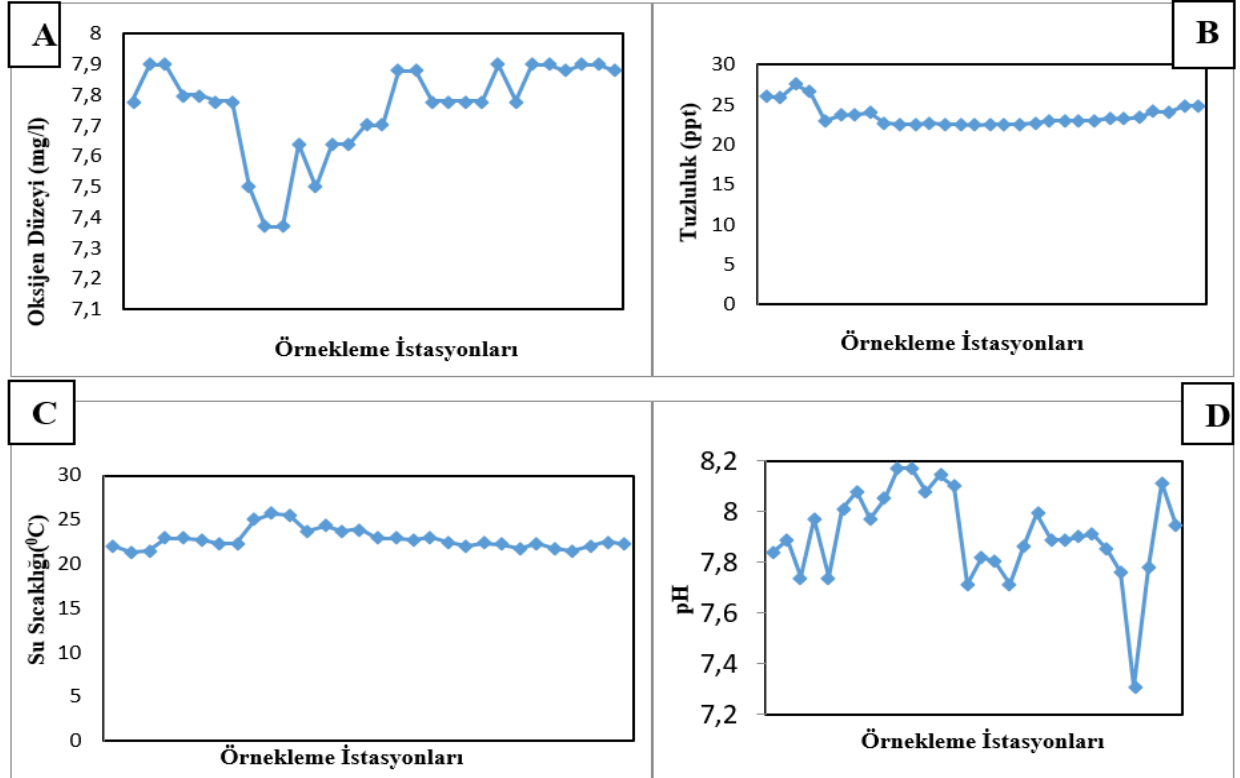
Araştırma bulguları 2020 ve 2021 yılı saha çalışmalarının ayrı ayrı analiz edilmesi ve bazı deniz suyu parametrelerinin ölçümü şeklinde değerlendirilmiştir.

2020 yılı CTD cihazı ölçümlerine göre elde edilen veriler:

Elde edilen sonuçlara göre pina ölüm oranı, tuzluluk, sıcaklık değerleri normal dağılım göstermiştir. Çıkan sonuçlara göre; tuzluluk ile ölüm oranları arasında pozitif yönde orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür ($r=0,624$; $p<0,05$). Bu sonuçtan hareketle; tuzluluk oranı yükseldikçe ölüm oranlarının da arttığı yorumu yapılabilir. Analiz sonucunda sıcaklık değerleriyle ölüm oranları arasında manidar bir ilişki bulunamamıştır($p>0,05$). Analiz sonuçlarına göre yoğunluk düzeyiyle ölüm oranları arasında manidar bir ilişki bulunamamıştır($p>0,05$). Analiz sonucunda pH değerleriyle ölüm oranları arasında manidar bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$). Analiz sonuçlarına göre Spearman's rho kolerasyon katsayısı $r=-,697$ bulunmuştur. Buna göre, tuzluluk ile pinaların canlılığı arasında negatif yönde orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmektedir. Buradan hareketle, canlı pina sayısı arttıkça tuzluluk değerinin düştüğü; canlı pina sayısı azaldıkça tuzluluk değerinin arttığı

söylenebilir. Yapılan analiz sonucunda 2020 ile 2021 toplam *P. nobilis* sayısı arasında anlamlı düzeyde farklılık olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). 2020 yılında *P. nobilis* sayısının 2021

yılındaki *P. nobilis* sayısından anlamlı düzeyde fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Bazı deniz suyu parametrelerinin (A. Oksijen düzeyi, B. Tuzluluk, C. Su Sıcaklığı, D. pH) örnekleme istasyonlarında ölçülen değerleri.
Figure 3. Values of some seawater parameters (A. Oxygen level, B. Salinity, C. Water Temperature, D. pH) measured at sampling stations.

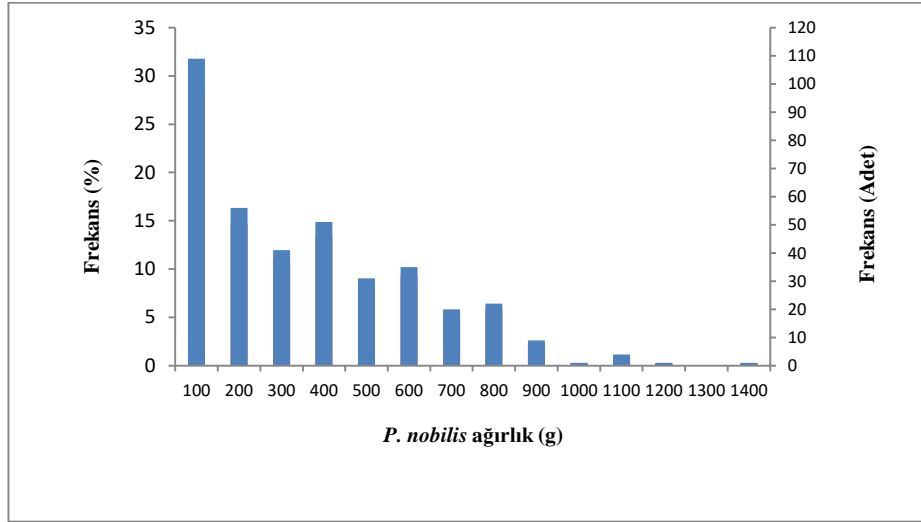


Şekil 4, 5. 2020 ve 2021 yılı örnekleme istasyonları pinalarının ölüm ve canlılık oranları pasta grafikleri.
Figure 4, 5. Mortality and survival rates of perna sampling stations for 2020 and 2021.

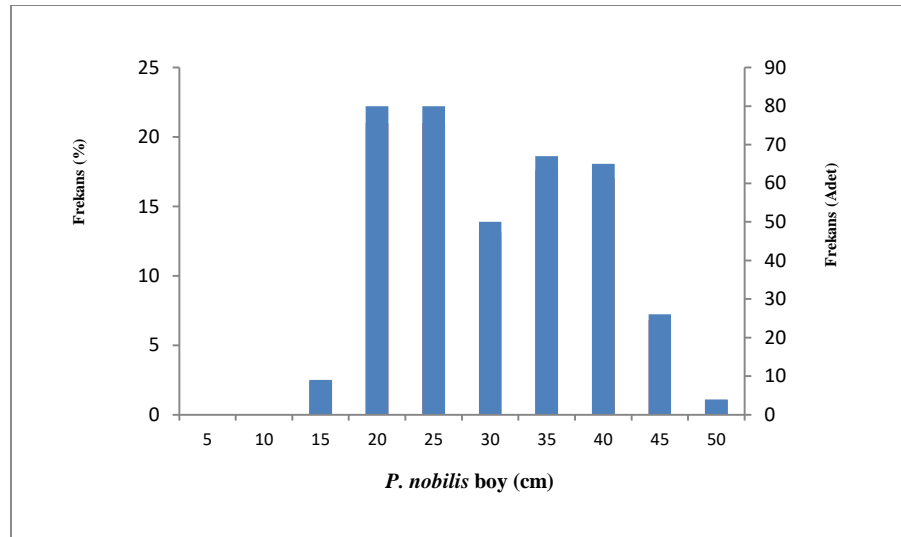
Çanakkale Boğazı'nda 2021 yılında %100 ölüm oranı görülen istasyon sayılarının bir önceki seneye göre anlamlı oranda artış gösterdiği şekil 4 ve 5'te gözlemlenmiştir.

Örnekleme istasyonlarında 10,5 ile 47,5 cm boy (B) aralığında bireyler kaydedilmiştir (Şekil 7). Ortalama boy $28,10 \pm 8,20$ cm olarak ölçülmüştür. Ölçülen pinaların ağırlığı 15 g ile 1543 g arasında değişmekte olup; ortalama

$317,57 \pm 252,99$ g olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Pina kabuklarının genişliği (G); min. 5,5 max. 18,5 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 8). Ortalama genişlik ise; $12,55 \pm 2,48$ cm olarak tespit edilmiştir. Pina kabuklarının kalınlığı 1 ile 6 cm arasında değişirken, ortalama kalınlık $3,16 \pm 1,18$ cm olarak gözlemlenmiştir (Şekil 9). Bu çalışmada örneklenen pinaların %41'i juvenil, %58'i yetişkin birey olarak gözlenmiştir.

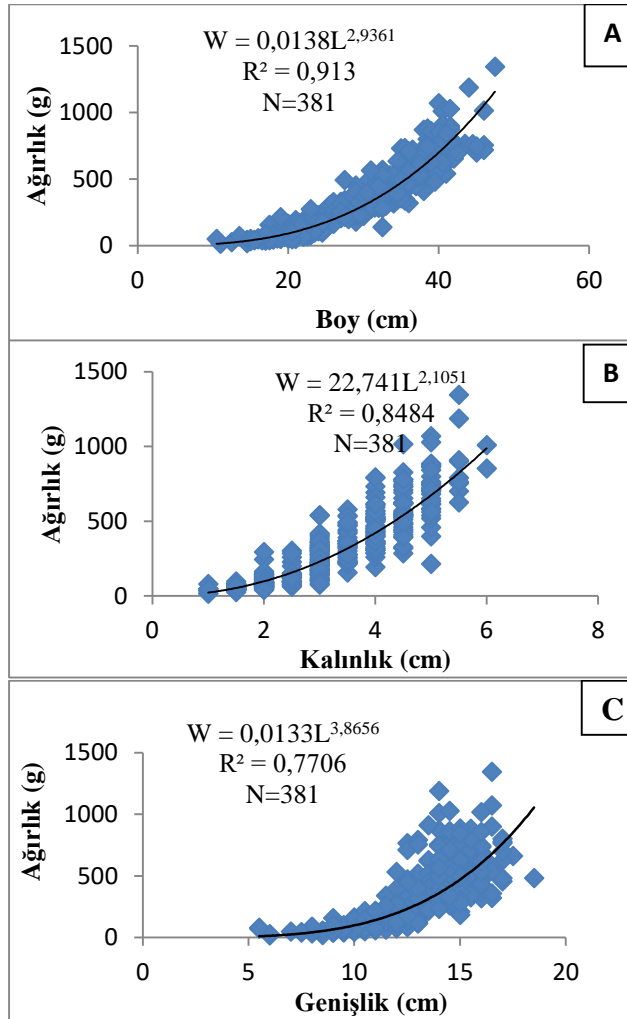


Şekil 6. *P.nobilis* bireylerinin ağırlık(g) sınıflarına göre frekans grafiği
Figure 6. Frequency graph of *P. nobilis* individuals according to weight(g) classes



Şekil 7. *P.nobilis* bireylerinin boy(B) sınıflarına göre frekans grafiği
Figure 7. Frequency graph of *P. nobilis* individuals according to height(B) classes

Toplam boy(B) için; $W = 0,0138L^{2,9361}$ ($R^2 = 0,913$), genişlik (G) için; $W = 0,0133L^{3,8656}$ ($R^2 = 0,7706$), kalınlık (K) için; $W = 22,741L^{2,1051}$ ($R^2 = 0,8484$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 10. A.,B.,C.).



Şekil 10. *P. nobilis* bireylerinin A. boy-ağırlık/ B. kalınlık-ağırlık/ C. genişlik-ağırlık ilişki denklemleri grafiği

Figures 10. *P. nobilis* individuals A. height-weight / B. thickness-weight / C. width-weight relationship equations graph

TARTIŞMA

Trigos vd. (2015), *P. nobilis* için tahmini optimum yaşam sıcaklığının 20°C, minimum ve maksimum uygunluk sıcaklıklarının ise sırasıyla 16 ve 25°C olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise; 2020 yılı örneklenen zamanlarda su sıcaklıkları 21,3 ile 25,7°C arasında değişmektedir (Şekil 3.C.). Cabanellas-Reboredo vd. (2019) yapmış oldukları araştırma sonuçlarına göre, parazitin muhtemelen bölgesel olarak yüzey akıntılarıyla dağıldığını ve hastalık ifadesinin 13,5°C'nin üzerindeki sıcaklıklarla ve 36,5-39,7 psu arasındaki tuzluluk aralığıyla yakından ilişkili gibi görüldüğünü tespit etmişlerdir. Bu çalışmadaki örnekleme istasyonları tuzluluk değerleri ise; 22,41 ile 27,58 psu arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 3.B.). Araştırmada oksijen düzeyi; 7,37 ile 7,9 mg/L

arasında bulunmuştur (Şekil 3.A.). Breitburg vd., 2003 yılında yapmış oldukları çalışmada; su sıcaklığı ve çözülmüş oksijenin, tür dağılımını ve popülasyon yoğunluğunu fizyolojik anlamda etkilediğini bulmuşlardır. Prob ölçümlerine göre pH düzeyi ise; 7,31 ile 8,17 arasında ölçülmüştür (Şekil 3.D.). Haberle vd. (2020), *P. nobilis* için düşük pH'ın (yani asitlenmenin) etkilerinin hala yeterince çalışılmadığını bildirmişlerdir.

Sonuç olarak bu çalışmada; 43500 m²'lik alan içerisindeki örnekleme istasyonları iki farklı dönemde defa taranarak toplamda 87000 m²'lik su altı gözlemi yapılmıştır. Gerçekleştirilen örnekleme dalgalarında 2020 yılında 5880 *P. nobilis* bireyinde %19,85, 2021 yılında ise 4002 adet *P. nobilis* bireyinde %5,3 ile canlılık oranının azalması dikkat çekmektedir. Yapılan *t*-testi sonuçlarına göre 2021 yılında Çanakkale Boğazı'nda *P. nobilis* popülasyonunun anlamlı ölçüde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Karadurmuş ve Sarı, (2022) yılında Marmara Denizi'nin Erdek Körfezi'nde 29 bölgede *P. nobilis* popülasyonlarında %78,8 canlılık, %21,2 ölüm oranıyla toplamda 2164 adet pına saymışlardır. İki çalışma karşılaştırıldığında Marmara Denizi'ndeki pına canlılığının Çanakkale Boğazı'ndaki pına canlılığından daha fazla olduğu söylenebilir. Ancak, bu çalışmalardaki 2 yıllık su altı izleme süresinin uzatılarak zamana daha fazla yayılması *P. nobilis* stoklarının devamı için önemlidir. Farkındalık çalışmaları aracılığıyla toplumun bütün kesimlerine *P. nobilis* neslinin kritik durumu hakkında bildirimler hazırlanabilir. Toplumun bilinçlendirilmesi çalışmalarına okul öncesi dönemde başlanılarak çocuklara su ürünleri tanıtılabilir; ekolojik öneme sahip olan canlılar ve nesli tükenmekte olan türlerin farkındalığının oluşması için eğitim müfredatında bu konuların yer alması sağlanabilir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Altı Uygulama ve Araştırma Merkezi ve İstanbul Gedik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından GDK202006-06 numaralı proje ile desteklenmiştir. Çalışma, Ulusal Sualtı Bilimsel Araştırma ve Değerleri Sempozyumu'nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Bu araştırma Ata AKSU'nun Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim dalında doktora tezinin bir bölümünü içermektedir.

KAYNAKLAR

Breitburg, D.L., Adamack, A., Rose, K.A., Kolesar, S.E., Decker, M.B., Purcell, J.E., Keister, J.E. & Cowan, J. (2003). The pattern and influence of low

- dissolved oxygen in the Patuxent River, a seasonally hypoxic estuary. *Estuaries*, **26**, 280-297.
- Cabanellas-Reboredo, M., Vázquez-Luis, M., Mourre, B., Álvarez, E., Deudero, S., Amores, Á., Addis, P., Ballesteros, E., Barrañón, A., Coppa, S., García-March, J.R., Giacobbe, S., Giménez-Casalduero, F., Hadjioannou, L., Jiménez-Gutiérrez, S., Katsanevakis, S., Kersting, D., Mačić, V., Mavrič, B., Patti, F.P., Planes, S., Prado, P., Sánchez, J., Tena-Medialdea, J., de Vaugelas, J., Vicente, N., Zohra Belkhamssa, F., Zupan, I. & Hendriks, I.E. (2019).** Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific Report*, **9**, 13355. DOI: [10.1038/s41598-019-49808-4](https://doi.org/10.1038/s41598-019-49808-4).
- Çınar, M. E., Bilecenoğlu, M., Yokeş, M. B. & Güçlüsoy, H. (2021).** *Pinna nobilis* in the South Marmara Islands (Sea of Marmara); it still remains uninfected by the epidemic and acts as egg laying substratum for an alien invader. *Mediterranean Marine Science*, **22**(1), 161-168. DOI: [10.12681/mms.25289](https://doi.org/10.12681/mms.25289)
- Donato, G., Vázquez-Luis, M., Nebot-Colomer, E., Lunetta, A. & Giacobbe, S. (2021).** Noble fan-shell, *Pinna nobilis*, in Lake Faro (Sicily, Italy): Ineluctable decline or extreme opportunity?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **261**, 107536.
- Haberle, I., Marn, N., Geček, S. & Klanjšček, T. (2020).** Dynamic energy budget of endemic and critically endangered bivalve *Pinna nobilis*: A mechanistic model for informed conservation. *Ecological Modelling*, **434**, 109207.
- Irigoyen, A.J., Rojo, I., Calò, A., Trobbiani, G., Sánchez-Carnero, N. & García-Charton, J.A. (2018).** The "Tracked Roaming Transect" and distance sampling methods increase the efficiency of underwater visual censuses. *PLoS ONE*, **13**(1), DOI: [10.1371/journal.pone.0190990](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190990)
- Karadurmuş, U. & Sarı, M. (2022).** The last hope: the struggle for survival of fan mussels in the Gulf of Erdek, Sea of Marmara, Turkey. *Mediterranean Marine Science*, **23**(3).
- Katsanevakis, S., Carella, F., Çınar, M.E., Čížmek, H., Jimenez, C., Kersting, D.K. & Vicente, N. (2021).** The fan mussel *Pinna nobilis* on the brink of extinction in the Mediterranean. *The Encyclopedia of Conservation*, DOI: [10.1016/B978-0-12-821139-7.00070-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00070-2)
- Kersting, D.K., Vázquez-Luis, M., Mourre, B., Belkhamssa, F.Z., Álvarez, E., Bakran-Petricioli, T., Barberá, C., Barrañón, A., Cortés, E., Deudero, S., García-March, J.R., Giacobbe, S., Giménez-Casalduero, F., González, L., Jiménez-Gutiérrez, S., Kipson, S., Llorente, J., Moreno, D., Prado, P., Pujol, J.A., Sánchez, J., Spinelli, A., Valencia, J.M., Vicente, N. & Hendriks, I.E. (2020).** Recruitment Disruption and the Role of Unaffected Populations for Potential Recovery After the *Pinna nobilis* Mass Mortality Event. *Frontiers in Marine Science*, **7**, 594378. DOI: [10.3389/fmars.2020.594378](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.594378)
- Künili, İ. E., Gürkan, S. E., Aksu, A., Turgay, E., Çakır, F., Gürkan, M. & Altınağaç, U. (2021).** Mass mortality in endangered fan mussels *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) caused by co-infection of *Haplosporidium pinnae* and multiple *Vibrio* infection in Çanakkale Strait, Turkey by co-infection of *Haplosporidium pinnae* and multiple *Vibrio* infection in. *Biomarkers*, **26**(4), 1-13. DOI: [10.1080/1354750X.2021.1910344](https://doi.org/10.1080/1354750X.2021.1910344)
- Laganà, G., Barreca, D., Giacobbe, S. & Bellocco, E. (2014).** Anaerobiosis and metabolic plasticity of *Pinna nobilis*: Biochemical and ecological features. *Biochemical Systematics and Ecology*, **56**, 138-143.
- Pelletier, D., Leleu, K., Mou-Tham, G., Guillemot, N. & Chabanet, P. (2011).** Comparison of visual census and high definition video transects for monitoring coral reef fish assemblages. *Fisheries Research*, **107**(1-3), 84-93.
- Pensa, D., Fianchini, A., Grosso, L., Ventura, D., Cataudella, S., Scardi, M. & Rakaj, A. (2022).** Population status, distribution and trophic implications of *Pinna nobilis* along the South-eastern Italian coast. *npj Biodiversity*, **1**(1), 3.
- Rabaoui, L., Tlig Zouari, S., Katsanevakis, S. & Ben Hassine, O.K. (2007).** Comparison of absolute and relative growth patterns among five *Pinna nobilis* populations along the Tunisian coastline: an information theory approach. *Marine Biology*, **152**(3), 537-548.
- Öndeş, F., Alan, V., Akçalı, B. & Güçlüsoy, H. (2020).** Mass mortality of the fan mussel, *Pinna nobilis* in Turkey (eastern Mediterranean). *Marine Ecology*, **41**(5), 1-5. DOI: [10.1111/maec.12607](https://doi.org/10.1111/maec.12607)
- Silvestri, S., Capra, V., Cucchiario, S., Pivato, M. & Tarolli, P. (2022).** Tides, Topography and Seagrass Cover Controls on the Spatial Distribution of *Pinna nobilis* on a Coastal Lagoon Tidal Flat. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, **127**(3), e2021JG006667.
- Trigos, S., García-March, J. R., Vicente, N., Tena, J. & Torres, J. (2015).** Respiration rates of the fan mussel *Pinna nobilis* at different temperatures. *Journal of Molluscan Studies*, **81**(2), 217-222. DOI: [10.1093/mollus/eyu075](https://doi.org/10.1093/mollus/eyu075)



Kırmızı Alglerden *Gracilaria verrucosa*'nın Biyomas Verimi ve Kimyasal Kompozisyonu Üzerine Fotoperiyot Uygulamalarının Etkisinin Belirlenmesi

İlknur AK* Melis YILMAZ² Gülen TÜRKER³

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

Geliş/Received: 30.12.2022

Kabul/Accepted: 20.03.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

Atf yapmak için: Ak, İ. Yılmaz, M. & Türker, G. (2023). Kırmızı Alglerden *Gracilaria verrucosa*'nın Biyomas Verimi ve Kimyasal Kompozisyonu Üzerine Fotoperiyot Uygulamalarının Etkisinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 756-763. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226819>

How to cite: Ak, İ. Yılmaz, M. & Türker, G. (2023). Effect of Photoperiod Applications on Biomass Yield and Chemical Composition of Red Algae *Gracilaria verrucosa*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 756-763. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226819>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-0233-0025>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-8776-2117>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-7554-1544>

*Sorumlu yazarın:

İlknur AK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

✉: ilknurak@comu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada kırmızı alglerden *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss tank kültür sistemlerinde 100 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde, farklı fotoperiyotlar (24:00, 16:08, 12:12 ve 08:16 (Aydınlık (A):Karanlık (K))) uygulanarak algin büyüme hızında ve kimyasal içeriğinde meydana gelen değişimler izlenmiştir. Çalışma sonucunda deneme grupları arasında en yüksek büyüme hızı 16:8 (A:K) fotoperiyot uygulanan grupta bulunmuştur. Deneme gruplarının klorofil *a* içerikleri aydınlanma süresi arttıkça azalmıştır. Büyüme hızı arttıkça algin fikosiyanın ve fikoveritrin içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada grupların ham protein içerikleri %9,14±0,13 (24:24) ile %10,92±0,25 (12:12) arasında değişim göstermiştir. Tüm deneme gruplarının yağ içerikleri %1'den az bulunmuştur. Alg talluslarının kül içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli derece farklılıkların olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Deneme gruplarının agar içerikleri %8,36±0,24– 13,19±1,09 arasında değişim göstermiştir. En yüksek agar içeriği 8:16 foto periyot uygulanan grupta saptanmıştır. Yüksek ışık şiddeti ve uzun aydınlanma sürelerinin algin serbest radikal temizleme aktivitesini arttırdığı çalışma sonucunda saptanmıştır. Deneme gruplarının toplam fenolik madde içerikleri ile 1,82±0,03 (8:16) ile 2,84±0,04 (24:24) mg GAE g^{-1} ekstrakt arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam flavonoid içeriği 8:16 (A:K) uygulanan grupta saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Agar, antioksidan, büyüme hızı, *Gracilaria verrucosa*, pigment.

Effect of Photoperiod Applications on Biomass Yield and Chemical Composition of Red Algae *Gracilaria verrucosa*

Abstract: In this study, the changes in the growth rate and chemical content of algal extracts from *Gracilaria verrucosa* (Hudson) were examined under Papenfuss tank culture systems with 100 μmol photon $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ light intensity and different photo periods (24:00, 16:08, 12:12 and 08:16 (Light (L): Dark (D))). As a result of the study, the highest growth rate among the experimental groups was found in the 16:8 (L:D) photoperiod group. The chlorophyll *a* content of the groups decreased as the illumination time increased, while phycocyanin and phycoerythrin contents decreased as the growth rate increased. The crude protein content of the groups varied between 9.14±0.13 (24:24) and 10.92±0.25 (12:12). Fat content of all groups was found to be less than 1%. There was no statistically significant difference in the ash content of algae thallus ($p>0.05$). The agar contents of the experimental groups varied between %8.36±0.24-13.19±1.09. The highest agar content was found in the group treated with the 8:16 photoperiod. As a result of the study, it was determined that high light intensity and long illumination durations increase the free radical scavenging activity of algae. The total phenolic content of the experimental groups varied between 1.82±0.03 (8:16) and 2.84±0.04 (24:24) mg GAE g^{-1} extract. The highest total flavonoid content was found in the 8:16 (L:D) group.

Keywords: Agar, antioxidant, *Gracilaria verrucosa*, growth rate, pigment.

*Corresponding author:

İlknur AK

Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Terzioğlu Campus, 17100 center/Çanakkale, Türkiye

✉: ilknurak@comu.edu.tr

GİRİŞ

Sucul ekosistemin önemli canlılarından olan makro algler, içerdikleri önemli kimyasal bileşenler ve gıda, ziraat, eczacılık ve enerji gibi farklı endüstriyel alanda kullanılması nedeniyle dünya genelinde yetiştiriciliği yapılan fotosentetik organizmalar arasında yer almaktadır. Gıda endüstrisi tarafından ticari kullanımlarına ek olarak, antibakteriyel, antioksidan, anti-tümör ve diğer özelliklere sahip peptitler, yağ asitleri ve polifenoller gibi birçok başka biyoaktif bileşiği de üretirler (Ak & Türker 2018, 2019). Makro alglerin dünya genelinde yaklaşık 291 türünün yetiştiriciliği yapılmaktadır ve 2019 yılı itibarıyla 34,5 milyar tonun üzerinde makro alg doğadan ve yetiştiricilik yoluyla elde edilmiş olup gerçekleştirilen bu üretimin toplam ekonomik değeri ise 14,7 milyar USD'dir. 2025 yılında bu miktarın 30 milyar USD'ye ulaşacağı öngörülmektedir (FAO, 2021). Ülkemizin çok hızlı büyüyen bu pazarda yer alabilmesi kıyılarımızda dağılım gösteren makro alglerin yetiştiricilik tekniklerinin ortaya çıkarılmasına bağlıdır. Böylelikle hem doğal stoklar korunmuş olacak hem de algin endüstriyel kullanımına yönelik yapılan çalışmaların artmasıyla ham madde sağlanmış olacaktır.

Dünya genelinde ekonomik önem sahip makro alglerin karasal sistemlerde yetiştiriciliğine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak bu çalışmalarda karşılaşılan sorunlardan en önemlisi alglerin uygun ışık rejiminin belirlenmesidir (Ak & Yücesan, 2012). Enerji kaynağı olan ışık, organizmaların sürekli değişen koşullara uyum sağlamasını sağlar. Işığın süresi ve şiddetinde meydana gelen değişimlere karşı alglerin başta pigment içerikleri olmak üzere kimyasal içeriklerinde de değişimler meydana gelir ve böylelikle ortam koşullarına adapte olurlar (Falkowski & LaRoche, 1991; Ak & Yücesan, 2012; Öztaşkent ve Ak, 2021; Ak vd., 2022). Işık ayrıca alglerin üreme süreçlerini kontrol etmek için çevresel bir faktör olarak da kullanılabilir (Falkowski & LaRoche, 1991; Kim vd., 2015; Fethi & Ghedifa, 2019). Fotoperiyot makro alglerin günlük ritimlerini kontrol eden moleküler saatlerle ilişkilidir ve kırmızı, kahverengi ve yeşil alglerde üreme organlarının uyarılmasında kendini gösterir (Lüning, 2005). Broch & Slagstad (2012), fotoperiyodun *Saccharina latissima* büyümesi üzerinde besin konsantrasyonundan daha büyük bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Dünyada bu derece yoğun kullanıma sahip alg gruplarının ülkemizde yeterince ilgi görmemesi ve araştırmaların sınırlı alanda kalması bu çalışmanın temelini oluşturmakla birlikte farklı ışık yoğunlukları denemeleri ile en uygun yöntem belirlenerek endüstriyel üretime katkı sunulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda ekonomik öneme sahip kırmızı alglerden *Gracilaria verrucosa*'nın büyüme hızı, biyomas verimi, besin içerikleri (ham protein tayini, ham yağ tayini, ham kül tayini, karbonhidrat tayini), DPPH

serbest radikali giderim aktivitesi, toplam fenolik, toplam flavonoid, agar ve pigment içerikleri üzere farklı fotoperiyot sürelerinin (24:00, 16:08, 12:12 ve 08:16 (A:K)) etkisi belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Alg Örneklerinin Temin Edilmesi: Kırmızı alg *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss ana malzeme olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda ÇOMÜ Dardanos Deniz Canlıları Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan algin stok kültürleri kullanılmıştır. 100 litrelik tanklarda gerçekleştirilen denemelerde deneme gruplarının ışık şiddeti 100 $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ayarlanmıştır.

Denemeler süresince F/2 ortamı kullanılmıştır (Guillard, 1975). Denemeler süresince sistemin suyu haftada bir değiştirilmiştir. Denemelerde alg talluslarının ve besin ortamının su kolonunda homojen olarak dağılması amacıyla havalandırma uygulanmıştır. Deneme gruplarının ışık şiddeti ve Aydınlık (A) ve Karanlık (K) periyodları (A:K) Tablo 1'de gösterilmiştir. Tüm denemeler üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemeler 10 hafta sürmüştür.

Tablo 1. Deneme grupları.

Table 1. Trial groups.

Deneme Grupları	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Fotoperiyod (A:K) (saat)
D1	100	24:24
D2	100	16:8
D3	100	12:12
D4	100	8:16

Ortalama büyüme hızı: Günlük büyüme hızı tallusların ağırlıkları alınarak hesaplanmıştır. Ağırlıklar her 5 günde bir ölçülmüştür. Ortalama büyüme hızı Troell vd., (1997)'ne göre belirlenmiştir.

Pigment maddesi analizleri: Deneme gruplarının pigment içeriğinin belirlenmesi için dört günde bir, alınan örnekler %90'lık aseton çözeltisi içinde buzdolabında karanlık ortamda 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra deniz kumuyla öğütülen talluslar membran filtrasyon yöntemiyle süzölmüştür. Süzöntü 1500 rpm'de 5 dakika santifirüj edilmiş ve örneklerin pigment içerikleri Jeffrey & Humphrey (1975) denklemine göre belirlenmiştir.

Besin Analizi İçerikleri: Ham kül tayini AOAC (2000) yöntemine göre saptanmıştır. Ham yağ tayini için toplam yağ içeriği Folch vd., (1957) yöntemi ile belirlenmiştir. Protein içerikleri Kjeldahl metoduyla belirlenmiştir. Örneklerdeki protein miktarı yüzde olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Antioksidan aktivitenin belirlenmesi: DPPH serbest radikal giderim aktivitesi, Brand-Williams vd., (1995)'e göre yapılmıştır. Örneklerin 2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikal giderim aktivitesi aşağıda verilen denkleme göre hesaplanmıştır.

DPPH giderim aktivitesi (%) = [(Akontrol-Aörnek)/Akontrol]*100

Aörnek : Örneğin absorbanı, Akontrol: Kontrolün absorbanı

Toplam DPPH radikallerinin %50'sini inhibe eden bileşiklerin konsantrasyonu (IC₅₀ inhibisyon değeri) nonlinear regresyon ile hesaplanmıştır. Butillenmiş hidroksitolüen (BHT) pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

Toplam fenolik, Toplam flavonoid ve Kondansan içeriklerinin belirlenmesi: Toplam fenol miktarı Djeridane vd., (2006)'nin Folin-Ciocalteu reaktif yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler Gallik asit eşdeğeri (mg GAE g⁻¹ ekstrakt) olarak verilmiştir. Toplam flavonoid içeriği Quettier-Deleu vd., (2000)'e göre ölçülmüştür. Örneklerin flavonoid içerikleri rutin eşdeğeri olarak (mg rutin g⁻¹ ekstrakt) hesaplanmıştır. Kondansan içerik Price vd., (1978)'ne göre yapılmıştır. Sonuçlar örnek gramı başına mikrogram kateşin eşdeğeri (CE) (µg CE g⁻¹) olarak ifade edilmiştir.

Agar ekstraksiyonu ve Özelliklerinin Belirlenmesi: Agar ekstraksiyonu Cirik vd., (2010)'ne göre belirlenmiştir. Agar jelleşme sıcaklığı tayini; Percival & Young (1974)'in önerdiği metoda göre yapılmıştır. Agar jel erime sıcaklığı ise ; Percival & Young (1974)'in önerdiği metoda göre yapılmıştır.

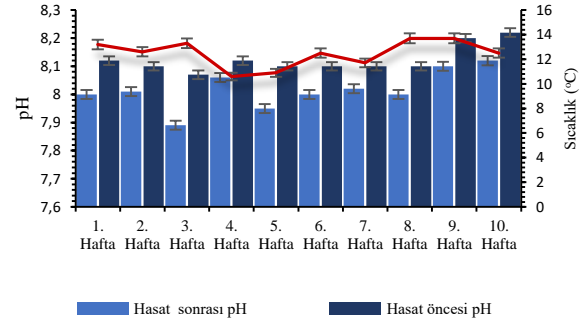
İstatistiksel Analizler: Veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş olup farklar p ≤0.05 olduğunda anlamlı kabul edilmiştir. Varyans analizinden önce, tüm veriler, PASW STATISTICS 19 yazılımı (IBM SPSS Inc., Chicago, IL) kullanılarak varyans homojenliği (Levene'nin eşit varyanslar için testi) ve normal dağılım (Anderson-Darling testi) açısından incelenmiştir.

BULGULAR

Farklı ışık şiddetleri ve farklı foto periyot uygulamalarının *Gracilaria verrucosa*'nın büyüme hızı ve kimyasal içeriğine olan etkilerinin araştırıldığı çalışma 10 hafta sürmüştür. Denemeler süresince su sıcaklıklarında ve pH'da meydana gelen değişimler Şekil 1'de gösterilmiştir. Denemeler süresince sıcaklık 10,6 – 13,7°C arasında değişim göstermiştir. Tanklardaki pH değerleri ise 7,89-8,22 arasında değişim göstermiştir.

Kırmızı alglerden *Gracilaria* türleri tek yıllık alglerden olup 10-20°C arasında değiştiği su sıcaklıklarında dağılım gösterirler (Cirik & Cirik 2017). Optimum büyüme 12-16 °C arasında gerçekleşmektedir (Koru vd., 2008, Ak vd., 2011) ve bizim çalışmamız bu çalışmaların bulgularıyla uyumludur. *Gracilaria* türleri için optimum pH aralığı 7,5 – 8,5'tir (Fethi & Ghedifa, 2019). Denemeler sürecince pH değerlerinde meydana gelen değişimler *Gracilaria* türlerinin dağılım gösterdiği pH aralığında olduğu belirlenmiştir. Denemeler süresince tuzluluk değerleri sabit olup %34 olarak ölçülmüştür. *Gracilaria* türleri %25 – 40 tuzluluk

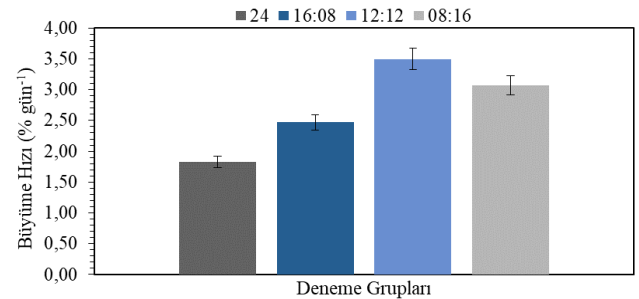
değerleri arasında optimum büyüme hızına sahip olduğu Fethi & Ghedifa (2019) tarafından bildirilmiştir.



Şekil 1. Denemeler süresince sıcaklık ve pH değerlerinde meydana gelen değişimler.

Figure 1. Changes in temperature and pH values during the trials.

Algin spesifik büyüme hızına dört farklı fotoperiyotun etkisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Deneme gruplarının spesifik büyüme hızları % 1,20 (D₁)–5,28 (D₁₁) gün⁻¹ arasında değişim göstermiştir (p<0,05). 100 µmol foton m⁻²s⁻¹ şiddeti uygulanan gruplarda en yüksek spesifik büyüme hızları 12:12 (A:K) fotoperiyot uygulanan gruplarda olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Hanisak (1987), *G. tikvahiae* için optimum ışık yoğunluğunun yaklaşık 100 µEm⁻² s⁻¹ olduğunu ve büyüme hızının ışık yoğunluğu ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Işık yoğunluğundaki artış fotosentez hızını ve buna bağlı ortamdaki inorganik besin tuzlarının da kullanımını artırarak büyüme hızının artmasına neden olur (Hurd vd., 2014). Büyüme hızında elde edilen sonuçlar Weinberger vd., (2008), Bunsom & Prathep (2012), Fethi & Ghedifa (2019) ile benzerlik göstermektedir. Kim vd., (2006) *Chondrus ocellatus*'un en yüksek büyüme hızı 12:12 A:K uygulanan grupta saptamışlardır. Zhang vd., (2020) *Gloiopeltis furcata* türünün en yüksek büyüme hızının 14 saat aydınlatmaya maruz kalan gruplarda olduğunu bildirmiştir.



Şekil 2. Spesifik büyüme hızlarında meydana gelen değişimler.

Figure 2. Changes in specific growth rates.

Kırmızı alglerde fikoeritrin ve klorofil *a* fotosentezde aktif olarak rol aldıkları için önemli pigment maddeleridir. Deneme sonunda algler hasat edilerek pigment içerikleri arasındaki farklılıklar belirlenmiş olup Tablo 2'de gösterilmiştir. Deneme gruplarının klorofil *a* içerikleri

3,93±0,04 (D₀) ile 7,42±0,04 (D₄) mg g⁻¹ ka (kuru ağırlık) arasında değişim göstermiştir (p<0,05). Bu çalışmada, tüm ışık şiddetlerinde 8:16 (A:K) foto periyotlarında yetiştirilen tallusların klorofil *a* içeriklerinin diğer gruplardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Bu durumun aydınlatma süresinin azalmasıyla kloroplast içerisinde yer alan fotosistem II reaksiyon sayısında bir artış ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Wu, 2016). Elde edilen sonuçlar *Gracilaria lemaneiformis*, *Laminaria saccharina* ve *Hizikia fusiformis* türleri için de bildirilmiştir (Machalek vd., 1996, Wu vd., 2016). Toplam karoten içeriklerinin ise aydınlatma süresi azaldıkça arttığı gözlemlenmiştir. Işık şiddeti ve aydınlatma süresi arttıkça toplam karoten içeriklerinin artması foto oksidasyonu önlemek için alglerin uyum stratejisidir (Ak & Yücesan, 2012). Lakshminarayana vd., (2022), bazı karotenlerin reaktif oksijen türevlerinin hasarının engelleyen antioksidan özellik gösterdiğini ve foto oksidatif hasara karşı alglerin korunmasına güçlü bir şekilde katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Bu nedenle foto oksidatif stresi azaltmak amacıyla D₁'de toplam karoten içeriğinin en yüksek olduğu düşünülmektedir. Deneme gruplarının fikoeritrin içerikleri ise 0,07±0,01 (D₂) ile 0,29±0,02 (D₄) mg g⁻¹ ka arasında saptanmıştır (p<0,05). Aydınlatma sürelerinin artmasıyla tallusların klorofil *a*, toplam karoten ve fikoeritrin içeriklerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ak & Yücesan (2012) benzer sonuçları bildirmiştir. Fikoeritrin seviyelerindeki bu artış, ışık miktarının neden olduğu oksidatif stresin azaltılmasında antioksidan özelliklerinden dolayı bu pigment maddesinin rol oynamasıdır (Rodríguez-Sánchez vd., 2012). Azot içeriği yüksek ortamlarda yetiştirilen tallusların fikobiliprotein içeriklerinin yüksek olduğu ve azotun sınırlandırıldığı koşullar altında azot kaynağı

olarak işlev gördüğü Hurd vd., (2014) tarafından bildirilmiştir.

Farklı foto periyot uygulanan deneme gruplarının ham protein, ham yağ ve kül miktarlarında meydana gelen değişimler Tablo 3'de gösterilmiştir. Grupların ham protein içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılıkların olduğu belirlenmiştir (p<0,05). 24 saat aydınlık uygulanan grubun (D₁) protein içeriklerinin foto periyot uygulanan diğer gruplardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Briggs & Smith (1993) *Gracilaria* türlerindeki ham protein içeriklerinin %7 ile 13 arasında olduğunu bildirmiştir. Sonuçlarımız bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Her üç ışık şiddetinde 24:0 (A:K) foto periyot uygulanan gruplarda ham protein içeriği diğer foto periyot uygulanan gruplardan yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin hızlı büyüme sırasında karbonhidrat kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü alglerde polisakkaritlerin sentezi, protein sentezi lehine sınırlıdır (Marinho-Soriano vd., 2006, Ak vd., 2011).

Deneme gruplarının ham yağ içerikleri 0,44±0,03 (D₁₁) ile 0,95±0,04 (D₁) arasında değişim göstermektedir. Genel olarak, makro alglerin ham yağ içerikleri mikro algere göre daha düşüktür. Ayrıca, makro alglerin yağ içerikleri diğer biyokimyasal bileşenlerine oranla çok az miktarda bulunur (Hurd vd., 2014). Kırmızı alglerden *Gracilaria* türlerinin yağ içerikleri üzerine yapılmış önceki çalışmalarda türün yağ içeriğinin %0,28-%3,7 arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir (Marinho-Soriano vd., 2006, Cirik vd., 2010, Ak vd., 2011). En yüksek ham yağ içeriği 50 µmol foton m⁻²s⁻¹ ışık şiddeti ve 24:0 fotoperiyot uygulanan grupta saptanmıştır.

Tablo 2. Deneme gruplarının pigment içeriklerinde meydana gelen değişimler.

Table 2. Changes in the pigment content of the groups.

Gruplar	Klorofil <i>a</i> (mg g ⁻¹ ka)	Toplam Karoten (mg g ⁻¹ ka)	Fikoeritrin (mg g ⁻¹ ka)	Fikosiyanin (µg g ⁻¹ ka)
D1	4,69±0,04 ^f	1,65±0,05 ^b	0,12±0,01 ^c	5,7±0,21 ^f
D2	5,44±0,06 ^e	1,35±0,04 ^{de}	0,07±0,01 ^d	1,29±0,09 ^b
D3	5,91±0,07 ^c	1,24±0,01 ^e	0,15±0,02 ^c	13,17±0,07 ^b
D4	6,58±0,11 ^b	1,14±0,06 ^f	0,29±0,03 ^a	11,64±0,16 ^c

Değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflere sahip üst simgeler, p ≤ 0,05'te önemli istatistiksel farklılıkları (a-f) göstermektedir.

Tablo 3. Deneme gruplarının ham protein (%), ham yağ (%) ve kül (%) içeriklerinde meydana gelen değişimler.

Table 3. Changes in crude protein (%), total lipid (%) and ash (%) contents of the groups.

Gruplar	Ham protein (%)	Ham yağ (%)	Kül (%)
D1	9,14±0,13 ^e	0,71±0,03 ^c	14,17±0,79 ^a
D2	9,34±0,52 ^d	0,59±0,06 ^e	13,57±0,45 ^a
D3	10,92±0,25 ^b	0,56±0,01 ^f	13,33±0,51 ^a
D4	9,79±0,07 ^c	0,58±0,01 ^e	13,10±0,44 ^a

Değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflere sahip üst simgeler, p ≤ 0,05'te önemli istatistiksel farklılıkları (a-e) göstermektedir.

Aydınlatma süreleri azaldıkça *G. verrucosa* talluslarının yağ içeriklerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda, Falkowski & LaRoche (1991), yüksek ışık şiddetlerinde yetiştirilen alglerin düşük ışık şiddetlerinde yetiştirildiğinde bir enerji krizine maruz kaldıklarını ve makro molekül biyosentezini yağlar ve karbonhidratlardan

proteinlere yönlendirerek uyum sağlayabileceklerini bildirmişlerdir.

Deneme gruplarının kül içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 3'de gösterilmiştir. Grupların kül içerikleri %13,10±0,44 ile %14,17±0,79 arasında değişim göstermiştir. Genel olarak, kül miktarı algin toplam mineral içeriğini belirlemektedir ve kül miktarı algin

bulunduğu ortam koşullarına göre farklılık gösterir. Çalışma sonucunda elde edilen değerler *Gracilaria* türleri için belirtilen aralık içerisinde (Marinho-Soriano vd., 2006, Cirik vd., 2010, Ak vd., 2011).

Denemeler sonucunda hasat edilen biyomasların agar içerikleri de proje kapsamında çalışılmıştır. Deneme gruplarının agar içerikleri %5,64-13,19 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4). En yüksek agar içeriği 8:16 foto periyot uygulanan grupta saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Fethi & Ghedifa (2019), Mensi (2019) ile benzerlik göstermektedir. Deneme gruplarının düşük agar içerikleri 8 saat ışık uygulanan gruplarda saptanırken aydınlatma süresi kısaltıkça agar içeriğinde artışın olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Deneme gruplarının agar (%), agar jel erime ve jelleşme sıcaklıklarında (°C) meydana gelen değişimler.

Table 4. Changes in the experimental groups' agar (%), agar gel melting and gelling temperatures (°C).

Gruplar	Agar (%)	Jelleşme Sıcaklığı (°C)	Jel Erime Sıcaklığı (°C)
D1	8,36±0,24 ^{cd}	45,00±0,99 ^{ab}	75,00±1,13 ^e
D2	5,64±0,47 ^e	42,00±0,28 ^b	75,00±0,56 ^e
D3	6,67±0,37 ^{de}	40,00±0,99 ^c	75,00±1,13 ^e
D4	13,19±1,09 ^b	47,00±0,85 ^a	73,00±0,99 ^f

Değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflere sahip üst simgeler, p ≤0,05'te önemli istatistiksel farklılıkları (a-f) göstermektedir.

Çalışma sonucunda farklı foto periyot uygulamalarının *G. verrucosa*'dan elde edilen ağarın jel erime ve jelleşme sıcaklıklarına etki ettiği belirlenmiştir. *Gracilaria* türüne ve yetiştiricilik koşullarına göre jelleşme ve jel erime sıcaklıkları farklılık göstermektedir. Deneme gruplarının jelleşme sıcaklığı 40,00±0,99°C ile 47,00±0,85°C arasında değişim göstermekte olup deneme grupları arasında önemli farklılıklar saptanmıştır (p>0,05). Jelleşme sıcaklığı *G. gracilis* için 31,7-35,4°C, *G. tenuistipitata* için 35,4-44,7°C, *G.bursa-pastoris* için 34-46°C ve *G. verrucosa* için 34,00-36,00°C olarak bulunmuştur (Marinho-Soriano & Bourret 2003, Cirik vd., 2010, Wang vd., 2017). Deneme gruplarının jel erime sıcaklıkları ise 73,00±0,99-75,00±0,00°C arasında değişim göstermiştir. Farklı *Gracilaria* türlerinin jel erime sıcaklıkları ise *G. gracilis* için 78,5-82,1°C, *G. tenuistipitata* için 98,9-99,8°C, ve *G. verrucosa* için 85,50–86,50°C olarak saptanmıştır (Cirik vd., 2010, Wang vd., 2017.). Sonuçlarımız önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Deneme gruplarının toplam fenolik, toplam flavonoid ve kondense tanen içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 5'de özetlenmiştir. Deneme gruplarının toplam fenolik madde içerikleri ile 2,75±0,06 (D₃) ile 2,84±0,04 (D₁) mg GAE g⁻¹ ekstrakt arasında değişim göstermiştir. Fenolikler, bitkilerde, meyvelerde, şarap, çay ve kahve gibi içeceklerde ve ayrıca sebzelerde bulunan bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren ikincil metabolitlerdir. Fenolik maddeler reaktif oksijen türleri (ROT), temizleyiciler, metal şelatörler, enzim modülatörleri gibi davranabilir ve lipid peroksidasyonunu

önleyebilir. Yüksek ışık şiddeti veya uzun süreli aydınlatma makro algler için stres oluştururlar ancak makro algler bu oksidasyon koşullarına karşı stabildirler (Tanna vd., 2022).

Tablo 5. Deneme gruplarının toplam fenolik, flavonoid ve kondense tanen içeriklerinde meydana gelen değişimler.

Table 5. Changes in the total phenolic, flavonoid and condensed tannin contents of the experimental groups.

Gruplar	Toplam Fenolik madde (mg GAE g ⁻¹ ekstrakt)	Toplam Flavonoid madde (mg rutin g ⁻¹ ekstrakt)	Kondense Tanen (µg CE g ⁻¹ ekstrakt)
D1	2,84±0,04 ^{ab}	1,84±0,13 ^a	2,54±0,05 ^b
D2	2,78±0,08 ^{ab}	1,86±0,13 ^a	2,54±0,24 ^b
D3	2,75±0,06 ^b	1,75±0,12 ^a	2,54±0,06 ^b
D4	2,93±0,06 ^a	1,82±0,03 ^a	2,31±0,15 ^{bc}

Değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflere sahip üst simgeler, p ≤0,05'te önemli istatistiksel farklılıkları (a-c) göstermektedir.

100 µmol foton ışık şiddeti ve dört farklı foto periyodun uygulandığı proje çalışması sonucunda deneme gruplarının toplam flavonoid içeriklerinin birbirine yakın olduğu saptanmıştır. Işık şiddetlerinin ve foto periyot uygulamalarının algin flavonoid içeriklerinin değişiminde önemli bir oynamadığı düşünülmektedir. Deneme gruplarının kondense tanen içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 5'de gösterilmiştir. Çalışma sonucunda *G. verrucosa*'nın kondense tanen içeriklerinin yüksek olduğu görülmüştür. Makro alglerde bulunan bir diğer bileşik tanenlerdir. Alg grupları arasında en fazla kahverengi makro alglerde bulunsun da diğer makro alg sınıfları da tanen içermektedirler. 100 µmol foton ve farklı foto periyot uygulamalarında yetiştirilen *G. verrucosa* talluslarının serbest radikal giderim aktivitelerinin inhibisyon yüzdeleri ve IC50 inhibisyon değerleri Tablo 6'de özetlenmiştir. En yüksek inhibisyon yüzdesi D₁ (24:00) belirlenmiştir. Deneme gruplarının serbest radikal giderim aktivitelerinin inhibisyon yüzdeleri sentetik antioksidan olan BHT'den düşük olmasına karşın gruplar arasında istatistiksel farklılıkların olduğu saptanmıştır (p<0,05). Sürekli aydınlatmanın stres oluşturduğu düşünülmektedir.

Tablo 6. Deneme gruplarının serbest radikal giderim aktivitelerinin inhibisyon yüzdeleri ve IC50 inhibisyon değerlerinde meydana gelen değişimler.

Table 6. Inhibition percentages of free radical scavenging activities of experimental groups and changes in IC50 inhibition values.

Gruplar	% İnhibisyon	IC ₅₀ İnhibisyon değeri (mg g ⁻¹ ekstrakt)
D1	32,00±0,50 ^b	10,79±0,96 ^b
D2	26,00±0,50 ^{de}	11,47±0,70 ^{ab}
D3	23,00±0,99 ^f	12,93±0,38 ^a
D4	22,20±0,14 ^b	5,11±0,02 ^c
BHT	99,80±0,14 ^a	1,35±0,04 ^d

Değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflere sahip üst simgeler, p ≤0,05'te önemli istatistiksel farklılıkları (a-h) göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında farklı aydınlatma süreleri uygulanarak *Gracilaria verrucosa*'nın tank sistemlerinde yetiştiriciliği gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak algin büyüme

hızının ve kimyasal kompozisyonunun 100 µmol foton ışık şiddetinde fotoperiyota göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Kırmızı alglerden *G. verrucosa*'nın yüksek ışık şiddeti ve uzun aydınlatma süresinin algin büyümesini baskıladığı ve strese bağlı olarak serbest radikal temizleme kapasitesinin arttığı çalışma sonucunda belirlenmiştir. Aynı şekilde uzun aydınlatma sürelerinin algin toplam fenolik madde içeriği üzerine pozitif etkisi olduğu proje sonucunda bulunmuştur. Ancak, algin agar içeriğini arttırmak amacıyla 8:16 (A:K) fotoperiyot rejiminin uygun olacağı da çalışma sonucunda saptanmıştır. *G. verrucosa*'dan istenilen kimyasal bileşiği arttırmak için farklı aydınlatma periyotlarının uygulanması gerektiği çalışma sonucunda belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların *Gracilaria* türlerinin yetiştiriciliği ve antioksidan özellik gösteren bileşikleriyle ilgili çalışma yapan araştırmacılara ve sektöre yardımcı olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından FHD-2021-3677 proje numaralı ve "Kırmızı Alglerden *Gracilaria verrucosa*'nın Biyomas Verimi ve Kimyasal Kompozisyonu Üzerine Işık Şiddeti ve Fotoperiyot Uygulamalarının Etkisinin Belirlenmesi" başlıklı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ak, İ., Çetin, Z., Cirik, Ş. & Göksan, T. (2011).** *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss culture using an agricultural organic fertilizer. *Fresenius Environmental Bulletin*, **20**(8a), 2156-2162.
- Ak, İ., Çankırılıgil, E.C., Türker, G., Sever, O. & Abomohra, A. (2022).** Enhancement of antioxidant properties of *Gongolaria barbata* (Phaeophyceae) by optimization of combined light intensity and salinity stress. *Phcologia*, **61**(6), 584-594. DOI: [10.1080/00318884.2022.2099136](https://doi.org/10.1080/00318884.2022.2099136)
- Ak, İ. & Türker, G. (2018).** Antioxidant Activity of Five Seaweed Extracts. *New Knowledge Journal of Science / Novo Znanie*, **7**(2), 149-155.
- Ak, İ. & Türker, G. (2019).** Free Radical Scavenging Activity and Biochemical characteristics of *Ulva rigida* (Ulvophyceae) and *Arthrospira platensis* (Cyanophyceae). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, **7**, 145-149. DOI: [10.24925/turjaf.v7isp1.145-149.2789](https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp1.145-149.2789)
- Ak, İ. & Yücesan, M. (2012).** Effect of light intensity on the pigment composition of *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta). *Fresenius Environmental Bulletin*, **21**(2), 337-342.
- AOAC. (2000).** Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International (17th ed.), AOAC International, Gaithersburg, MD, 1298.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, **28**(1), 25-30. DOI: [10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Briggs, M. & Smith, S. (1993).** Macroalgae in aquaculture: An overview and their possible roles in shrimp culture. *Proceedings of a conference on marine biotechnology in the Asia Pacific Bangkok, Thailand*. 137-143p.
- Broch, O.J. & Slagstad, D. (2012).** Modelling seasonal growth and composition of the kelp *Saccharina latissima*. *Journal of Applied Phycology*, **24**, 759-776.
- Bunsom, C. & Prathep, A. (2012).** Effects of salinity, light intensity and sediment on growth, pigments, agar production and reproduction in *Gracilaria tenuistipitata* from Songkhla Lagoon in Thailand. *Phycological Research*, **60**(3), 169-178. DOI: [10.1111/j.1440-1835.2012.00648.x](https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.2012.00648.x)
- Cirik, Ş. & Cirik, S. (2017).** *Su Bitkileri* (Deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi, yetiştirme teknikleri). *İzmir, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*. 15-47p.
- Cirik, Ş., Şen, E. & Ak, İ. (2010).** Brown algae *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh culture and changes in it chemical composition. *Journal of fisheriessciences.com*, **4**(4), 354-361. DOI: [10.3153/jfscm.2010038](https://doi.org/10.3153/jfscm.2010038)
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P. & Vidal, N. (2006).** Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, **97**(4), 654-660. DOI: [10.1016/j.foodchem.2005.04.028](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028)
- Falkowski, P.G. & LaRoche, J. (1991).** Acclimation to Spectral Irradiance in Algae. *Journal of Phycology*, **27**(1), 8-14. DOI: [10.1111/j.0022-3646.1991.00008.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1991.00008.x)
- FAO. (2021).** The State of World Fisheries and Aquaculture 2019. Sustainability in action *FAO Fisheries and Aquaculture Department*, Rome, 224p.
- Fethi, M. & Ghedifa, A.B. (2019).** Optimum ranges of combined abiotic factor for *Gracilaria gracilis* aquaculture. *Journal of Applied Phycology*, **31**(5), 3025-3040. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01826-5>

- Folch, J., Lees, M. & Sloane Stanley, G.H. (1957).** A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, **226**(1), 497-509.
- Guillard, R.R.L. (1975).** Culture of Phytoplankton for Feeding Marine Invertebrates. In: Smith, W.L., Chanley, M.H. (Ed), *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Springer, Boston, 29-60p.
- Hanisak, M.D. (1987).** Cultivation of *Gracilaria* and other macroalgae in Florida for energy production. In Bird, K.T., Benson, P.H. (Ed), *Seaweed Cultivation for Renewable Resources*. Elsevier, Amsterdam, 191-218p.
- Hurd, C.L., Harrison, P.J., Bischof, K. & Lobban, C. S. (2014).** Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge, Cambridge University Press.15-215p.
- Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F. (1975).** New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c1* and *c2* in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochimie und Physiologie der Pflanzen*, **167**(2), 191-194. DOI: [10.1016/S0015-3796\(17\)30778-3](https://doi.org/10.1016/S0015-3796(17)30778-3)
- Kim, J. K., Mao, Y., Kraemer, G. & Yarish, C. (2015).** Growth and pigment content of *Gracilaria tikvahiae* McLachlan under fluorescent and LED lighting. *Aquaculture*, **436**, 52-57. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2014.10.037](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.037)
- Kim, Y.S., Choi, H.G. & Nam, K.W. (2006).** Phenology of *Chondrus ocellatus* in Cheongsapo near Busan, Korea. *Journal of Applied Phycology*, **18**, 551-556.
- Koru, E., Cirik, S., Turan, G., Ak, İ. & Başaran, A. (2008).** *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss Kültürüne Farklı Işık Yoğunluklarının Etkisi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **25**(3), 187-190.
- Lakshminarayana, R., Vijay, K., Ambedkar, R., Ranga Rao, A. & Ravishankar, G.A. (2022).** Biological Activities and Health Benefits of Seaweed Carotenoids with Special Reference to Fucoxanthin. In: Ranga Rao, A., Ravishankar, G.A. (Ed), *Sustainable Global Resources of Seaweeds Volume 2*. Springer, Cham, 539-558p.
- Lüning, K. (2005).** Endogenous rhythms and day length effects in macroalgal development. In: Andersen, R.A. (Ed.). *Algal culturing techniques*. Elsevier Academic Press, San Diego, 347-364p.
- Machalek, K. M., Davison, I.R., & Falkowski, P. G. (1996).** Thermal acclimation and photoacclimation of photosynthesis in the brown alga *Laminaria saccharina*. *Plant, Cell & Environment*, **19**(9), 1005-1016. DOI: [10.1111/j.1365-3040.1996.tb00207.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1996.tb00207.x)
- Marinho-Soriano, E. & Bourret, E. (2003).** Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Bioresource Technology*, **90**(3), 329-333. DOI: [10.1016/s0960-8524\(03\)00112-3](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(03)00112-3)
- Marinho-Soriano, E., Fonseca, P.C., Carneiro, M.A.A. & Moreira, W.S.C. (2006).** Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresource Technology*, **97**(18), 2402-2406. DOI: [10.1016/j.biortech.2005.10.014](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.014)
- Mensi, F. (2019).** Agar yield from R-phycoerythrin extraction by-product of the red alga *Gracilaria verrucosa*. *Journal of Applied Phycology*, **31**(1), 741-751. DOI: [10.1007/s10811-018-1533-z](https://doi.org/10.1007/s10811-018-1533-z)
- Öztaşkent, C. & Ak, İ. (2021).** Effect of LED light sources on the growth and chemical composition of brown seaweed *Treptacantha barbata*. *Aquaculture International*, **29**(1), 193-205. DOI: [10.1007/s10499-020-00619-9](https://doi.org/10.1007/s10499-020-00619-9)
- Percival, E. & Young, M. (1974).** Carbohydrates of the brown seaweeds: Part III. *Desmarestia aculeata*. *Carbohydrate Research*, **32**(2), 195-201. DOI: [10.1016/S0008-6215\(00\)82097-2](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)82097-2)
- Price, M.L., Van Scoyoc, S. & Butler, L.G. (1978).** A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of agricultural and food chemistry*, **26**(5), 1214-1218. DOI: [10.1021/jf60219a031](https://doi.org/10.1021/jf60219a031)
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J.-C., Bailleul, F. & Trotin, F. (2000).** Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology*, **72**(1), 35-42. DOI: [10.1016/S0378-8741\(00\)00196-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00196-3)
- Rodríguez-Sánchez, R., Ortiz-Butrón, R., Blas-Valdivia, V., Hernández-García, A. & Cano-Europa, E. (2012).** Phycobiliproteins or c-phycoerythrin of *Arthrospira (Spirulina) maxima* protect against hgcl2-caused oxidative stress and renal damage. *Food Chemistry*, **135**(4), 2359-2365. DOI: [10.1016/j.foodchem.2012.07.063](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.063)
- Tanna, B., Choudhary, B., Mishra, A., Yadav, S., Chauhan, O.P., Elansary, H.O., Shokralla, S., Zin El-Abidin, T.K. & Mahmoud, E.A. (2022).** Biochemical and Anti-proliferative activities of seven abundant tropical red seaweeds confirm nutraceutical potential of *Grateloupia indica*. *Arabian Journal of Chemistry*, **15**(6), 103868. DOI: [10.1016/j.arabjc.2022.103868](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103868)

-
- Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A. H., Kautsky, N. & Kautsky, L. (1997).** Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, **156**(1), 45-61. DOI: [10.1016/S0044-8486\(97\)00080-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00080-X)
- Wang, L., Shen, Z. Mu, H. Lin, Y. Zhang, J. & Jiang, X. (2017).** Impact of alkali pretreatment on yield, physico-chemical and gelling properties of high quality agar from *Gracilaria tenuistipitata*. *Food Hydrocolloids*, **70**, 356-362. DOI: [10.1016/j.foodhyd.2016.11.042](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.042)
- Weinberger, F., Buchholz, B., Karez, R. & Wahl, M. (2008).** The invasive red alga *Gracilaria vermiculophylla* in the Baltic Sea: adaptation to brackish water may compensate for light limitation. *Aquatic Biology*, **3**(3), 251-264. DOI: [10.3354/ab00083](https://doi.org/10.3354/ab00083)
- Wu, H. (2016).** Effect of Different Light Qualities on Growth, Pigment Content, Chlorophyll Fluorescence, and Antioxidant Enzyme Activity in the Red Alga *Pyropia haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta). *BioMed Research International*, **2016**, 7383918. DOI: [10.1155/2016/7383918](https://doi.org/10.1155/2016/7383918)
- Zhang, W., Zhu, C. & Chen, S. (2020).** Effects of light quality and photoperiod on growth and photosynthetic pigment content of a Rhodophyta, *Gloiopeltis furcata*. *Fisheries Science*, **86**(2), 367-373. DOI: [10.1007/s12562-020-01400-w](https://doi.org/10.1007/s12562-020-01400-w)



Müsilajın Çanakkale Boğazı'nda Dağılım Gösteren *Posidonia oceanica* Çayırlarına Etkisi

İlknur AK*¹ Cahide Çiğdem YIĞIN¹ Adnan AYAZ¹ Uğur ALTINAĞAÇ¹ Alkan ÖZTEKİN¹ Yusuf ŞEN¹,
Koray CABBAR² Melis YILMAZ² Gençtan Erman UĞUR² Özge ÖZGÜR² Sibel ATAĞ² Damla KORKUT¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Türkiye

Geliş Tarihi: 30.12.2022

Kabul Tarihi: 24.04.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Ak, İ., Yiğın, C.Ç., Ayaz, A., Altınağaç, U., Öztekin, A., Şen, Y., Cabbar, K., Yılmaz, M., Uğur, G.E., Özgür, Ö., Atak, S. & Korkut, D. (2023). Müsilajın Çanakkale Boğazı'nda dağılım gösteren *Posidonia oceanica* çayırlarına etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 16-24. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226546>

How to cite: Ak, İ., Yiğın, C.Ç., Ayaz, A., Altınağaç, U., Öztekin, A., Şen, Y., Cabbar, K., Yılmaz, M., Uğur, G.E., Özgür, Ö., Atak, S. & Korkut, D. (2023). Determination of the Effects of Mucilage on Seagrass *Posidonia oceanica* in Çanakkale Strait. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 764-772. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226546>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0233-0025>
<https://orcid.org/0000-0002-8808-2252>
<https://orcid.org/0000-0003-4839-9244>
<https://orcid.org/0000-0002-3638-9834>
<https://orcid.org/0000-0003-3914-9788>
<https://orcid.org/0000-0002-0595-4618>
<https://orcid.org/0000-0001-5254-1384>
<https://orcid.org/0000-0002-8776-2117>
<https://orcid.org/0000-0002-3131-9239>
<https://orcid.org/0000-0003-0446-7794>
<https://orcid.org/0000-0002-1320-2598>
<https://orcid.org/0000-0003-3740-5610>

*Sorumlu yazarın:

İlknur AK
Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi
Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Bölümü,
Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale, Türkiye.
✉: ilknurak@comu.edu.tr

Öz: 2021 yılı içerisinde Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemlerinde, su sıcaklığına bağlı olarak birincil üretimde önemli rol oynayan mikro alglerin aşırı çoğalması sonucunda hücre dışı polisakaritlerden oluşan müsilaj adı verilen bir olay meydana gelmiştir. Gerçekleştiği alanın büyüklüğü ve etkilenen canlı topluluklarının sayısı dikkate alındığında ülkemiz denizel alanlarında gerçekleşen çevre felaketi olarak tarihte yerini almıştır. Bu nedenle Çanakkale Boğazı'nda dağılım gösteren deniz çayırlarının bu olaydan sonra durum tespiti önem kazanmıştır. Bu çalışma kapsamında Çanakkale Boğazı, Dardanos mevkiinde dağılım gösteren *Posidonia oceanica* çayırlarının mevcut durumu belirlenerek, fenolojik ve lepidokronolojik çalışmaları yapılmıştır. Çalışma sonucunda son sekiz yılda Dardanos bölgesinde dağılım gösteren deniz çayırı alt limitinin yaklaşık 1,4 m gerileyerek 15,6 m derinliğe kadar dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca 2014 yılında deniz çayırlarının alt limit sınırlarında yeşil alglerden *Caulerpa racemosa* yoğun olarak dağılım gösterirken gerçekleştirilen çalışmada alt limit sınırlarında Ceremiales takımına ait kırmızı alglerin varlığı dikkat çekmiştir. BiPo indeksine göre elde edilen ekolojik kalite oranları 0,30- 0,20 arasında değişim göstermiştir. Çalışma sonucunda, bu indekse dayanarak Dardanos bölgesindeki *P. oceanica* çayırlarının müsilaj olayından sonra durumu "kötü" olarak belirlenmiş olup müsilajdan sonra bu bölgedeki çayırların korunması yönelik eylem planlarının oluşturulması önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Çanakkale Boğazı, deniz çayırları, iyileştirme, müsilaj, *Posidonia oceanica*.

Determination of the Effects of Mucilage on Seagrass *Posidonia oceanica* in Çanakkale Strait

Abstract: In the Marmara Sea and Turkish Straits Systems in 2021, mucilage consisting of extracellular polysaccharides occurred due to the excessive proliferation of microalgae, which plays a vital role in primary production depending on the water temperature. Considering the size of the area where it takes place and the number of affected living communities, our country has taken its place in history as an environmental disaster in marine areas. For this reason, due diligence of the seagrass meadows distributed in the Dardanelles has gained importance after this event. Within the scope of this study, the status of *Posidonia oceanica* meadows spread in Dardanos, Çanakkale Strait, Türkiye was determined, and phenological and lepidochronological studies were carried out. As a result of the study, it has been determined that the lower limit of seagrass, distributed in the Dardanos region in the last eight years, has decreased by about 1.4 m and spread to a depth of 15.6 m. In addition, while *Caulerpa racemosa*, one of the green algae, was extensively distributed in the lower limit borders of seagrass meadows in 2014, the presence of red algae belonging to the Ceremiales order at the lower limit borders of the study was remarkable. The ecological quality ratios obtained from the BiPo index varied between 0.30 and 0.20. As a result of the study, based on this index, the condition of the *P. oceanica* meadows in the Dardanos region was determined as "bad" after the mucilage, and it is essential to create action plans for the protection of the fields in this region after the mucilage.

Keywords: Çanakkale Strait, seagrasses, restoration, mucilage, *Posidonia oceanica*.

*Corresponding author's:

İlknur AK
Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of
Marine Sciences and Technology, Terzioğlu
Campus, 17100 center/Çanakkale, Türkiye
✉: ilknurak@comu.edu.tr

GİRİŞ

Müsilaj, fitoplanktonik canlıların deniz suyu sıcaklığı ve ortamdaki besin tuzu gibi faktörlere bağlı olarak aşırı çoğalması sonucu hücre dışı organik maddelerin su kolonu içerisinde ipliksi veya ağ yapılar, yumaklar oluşturması ve zamanla su kolonunda çökerek deniz dibini kaplayan tabakalar meydana getirmesi olarak tanımlanmaktadır (Danovaro vd., 2009, Aktan & Gümüsoğlu, 2010). Su ortamında fiziksel ve kimyasal değişimlere sebep olan müsilaj, su sütununda ışık geçirgenliğini sınırlandırarak makro ve mikroorganizmalar ile ekosistemler üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Rinaldi vd., 1995; Giani vd., 2005).

Deniz çiçekli bitkileri kök, gövde, yaprak farklılaşması olan ve denizlerde dağılım gösteren bitki topluluklarına verilen ortak bir isimdir (Cirik & Cirik, 2017). Deniz bitkilerinin buldukları ortamın oksijenlenmesini sağlamak, karbon yutağı olarak görev yapmak (Fourqurean vd., 2012), deniz canlılarının beslenme, barınma ve üreme alanlarını oluşturmak (Cirik & Cirik, 2017), askıdaki yüklerin azaltılmasında yardımcı olmak (Telesca vd., 2015), su kalitesini iyileştirmek (Mtwana Nordlund vd., 2016) gibi ekosistemde önemli rolleri bulunmaktadır. Deniz çayırları içerisinde yer alan *P. oceanica* ise Akdeniz havzasında dağılım gösteren tek çenekli bir çiçekli bitkidir ve 0-40 m derinlik aralığındaki kıyı alanlarında dağılım göstermektedir (Cirik & Cirik, 2017). Kaplama alanlarının çok geniş olması nedeniyle kıyı bölgelerindeki en önemli oksijen kaynaklarından biri olduğu için "Akdeniz'in akciğerleri" olarak da isimlendirilmektedir (Aktan & Aysel, 2013). *P. oceanica* kirliliğe karşı çok hassas olması nedeniyle su kalitesi iyi olan sularda dağılım göstermektedir. Bu çiçekli bitkinin dağılım alanları kirlilik ve kıyı alanlarında yerleşim yerlerinin artmasıyla birlikte gün geçtikçe azalmaktadır (Pergent-Martini vd., 2021). Bu nedenle *P. oceanica* çayırlarının dağılım alanlarının mevcut halinin belirlenmesi ve korunmasına yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmektedir (Di Carlo vd., 2005; Descamp vd., 2017; Tan vd., 2020). Ülkemiz kıyılarında dağılım gösteren *P. oceanica* türünün haritalanması ve dağılımlarının belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar bulunmaktadır (Aktan vd., 2009; Meinesz vd., 2009; Aktan & Aysel, 2013; Dural vd., 2013; Öz vd., 2014).

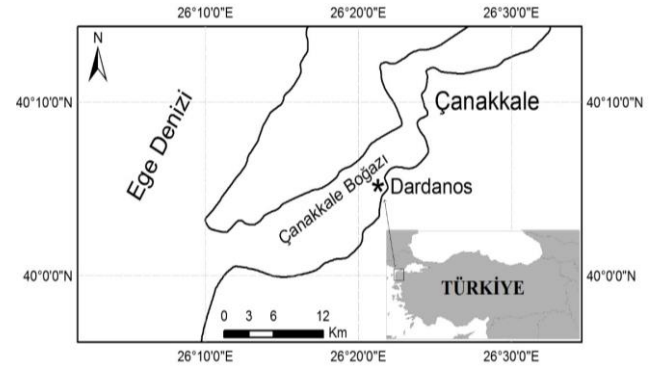
Müsilajın büyük çapta kütleli oluşumu Türkiye kıyılarında son olarak Marmara Denizi'nde 2020 yılının sonbahar ayında görülerek, Marmara Denizi ile boğaz ekosistemlerini etkilemiştir (Tüfekçi vd., 2010; Yentur vd., 2013; Aslan vd., 2021). Müsilaj özellikle deniz çayırlarının üzerini kaplayarak bu çayırların ışık almasını ve dolayısıyla fotosentez yapmasını engellemektedir (Yümün vd., 2023). Organik bir çorba olarak tabir edilen müsilaj denizel sistemde sahte bir dip yapısı oluşturması nedeniyle ayrıca bu

çayırların içerisinde dağılım gösteren canlıların beslenme ve üreme alanlarını da etkilemektedir (Giani vd., 2005; Danovaro vd., 2009). Nitekim Yentur vd., (2013) ve Özalp (2021), Çanakkale Boğazı'nda gerçekleştirdikleri çalışmalarda, müsilajın deniz ekosistemindeki flora ve fauna üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu bildirilmiştir. 2007 yılından itibaren farklı dönemlerde etkisini hissettiren müsilajın *P. oceanica* çayırları üzerine etkisine yönelik ise yapılmış sadece bir çalışma (Aktan & Gümüsoğlu, 2010) olmasına karşın Çanakkale Boğazı'nda dağılım gösteren *P. oceanica* çayırları üzerine müsilajın etkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Küresel iklim değişikliğinin de etkisiyle dönem dönem tekrarlanması beklenen bu olayın Marmara Denizi ve Türk Boğazlar sistemindeki etkilerinin belirlenmesi ve canlı habitatlarına olan etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar oldukça önemlidir.

Bu çalışma kapsamında Çanakkale Boğazı, Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının müsilaj olayından etkilenen bölgeleri ile çayırlarının sağlık durumu tespit edilmiş ve izlenmiştir. Bu bağlamda uzun vadeli restorasyon çalışmaları için önerilerin geliştirilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Bölgesi: Çalışma *P. oceanica* topluluklarının bulunduğu Çanakkale Boğazı Dardanos bölgesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Arazi çalışmaları 01.01.2022 - 05.07.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İlk olarak deniz çayırlarının alt limitlerini ve koordinatları belirlemek için dalışlar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı.

Figure 1. Study area.

Tablo 1'de gösterilen koordinatlarda Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının izleme çalışmalarını gerçekleştirebilmek amacıyla her bir koordinatta demir çubuklar ve parke taşları ile izleme istasyonları oluşturulmuştur. Ayrıca her bir istasyonun 1,5 m açığına izleme çalışmalarında fotoğraf çekimini kolaylaştırması için foto çubuklar ilave edilmiştir. Kurulan sistem her ay gerçekleştirilen dalışlarla izlenmiştir.

Tablo 1. Dardanos bölgesinde dağılım gösteren deniz çayırlarının alt sınır koordinatları.**Table 1.** Lower limit coordinates of seagrass meadows distributed in Dardanos region.

İstasyon No	Derinlik (m)	Enlem	Boylam
1	14,59	40°04'33.60" N	26°21'08.70" E
2	14,35	40°04'34.70" N	26°21'09.00" E
3	14,56	40°04'35.63" N	26°21'09.40" E
4	14,90	40°04'36.44" N	26°21'09.65" E
5	14,69	40°04'37.40" N	26°21'09.67" E
6	15,21	40°04'38.12" N	26°21'10.44" E
7	15,05	40°04'39.30" N	26°21'10.60" E
8	16,00	40°04'40.43" N	26°21'11.48" E
9	15,30	40°04'41.50" N	26°21'11.90" E
10	16,61	40°04'42.34" N	26°21'11.45" E
11	16,69	40°04'42.80" N	26°21'12.30" E

Örneklerin alınması ve ölçümlerin gerçekleştirilmesi: *P. oceanica* çayırlarının alt limitlerinin belirlenmesi, lepidokronolojik ve fenolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla dağılım gösterdiği alt limit sınırında 11 istasyon belirlenmiştir (Tablo 1). Ayrıca çayır alanı içinden referans istasyonu ve üst sınırlardan da 10-15 demet incelemek amacıyla alınmıştır. Çayırların kaplama oranında meydana gelen değişimler aylık olarak gerçekleştirilen dalışlarla 20x20cm'lik kuadratlar yardımıyla izlenmiştir (Pergent 2007; Boudouresque vd., 2012). Laboratuvara getirilen örnekler üzerinde fenolojik parametre ve lepidokronolojik araştırmalar Pergent (2007)'e göre yapılmıştır.

Alt sınır özelliklerinin belirlenmesi: Alt sınırın durumu çayır sağlığı ile ilgili önemli bilgiler vermektedir. Alt sınırın sınıflandırılması plajiotrop rizom oranı, çayır kaplama oranı, yoğunluğu ve ölü matın varlığına göre Tablo 2'ye göre yapılmıştır.

Tablo 2. Derinliğe göre alt sınır sağlığının sınıflandırması (Pergent 2007).**Table 2.** Classification of lower limit health by depth (Pergent 2007).

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
Alt sınır	>34,2 m	34,2 – 30,4 m	30,4 – 26,6 m	26,6 – 22,8 m	<22,8 m

Fenolojik ölçümler: Fenolojik ölçümler bitkinin biyometrik özelliklerine göre gerçekleştirilmiştir. Alınan örneklerde yapraklar Tablo 3'e göre sınıflandırılmıştır. Her bir yaprağın toplam uzunluğu, genişliği ölçülmüştür. Ayrıca her bir kökteki yaprak sayısı yaprak türüne göre kayıt altına alınmıştır. Her bir yaprağın tam ya da eksik olup olmadığı da belgelenmiştir. Her bir kökün Faktör A (FA), Yaprak indeksi (FI), Yaprak alanı indeksi (LAI) değerleri Pergent (2007)'ye göre hesaplanmıştır. Herbivor canlılar tarafından zarar verilmiş yaprakların toplam yaprak sayısına oranının ifade eden Faktör A değeri hesaplanmıştır.

Lepidokronolojik ölçümler: *P. oceanica* yaprakları öldüğünde sadece petiolün üst kısmındaki yaprak kopar.

Ancak petiol rizom gövde içerisinde kalır. Gövde içerisinde kalan petiollerin kalınlıkları ise mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Sonbahar aylarında oluşan petiol daha kalın iken ilkbahar aylarında oluşan petiol daha incedir. Lepidokronolojik çalışmalar ise bu farklılıkların ortaya konulmasıyla gerçekleştirilmekte olup çalışmalar Pergent (2007)'ye göre yapılmıştır.

Tablo 3. *P. oceanica* yapraklarının özelliklerine göre sınıflandırması (Pergent 2007).**Table 3.** Classification of *P. oceanica* leaves according to their characteristics (Pergent 2007).

Yaprak Cinsi	Özelliği
Ergin yapraklar	Petiole sahip
Genç yapraklar	Petiolü 2 cm'den az
Juvenil yapraklar	Petiolü yok veya 5 mm'den az

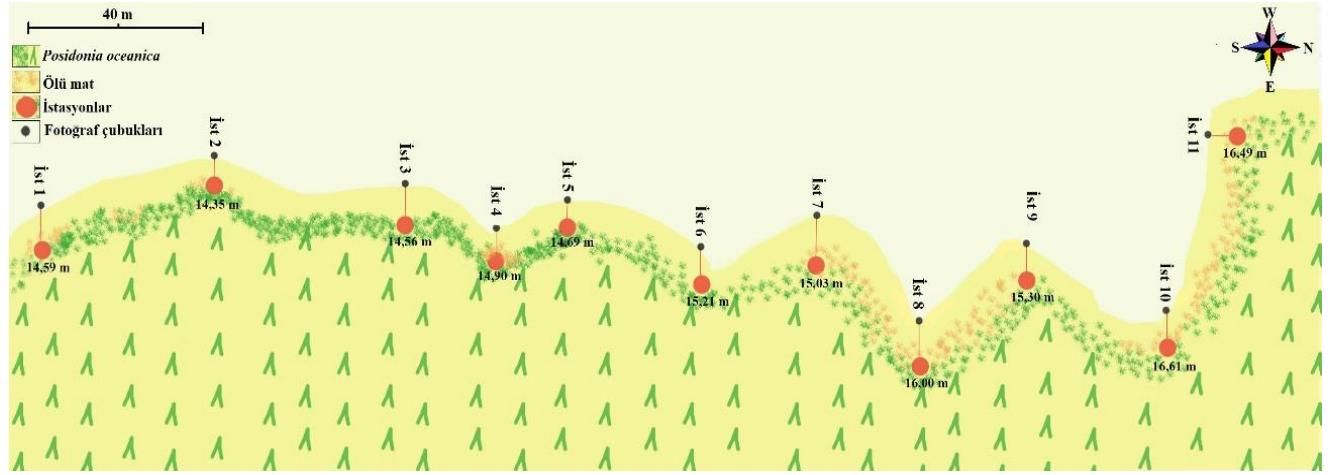
Fizikokimyasal Parametreler: Çevresel parametrelerden sıcaklık, çözülmüş oksijen, tuzluluk, pH ve iletkenlik ölçümleri YSI 650 MDS cihazı ile saha çalışmaları sırasında aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanındaki Seki disk derinliği (görünürlüğü) 20 cm çapındaki beyaz boyalı disk yardımıyla yerinde ölçülmüştür. Aylık olarak istasyonların bulunduğu bölgenin yüzey suyundan örnekler alınarak deniz suyundaki klorofil *a* miktarı Strickland & Parsons (1972)'e göre hesaplanmıştır. Askıda katı madde (AKM) tayini için yüzey suyundan alınan 2 l su örneği 0,45 µm GF/C (Whatman No 47) filtrelerden süzölmüştür. Filtreleme işlemi öncesi ve sonrasında filtre kağıtları 105°C'de 1 saat kurutulmuş olup gravimetrik olarak AKM miktarları belirlenmiştir (Demir & Turkoglu 2022).

İstatistiksel Analiz: Elde edilen veriler SPSS 25 (IBM, USA) deneme sürümü kullanılarak analiz edilmiş ve yanılma olasılığı $p \leq 0,05$ olarak kabul edilmiştir. Veriler analiz yapılmadan önce, verilere homojenite ve normalite testi yapılmıştır. Homojen ve normal dağılım gösteren veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılarak karşılaştırılmıştır.

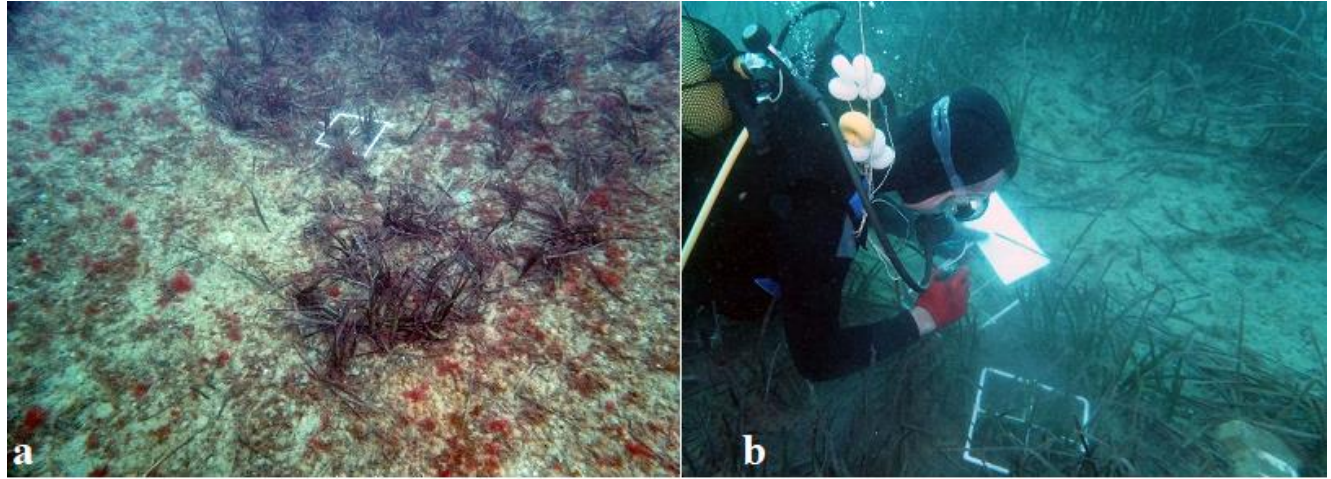
BULGULAR

Dardanos bölgesindeki *P. oceanica* çayırlarının durumunu belirlemek için gerçekleştirilen çalışmada çayırların alt sınırının 14,35- 16,61 m arasında değiştiği ve parçalı bir dağılıma sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 2).

Derinliğin 15 m'den fazla olduğu 7., 8., 9., ve 10. istasyonlarda diğer istasyonlara oranla daha fazla ölü matın olduğu tespit edilmiştir. Alt sınırdaki ölü matların yanı sıra Ceremiales takımına ait kırmızı alglerin varlığı dikkat çekmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayır alanının alt sınırdaki dağılımları.
Figure 2. Distribution of *P. oceanica* meadows in the lower limit of the Dardanos region.



Şekil 3. Alt sınırdaki tespit edilen kırmızı algler (a) ve alt sınırdaki görüntüler (b).
Figure 3. Images of red algae detected at the lower limit (a) and the lower limit (b)

Çalışmaların devam ettiği altı ay süresince Caulerpales takımına ait *C. racemosa* tespit edilememiştir. Oysaki 2000’li yılların başında tüm Akdeniz havzasında bu tür yayılmacı tür olarak ilan edilmiş ve Dardanos bölgesine 2014 yılında gerçekleştirilen çalışmada 17-25 m derinlikleri arasında yoğun bir şekilde dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Öz vd., 2014). Derinliğe göre çayır sağlığı değerlendirildiğinde alt sınırın 22,8 m’den az olması nedeniyle çayır sağlığı kötü olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 4’te örnekleme yapılan istasyonlardaki *P. oceanica* çayırlarının kaplama alanları, yoğunlukları, plajiotrop rizom yüzdeleri ve açıkta kalan kısımları özetlenmiştir. Alt limitteki istasyonların kaplama alanı $75,0 \pm 2,7$ ile $15,0 \pm 1,0$ arasında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Özellikle derinlikleri 16-15 m arasında değişim gösteren istasyonlarda (7., 8., 9. ve 10.) kaplama alanı yüzdelерinin düşük olduğu saptanmıştır. Tüm istasyonlarda rizomların açıkta kaldığı saptanmıştır. 2., 3., 4., 7. ve 11. istasyonlarda açıkta kalan kısım ortalama 1 cm iken 1., 5., 6., 8., 9., ve 10. istasyonlarda ise ortalama 1,5 cm olarak ölçülmüştür.

Ayrıca bu istasyonlara gerçekleştirilen dalışlarda ölü matın fazla olduğu belirlenmiştir. İstasyonların bir metre kare alandaki yoğunlukları da derinliğe göre farklılık gösterdiği çalışma sırasında tespit edilmiştir. Birim alanda en yüksek demet yoğunluğu 4. istasyonda $132,0 \pm 7,2$ demet m^{-2} olarak saptanırken en düşük demet yoğunluğu 2. İstasyonda $35,0 \pm 1,7$ demet m^{-2} olarak bulunmuştur. Çayırın gelişimini sağlayan yatay rizomlar yani plajiotrop rizomların çayır sağlığı hakkında bize önemli bilgiler vermektedir. Çalışma sonucuna göre alt sınırdaki istasyonlarda plajiotrop rizom yüzdesinin $34,3 \pm 1,9$ (3. istasyon) ile $67,4 \pm 1,9$ arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Tüm istasyonların ortalama plajiotrop rizom sayısı ise $50,0 \pm 11,1$ olarak belirlenmiş olup Pergent (2007) tarafından verilen ölçüğe göre plajiotrop rizom yüzdesi “iyi” olarak değerlendirilmiştir. *P. oceanica* rizomlarının sediment üzerinde kalan kısmı çayırların sağlığı açısından önemlidir. Rizomların açıkta kalması çayırları korumasız hale getirdiği Pergent (2007) tarafından bildirilmektedir. Bu nedenle çalışma

kapsamında çayır alt sınırında dağılım gösteren bitki rizomlarının açıkta kalan kısımları araştırma ekibi tarafından ölçülmüştür. Alt sınırdaki tüm istasyonlarda

açıkta kalma oranları Tablo 4'te gösterilmekte olup -1,5 ile -1,0 cm arasında bir açıklığın olduğu çalışma sonucunda saptanmıştır.

Tablo 4. Dardanos bölgesinde alt sınırdaki istasyonlarında dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının genel özellikleri (n=30).

Table 4. General characteristics of *P. oceanica* meadows distributed at lower limit stations in Dardanos region (n=30)

İstasyonlar	Kaplama Alanı (%)	Yoğunluk (demet m ⁻²)	Plajiotrop rizom (%)	Açıkta kalan kısım (cm)
1	75,0±2,7 ^a	45,0±2,7 ^{gh}	44,4±1,1 ^c	-1,5±0,5 ^a
2	30,0±4,0	35,0±1,7 ^h	45,7±2,3 ^c	-1,0±0,5 ^a
3	40,0±4,0 ^b	70,0±5,3 ^{de}	34,3±1,9 ^e	-1,0±0,5 ^a
4	40,0±2,0 ^b	132,0±7,2 ^a	67,4±1,9 ^a	-1,0±0,5 ^a
5	22,0±2,0 ^{de}	54,0±3,5 ^{fg}	54,0±3,0 ^b	-1,5±0,5 ^a
6	45,0±2,0 ^b	45,0±5,6 ^{gh}	66,7±2,4 ^a	-1,5±0,5 ^a
7	25,0±3,6 ^{cd}	52,0±2,0 ^{fg}	42,3±1,7 ^{cd}	-1,0±0,5 ^a
8	25,0±1,7 ^{cd}	85,0±3,6 ^{bc}	57,7±1,2 ^b	-1,5±0,5 ^a
9	15,0±1,0 ^e	60,0±5,3 ^{ef}	58,3±0,9 ^b	-1,5±0,5 ^a
10	30,0±2,0 ^c	77,0±2,0 ^{cd}	38,9±1,2 ^{de}	-1,5±0,5 ^a
11	45,0±3,0 ^b	96,0±3,6 ^b	40,6±0,6 ^{cd}	-1,0±0,5 ^a

Değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflere sahip üst simgeler, p ≤0,05'te önemli istatistiksel farklılıkları (a-h) göstermektedir.

Alt sınırda dağılım gösteren *P. oceanica* topluluklarına ait fenolojik veriler: İstasyonlardan alınan *P. oceanica* örnekleri laboratuvara getirilerek fenolojik incelemeleri yapılmıştır. Tablo 5'te alt limitte dağılım gösteren çayırların fenolojik özellikleri gösterilmiştir. Bir demette toplamda bulunan ortalama yaprak sayısı 4,4±0,7 olarak hesaplanmıştır. Yaprak sapına sahip olanlar; yaşlı, yaprak sapı olmayan ve 5 cm'den büyük olan yapraklar; ergin ve 5 cm'den küçük yapraklar ise genç olarak isimlendirilmiştir. Her demetteki yaşlı ve ergin yaprakların eni ve boyları varsa yaprak sapı uzunlukları ölçülerek yaprak indeksi ve yaprak alanı hesaplanmıştır.

Alt sınırda dağılım gösteren *P. oceanica* rizomlarında ortalama yaprak sayısı 4,4±0,7 demet⁻¹ olarak ölçülmüştür. Ortalama yaprak uzunluk ve genişlikleri ise 36,88±8,4 cm ile 1,0±0,1 cm arasında olduğu belirlenmiştir. Herbivor canlılar tarafından zarar verilmiş yaprakların toplam yaprak sayısına oranını ifade eden Faktör A değeri ise yaşlı yapraklarda daha yüksek iken ergin yapraklarda daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 5). Bitkinin ortalama yaprak indeksi 82,5±19,7 cm² demet⁻¹ olarak hesaplanırken ortalama yaprak alanı ise 36,6±9,1 cm² m⁻² olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu veriler Pergent (2007)'de gösterilen referans değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu skalaya göre toplam yaprak indeksi 147 cm² demet⁻¹'den düşük olması nedeniyle çayır durumu "kötü" olarak belirlenmiştir. 30 adet demetin incelenmesiyle gerçekleştirilen çalışmada yıllık üretilen yaprak sayısının 4,7±0,6 ile 6,5±0,7 arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Rizomların yıllık büyümeleri 7,0±0,9 ile 9,8±1,0 mm arasında olduğu hesaplanmıştır

(Tablo 6). Yıllık üretilen yaprak sayıları ise özellikle son 3 yılda 6,5'dan az olması çayır durumunun "kötü" olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Alt sınırda dağılım gösteren *P. oceanica* türünün fenolojik verileri.

Table 5. Phenological data of *P. oceanica* distributed in the lower limit.

Fenolojik veriler (30 örnek)	Yaşlı (Y)	Ergin (E)	Toplam (Y+E)
Ortalama yaprak sayısı (demet ⁻¹)	2,1±0,3	2,3±0,8	4,4±0,7
Ortalama uzunluk (cm)	44,3±16,2	29,5±8,3	36,88±8,4
Ortalama genişlik (cm)	1,05±0,18	0,96±0,12	1,0±0,1
Faktör A (%)	58,3±22,6	13,3±32,2	35,8±24,6
Yaprak indeksi (cm ² demet ⁻¹)	94,6±43,3	70,4±33,3	82,5±19,7
Yaprak alanı indeksi cm ² m ⁻²)	45,61±17,2	27,6±7,7	36,6±9,1

Tablo 6. Alt sınırdan toplanan örneklerin lepidokronolojik verileri

Table 6. Lepidochronological data of samples collected from the lower limit

Lepidokronolojik Yılı	N	Döngü Sayısı	Rizom büyümesi (mm yıl ⁻¹)
2021	10	5,1±1,5	7,7±2,2
2020	10	4,8±0,9	7,2±1,4
2019	10	5,0±1,3	7,5±2,0
2018	9	4,9±0,8	7,3±1,2
2017	6	5,0±1,6	7,5±2,3
2016	3	4,7±0,6	7,0±0,9
2015	2	6,5±0,7	9,8±1,0

Fizikokimyasal Parametreler: Alt sınırdan alınan örneklerde su sıcaklığı 12,58 (Mart)-15,37 °C (Mayıs) arasında değişim göstermiş olup (Tablo 7) çalışma bölgesindeki iletkenlik değeri en yüksek Mayıs ayında 49,92 mS cm⁻¹ olarak saptanmıştır. Tuzluluk oranlarında aylara göre elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür (Tablo 7). Birincil üretimde artışın olduğu bahar aylarında çözünmüş oksijen miktarında da artışların olduğu saptanmıştır. pH değerleri ise 7,28 (Mayıs) ile 8,19 (Ocak) ayları arasında değişim göstermiştir. Dardanos bölgesinin yüzey suyunda Ocak – Mayıs 2022 tarihleri arasında deniz suyundaki pigment içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 7'de özetlenmiştir. Su sıcaklığının düşük olduğu ocak-mart ayları arasında klorofil *a* içeriği

0,20 ile 0,52 $\mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişim gösterirken nisan ve mayıs aylarında bu değer 2,65 - 2,97 $\mu\text{g l}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Deniz suyundaki askıdaki katı madde miktarı 6,8 - 28,1 mg l^{-1} arasında değişim göstermiştir.

Klorofil *a* miktarının artış gösterdiği nisan ve mayıs aylarındaki askıdaki katı madde oranı diğer aylara göre daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sırasında Seki disk derinlikleri ise 5 - 7,3 m arasında değişim göstermiştir.

Tablo 7. Aylara göre istasyonlardaki sıcaklık, iletkenlik, tuzluluk, çözülmüş oksijen (ÇO), pH, klorofil *a*, askıda katı madde (AKM) ve Seki disk değerleri miktarlarında meydana gelen değişimler

Table 7. Monthly changes in temperature, conductivity, salinity, dissolved oxygen (ÇO), pH, chlorophyll *a*, total suspended solids (AKM) and Secchi disc values.

Su Kalitesi Parametreleri	Ocak 2022	Şubat 2022	Mart 2022	Nisan 2022	Mayıs 2022
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) \pm Ss	13,47 \pm 0,002	14,1 \pm 0,0011	12,58 \pm 0,003	12,91 \pm 0,0023	15,37 \pm 0,001
İletkenlik (mS cm^{-1}) \pm Ss	47,08 \pm 0,001	47,72 \pm 0,012	44,58 \pm 0,004	46,59 \pm 0,003	49,92 \pm 0,007
Tuzluluk (ppt) \pm Ss	40,41 \pm 0,003	40,35 \pm 0,01	38,91 \pm 0,031	40,52 \pm 0,004	41,08 \pm 0,003
ÇO (mg l^{-1}) \pm Ss	5,15 \pm 0,002	8,18 \pm 0,002	8,43 \pm 0,005	8,28 \pm 0,0011	6,60 \pm 0,0021
pH \pm Ss	8,19 \pm 0,003	8,08 \pm 0,0033	7,89 \pm 0,0012	7,39 \pm 0,002	7,28 \pm 0,0037
Klorofil <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$) \pm Ss	0,20 \pm 0,001	0,49 \pm 0,002	0,52 \pm 0,003	2,65 \pm 0,0043	2,97 \pm 0,002
AKM (mg l^{-1}) \pm Ss	8,8 \pm 0,0023	8,6 \pm 0,006	6,8 \pm 0,0022	23,8 \pm 0,001	28,1 \pm 0,006
Seki disk (m) \pm Ss	7,3 \pm 0,003	7,2 \pm 0,001	7 \pm 0,0021	5,8 \pm 0,001	5 \pm 0,001

Değerler ortalama \pm standart hata olarak ifade edilmiştir. Values are expressed as mean \pm standard error.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bitkisel organizmaların neden olduğu müsilaj 2021 yılı bahar aylarında Çanakkale Boğazı'nda yoğun bir şekilde görülmüştür (Aslan vd., 2021; Özalp, 2021; Yılmaz vd., 2021a,b; Eker-Develi vd., 2023). Bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte yaklaşık 3 ay süren bu olay sonucunda canlı çeşitliliğinin etkilendiği çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (Balkıs-Ozdelice vd., 2021; Özalp, 2021; Bilgili vd., 2022). Müsilajın görüldüğü yerlerden biri olan Çanakkale Boğazı, Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının durumunu belirlemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Öz vd., (2014) yılında aynı bölgede *P. oceanica* çayırları ile ilgili gerçekleştirilen çalışma ile bu proje kapsamında elde edilen veriler karşılaştırıldığında çayır alt sınırının 17 m'den 15-14 m arasına gerilediğini saptamışlardır. Pergent (2007)'nin sınıflandırmasına göre alt sınır çayırların durumunun "kötü" olduğu belirlenmiştir. Çayırların alt sınırının yaklaşık 1,5-2 m gerilemesinin nedenleri arasında öncelikle birincil üretimin artışına bağlı olarak ışık geçirgenliğinin azalmasının neden olduğu düşünülmektedir. Deniz suyundaki klorofil *a* miktarı sucul ortamdaki trofik seviyeyi gösteren önemli bir indekstir. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre, Marmara Kıyı Suları için, klorofil *a* <3 $\mu\text{g l}^{-1}$ olan sular oligotrofik, 3-4,3 $\mu\text{g l}^{-1}$ arası mezotrofik, >4,3-6 $\mu\text{g l}^{-1}$ olması ötrofik ve >6 $\mu\text{g l}^{-1}$ olması hipertrofik olarak sınıflandırılmaktadır (ResmiGazete, 2012). Bu değerlere göre; Dardanos bölgesi özellikle bahar aylarında mezotrofik özellik göstermektedir. Diaz-Almela & Duarte (2008), *Caulerpa* spp. sadece geri çekilmekte olan *P. oceanica* çayırlarını istila ettiğini bildirmesine karşın proje kapsamında elde edilen verilere göre *C. racemosa* istilası sona erdiği, bunun yerine başka alg türlerinin ortamda varlığı saptanmıştır. Ayrıca Öz vd., (2014) tarafından Dardanos bölgesinde gerçekleştirilen çalışmadan çayır alt

sınırında yoğun şekilde *Caulerpa racemosa* türünün bulunduğu bildirilmiştir. Ancak, bu çalışma kapsamında gerçekleştirdiğimiz dalışlarda ışık seven yeşil alg yerine, daha düşük ışıkta yoğun popülasyonlar oluşturan (Hurd vd., 2014; Cirik & Cirik 2017) kırmızı alg türlerine rastlanmıştır. Ceramiciaceae ve Gracilariaceae ailelerine ait *Ceramium* sp. ve *Gracilaria* sp. türleri su sıcaklığının yükseldiği Nisan ayından itibaren yoğun popülasyonlar oluşturmaya başlamışlardır. Bu alglerden özellikle *Gracilaria* sp. azot sever bir alg olup kumlu çamurlu zeminlerde popülasyon oluşturmaktadır. Çanakkale ili sınırları içerisinde bu algin varlığı farklı çalışmalarda bildirilmesine karşın (Yıldız vd., 2006), Dardanos bölgesinde gerçekleştirilen çalışmalarda bu algin varlığına yönelik bir bildirim yapılmamıştır. Genellikle ötrofik sularda dağılım gösteren *Gracilaria* sp. (Ak, 2015) Dardanos bölgesinde popülasyon oluşturmaması bölgenin yıllar içerisinde su kalitesinin de değiştiğinin de bir göstergesidir. Su kalitesindeki bu değişim *P. oceanica* çayırlarının 8 sene içerisinde gerilemesine neden olduğu düşünülmektedir. 2020 yılında yaşadığımız müsilaj olayı ile bu gerilemeyi daha da hızlandırdığı tahmin edilmektedir.

P. oceanica çayırlarının fenolojik özellikleri fizikokimyasal parametrelere göre değişim göstermektedir (Di Carlo vd., 2005; Pergent-Martini vd., 2021). Gobert vd., (2006), sıcaklık ve tuzluluk gibi parametrelerin *P. oceanica* çayırlarının dağılımda etkili olduğunu bildirmiştir. Dardanos bölgesinde dağılım gösteren çayırların epidokronolojik ve fenolojik verileri Öz vd., (2014) tarafından yapılan çalışmanın verileri ile karşılaştırılmıştır. Çayırların kaplama alanının yapısının ve özelliklerinin değiştiği, yaprak uzunluklarının %24,26 oranında azaldığı yaprak alanının ise %33,47 oranında azaldığı bulunmuştur. Ayrıca herbivor canlılar tarafından zarar verilmiş yaprakların toplam yaprak sayısına oranını ifade eden Faktör A değerinde ise %683'lük bir artışın olduğu hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda herbivor

canlıların son sekiz yılda çayır üzerindeki otlama baskısını arttırdığı görülmüştür. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda rizom döngülerini belirlenmiş olup son beş yıldaki değişimler hakkında bilgiler elde edilmiştir. Ortalama rizom döngüsünün son beş yıl içinde azaldığı saptanmıştır. Rigo vd., (2021) rizom döngü sıklığındaki artışın yaprak uzunluğu ve yaprak alanında azalmasına neden olduğunu bildirmiş olup elde ettiğimiz bulgular bu çalışma ile paralellik göstermektedir.

Ege Denizi'nde *P. oceanica* için yapılan çalışmalarda; İzmir Aliağa'da 7,1 m derinlikte Akçalı vd., (2015), tarafından yapılan çalışmada, yoğunluk 275,9 sürgün sayısı/m², kaplama alanı %78,41 bulunmuştur. Aynı çalışmada ortama yaprak sayısı toplamda 5,6 demet¹, ortalama yaprak uzunluğu 321,2 mm, ortalama yaprak genişliği 7,5 mm hesaplanmıştır. Faktör A %42,5, yaprak indeksi 138,5 cm²demet⁻¹, yaprak alanı indeksi 3,8 m²m⁻² bulunmuştur. Akçalı vd., (2020), İldır Körfezi'nde 25,1 m derinlikte *P. oceanica* türünün yoğunluğunu 2018 yılında 87,9 m², 2019 yılında 50,9 m² bulmuştur. Kapsama alanını yıllara göre sırasıyla %26,8 ve %13,4; yatay rizom alanının %96,1 ve %29,1 olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada Kara Ada bölgesinde 32, 9 m derinlikte *P. oceanica* türünün yoğunluğunu 2019 yılında 75,8 m², kaplama alanını %25,5, yatay rizom alanının %50,0 olarak belirlemiştir. Dural (2010), Sığacık Körfezi'nde 4-7 metrede sürgün yoğunluğunu 880 sürgün/m² Aralık ayında en yüksek olduğunu belirlemiştir. Yaprak uzunluğununsa, aynı derinlikte Aralık ayından Nisan ayına kadar kademeli olarak artış gösterdiğini bildirmiştir. Akçalı vd., (2008), Foça'da Hamamlık bölgesi'nde ve Toprak Su Kampı bölgesinde sırasıyla toplamda ortalama yaprak sayısı 7,6 ile 8,2; toplamda ortalama uzunluğun 288,3 ile 230,3 mm; toplamda ortalama genişliğin 8,9 ile 8,9 mm olduğu belirlenmiştir. Koçak vd. (2011), Engeceli Körfezi'nde sezonsal olarak ve farklı derinliklerde yaptığı çalışmada yetişkin yaprak yoğunlukları arasında farklılık olduğunu bildirmiştir. Ayrıca ortalama yaprak sayısı, uzunluğu, genişliği, faktör a, yaprak indeksi ve yaprak alanı indeksi değerlerinin değişen çevresel faktörlere hassas olduğunu belirtmiştir. Çanakkale Boğazı'nda yapılan bu çalışma ile Ege Denizi'nde yapılan çalışmalardaki farklılıkların, fiziksel, kimyasal ve çevresel etkilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türkiye kıyılarında *P. oceanica* türünün araştırıldığı çalışmalar, dağılım alanlarının yoğunluğu dolayısıyla daha çok Ege Denizi ve Akdeniz'de yoğunlaşmasına rağmen, Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi'nde bulunan *P. oceanica* topluluklarının izlenmesi gerekmektedir. Öz vd., (2014) yılında yaptığı çalışmaya ile günümüzde karşılaştırıldığında kötüye gidiş olduğu görülmektedir. Özellikle müsilajın ışık geçirgenliğini ve fotosentezi kısıtlaması (Yümün vd., 2023), *P. oceanica*

çayırlarının dağılımında da ışığın önemli bir parametre olması (Gobert vd., 2006) bir etken olarak düşünülmektedir. Bu kötüye gidişin tek sebebi müsilaj olmasa dahi, müsilajın özellikle bentik yapıdaki mercan, makroalg, balık, sünger ve deniz bitkileri ve bunun gibi topluluklarını etkilediği göz önünde bulundurulduğunda (Aslan vd., 2021; Özalp, 2021; Topçu & Öztürk 2021; Erduğan, 2022; Koncağül vd., 2022), bu bölgelerde transplantasyon ve restorasyon çalışmaları ile *P. oceanica* topluluklarının yeniden sağlıklı habitatlar oluşturabilmesi için çalışmalar yürütülmelidir.

Akdeniz ekosisteminde gerek ekolojik gerek ekonomik yönden çok önemi olan *P. oceanica* popülasyonunun, balıkçılık, evsel ve endüstriyel atıklar, şehirleşme, denizcilik faaliyetleri ve turizm olmak üzere çeşitli sektörlerinden etkilendiği bilinmektedir. *P. oceanica* bitki topluluğunun geleceği için bulunduğu yörelerde iyi belirlenip yönetilmesi önem taşımaktadır. Sonuç olarak Türkiye denizlerinde dağılım gösteren *P. oceanica* sürdürülebilir balıkçılık yönetiminin vazgeçilmez elemanlarından biridir. Türkiye denizlerinde dağılım gösteren *P. oceanica* topluluklarının durumlarının izlenmesine yönelik bölgesel ve ulusal, iyileştirme ve koruma programlarının oluşturulması denizlerimizin sürdürülebilir kullanımı açısından da önem arz etmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında elde edilen sonuçların gelecekte bu alana yönelik gerçekleştirilecek çalışmalar için önemli bir temel eser olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 121G087 numaralı "Müsilajın *Posidonia oceanica* Çayırları ile Balık Tür Çeşitliliğine Etkilerinin Belirlenmesi ve Restorasyon" başlıklı proje ile desteklemiştir.

KAYNAKLAR

- Ak, İ. (2015).** Sucul ortamın ekonomik bitkileri; makro algler. *Dünya Gıda Dergisi*, Aralık 2015, 88-97.
- Akçalı, B., Bizsel, K.C., Kabaoğlu, G., Güçlüsoy, H. & Alaçam, Ö. (2008).** Preliminary study of monitoring seagrasses (*Posidonia oceanica*) in Foça's Special Environmental Protected Area. *12. Underwater and Science Technologies Meeting*, Ege University, 69-75.
- Akçalı, B., Alan, V., Birzsel, C., Bengil, F., Kavcıoğlu, R., Kobağolu, G. & Güçlüsoy, H. (2015).** *Posidonia oceanica* L. (Delile) Sualtı Araştırma İstasyonu Kurulumu ve İzlenmesi: Aliağa Star Rafinerisi Örneği. *18. Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı*, İzmir, Bildiri Kitabı, F.O. Düzbastılar (Ed.), 161-166.
- Akçalı, B., Taşkın, E., Kaman, G., Evcen, A., Çalık, H. & Akyol O. (2020).** *Posidonia oceanica* Monitoring

- System on the Coast of Aegean Sea of Turkey. Bonora, L., Carboni, D., & De Vincenzi, M. (Eds.). Monitoring of Mediterranean Coastal Areas Problems and Measurement Techniques. *Eighth International Symposium*, Livorno (Italy) June. Firenze University Press.
- Aktan, Y., Al Asimi, S., Gümüšoğlu, A., Pergent, G. & Pergent-Martini, C. (2009).** Gökçeada Kıyılarında *Posidonia oceanica* (L.) Delile Çayırları İzleme Sistemleri. *15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Rize, Türkiye, 103-105.
- Aktan, Y. & Aysel, V. (2013).** First national workshop on *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey. *Turkish Marine Research Foundation Publication*, **39**, 12-79.
- Aktan, Y. & Gümüšoğlu, A. (2010).** Another threat on *Posidonia oceanica* beds: mucilage effect in Gökçeada Island, North Aegean Sea, Turkey. *Proceedings of the 4. Mediterranean Symposium on Marine Vegetation, RAC/spa publ.*, Tunis, 22-210.
- Aslan, H., Tekeli, Z. & Bacak, Ö. (2021).** Effects of mucilage on the benthic crustacean in the North Aegean Sea. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, **27**(2): 214-231.
- Balks-Ozdelice, N., Durmus, T. & Balci, M. (2021).** A preliminary study on the intense pelagic and benthic mucilage phenomenon observed in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, **8**(4), 414-422.
- Bilgili, L., Çetinkaya, A.Y. & Sarı, M. (2022).** Analysis of the effects of domestic waste disposal methods on mucilage with life cycle assessment. *Marine Pollution Bulletin*, **180**, 113813.
- Boudouresque, C.F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S. & Tunesi, L. (2012).** *Protection and conservation of Posidonia oceanica meadows*. RAMOGE & RAC/SPA, Monaco. pp:202
- Cirik, Ş. & Cirik, S. (2017).** *Su Bitkileri (Deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi, yetiştirme teknikleri)*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir. p: 5-145.
- Danovaro, R., Fonda Umani, S. & Pusceddu, A. (2009).** Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE*, **4**(9), e7006.
- Demir, E.İ. & Turkoglu, M. (2022).** Temporal variations of phytoplankton community and their correlation with environmental factors in the coastal waters of the Çanakkale Strait in 2018. *Oceanologia*, **64**(1), 176-197.
- Descamp, P., Cornu, T., Bougerol, M., Boissery, P., Ferlat, C., Delaruelle, G., Deter, J., Gobert, S. & Ozhan, E. (2017).** Experimental transplantation of *Posidonia oceanica*, Mediterranean Coastal Foundation. *13th International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation, MEDCOAST 2017*, Malta, 1-225.
- Di Carlo, G., Badalamenti, F., Jensen, A.C., Koch, E.W. & Riggio, S. (2005).** Colonisation process of vegetative fragments of *Posidonia oceanica* (L.) Delile on rubble mounds. *Marine Biology*, **147**(6), 1261-1270.
- Díaz-Almela, E. & Duarte, C. (2008).** *Management of Natura 2000 habitats. 1120* Posidonia beds (Posidonion oceanica)*. Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. European Commission, Belgium, 1-32.
- Dural, B. (2010).** Phenological observations on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows along the coast of Akkum (Sığacık Bay, Aegean Sea, Turkey). *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, **16**(1), 133-144.
- Dural, B., Aysel, V. & Demir, N. (2013).** *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey. *First National workshop on Posidonia oceanica (L.) Delile on the coasts of Turkey*. 19-20 September 2013, Gökçeada, Türkiye, 1-19.
- Eker-Develi, E., Tekdal, D., Demet, A.E., Yıldız, H.B. & Kideys, A.E. (2023).** Morphology, Molecular Genetics and Potential Importance for Mucilage Events of the New Coccolithophorid *Ochrosphaera neapolitana* in the Sea of Marmara. *Journal of Marine Science and Engineering*, **11**(3), 468.
- Erduğan, H. (2022).** Müsilajın Çanakkale Boğazı Makro Alglerine Etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries*, **5**(Special Issue), 33-37.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J. & Serrano, O. (2012).** Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, **5**(7), 505-509.
- Giani, M., Savelli, F., Berto, D., Zangrando, V., Čosović, B. & Vojvodić, V. (2005).** Temporal dynamics of dissolved and particulate organic carbon in the northern Adriatic Sea in relation to the mucilage events. *Science of the Total Environment*, **353**(1-3), 126-138.
- Gobert, S., Cambridge, M.L., Velimirov, B., Pergent, G., Lepoint, G., Bouqueneau, M.J., Dauby, P., Pergent, C.M. & Walker, D.I. (2006).** *Biology of Posidonia*. Larkum A.W.D, Orth R.J. & Duarte C.M. (Eds.). *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*. Part 17. Springer.
- Hurd, C.L., Harrison, P.J., Bischof, K. & Lobban, C.S. (2014).** *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, Cambridge, 366p.
- Koncagül, M., Dülger, N.E. & Yinanç, A. (2022).** Dünyada ve Marmara Denizi'nde Müsilaj Oluşumu ve

- Etkileri. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(2), 73-79.
- Koçak, F., Uluturhan, E., Yücel, Gier, G. & Önen, A. (2011).** Impact of environmental conditions on *Posidonia oceanica* meadows in the Eastern Mediterranean Sea. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. 40(6), 770-778.
- Meinesz, A., Cirik, Ş., Akcali, B., Javel, F., Migliaccio, M., Thibaut, T., Yüksek, A. & Procaccini, G. (2009).** *Posidonia oceanica* in the Marmara Sea. *Aquatic Botany*, 90(1), 18-22.
- Mtwana Nordlund, L., Koch, E.W., Barbier, E.B. & Creed, J.C. (2016).** Seagrass Ecosystem Services and Their Variability across Genera and Geographical Regions. *PLOS ONE*, 11(10), e0163091.
- Öz, İ., Yağlı, H. & Ak, İ. (2014).** Preliminary study on the distribution of *Posidonia oceanica* along the Dardanelles Strait. *5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation*, Portorož, Slovenia, 125-130.
- Özalp, H.B. (2021).** First massive mucilage event observed in deep waters of Çanakkale Strait (Dardanelles).Turkey. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(1), 49-66.
- Pergent-Martini, C., Pergent, G., Monnier, B., Boudouresque, C.F., Mori, C. & Valette-Sansevin, A. (2021).** Contribution of *Posidonia oceanica* meadows in the context of climate change mitigation in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 165, 105236.
- Pergent, G. (2007).** Protocol for the setting up of *Posidonia meadows monitoring systems*.«MedPosidonia» Programme, RAC/SPA-TOTAL Corporate Foundation for Biodiversity and the Sea.; Memorandum of Understanding, 1-34p.
- Resmi Gazete. (2012).** Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 30.11.2012.
- Rigo, I., Paoli, C., Dapuzo, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., Oprandi, A., Montefalcone, M., Bianchi, C.N., Morri, C. & Vassallo, P. (2021).** The Natural Capital Value of the Seagrass *Posidonia oceanica* in the North-Western Mediterranean. *Diversity*, 13(10), 499.
- Rinaldi, A., Vollenweider, R.A., Montanari, G., Ferrari, C.R. & Ghetti, A. (1995).** Mucilages in Italian seas: the Adriatic and Tyrrhenian seas, 1988–1991. *Science of the Total Environment*, 165(1-3), 165-183.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972).** A practical handbook of seawater analysis. 2nd edition. Ottawa, Canada, Fisheries Research Board of Canada, 185-193p.
- Tan, Y.M., Dalby, O., Kendrick, G.A., Statton, J., Sinclair, E.A., Fraser, M.W., Macreadie, P.I., Gillies, C.L., Coleman, R.A., Waycott, M., Van Dijk, K.-j., Vergés, A., Ross, J.D., Campbell, M.L., Matheson, F.E., Jackson, E.L., Irving, A.D., Govers, L.L., Connolly, R.M., McLeod, I.M., Rasheed, M.A., Kirkman, H., Flindt, M.R., Lange, T., Miller, A.D. & Sherman, C.D.H. (2020).** Seagrass Restoration Is Possible: Insights and Lessons From Australia and New Zealand. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1-21.
- Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E.T., Frascchetti, S., Gristina, M., Knittweis, L., Martin, C.S., Pergent, G., Alagna, A., Badalamenti, F., Garofalo, G., Gerakaris, V., Louise Pace, M., Pergent-Martini, C. & Salomidi, M. (2015).** Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Scientific Reports*, 5(1), 12505.
- Topçu, N.E. & Öztürk, B. (2021).** The impact of the massive mucilage outbreak in the Sea of Marmara on gorgonians of Prince Islands: A qualitative assessment. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(2), 270-278.
- Tüfekçi, V., Balkıs, N., Beken, Ç.P., Ediger, D. & Mantıkçı, M. (2010).** Phytoplankton composition and environmental conditions of the mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, 34(2), 199-210.
- Yentur, R.E., Büyükkateş, Y., Özen, Ö. & Altın, A. (2013).** The environmental and socio-economical effects of a biologic problem: Mucilage. *Marine Science and Technology Bulletin*, 2(2), 13-15.
- Yıldız, H., Lök, A., Köse, A., Serdar, S. & Acarlı, S. (2006).** Çanakkale Boğazında Yavru Midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) Halat Sisteminde Yetiştiriciliği. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(2), 319-322.
- Yılmaz, S., Küçükler, M.A. & Yılmaz, D.K. (2021a).** Metagenomic characterization of planktonic communities during a mucilage event in the Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(3), 421-427.
- Yılmaz, S., Yılmaz, D.K., Çelik, E.Ş. & Küçükler, M.A. (2021b).** Shotgun Metagenomic Analysis for Mucilage in the Surface Waters of The Çanakkale Strait (Dardanelles): Metabolic Diversity, Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4), 717-726.
- Yümün, Z., Erol, K. & Melike, Ö. (2023).** Marmara Denizi'nde deniz salyası (müsilaj) oluşma nedenleri ve alınması gereken önlemler. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(3), 98-115.



Sanayi Alanında Kullanılan Sualtı Görüntüleme Sistemleri Ve Çalışma Alanları [*]

Hayati YAĞLI* Güvenç SORARLI Ata AKSU Deniz TAŞCI

İstanbul Gedik Üniversitesi, Gedik Meslek Yüksekokulu, Pendik Yerleşkesi, Su Altı Teknolojisi 34913 Pendik/ İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi: 30.12.2022

Kabul Tarihi: 27.04.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atf yapmak için: Yağlı, H., Sorarlı, G., Aksu, A. & Taşcı, D. (2023). Sanayi Alanında Kullanılan Sualtı Görüntüleme Sistemleri Ve Çalışma Alanları. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 773-779. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226412>

How to cite: Yağlı, H., Sorarlı, G., Aksu, A. & Taşcı, D. (2023). Underwater Imaging Systems Used In Industry And Working Areas. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 773-779. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226412>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-0590-7317>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1005-3045>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-8088>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0080-6904>

*Sorumlu yazarın:
Hayati YAĞLI
İstanbul Gedik Üniversitesi, Gedik Meslek
Yüksekokulu, Pendik Yerleşkesi, Su Altı
Teknolojisi 34913 Pendik/ İstanbul, Türkiye.
✉: hayati.yagli@gedik.edu.tr

Öz: Su altı sanayi sektöründe günümüzde kullanılmakta olan birçok görüntüleme ve iletişim cihazları bulunmaktadır. Kullanılan bu ekipmanlar gelişen teknoloji ve modern tasarımlarla, günümüze kadar çok farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Ancak su altına yapılan dalışlarda basınç, ışık, sıcaklık, renklerin kaybolması, su ile temas vb. gibi birçok etken, su altında görüntülemeyi zorlaştırır. Genellikle sığ sularda ve belirli limitlerde yapılan dalışlarda, dalgıç yardımı ile çeşitli aksiyon kameraları, Profesyonel fotoğraf makineleri ve video kayıt cihazları özel su geçirmez ekipmanlar (Housinglerle) ile kullanılabilir. (Lavest vd.,2000). Su altında insanlı dalış limitlerinin üstünde yapılan dalışlarda ROV, AUVS ve batiskaf gibi farklı robotik sistemler kullanılmaktadır. Ayrıca bu cihazların yapılan derin noktadaki basınca karşı dayanıklı olması, ayrıca görüntü cihazlarının temiz bir görüntü aktarabilmesi için şeffaf yapıda olması gerekmektedir. Canlı görüntü aktarımı için yapılan dalgıç ile ya da robotik sistemlerin kullanıldığı bu çalışmalar, sualtı ile sürekli temas gerektiren kablolu iletişim hatlarına bağlıdır. Suyun yoğunluğundan ve yapısal özelliğinden dolayı karada kullanılan kablosuz veri aktarımları (Wi-Fi, Bluetooth, Kızılötesi) su altında işe yaramamaktadır. Ancak gelişen teknoloji ile bu alanda yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda lazer ve led aktarıcı yöntemi ile görüntü aktarımı, ses dalgaları ve akustik yöntemler ile kablosuz veri gönderimi çalışmaları yapılmaktadır. Bu yöntemlerle su altından alınan veriler, sualtıta özel tasarlanmış cihazlar sayesinde işlenerek kodlanmaktadır. Farklı frekanstaki radyo dalgaları ve lazerler gönderilen bu veriler su altı yapısının anlık görüntüsünü kara veya tekne ortamındaki kişilerin görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. Yapılan bu çalışmalar sayesinde, belirli limitlerde kablosuz veri aktarımları gerçekleştirilerek su altı turizm ve sanayi sektörleri için büyük bir yenilik ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Görüntüleme, robotik sistemler, sanayi dalışı, su altı.

Underwater Imaging Systems Used In Industry And Working Areas

Abstract: There are many imaging and communication devices used in the underwater industry sector today. These equipment are used in many different forms until today with the developing technology and modern designs. However, in underwater dives, pressure, light, temperature, loss of colours, contact with water, etc. Many factors make it difficult to view underwater. Various action cameras, professional cameras and video recorders can be used with special waterproof equipment (Housings) with the help of divers, usually in shallow waters and at certain limits (Lavest vd.,2000). Different robotic systems such as ROV and AUVS are used for underwater dives above the manned diving limits. In addition, these devices must be resistant to the pressure at these deep points, and the display devices must be transparent in order to transmit a clean image. These works, in which submersible or robotic systems are used for live image transmission, depend on wired communication lines that require constant contact with the surface. Due to the density and structural nature of water, wireless data transmissions (WI-FI, Bluetooth, Infrared) used on land do not work underwater. However, with the developing technology, new studies are being carried out in this field. In these studies, image transfer with laser and led transmitter method, wireless data transmission with sound waves and acoustic methods are carried out. With these methods, the data taken under water is processed and coded by specially designed devices on the surface. These data, which are sent by radio waves and lasers of different frequencies, allow people in the land or boat environment to view the snapshot of the underwater structure. Thanks to these studies, a great innovation has been introduced for the underwater tourism and industry sectors by performing wireless data transfers at certain limits.

*Corresponding author's:
Hayati YAĞLI
İstanbul Gedik University, Gedik Vocational
School, Pendik Campus, Underwater
Technology 34913 Pendik/ İstanbul, Turkey
✉: hayati.yagli@gedik.edu.tr

Keywords: Industrial diving, robotic systems, underwater, viewing.

GİRİŞ

Görüntüleme sistemleri tarih boyunca çok fazla teknolojik gelişim ve tasarıma maruz kalmışlardır ve günümüzde hala gelişmeye devam etmektedir. Geliştirilen bu sistemler ile çok zor şartlarda ve çok ekstrem koşullarda bile görüntü alabilmek daha mümkün hale gelmektedir. Yapılan teknolojik çalışmalar ve tasarımlar ile günümüzde hemen hemen her noktada, canlı ve anlık görüntü alabilme kolaylığına sahip olunmuştur. Ancak sualtı dünyasına bakıldığında kara ortamından çok farklı bir senaryo karşımızda çıkmaktadır. Karasal ortamlar için tasarlanan bu cihazlar ve ekipmanlar ile sualtı dünyasında karadaki kadar etkili olmadığı görülmüştür. Sualtı çekimleri sadece obje ve kamera ile değil birçok faktörün etkisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bu değişkenlikler birçok faktöre bağlıdır. Bunlar; Işığın soğurulması, Basıncın dalgıç ve ekipman üzerindeki etkisi, Sıcaklık farkları, Renklerin kaybolması, Ekipmanların su ile teması, Stabil sabit kalma problemi, Limitli dip zamanı, Kayıt cihazları için yeterli koruyucu (housing) bulunmaması, Ekstra eğitim ve tecrübe gerektirmesi olarak sıralanabilir. Bu değişken faktörler sualtı dünyasının görüntülenmesini sürekli olarak etkilemiştir. Bu yüzden bile günümüzde denizler ve okyanuslar hakkında çok daha az bilgiye sahibiz. Su altında görüntülemeyi etkileyen bu sistemler için ayrı ayrı çözümler ve ekipmanlar gerekmektedir.

Renklerin Kaybolması: Güneşten gelen ışınlar yeryüzüne çarptıktan sonra çeşitli dalga boylarında dağılarak ortamda renklerin gözle görünümünü sağlar. Ancak suda aynı etki gözlenemez. “Su iyi bir ışık emici olduğundan Dünyamızın ışık kaynağı olan Güneşten gelen ışınları dolayısıyla renkleri de soğurur. Derinlere gittikçe bazı renkler kaybolmaya başlar. Örneğin, ilk 5 metrede kırmızı, 8 metrede turuncu, 11 metrede sarı, 19 metrede yeşil, 23 metrede ise mavi renk kaybolur” (TSSF/CMAS, 2009). Buda sualtında çektiğimiz görüntülerin daha rensiz ve algılamada zorlanmamıza sebep olur. Deniz ve okyanus sularının bulanıklığı, askıda madde miktarları, kirlilik vb. etmenler renklerin kaybolma derinliklerinde değişiklikler gösterse de, güneşten gelen çeşitli renkteki dalga boyları sular tarafından soğurulur. Bu yüzden renklerin kaybolduğu bu derinliklerde yapılacak olan görüntü aktarımı için belirli renk filtreleri kullanılır. Bu filtreler sayesinde denizler ve okyanuslar tarafından soğurulan renkler tekrar yakalanır ve gerçeğe en yakın görüntüler elde edilir.

Basıncın Dalgıç ve Ekipman Üzerindeki Etkisi: Basıncın artması ile genel gaz kanunları prensibi ile hacim küçülme eğilimine gidecektir. “Sabit bir sıcaklıkta, sabit kütledeki gazın hacmiyle basınç ters orantılıdır. Boyle Gaz Kanunu’na göre sabit sıcaklıkta basınç arttıkça gaz

kabarcıklarının hacminde küçülme meydana gelir” (Öztürk, 2017). Bu yüzden fotoğraf ve video kayıt cihazların muhafaza edildiği, housinglerin içerisindeki hava boşlukları basıncın etkisi ile yapısal olarak zorlanacaktır. Basınç belli bir seviyenin üzerine çıkarsa housing parçalanabilir ve ekipman kullanılmaz hale gelebilir. Bu yüzde üretilen housinglerin dayanım basıncına göre dalış limitleri kısıtlanır ve belli derinliklerde çekim yapmak zorunda kalınır.

Derinlik arttıkça dalgıçlar için sınırlayıcı dalış limitleri ve dekompresyon kuralları devreye girer. “Dalgıçın derinlere doğru inmesiyle basıncın artması hareketsiz gazların dokularda çözülmesine neden olur” (Duraklı vd., 2008). Buda dalgıçın ne kadar derine indiğine ve dipte kaldığı süreye göre dalgıç tehlikeye sokar. Derinliğin ve basıncın artmasıyla dokularda daha fazla çözünen gazla çıkış esnasında genleşmeye ve dokulara zarar vermeye başlar. Bu da dalgıçın kaldığı derinlik ve dip zamanı arttıkça dalgıçın dokularında kalıcı hasarlara ve ölüme sebep olabilir. Bütün dalgıçların dalış esnasında kalabilecekleri süre ve dip zamanları bellidir. Kara ortamına göre daha kısa süreli ve daha az sayıda su altını çekimleri yapılmaktadır. Bu yüzden dalgıçlar ile yapılan görüntülemeler oldukça sınırlayıcıdır.

Sıcaklık Farkları: Ortamın fiziksel koşulları anlık görüntü alımını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Sıcaklığın çok düşük olduğu ortamlarda ekipmanlar ve kişilerde çeşitli problemler meydana gelebilir. Özellikle sularda sıcaklık farkı karaya göre oldukça değişkendir. Sucul ortamlarda yoğunluk farkından ve su tabakasının sıcaklıkları dalgıçlar üzerinde hızlı ısı kaybına sebebiyet verebilir. Buda dalgıçların aşırı soğuk sularda veya sıcaklığın ani değiştiği derinliklerde dip zamanını kısıtlayan en önemli faktörlerden biridir. Yeterli koruyucu elbise ve ekipman olmaması durumunda dalgıçlar hipotermiye girebilir ve dalgıç için tehlikeli dalış koşulları sağlayabilir. Soğuk ve buzul ortamlarda sualtı çekimleri yapmak oldukça ekstrem ve zordur. Zor şartlar dalgıçların çalına sürelerini etkilediği için karaya göre su altı görüntüleme çalışmalarını oldukça etkiler. Ayrıca sıcaklığın ekipmanlar üzerinde de etkisi vardır. Aşırı soğuk veya tam tersi aşırı sıcak ortamlarda mekanik malzemelerin dayanımları azdır. Özellikle aşırı soğuk ortamlarda cihazların pil ömrü kısalmır, parçalarda donma ve kırılmalar meydana gelebilir. Buda alınmak istenen görüntüler için oldukça kısıtlayıcı bir etmendir. Dalgıçlar aşırı soğuk ve buz ile kaplı alanlarda çalışmak istemeleri durumunda ekstra koruyucu ekipman ve dayanımları yüksek görüntüleme cihazları kullanmaları gerekecektir. Bu yüzden bu ortamlardaki çekimler daha maliyetli ve daha zor olarak karşımıza çıkmaktadır.

Işığın Soğurulması: Derinlere inildikçe güneş ışınlarının etkileri giderek azalmaya başlar. Karasal

ortamda tüm dünyayı aydınlatan güneş ışıkları derin denizlerde kendini karanlığa bırakır. Suların fiziksel özelliklerine (kirlilik, bulanıklık, askıda madde miktarları vb.) bağlı olarak değişse de, belirli derinliklerde ışığın soğurulmasından kaynaklı derin deniz noktalarında karanlık hâkimdir. Buda karaya kıyasla derin deniz noktalarında rahat görüntü alımını oldukça etkiler. Daha sığ sularda güneş ışınlarının ulaşması sayesinde daha uzun mesafeler görüntülenebilirken, derinlik arttıkça görüş mesafesi giderek kısılır. Bu da sualtı çekimleri için oldukça sınırlayıcı bir faktördür. Bu derinliklerde çekim yapabilmek için sualtında yapay ışık kaynakları kullanılır. Kullanılan ışık kaynağının kalitesine ve gücüne bağlı olarak belli bir oranda görüş elde edilir. Ancak bu görüş belirli bir süre ve kısa bir mesafe olarak sınırlıdır (Görgülü, 2019).

Ekipmanların Su ile Teması: Su altında kullanılan hemen hemen bütün görüntü ekipmanları karasal ortamlar için tasarlanmıştır. Su altında kullanabilmemiz için tasarlanan koruyucular (housingler) olsa da bu ekipmanlar zaman zaman su ile temas edebilmektedir (McGlamery, 1980). Karasal ortam için tasarlanan bu ekipmanlar su ile temas etmeleri durumunda elektronik sistemleri hasar alabilir ve bozulabilir. Bu da su altında çekilen görüntülerin kaybına ve ekipman masraflarına yol açacaktır. Bu yüzden kullanılan ekipmanların bakımı ve kontrolü çok önemlidir. Malzemelerde oluşabilecek ufak çaplı hasar ve çatlaklar karada çok fazla sorun yaratmasa da, su altında basınçlı bir ortamda ciddi sorunlara sebebiyet verebilir. Ekipmanlar su altında basınç, dayanım ve sızdırmazlık gibi testlerden geçmelidir (Yılmaz & Kılıcı, 2020). Bu da sualtı çekimlerini zorlaştıran faktörlerden bir olarak karşımıza çıkarır.

Ekstra Eğitim ve Tecrübe Gerektirmesi: Yapılan görüntüleme çalışmalarında kişinin kullandığı ekipman hakkında uzman ve tecrübeli olması görüntüleme çalışmaları için çok önemlidir. Kişi ne kadar tecrübeli ve ekipmana hakimse alınacak görüntülerde o kadar iyi olacaktır. Ancak sualtı çekimlerinde sadece ekipman bilgisi yeterli değildir. Su altında kaliteli ve düzgün görüntüler alabilmek için iyi seviyede bir dalış eğitimi almak gerekir. Dalış eğitimi almadan su altı çalışmalarına katılmak mümkün değildir. O yüzden bir fotoğrafçı karadaki yaptığı çekimleri su altında hemen gerçekleştiremez. Sucul ortam karaya göre daha tehlikeli ve hareketli bir yapıda olduğu için, kişiler belirli bir seviye dalış eğitimini tamamlamalı ve belirli bir seviyede dalış tecrübesine sahip olmalıdır (Munro, 2013). Bu da kişiyi tecrübesiz ise tehlikeye sokacaktır. Kişinin tecrübesi ne kadar fazla ise suda o kadar rahat kalıp istediği derinlikte istediği standartta görüntü alması daha kolaydır. Aksi takdirde acemi bir dalgıç suda kendi kontrolünü yapmaktan

zorlanacak ve aldığı görüntüler bir o kadar düşük kalitede olacaktır. Tüm bu sebeplerden dolayı su altı çekimleri yapmak için geçerli kuruluşlardan belirli standartlarda eğitimler almalı ve belirli bir seviye tecrübeli olmak gerekir. Kişinin eğitimi ve seviyesi dalgıçlarla yapılan su altı görüntüleme çalışmalarında en önemli faktördür.

Yeterli Ekipman Bulunmaması: Karadaki çekimlere kıyasla su altı çekimleri yapmak için çeşitli standartlarda ekipmanlar üretilse de, sucul ortam için bu ekipmanların sayısı çok azdır. Karasal çekimlerde kullanılan ekipmanlar çok çabuk adapte olunabilmekte ve kullanıma geçilebilmektedir. Ancak su altındaki çekimlerin aynı kalitede yapılabilmesi için bu ekipmanlara özel koruyucular ve tasarımlar gereklidir (Shortis, 2015). Su altında kullanılmak istenilen görüntüleme ekipmanlarının hepsi için gerekli koruyucu (housingler) bulunmamaktadır. Bu da su altı çekimlerini sınırlandıran oldukça etkili bir faktördür. Normal çekimlerde istenilen özelliğe sahip ekipman kullanılırken su altında sadece özel tasarımı olan ve koruyucu olan ekipman kullanmak zorundasınız. Normal durumlarda malzeme seçimi yaparken öncelikle ihtiyaca göre en uygun ekipman seçilirken, su altında ise özel tasarlanmış ekipmanlar arasında bir seçim yapmak gerektirir. Bu da örneğin bütün kameralar için koruyucu olmadığından önce kamera seçimi yerine, şartlara en uygun koruyucu(housing) seçilmeli, daha sonra seçilen bu koruyucular (housingler) için uyumlu kameralar arasında tercih yapılmalıdır. Düzgün seçilmeyen bir koruyucu (housing) seçimi yapılması yada düzgün bakım yapılmaması, kılıfın içine su alarak makinenin kullanılmaz hale gelmesine neden olabilir (Anamur, 2000). Tüm bunlar karasal ortama göre su altı çekimlerini kısıtlayan faktörlerden birisidir.

Görüntüleme Sistemleri Kullanım Alanları: Su altı görüntüleme sistemleri ticari ve sportif anlamda çok fazla kullanım alanına sahiptir. Özellikle geliştirilen son teknolojik tasarımlar ve daha kaliteli çekimlerin yapılması su altı görüntüleme sektörünü ön plana çıkarmıştır. Su altı görüntüleme sistemleri genellikle; su altı sanayi şirketlerinde, sportif su altı turizm şirketlerinde, su altı belgesel çekimlerinde, su altı klip ve film çekimlerinde, üniversitelerin ve kuruluşların su altı araştırma ve inceleme merkezlerinde ve ihtiyaca bağlı olarak su altında birçok alanda kullanılabilir.

Su altı ekipmanları kullanılırken işin ihtiyacına ve koşullarına göre dalgıçlar yardımı ile ya da teknolojik ekipmanlar ile beraber kullanılırlar. Görüntüleme sistemlerinin tasarımları ve dayanım kapasiteleri bu çalışma alanlarına göre belirlenir. Örneğin bir derin dalış sistemi için tasarlanan görüntüleme sistemi ile sportif dalış için yapılan görüntüleme sistemini aynı amaçlar için kullanmak doğru olmayacaktır. Görüntüleme sistemleri su altında sadece dalgıç yardımı ile değil robotik sistemlerle

de çokça kullanılmaktadır. Özellikle dalgıçların inemediği dalış limitlerinin kısıtlı olduğu derinliklerde genellikle bu robotik sistemler ve teknolojik ekipmanlar üzerine yerleştirilen görüntüleme sistemleri kullanılır. Örneğin satıhtan ikmali dalış sistemlerinde, ROV (Remotely Operated Vehicles) adı verilen insansız sualtı taşıtlarında, AUV (Autonomous Underwater Vehicle) otonom sualtı cihazlarında, satürasyon dalış sistemlerinde, batiskaf adı verilen derin dalış denizaltılarında bu görüntüleme sistemlerinde ve benzer alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. (Canlı vd., 2015)

Satıhtan İkmali Dalış Sistemlerinde Kullanılan Görüntüleme Sistemleri: Satıhtan ikmali dalış sistemlerinde kullanılmakta olan görüntüleme cihazları sanayi dalışlarında en elzem ekipmanlardan biridir. Yapılan işlerin tehlikesi ve ciddiyeti göz önüne alındığında ağır sanayi dalışlarında görüntüleme cihazları dalgıcı ve yapılan işi takip etmek için eklenen ekstra gözlem elemanı olarak kullanılır. Dalış amiri tarafından sürekli olarak takip edilen bu sistemlerde dalgıçların anlık konumları, yaptıkları işin durumu, dalgıcın karşılaşılabileceği problemleri vb. gerçekleşebilecek tüm olaylara karşı takip edilir. Bu yüzden satıhtan ikmali ağır dalış sistemleri için görüntüleme cihazları çok önemlidir ve hemen hemen her dalışta dalgıçta bulunur. Ayrıca görüntüleme cihazları ile su altı survey hizmetleri, raporlama işlemleri, yapı sağlamlık kontrolleri v.b. gibi görüntüleme işlemleri de genellikle yapılır.



Şekil 1, 2. Sanayi dalışlarında kullanılan sert başlık ve kamera aparatları (<https://www.smp-ltd.com/>) (<https://www.dalishshop.com/>).

Figure 1, 2. Hard helmet and camera apparatus used in industrial diving (<https://www.smp-ltd.com/>) (<https://www.dalishshop.com/>).

Görüntüleme sistemleri genellikle dalgıcın kullandığı sert başlıklarda bağlantılı şekilde yada elde taşınmaya müsait şekilde bulundurulur. Raporlama ve detaylı çekimler yapmak için genellikle elde kolay hareket ettirilebilen portatif tutamaçlarla kullanılır ve istenilen bölgede detaylı çekimler yapılır. Ancak yapılan iş yükü daha ağır ve farklıysa genellikle dalgıcın üstünde yada başlığa akuple olmuş şekilde karşımıza çıkmaktadır. Alınan görüntüler canlı olarak sürekli dalış amiri ve sorumlu dalgıçlar tarafından izlenir ve denetlenir. Bu

sayede dalgıcın başına gelebilecek kazalar önceden kestirilebilir ve oluşabilecek acil bir durumda dalgıca müdahaleyi hızlandırabilir.

ROV (Remotely Operated Vehicles) Uzaktan Kumandalı Araçlar: Uzaktan kumandalı su altı aracı (ROV); gemi, platform veya karada konuşlandırılmış bir kontrol merkezinden kontrol edilerek, su altında amaca yönelik değişen görevleri gerçekleştiren insansız su altı aracıdır (Azis vd., 2012). Genellikle dalgıçların inemeyeceği ya da çalışması zor olacak derinliklerde, acil müdahale ve görüntü alınması gereken durumlarda, dalgıç maliyetinin çok olduğu çalışmalarda, hafif sanayi işlerinde ve görüntü almak için kullanılır. ROV'ların boyutuna ve kapasitesine bağlı olarak birçok alanda işler yapılmaktadır (Christ & Wernli, 2013). Bunlardan bazıları; Petrol-gaz endüstrisinde, gemi-uçak vb. taşıtlara ait enkaz tespiti çalışmalarında, arama kurtarma çalışmalarında, batıklarının deniz yüzeyine çıkarılması çalışmalarında, bomba-mayın arama ve imha çalışmalarında, fay hatlarının kontrolünde, kablo ve boru hattı inceleme tamir çalışmalarında, deniz tabanından gaz ve sediment numunesi alma gibi değişik amaçlara yönelik operasyonlarda (Freiwald vd., 2009), batık arama operasyonlarında, denizin derin noktalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3. ROV Uzaktan Kumandalı Sualtı Aracı (<https://bluerobotics.com>).
Figure 3. ROV Remote Controlled Underwater Vehicle (<https://bluerobotics.com>).

Rovların çalışma alanları ve donanımlar cihazın boyutuna ve taşıma kapasitesine göre farklılıklar gösterir (Schjøberg & Utne, 2015). Ancak tüm ROV'lardaki en temel ekipman, Renkli yüksek çözünürlüklü kameralardır. Bütün ROV' larda standart ekipman olarak bulunur. İlave olarak; Akustik sonar sistemi, multiparameter (iletkenlik, sıcaklık, derinlik, turbidity, ph), altimetre ve basınç sensörü (deniz dibi mesafe ve derinlik ölçümü), akustik konum belirleme ve gemi tarafından takip edilebilme, led'li aydınlatmalar, numune sepeti, sediment ve su örnekleme sistemleri, ilave aparat eklenerek petrol ve gaz

endüstrisi için gaz örnekleme kabiliyetleri de bulunabilmektedir (Nakajoh vd., 2012).

AUV (Autonomous Underwater Vehicle), Otonom Sualtı Araçları: Genellikle bir kablo ile yukarıya bağlı olmaksızın akü gücü ile kendi kendine sualtında seyahat edebilen, otonom sualtı araçlarıdır. Gelişen akü teknolojisi sayesinde sualtında yüzlerce kilometre seyir yapabilir ve 6000m ye kadar dalabilir. Bugün pek çok AUV, navigasyon amaçlı olarak yüzeyde bir gemi ile birlikte çalışır. Yeni geliştirilen çok düşük enerji harcayan, uzun mesafeli AUV'lar, sualtında haftalar veya aylarca yalnız başlarına operasyon kabiliyetine sahiptirler (Hwang vd.,2019). Bunlar düzenli aralıklar ile yüzeye çıkarak uydu aracılığı ile hem konumu belirleyip rotasını ayarlamakta hem de topladığı verileri karadaki istasyona göndermektedir. AUV Üzerinde Dijital fotoğraf makineleri ve video kayıt cihazları uzun mesafeler için görüntü kaydeder ve veri aktarımı gerçekleştirir (Blidberg, 2001). Bu sayede çok uzun mesafeler boyunca görüntüler alınarak haritalandırma, arama kurtama çalışmaları, yeni alan ve canlı keşifleri gibi çalışmalar gerçekleştirilebilir (Paull vd., 2013). Uzun mesafelerde görüntü aktarımı için oldukça idealdir. Ayrıca üzerinde kamera ve video kaydediciler dışında pusula, derinlik sensörleri, yan taramalı ve diğer sonarlar, İletkenlik, sıcaklık ve derinliğin (CTD) ölçüm problemleri, akıntıölçer gibi ekipmanlar da bulundurulabilir (Flemming, 1976). AUV robotik cihazların belli başlı avantajları vardır. Örneğin; Operatör veya pilota ihtiyaç yoktur. Çok uzun mesafeler seyir yapabilir ve tüm yol boyunca veri toplayabilir. Her zaman yüzeyde gemi olması gerektiği için operasyonları düşük maliyetlidir. Ancak bu cihazlar, İleri teknoloji ve uzman personel gerektirir ve operasyon sırasında sorun çıktığında araç kaybedilebilir. Yandan taramalı sonarlar ise çoğu zaman AUV üzerinde eklenip ekstra veri almak için kullanılabilir, ya da ekstra bir gemi yardımıyla çekilerek sürekli veri aktarımına izin verebilir (Johnson & Helferty, 1990). AUV robotik cihazlara göre benzer bir çalışma prensibine sahiptir. Ancak daha kısa mesafelerde etkili ve tekne ile sürekli bağlantılı olmaları gerekmektedir (Klein, 2002). AUV larda böyle bir gereksinim yoktur.

Satürasyon Dalışı Kamera Sistemleri: Satürasyon dalışlarında kullanılan görüntüleme sistemleri derin deniz noktalarında çalışacak dalgıçların her anını görüntüleme ve izleme amaçlı kullanılan çok önemli bir sistemdir (COX, 1968). Çalışma esnasında zamanlarının büyük bir bölümünü su altında satürasyon sistemi içinde geçiren dalgıçların yaşayabilecekleri bir problem ve sağlık sorununa karşı sürekli izlenmeleri gerekmektedir. Hem iş esnasında hem de dinlenme aralarında basınç altında kalan dalgıçlar dekompresyon hastalığı ve buna benzer sağlık sorunlarına maruz kalabilirler. Bu durumların anında müdahale edilebilmesi için dalış amirleri ve güvenlik

personelleri tarafından 24 saat canlı izlenmektedirler(Zeng 2018). Bu yüzden satürasyon sistemlerinde görüntüleme ekipmanları vazgeçilmez bir zorunluluktur. Hatta bu görüntüleme sistemlerinde meydana gelebilecek arıza karşısında çalışma iptal edilip sistem düzeldikten sonra çalışmaya devam edilmelidir. Bu sayede ortaya çıkabilecek problemlerin önüne geçilecektir.

Batiskaflar: Denizlerin derinliklerinde gözlem yapmakta kullanılan, özel olarak yapılmış, kabin iç basıncı deniz seviyesindeki atmosfer basıncında sabit tutulabilen deniz araçlarıdır (Boulouard & Delauze, 1966). Derin deniz noktalarında insanlı çalışmaların yapılmasında etkin bir rol oynar. Genellikle çalışma alanları denizel organizmaların incelenmesi ve yaşam alanlarının belirlenmesi, yeni türlerin keşfi gibi alanlarda aktif olarak kullanılırlar (Pérès, 1965). ROV'ların aksine insanlı sistemler olduğu için su altında daha doğru veri aktarımı ve analizi gerçekleştirilebilir. Aynı anda bu sistemler üzerine yerleştirilen görüntüleme cihazları sayesinde batiskaf ile dalış yapan dalıcıların daha derin noktalardan görüntüler alması mümkün hale gelebilmektedir (Jamieson vd., 2020). Özellikle insanların ve robotik cihazlarının büyük bir kısmının inemediği derinliklerde çalışabildiği için keşfedilmemiş yerlerin keşfi ve daha derin alanların görüntülenmesinde oldukça etkili bir rol oynamaktadır.

Kablosuz Görüntü Aktarımı: Suyun yoğunluğundan ve yapısal özelliğinden dolayı karada kullanılan kablosuz veri aktarımları (Wi-Fi, Bluetooth, Kızılötesi) su altında işe yaramamaktadır. Bu çalışmalarda lazer ve led aktarıcı yöntemi ile görüntü aktarımı, ses dalgaları ve akustik yöntemler ile kablosuz veri gönderimi çalışmaları yapılmaktadır (Shihada vd., 2020). Bu yapılan çalışmalarda su altından alınan veriler, satıhta özel tasarlanmış cihazlar sayesinde işlenerek ve kodlanmaktadır. Farklı frekanstaki radyo dalgaları ve lazerler gönderilen bu veriler su altı yapısının anlık görüntüsünü kara veya tekne ortamındaki kişilerin görüntülemesine olanak sağlamaktadır. Suyun altında alınan görüntüler radyo dalgaları sayesinde kısa mesafedeki dalıcıların üzerinde bulunan bir dönüştürücüye gönderilmektedir. Daha sonra sualtında çekilen bu görüntüleri çeşitli ışık boylarında kodlara dönüştürerek yüzey tabakasında duran bir tür alıcıya iletilmektedir. Bu kodları alan fotodedektörler bu görüntüleri işleyerek yüzeyde görüntülerin işlenmiş halini video veya fotoğraf olarak bir ekrana sunmaktadır. Ancak bu çalışma gelişim aşamasında olduğundan istenilen her derinlikte görüntü alınması mümkün değildir. Sudaki askı maddeler, suyun bulanıklığı, denizdeki dalgalanmalar vb. problemler su altından ışınların düzgün bir şekilde yüzeye gelmesini engellemektedir. Bunun sonucunda da veri aktarımında sorun oluşturacağından bu sistem aktif olarak günümüzde kullanılmamaktadır (Mahmutoğlu vd., 2021) . İlerleyen

teknoloji ve geliştirmeler sayesinde bu sorunlar çözülmesi durumunda ilerleyen yıllarda su altından kablosuz görüntü alabilmeye olanak sağlayabilecektir.

SONUÇ

Su altı görüntüleme sistemleri gelişen tarih boyunca paralel bir gelişme göstermiştir. Bu gelişmeler sayesinde her geçen gün denizler ve okyanuslar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmaktayız. Gelişen bu teknolojiler sanayi, turizm, akademik vb. birçok alanda aktif olarak değerlendirilmektedir. Karasal ortamdaki sistemlere kıyasla daha kısıtlı olsa da su altı görüntüleme sistemleri şu anki çağda aktif olarak iş yapmaktadır. Bu sayede dalıcılara ve çalışmalara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda yapılan kablosuz görüntü aktarımı çalışmaları bu alanda büyük yenilikler getirmeye başlamıştır. Ticari amaçlı yapılan dalışlarda dalgıç yardımı ile kullanılan kamera sistemleri, genel olarak belli ve sığ derinliklerde günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. Basit ve sığ derinliklerde gerek maliyet gerekse kullanım kolaylıkları sayesinde çokça tercih edilmektedir. Ancak daha derin ve ekstrem deniz bölgelerine inildikçe dalgıçların limitlerini kısıtlayan gaz kanunları devreye girmektedir. Buda sualtında görüntü aktarımını büyük ölçüde kısıtlamaktadır. Bu yüzden daha derin bölgelerde görüntü aktarımı için farklı tarzlarda ve amaçlarda tasarlanan robotik sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerin her birinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca normal dalıcılarla gerçekleştirilen çalışmalara göre oldukça maliyetlidirler. Ancak insan sağlığı açısından bu ekipmanların kullanımı zorunludur. Bu yüzden su altında yapacağımız işe göre görüntüleme sistemlerinden yardım almamız gerekecektir. Derin ve büyük alanlarda yapılan çalışmaya göre ROV, AUVS, Yandan taramalı sonarlar, batiskaflar vb. gibi teknolojik ekipmanlar, su altı görüntüleme sistemlerinde önemli bir yer tutmaktadır.

Gelişen teknoloji ve yapılan araştırmalarla ilerleyen yıllarda su altından kablosuz veri aktarımı gibi olanaklar geliştirilmesi durumunda insanların denizlerde çalışması daha da kolaylaşacaktır. Şu anki teknolojide kullanılan ekipmanlardaki veri aktarım kablolarının mesafesi hasar alması gibi durumlar, gerek dalıcıyı gerekte robotik cihazları büyük ölçüde sınırlamaktadır. Bu sınırlamalar kalkması durumunda, sualtında yapılacak tüm sanayi ve sportif dalışlardaki çalışmalar daha da etkili ve daha az sınırların etkisinde kalacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışma, Ulusal Sualtı Bilimsel Araştırma ve Değerleri Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Azis, F.A., Aras, M.S.M., Rashid, M.Z.A., Othman, M.N. & Abdullah, S.S. (2012).** Problem identification for underwater remotely operated vehicle (ROV): A case study. *Procedia Engineering*, **41**, 554-560.
- Anamur, M.E. (2000).** *Türkiye'de Sualtı Belgeselciliği* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 81s.
- Blidberg, D.R. (2001).** The development of autonomous underwater vehicles (AUV); a brief summary. In *Ieee Icara*, **4**(1) 1-12.
- Boulouard, C. & Delauze, H. (1966).** Analyse palynoplantologique de sédiments prélevés par Le bathyscaphe "Archimède" dans La fosse Du Japon. *Marine Geology*, **4**(6), 461-466.
- Canlı, G.A., Kurtoğlu, İ., Canlı, M.O. & Tuna, Ö.S. (2015).** Dünyada ve ülkemizde insansız sualtı araçları (isaa-auv & rov) tasarım ve uygulamaları. *Gidb Dergi*, **4**, 43-75.
- Christ, R.D., & Wernli Sr, R.L. (2013).** *The ROV manual: a user guide for remotely operated vehicles*. Butterworth-Heinemann.
- Cox, T.L. (1968).** Safety in the Cachalot Saturation Diving System Operations. *Journal of Hydronautics*, **2**(4), 187-191.
- Duraklı, M., Seçil, Y., Yetimlar, Y. & Başoğlu, M. (2008).** Nöroloji Pratiğinde Az Rastlanan Bir Olgu: Dekompresyon Hastalığı. *Journal of Neurological Sciences*, **25**(1), 37-40.
- Flemming, B.W. (1976).** Side-scan sonar: a practical guide. *The international hydrographic review*, **53**(1), 65-92.
- Freiwald, A., Beuck, L., Rüggeberg, A., Taviani, M., Hebbeln, D. & R/V Meteor Cruise M70-1 Participants. (2009).** The white coral community in the central Mediterranean Sea revealed by ROV surveys. *Oceanography*, **22**(1), 58-74.
- Görgülü, A. (2019).** *Sualtı görüntüleme tekniklerinin sinemadaki yeri ve işlevi*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 206s.
- Hat Bracket - For Kirby Morgan 37 Diving Helmet | SMP Ltd UK. (n.d.). Retrieved April 25, 2023,** from <https://www.smp-ltd.com/shop/hat-bracket-suits-kirby-morgan-37-diving-helmet-handle/> (25 Nisan 2023)
- Hwang, J., Bose, N. & Fan, S. (2019).** AUV adaptive sampling methods: A review. *Applied Sciences*, **9**(15), 3145.
- Jamieson, A.J., Linley, T.D., Stewart, H.A., Nargeolet, P.H. & Vescovo, V. (2020).** Revisiting the 1964 Archimède bathyscaphe dive to 7300 m in the

- Puerto Rico trench, abundance of an elasipodid holothurian *Peniagone* sp. and a resolution to the identity of the 'Puerto Rican snailfish'. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, **162**, 103336.
- Johnson, H.P. & Helferty, M. (1990).** The geological interpretation of side-scan sonar. *Reviews of Geophysics*, **28**(4), 357-380.
- Klein, M. (2002).** Side scan sonar. *International handbook of underwater archaeology*, 667-678.
- Kamera/Işık Kolu-Fiyatı-Dalış Shop. (n.d.). Retrieved April 25, 2023,** from <https://www.dalishshop.com/urun/kamera-isik-kolu-26-37mm> (25 Nisan 2023)
- Lavest, J.M., Rives, G. & Lapresté, J.T. (2000).** Underwater camera calibration. In *Computer Vision—ECCV 2000: 6th European Conference on Computer Vision Dublin, Ireland, June 26–July 1, 2000 Proceedings, Part II* 6 654-668. Springer Berlin Heidelberg.
- Mahmutoğlu, Y., Albayrak, C. & Kadir, T.U.R.K. (2021).** Değişik Ortam Ve Sistem Parametreleri İçin Sualtı Kablosuz Optik Haberleşme Monte Carlo Kanal Kapasitesinin İncelenmesi. *El-Cezeri*, **8**(2), 567-581.
- McGlamery, B.L. (1980).** A computer model for underwater camera systems. In *Ocean Optics VI*(208, 221-231). SPIE.
- Munro, C. (2013).** Diving. *Methods for the study of marine benthos*, 125-173.
- Nakajoh, H., Osawa, H., Miyazaki, T., Hirata, K., Sawa, T. & Utsugi, H. (2012).** Development of work class ROV applied for submarine resource exploration in JAMSTEC. In *2012 Oceans-Yeosu* (pp. 1-5). IEEE.
- Öztürk, H. (2017).** *Hiperbarik oksijen ile tedavi edilen radyoterapi ilişkisiz hemorajik sistit olgularının retrospektif değerlendirmesi*. Tıpta Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Ana Bilim Dalı, İstanbul, 76s.
- Paull, L., Saeedi, S., Seto, M. & Li, H. (2013).** AUV navigation and localization: A review. *IEEE Journal of oceanic engineering*, **39**(1), 131-149.
- Pérès, J.M. (1965).** Aperçu sur les résultats de deux plongées effectuées dans le ravin de Puerto-Rico par le bathyscaphe Archimède. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts Elsevier* **12**(6), 883-891).
- Schjølberg, I. & Utne, I.B. (2015).** Towards autonomy in ROV operations. *IFAC-PapersOnLine*, **48**(2), 183-188.
- Shihada, B., Amin, O., Bainbridge, C., Jardak, S., Alkhazragi, O., Ng, T.K., ... & Alouini, M.S. (2020).** Aqua-Fi: Delivering Internet underwater using wireless optical networks. *IEEE Communications Magazine*, **58**(5), 84-89.
- Shortis, M. (2015).** Calibration techniques for accurate measurements by underwater camera systems. *Sensors*, **15**(12), 30810-30826.
- TSSF/CMAS. (2009).** *Bir Yıldız Dalıcı Eğitim Kitabı*. II. Baskı, Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu, 96.
- What is an Underwater ROV? (n.d.). Retrieved April 25, 2023,** from <https://bluerobotics.com/learn/what-is-an-rov/> (25 Nisan 2023)
- Yılmaz, S. & Kılıcı, S.B. (2020).** Otonom Sualtı Araçlarında Genel Tasarım İlkeleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **11**(1), 119-131.
- Zeng, J., Zhang, J., Xu, G., Yuan, G. & Cai, B. (2018).** Design of 300–Meters Saturation Diving Electrical Simulation Training System. In *The 28th International Ocean and Polar Engineering Conference*. OnePetro.



Deniz Çöpleri ve Deniz Temizliği Etkinlikleri: Çanakkale Örneği-2022

Alkan ÖZTEKİN^{1*} Yusuf ŞEN² Uğur ALTINAĞAÇ¹ Adnan AYAZ¹ Uğur ÖZEKİNCİ¹
Gençtan Erman UĞUR³ Tekin DEMİRKİRAN³

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi ABD, Çanakkale, Türkiye

Geliş Tarihi: 28.12.2023

Kabul Tarihi: 27.04.2023

Basım Tarihi: 30.06.2023

Atf yapmak için: Öztekin, A., Şen, Y., Altınağaç, U., Ayaz, A., Özekinci, U., UĞUR: G.E. & Demirkiran, T. (2023). Deniz Çöpleri ve Deniz Temizliği Etkinlikleri: Çanakkale Örneği-2022. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 780-786. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226070>

How to cite: Öztekin, A., Şen, Y., Altınağaç, U., Ayaz, A., Özekinci, U., UĞUR: G.E. & Demirkiran, T. (2023). Marine Litter and Sea Cleanup Activities: The Case of Çanakkale in 2022. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 780-786. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226070>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-3914-9788>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0595-4618>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-3638-9834>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4839-9244>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-2207-0168>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-3131-9239>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1613-5236>

***Sorumlu yazarın:**

Alkan ÖZTEKİN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz
Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Çanakkale,
Türkiye
✉: alkanoztekin@comu.edu.tr

Öz: Dünyadaki deniz ve okyanuslar gibi, Türkiye denizleri de artan kirlenme ve kirlenme etkisi altındadır. Başta gemi trafiği ve yerleşime bağlı insan aktiviteleri nedeniyle, yoğun kirlenme etkisi altındaki Çanakkale ve çevresinde, atıklar ve çöpler sürekli olarak sualtında birikmektedir. Bu bağlamda, 2022 Yılında Çanakkale ilindeki kurum ve kuruluşların katkılarıyla, dalgıçlar eşliğinde 3 adet “Deniz Temizliği” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Türkiye Çevre Haftası Etkinlikleri çerçevesinde 1 Haziran’da Çanakkale Marina Bölgesinde; Denizcilik ve Kabotaj Bayramı kapsamında 1 Temmuz’da Çanakkale Balıkçı Barınağında; Uluslararası Kıyı Temizliği Günü dolayısıyla 19 Eylül’de Bozcaada Limanı’ndaki dalış yöntemiyle elde edilen deniz çöpleri sınıflandırılarak, miktarları kayıt edilmiştir. Sonrasında toplanan çöplerden elde edilen bulgular ve görseller değerlendirilmiştir. Etkinliklerde 38 dalgıç ile 115 dakika dalış yapılarak; 1150 kg ve 3600 adet deniz çöpu toplanmıştır. Sonuç olarak bu çalışma ile yıllardır gerçekleştirdiğimiz ve gelecek yıllarda da devam ettirmeyi planladığımız deniz ve kıyı temizliği çalışmalarını öncelikle insan kaynaklı atıkların ve çöplerin doğal kaynaklarımıza ulaşmasını azaltılarak, denizel kirliliğin azaltılması gerekliliğine dikkat çekilmiştir.

Anahtar kelimeler: Deniz çöpleri, denizel kirlenme, deniz temizliği, çanakkale.

Marine Litter and Sea Cleanup Activities: The Case of Çanakkale in 2022

Abstract: Turkish seas are under the influence of increasing pollution and contamination as the seas and oceans in the world. Marine litter and pollution are constantly accumulating on the seafloor in Çanakkale and its surroundings, which are influenced by intense pollutants primarily from ship traffic and living due to human activities. In this study, three “Marine Litter Cleanup Activities” accompanied by divers in 2022 were conducted with the contributions of institutions and organizations of Çanakkale. Within the framework of “Turkey Environment Week Activities” on 1 June in Çanakkale Marina; within “Maritime and Cabotage Festival” on 1 July in Çanakkale Fishing Port; within “International Coastal Cleanup Day” on 19 September in Bozcaada Port of Çanakkale, marine litter cleanup by the diving method it was classified and its amounts were recorded. Then, the results and images obtained from the collected marine litter were evaluated. During these cleanup activities with 38 divers and 115 minutes by diving; a total of 1150 kg and 3600 pieces of marine litter were collected. As a result of this study, marine litter and coastal cleanup activities have been carried out for years and plan to continue in the coming years. Also, we have drawn attention to the necessity of reducing marine pollution by human-made marine litter and reducing pollution of our natural resources.

Keywords: Sea clean up, marine litter, marine pollution, Çanakkale.

***Corresponding author:**

Alkan ÖZTEKİN
Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of
Marine Sciences and Technology, Çanakkale,
Türkiye
✉: alkanoztekin@comu.edu.tr

GİRİŞ

Dünyanın biyolojik döngüsü, besin ağı ve iklim düzeni açısından okyanuslar son derece önemlidir. Okyanuslar, mikroskobik canlılardan orkalara (*Orcinus orca* L, 1758), nesli tehlike altında olan deniz kuşlarından deniz kaplumbağalarına kadar zengin bir yaban hayatına ev sahipliği yapmaktadır. Çağımızda doğaya en çok zarar veren etkenlerin içerisinde çevrenin kirlenmesi başlığı altında denizlerin kirlenmesi bulunmaktadır. Denizel kirlilik, uzun yıllardır en dikkat çeken çevresel sorunlardandır. Yapılan çalışmalarda geçmişten günümüze denizlerde oluşan kirliliğin önemli boyutlarda olduğu ve sürekli arttığı belirtilmektedir (UDHB, 2016; Erdem, 2019; Erikson vd., 2019; Mishra vd., 2019). Nehirlere, göllere, karaya ve atmosfere ulaşan atıklar, denizlere ulaşan farklı tipte kirlenmelerin alıcı ortam olarak denizel ortama ulaşması, kirliliğin artmasını sağlamaktadır (Samsunlu, 1995; Doğan-Sağlamtimur & Subaşı, 2018).

Dünya üzerindeki kıyıları, deniz, göl ve nehirlerle bir şekilde ulaşan tüm katı atıklar deniz çöplü olarak tanımlanmaktadır (Anfuso vd., 2015; Veiga vd., 2016). Deniz çöplerinin büyük bir kısmını plastik olan, atıklar oluşturmaktadır (Cózar vd., 2014; Cressey, 2016; Medoza vd., 2018). Deniz kirliliğinde eskiden en büyük 5 problem ötrofikasyon, alg patlamaları, çevresel östrojenler, yabancı organizma ile patojenler iken çağımızda en ciddi sorun plastik kirliliğidir (Anfuso vd., 2015; Veiga vd., 2016). Deniz çöplerinin %60-%80'ini plastik çöpler oluşturmaktadır (Tunçer vd., 2018). 2016 yılında küresel olarak üretilen plastik atığın 19 ile 23 milyon ton veya %11'inin sucul ekosistemlerine girdiği belirtilmiştir. Bu durumun 2030 yılında 53 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Borelle vd., 2020). Bu durum büyüktür küçüğe tüm biyosfer sistemi canlılarını tehlikeye sokmaktadır (Khoshmanesh vd., 2023).

Deniz suyunun kirlenerek kalitesinin bozulması deniz canlılarının zarar görmesine ve bu canlıları tüketenlerin yani insan sağlığının zarar görmesine sebep olmaktadır (Yurtsever, 2019; Ahmedi vd., 2022). Yaşamsal faaliyetlere bağlı olarak artış gösteren deniz çöpleri, makroplastikten mikroplastığa doğru bir yol izleyerek, ekolojik olarak okyanuslarda ve denizlerde canlıların fizyolojik mekanizmalarında sorunlara yol açmakta veya ölümlere sebep olmaktadır (Chan vd., 2019; Zilifli & Tuncer, 2021; Stanton vd., 2021; Wootton vd., 2022). Deniz çöpleri çevresel ve ekonomik olarak ise, marinalarda ve limanlarda, görüntü kirliliğine ya da gemilerin, yatların makine ile mekanik sistemlerinde arızalara neden olmaktadır. Ayrıca deniz çöpleri habitat bozulması gibi canlıların yaşam alanları için zararlı olabilecek etkilere de sebep olabileceği bildirilmiştir (Gall & Thompson, 2015).

Denizlerde artan kirlilik, balıkçılık başta olmak üzere birçok deniz aktivitesinin kısıtlanmasına neden olmaktadır (İslam & Tanaka, 2004; Alpay, 2015). Kıyı alanlarında ise özellikle turizm sektörünü ve kıyı balıkçılığı yapan balıkçılara da deniz çöplerinin olumsuz etkileri oldukça fazladır. Bunun yanında deniz çöpleri yüzücülerde ve dalgıçlarda yaralanmalara neden olarak, insan sağlığını da tehdit ettiği görülmektedir (Güngören & Başaran, 2021). Bu durumlar konuyla ilgili insanların ve bilim camiasının dikkatini çekmiş, kurum ve kuruluşları önlemler almaya yönlendirmiş, ileri ülkelerde alternatif çevre koruma grupları oluşturulmuş, uluslararası sözleşmeler hazırlanarak kirliliğin artması engellenmeye çalışılmıştır (Anonim, 1973; 1983; 1984; 1992).

Bu bağlamda, 2022 Yılında Çanakkale ilindeki kurum ve kuruluşların katkılarıyla, dalgıçlar eşliğinde 3 adet "Deniz Temizliği" etkinliğinde elde edilen deniz çöpleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile gelecek yıllarda da devam ettirmeyi planladığımız deniz ve kıyı temizliği çalışmaları ile öncelikle insan kaynaklı atıkların ve çöplerin doğal kaynaklara ulaşımının doğuracağı tahribatın farkındalığını oluşturulup, toplumu deniz kirliliği konusunda bilinçlendirmek hedeflenirken, aynı zamanda denizel çöplerin yoğunluğunu en aza indirmeye hedefine ulaşılarak, deniz kirliliğine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında, 2022 yılı içerisinde Çanakkale İli ve çevresindeki kurum ve kuruluşların, katılım ve katkılarıyla, tüplü dalış ekipmanları kullanılarak, dalış yöntemiyle 3 farklı alanda (Çanakkale Marina Bölgesi, Çanakkale Balıkçı Barınağı, Bozcaada Limanı) deniz çöplerini azaltılması amacıyla dalgıçlar eşliğinde "Deniz Temizliği" etkinlikleri gerçekleştirilmiştir. 2022 yılı içerisinde Çanakkale İli'nde gerçekleştirilen deniz temizliği etkinlikleri kapsamında alanlardan veriler alınmıştır (Şekil 1). Dalış etkinlikleri, 10 metreyi geçmeyen sığ sularda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı.
Figure 1. Study area.

Çalışma yöntemi olarak, belirlenen 3 istasyonda, deniz temizliği gerçekleştirilmiştir. Dalış yapılacak noktalarda, Birleşmiş Milletler Çevre programı (UNEP, 2009)'a uygun, 2 metre aralıklar ile dizilmiş dalgıçlar aracılığıyla ve 2,5 cm'den büyük bütün çöpler, eldiven ile dalgıçlar tarafından çuvalara toplanılmıştır. Çuvala alınamayan daha büyük boyuttaki çöplerde, dalgıçlar tarafından alınarak karaya çıkartılmıştır. Toplama tamamlandıktan sonra, çuvaların ağırlıkları alınmış ve kaydedilmiştir. Daha sonra toplanan çöp bileşenleri MEDITS protokolüne göre 8 (Plastik atıklar, kauçuk atıklar, metal atıklar, cam/seramik/beton atıklar, giysi/doğal fiberler, ahşap atıklar, kağıt ve karton atıklar, diğer veya tanımlanamamış) kategoriye ayrılmıştır (Bertrand vd., 2007). Deniz çöpleri kategorilerine göre sınıflandırılarak, sayım işlemi gerçekleştirilmiş ve ağırlık miktarları kayıt edilmiştir.

Her üç mevki için çıkarılan deniz çöplerinin metrekaresindeki miktarları, ağırlıkları ve toplam örnekleme alanları hesaplanmıştır. Daha sonra, Alkalay vd. (2007)

tarafından belirlenen (TKİ) Temiz Kıyı İndeksi hesaplanmıştır. Temiz Kıyı İndeksi'nin hesaplanması aşağıdaki denklemde sunulmuştur:

$$TKİ = \left(\frac{\text{Örnekleme alanındaki toplam çöp miktarı}}{\text{Toplam örnekleme alanı}} \right) \times K$$

TKİ sonuçlarına göre dalış yapılan noktaların değerlendirilmesi ise

(0-2 = Çok temiz; 2-5 = Temiz; 5-10 = Orta; 10-20 = Kirli; 20+ = Çok kirli) sınıflandırmasına göre belirlenmiştir.

BULGULAR

2022 yılı içerisinde 1 Haziran'da Türkiye Çevre Haftası Etkinlikleri Çanakkale Marina'da, 1 Temmuz Denizcilik ve Kabotaj Bayramı kapsamında Çanakkale Balıkçı Barınağı'nda, 19 Eylül Uluslararası Kıyı Temizliği Günü kapsamında Bozcaada Limanı'nda deniz temizliği etkinlikleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2-10).



Şekil 2, 3, 4. Türkiye Çevre Haftası etkinlikleri, 1 Haziran Çanakkale Marina.
Figure 2, 3, 4. Turkey Environment Week Activities on 1 June in Çanakkale Marina



Şekil 5, 6, 7. Denizcilik ve Kabotaj Bayramı, 1 Temmuz Çanakkale Balıkçı Barınağı.
Figure 5, 6, 7. Maritime and Cabotage Festival on 1 July in Çanakkale Fishing Port.



Şekil 8, 9, 10. Uluslararası Kıyı Temizliği Günü, 19 Eylül Bozcaada Limanı.
Figure 8, 9, 10. International Coastal Cleanup Day on 19 September in Bozcaada Port of Çanakkale.



Şekil 11, 12. Sualtındaki Çöpler ve Temizlik Etkinliği.
Figure 11, 12. Underwater Marine Litter and Cleaning Activity.

Dalış yapılan noktalarda çıkarılan deniz çöplerinden elde edilen bulgular Tablo 1’de verilmiştir. Ağırlık olarak en fazla yoğunluk Çanakkale Balıkçı Barınağında iken, ikinci Bozcaada Limanı, üçüncü Çanakkale Marina olarak belirlenmiştir. Adet olarak ise en fazla yoğunluk yine Çanakkale Balıkçı Barınağında iken, ikinci Çanakkale Marina, üçüncü Bozcaada Limanında tespit edilmiştir.

Birim alana düşen deniz çöplerinin miktarı adet olarak hesaplandığında ise; Bozcaada Limanı 4,8 adet/m²,

Çanakkale Marina 7,3 adet/m², Çanakkale Balıkçı Barınağı 17,8 adet/m² belirlenmiştir. Belirtilen istasyonların Alkalay vd. (2007)’nin Temiz Kıyı İndeksi’ne göre değerleri hesaplandığında; Bozcaada Limanı temiz, Çanakkale Marina orta ve Çanakkale Balıkçı Barınağı kirli olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Birim alana düşen deniz çöpleri miktarı ağırlık olarak hesaplandığında ise; Bozcaada Limanı 1440 g/m², Çanakkale Marina 1667 g/m², Çanakkale Balıkçı Barınağı 7125 g/m² bulunmuştur.

Tablo 1. Dalış yapılan noktadaki, deniz çöplerine ait bulgular (Kg=Kilogram).
Table 1. Results of marine litter at diving areas.

Dalış Yapılan Bölgeler	Dalgıç Sayısı	Dalış Süresi (Dakika)	Katılan Kurum	Toplam Çöp (Adet)	Toplam Çöp Ağırlık (Kg)	En Yoğun Çöp Türü	En Yoğun Çöp	En İlginç Çöp
Çanakkale Marina	12		4	1100	250	Metal, Plastik,	Bira Şişesi, Naylon Poşet	Kimlik Kartı, Çakmak
Çanakkale Balıkçı Barınağı	17	30-45	6	1500	600	Plastik, Kauçuk, Diğer	Balıkçılık Malzemesi, Naylon	Tabak, Çatal, Telefon
Bozcaada Limanı	9		4	1000	300	Cam	Bira Şişesi, Islak Mendil	Takma Diş, Sandalye

Tablo 2. Çalışma alanlarında birim kareye düşen çöp miktarları (m²=metrekare; g=gram).
Table 2. The amount of marine litter per unit square in the study areas (m² = square meters; g = gram).

Yer	Miktar (adet/m ²)	Miktar (g/m ²)	Alan (m ²)	İndeks
Bozcaada Limanı	4,8	1440	3750	Temiz
Çanakkale Marina	7,3	1667	3600	Orta
Çanakkale Balıkçı Barınağı	17,8	7125	3200	Kirli

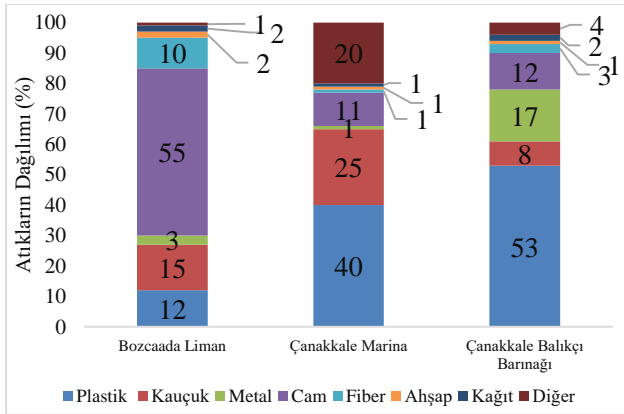
Her 3 mevkiide toplanan çöplerin miktarları MEDITS protokolüne göre materyal tiplerine bağlı sınıflandırılmasıyla Şekil 13’de sunulmuştur. Toplanan çöplere bakıldığında en yoğun çıkarılan çöp tipi olarak, Çanakkale Marina (%40) ve Çanakkale Balıkçı Barınağı’nda (%53) plastik iken, Bozcaada Limanı’nda cam (%55) olmuştur.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Deniz çöpleri, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Avrupa Birliği Deniz Strateji Çerçeve Direktifi (EU MSFD), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) gibi birçok komite ve program tarafından çevresel, ekonomik ve insan sağlığı açısından küresel bir tehdit olarak görülmektedir (Moncheva vd., 2016). Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi - İyi Çevresel Durum (MSFD-GES)’ in

yayınladıkları Avrupa Denizlerindeki Deniz Çöplerinin İzlenmesi Kılavuzu sayesinde üye devletlerin deniz çöplerini toplaması, rapor etmesi ile verileri değerlendirilmesi konusunda çalışmalara başlanmasını hedeflemektedir (UNEP, 2016). Deniz çöplerinin çoğunluğunu oluşturan plastikler ve onların çok daha küçük formu olan mikroplastikler tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz denizlerinde de deniz canlıları ve deniz ekosistemi için ciddi tehdit oluşturmaktadır (Chan vd., 2019; Stanton vd., 2021; Wootton vd., 2022). Yakın zamanda yüz yüze olacağımız tehlikenin önemini belirtmek için deniz çöplerinin miktarı ve karakterizasyonu deniz ekosistemindeki canlılara ve bu canlıları tüketen insanlara etkisinin belirlenmesi için konu ile ilgili projeler büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Çanakkale’nin önemli kirlilik olma ihtimali olan 3 noktadan, dalgıçlar yardımı ile deniz dabanından, deniz çöpleri deniz temizliği etkinlikleri kapsamında toplanmıştır. Tespit edilen çöp bileşenleri

MEDITS protokolüne göre 8 kategoriye ayrılarak incelenmiştir (Bertrand vd., 2007). Yoğun deniz trafiği ile tarım ve balıkçılık faaliyetlerinin gerçekleştiği Çanakkale Boğazı'ndaki marina, balıkçı barınağı ve limanında, sualtındaki deniz çöplerini değerlendirmeye alınması açısından ilk çalışmadır. Artan kentleşme ve düzensiz yapılaşma sonucu oluşan evsel atıkların yanında sanayileşme gibi doğrudan doğruya ya da dolaylı olarak su kaynaklarına ve denizlerimize ulaşan deniz çöpleri ve atıklar, kıyı uzunluğu yaklaşık 750 km olan Çanakkale sahillerini büyük ölçüde etkilemektedir (Akbulut vd., 2006). Bu bağlamda Çanakkale Marine ve Çanakkale Balıkçı barınağının temiz olarak belirlenmesinin nedeninin, özellikle kentleşme ve insan aktiviteleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Fakat bu alanlardaki kirliliğe sebep olan etkenlerin daha detaylı çalışmalar ile ele alınması gerekmektedir.



Şekil 13. Çalışma alanlarında elde edilen deniz çöplerinin türlerinin adet olarak dağılımı.

Figure 13. Distribution of marine litter obtained in the study areas by types.

Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde, Çanakkale'de çalışılan 3 noktada en fazla çöp çıkan alan Çanakkale Balıkçı Barınağı ilk sırada iken, ikinci olarak Çanakkale Marina ve üçüncü olarak ise Bozcaada Limanı olduğu tespit edilmesine rağmen dalgıç sayısı ve dalış süresi farklılıkların nedeni olarak belirtilebilir. Ancak 3 alan içerisinde Çanakkale Marina ve Çanakkale Balıkçı Barınağı'nda plastik çöpler yoğunlukta iken, Bozcaada Limanı'nda ise turizm faaliyetlerine bağlı olduğu düşünülen, cam materyal olan şişelerin yoğun ortaya konulmuştur. Toplanan deniz çöplerinin türlerinde çalışma alanları arasında farklılıklar görülmektedir. Bozcaada'da cam materyalin fazla olması, yaz aylarındaki turizm ve insan aktivitelerine bağlı olarak, cam şişelerin atılımının artması ve cam şişelerin sualtında hareket kabiliyetinin diğer materyellere göre daha sınırlı olması ile açıklanabilir. Çanakkale Marina ve Çanakkale Balıkçı Barınağı'ndaki plastik kirliliğinin alanlardaki balıkçılık aktivitelerinin etkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada toplanan çöpler, toplama alanında halka sergilenerek ve medyada duyurularak deniz temizliğinin önemine dikkat çekilmiştir. Bu bağlamda halkın deniz kirliliği konusunda farkındalığının artırılması gerekliliği vurgulanmıştır. Bölgede yoğun olarak yürütülen temizlik çalışmalarının sürekli hale gelmesi için denizlere çöp atılmasının önüne geçilmesi balıkçıların özellikle bu konuda eğitilmesi önem arz etmektedir. Bu süreç kapsamında halkın yoğun olarak bulunduğu sahil şeridinde denizel kirliliğin zararlarını, deniz canlılarına ve insanlara karşı olumsuz etkilerini anlatan görseller ve tabelalar yerleştirilmesi bilinç oluşturulmasında etkili olacağı düşünülmektedir. 2011'de Almanya'nın Baltık Denizi'nde balıkçıların, gönüllü olarak, balıkçılık sırasında ağlarında çıkan çöpleri kıyıya ulaştırmaları ile oluşturulan "Çöp Avcılığı" projesi başlatılmıştır. Balıkçılara toplayacakları çöpler için özel çuvalar verilmiştir. Ayrıca istedikleri bir limanda topladıkları plastik atıklarını bertaraf edebilmeleri için de konteynırlar ücretsiz olarak verilmiştir. Böylece katılımları karşılığında finansal olarak bir destek almasalarda mikroplastik atıklarının bertarafı için teşvik oluşturulmuştur. Proje sonunda iki tondan fazla çöp toplanmış ve toplanan çöplerin miktarlarına ve türlerine göre veri kayıtları oluşturulmuştur. Yerel yönetimler, özellikle balıkçılık sezonunda ticari balıkçılık yapan trol, gırgır ve uzatma ağı teknelerde çalışanlar ve amatör balıkçılar ile bir araya gelerek uygulama gerçekleştirmişler ve çalışma başarı ile sonuçlanmış, ayrıca farkındalık artırıcı bir etkisi olmuştur. Çalışma başarı sonuçlanmış ve farkındalık artırıcı bir etkisi olmuştur. Proje birçok medya organının ilgisini uyandırmış ve birçok televizyon kanalında belgesel olarak yayınlanmıştır. (MARLISCO, 2014).

Bizlere düşen görevde buna benzer çalışmalar gerçekleştirerek sadece bölgesel boyutta değil ulusal boyutta da deniz çöplerinin kirliliğini ve olumsuz etkilerini belirlemek üzere çalışmalar yürütmektir. Gerçekleştirilen deniz temizliği faaliyetleri ve gelecek yıllarda da devam ettirmeyi planladığımız deniz ve kıyı temizliği çalışmaları ile öncelikle insan kaynaklı atıkların ve çöplerin doğal kaynaklarımıza ulaşmasının azaltılması, sonrasında ise denizden çıkan çöplerin geri dönüşüme kazandırılması gerekmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada; deniz ve kıyı temizliği çalışmaları ile öncelikle insan kaynaklı atıkların ve çöplerin doğal kaynaklara ulaşımının doğuracağı tahribatın farkındalığını oluşturulup, toplumu deniz kirliliği konusunda bilinçlendirmek hedeflenirken, aynı zamanda deniz çöplerinin yoğunluğunu en aza indirmeye hedefine ulaşılarak, deniz kirliliğine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır. Temiz kıyılarımız ve denizlerimiz için "Deniz ve Kıyı Temizliği Etkinlikleri"nin daha fazla katılımcı ile daha geniş alanlarda düzenlenmesi ile denizel

kirliliğin azaltılması gerekliliğine dikkat çekilmesi hedeflenmiş ve gerçekleştirilen mevcut çalışmanın daha sonra yapılacak araştırmalar içinde kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya verdikleri desteklerden dolayı GESTAŞ; Çanakkale Liman Başkanlığı; Sahil Güvenlik Komutanlığı; Çanakkale Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü; Çanakkale Deniz Polisi; Çanakkale Balıkadamlar Dalış ve Eğitim Merkezi; Eftelya Dina Denizcilik, Osman ODABAŞI ve Umut TUNCER'e teşekkür ederiz. Çalışma, Ulusal Sualtı Bilimsel Araştırma ve Değerleri Sempozyumu'nda poster bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Anonim. (1973).** Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme (MARPOL 73/78). Resmi Gazete. 24/6/1990. Sayı:120558.
- Anonim. (1983).** 2872 sayılı Çevre Kanunu. 5, (22). 499. Resmi Gazete. 1/8/1983. Sayı:18132.
- Anonim. (1984).** Bern Sözleşmesi. Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Doğal Yaşama Ortamlarının Korunması Sözleşmesi. Resmi Gazete. 20/2/1984. Sayı:18318
- Anonim. (1992).** Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi. 4-55. Resmi Gazete, 27/112/1996. Sayı:22860.
- Ahmadi, A., Moore, F., Keshavarzi, B., Soltani, N. & Sorooshian, A. (2022).** Potentially toxic elements and microplastics in muscle tissues of different marine species from the Persian Gulf: levels, associated risks, and trophic transfer. *Marine Pollution Bulletin*, **175**, 113283.
- Akbulut, M., Odabaşı, S.S., Odabaşı, D.A. & Çelik, E.Ş. (2006).** Çanakkale İli'nin önemli içsuları ve kirlenici kaynakları. *Su Ürünleri Dergisi*, **23**(1), 9-15.
- Alkalay, R., Pasternak, G. & Zask, A. (2007).** Clean-coast index-A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean and Coastal Management*, **50**(5-6), 352-362.
- Alpay, C.G. (2015).** *Büyükşehir Belediyeleri deniz kirliliği önleme çalışmaları ve öneriler*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye, 172s.
- Anfuso, G., Lynch, K., Williams, A.T., Perales, J.A., Pereira da Silva, C., Nogueira Mendes, R., Maanan, M., Pretti, C., Pranzini, E., Winter, C., Verdejo, E., Ferreira, M. & Veiga, J. (2015).** Comments on marine litter in oceans, seas and beaches: characteristics and impacts. *Annals of Marine Biology and Research*, **2**(1), 1008.
- Bertrand, J., Souplet, A., Gil de Soula, L., Relini, G. & Politou, C.Y. (2007).** International bottom trawl survey in the Mediterranean (Medit), Instruction manual, Version 5. pp. 62. Erişim tarihi: 20 Eylül 2022, http://www.sibm.it/SITO%20MEDITs/file.doc/MeditS- Handbook_V5-2007.pdf.
- Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., ... & Rochman, C. M. (2020).** Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, **369**(6510), 1515-1518.
- Chan, H.S.H., Dingle, C. & Not, C. (2019).** Evidence for non-selective ingestion of microplastic in demersal fish. *Marine Pollution Bulletin*, **149**, 110523.
- Cózar, A., Echevarria, F., González-Gordillo, J.L., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., ... & Duarte, C.M. (2014).** Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **111**(28), 10239-10244.
- Cressey, D. (2016).** The plastic ocean. *Nature*, **536**(7616), 263-265.
- Doğan-Sağlamtimur, N. & Subaşı, E. (2018).** Dünya ve Türkiye'de gemilerden kaynaklanan deniz kirliliği ve atık kabul tesisleri: Genel perspektif, yönetim ve öneriler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **24**(3), 481-493.
- Erdem, A. (2019).** *Gemilerde bulunan sintine ve balans sularının ekosisteme verdikleri zararı önlemek ve içerisinde bulundukları petrol türevli atıkların ikincil üretime kazandırılması üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Çanakkale, Türkiye, 45s.
- Eriksen, M., Thiel, M. & Lebreton, L. (2019).** Nature of plastic marine pollution in the subtropical gyres. *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment*, 135-162.
- Gall, S.C. & Thompson, R.C. (2015).** The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, **92**(1-2), 170-179.
- Güngören, Z. & Başaran, A. (2021).** Urla (İzmir/Türkiye) kumsallarında deniz çöplerinin mevsimsel olarak araştırılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**(1), 53-61.
- Khoshmanesh, M., Sanati, A.M. & Ramavandi, B. (2023).** Co-occurrence of microplastics and organic/inorganic contaminants in organisms

- living in aquatic ecosystems: A review. *Marine Pollution Bulletin*, **187**, 114563.
- Islam, M.S. & Tanaka, M. (2004).** Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, **48**(7-8), 624-649.
- MARLISCO. (2014).** Deniz Çöpünün Azaltılması için MARLISCO Rehberi: İlham Al ve En İyi Uygulamalar Sayesinde Yenilikçi Ol. *Avrupa Denizleri'ndeki Deniz Çöpleri: Sosyal Farkındalık ve Ortak Sorumluluk Projesi, Isotech*, 36 s.
- Mishra, S., Charan Rath, C. & Das, A.P. (2019).** Marine microfiber pollution: a review on present status and future challenges. *Marine Pollution Bulletin*, **140**, 188-197.
- Mendoza, L.M.R., Karapanagioti, H. & Álvarez, N.R. (2018).** Micro (nanoplastics) in the marine environment: Current knowledge and gaps. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, **1**, 47-51.
- Moncheva, S., Stefanova, K., Krastev, A., Apostolov, A., Bat, L., Sezgin, M., Sahin, F. & Timofte, F. (2016).** Marine litter quantification in the Black Sea: A pilot assessment, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **16**, 213-218.
- Samsunlu, A. (1995).** *Deniz kirliliği ve kontrolü*. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları. İstanbul, Türkiye, 192s.
- Stanton, T., Kay, P., Johnson, M., Chan, F.K.S., Gomes, R.L., Hughes, J., William, M., Harriet, G.O., Colin, E.S., Mark, T., Jason, W., Harvey, W. & Xu, Y. (2021).** It's the product not the polymer: Rethinking plastic pollution. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, **8**(1), e1490.
- Tunçer, S., Artüz, O.B., Demirkol, M. & Artüz, M.L. (2018).** First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, **135**, 283-289.
- UDHB. (2016).** Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. 1978 Protokolü ile Değişik, 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme (MARPOL 73/78). <http://imo.udhb.gov.tr/TR/19Marpol.aspx>, Erişim Tarihi: 16.02.2016.
- UNEP. (2009).** United Nations Environment Programme; Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jetic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wencker, B., Westphalen, G. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xii + 120 pp.
- UNEP. (2016).** Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change, *United Nations Environment Programme*, Nairobi, 274 p.
- Wootton, N., Nursey-Bray, M., Reis-Santos, P. & Gillanders, B.M. (2022).** Perceptions of plastic pollution in a prominent fishery: Building strategies to inform management. *Marine Policy*, **135**, 104846.
- Veiga, J.M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S., Galgani, F., Thompson, R.C., Dagevos, J., Gago, J., Sobral, P. & Cronin, R. (2016).** Identifying Sources of Marine Litter, MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report, *JRC Technical Report*, EUR 28309, 41 p.
- Yurtsever, M. (2019).** Nano-ve mikroplastik'lerin insan sağlığı ve ekosistem üzerindeki olası etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **5**(2), 17-24.
- Zilifli, A. & Tunçer, S. (2021).** Investigation of microplastic pollution along the Dalyan-Iztuzu (Eastern Mediterranean) Coastline. *Journal Home-Page*, **4**(2), 107-115.



Marmara Denizi'nde (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) Kaybolan Av Araçlarının Tespitine Yönelik Çalışma

Fulden UÇAR¹ Alkan ÖZTEKİN^{2*}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Terzioğlu Yerleşkesi 170020 Merkez/Çanakkale/Türkiye
²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Terzioğlu Yerleşkesi, 170020 Merkez/Çanakkale/Türkiye

Geliş/Received: 02.01.2023

Kabul/Accepted: 08.06.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Uçar, F. & Öztekin, A. (2023). Marmara Denizi'nde (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) Kaybolan Av Araçlarının Tespitine Yönelik Çalışma. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 787-794. <https://doi.org/10.35229/jaes.1228180>

How to cite: Uçar, F. & Öztekin, A. (2023). Study for the Detection of Ghost Nets in the Sea of Marmara (Kapıdağ Peninsula and Islands Region). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 787-794. <https://doi.org/10.35229/jaes.1228180>

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-3914-9788>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4304-2684>

***Sorumlu yazarın:**

Alkan ÖZTEKİN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz
Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Çanakkale,
Türkiye.
✉: alkanoztekin@comu.edu.tr

Öz: Bu çalışma Marmara Denizi'nde (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) hayalet ağların yerini ve miktarını belirlemek ve uygun dalış limitleri içerisindeki kaybolan av araçlarını çıkarmak için gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, bölgede faaliyet gösteren balıkçılar ve balıkçı kooperatifi başkanları ile 168 adet anket yapılmıştır. 51 balıkçı tarafından kaybolan ağların yerleri ile ilgili geri dönüş alınmıştır. Dalışa uygun 10 istasyonda 32 dalış operasyonu gerçekleştirilmiş olup, toplam 20 saat dip zamanı harcanmış ve 46,200 m² alan taranarak, 1 adet trol takımı, 1 adet algarna takımı, 18,500 m² gırgır ağı, 200m uzatma ağı, 2 adet paragat takımı, 8 adet gemi çapası, 500m marya ağı, 1 adet ahtapot oltası ve parça uzatma ağları ile olta iğneleri çıkarılmıştır. Anket sonuçları değerlendirildiğinde, dalış yapılarak çıkarılan bu av araçlarının Marmara Denizi'nde (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) kaybolan av araçlarının sadece %1'lik kısmı olduğu tahmin edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dalış, hayalet ağlar, kapıdağ yarımadası, marmara denizi, balıkçılık, denizel kirlenme.

Study for the Detection of Ghost Nets in the Sea of Marmara (Kapıdağ Peninsula and Islands Region)

Abstract: This study was carried out in the Marmara Sea (Kapıdağ Peninsula and Islands Region) to determine the location and amount of ghost nets and to find lost fishing gear within the appropriate diving limits. For this purpose, 168 surveys were conducted with the fishermen and the heads of fishermen's cooperatives operating in the region, and feedback was received from 51 of them regarding the locations of the lost nets. 32 dive operations were carried out at 10 stations suitable for diving, a total of 20 hours of bottom time was spent and 46.200 m² area was swept, 1 trawl net, 1 beam trawl, 18.500 m² purse seine net, 200 meters gillnets, 2 longlines, 8 ship anchors, 500 m trammel nets (marya nets), 1 octopus fishing rod and piece extension nets and fishing hooks were removed. When the results of the survey were evaluated, it was estimated that these fishing gears, which were removed by diving, are only 1% of the lost fishing gear in the Marmara Sea. (Kapıdağ Peninsula and Islands Region)

***Corresponding author's:**

Alkan ÖZTEKİN
Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty
of Marine Sciences and Technology,
Çanakkale, Türkiye
✉: alkanoztekin@comu.edu.tr

Keywords: Diving, ghost nets, kapıdağ peninsula, sea of marmara, fishing, marine pollution.

GİRİŞ

Marmara Denizi yüzeyde Karadeniz kökenli sular ile dipte Akdeniz kökenli suların etkisi altında kalan, sıcaklık ve tuzluluk itibarıyla birçok balık türü için uygun yaşama

alanıdır (Ardel, 1975). İlkbahar ve sonbahar dönemlerinde, Ege ve Karadeniz arasında göç eden pelajik balıkların geçiş noktası olan boğazlar sistemi ile avcılık açısından en zengin

¹ Bu çalışma Fulden UÇAR'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by Fulden UÇAR.

denizlerimizden biridir (Öztürk & Öztürk, 1996). Marmara Denizi (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) kıyı şeridi dip yapısı olarak yoğun kayalık alanlara sahiptir. Kıyı balıkçılığında kullanılan av araçlarının çalışma alanı da bu bölgelerdir. Bu bölgelerde kullanılan av araçlarının kaybolma ihtimali her zaman mevcuttur. Kayıp av araçları özellikle deniz dibi kirlilik tiplerinin en tehlikelidir. (Laist, 1995). Uzatma ağları gibi pasif av araçları, kaybolduktan sonra yıllarca avlanmaya devam ederek hesaplanamayan balıkçılık ölümlerine neden olabilir (Chopin vd., 1996, Tschernij & Larsson, 2002). Av araçlarının kaybolduktan sonra avcılık yapmaya devam ettiğine yönelik bulgular ilk olarak Amerika’da tuzaklar üzerinde elde edilmiştir (Demory, 1971). Çözüm olarak ise tuzakların dizaynlarında modifikasyonlara gidilmiş ve kaçış panelleri konularak hayalet avcılık arasındaki ilişkisine bakılmıştır (Pecci vd., 1978; Smolowitz, 1978a; Smolowitz, 1978b). Daha sonraki yıllarda ise uzatma ağlarında, kayıp miktarları ve nedenlerine yönelik çalışmalar sürdürülmüştür (Way, 1977; High, 1985; Carr vd., 1985). Uzatma ağlarında hayalet avcılığı engellemeye yönelik ilk çalışmalar ise 1980’lerin ortalarında başlamıştır (Way, 1977; Barney, 1984; Carr vd., 1985). Hayalet ağların avcılığının devam etmesinde en önemli fonksiyonun ağın yüksekliği ile ağın görünürlüğünün olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Carr vd., 1992, Erzini vd., 1997). Hayalet ağlar sadece balıkçılık faaliyetleri için değil aynı zamanda resif alanları ve batıklar içinde önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu sebeple dalış turizmi içinde hayalet ağlar ciddi bir problemdir. Kayıp av araçlarının miktarları hakkında tam bir veri bulunmamaktadır. Ancak, birçok bilim insanı tarafından bölgesel olarak kayıp miktarları verilmiştir. Newfoundland’da her yıl 5000 m (Fosnaes, 1975), 1982-1992 yılları arasında Kanada’nın Atlantik kıyısında 80,000 m (Anonim, 2001), İspanya’nın Cantabrian Bölgesi’nde ise her yıl 3700 m uzatma ağının kaybolduğu rapor edilmiştir. Ülkemiz de bu konu üzerine çok az çalışma mevcuttur. İzmir Körfezi’nde hayalet avcılığa neden olan kayıp uzatma ağı miktarı 2002 yılı için 200-280 km olarak belirtilmiştir (Ayaz vd., 2004). Dünya Tarım Örgütü (FAO) hayalet avcılığı, balıkçılık endüstrisini olumsuz yönde etkileyen bir faktör olarak açıklamış; seçiciliği düşük av araçları, hedef dışı av, habitatların yok edilmesi gibi sorunlarla aynı kategori içerisine almış ve kaybolan ağların tekrar bulunmasını önermiştir (FAO, 1995). Bu çalışma da ise sade ve fanyalı uzatma ağı, algarna, trol, gırgır, sepet, olta ve paragat takımları gibi bir çok av aracının kullanıldığı Marmara Denizi’nde (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) kaybolan av araçlarının miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, kaybolan av araçlarının neden olduğu avcılık olayı olarak adlandırılan “Hayalet Avcılık kapsamında müsait durum da olan hayalet ağların çıkarılması da çalışmanın diğer önemli çıktıları olacaktır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma, Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi’nde (Marmara Denizi) balıkçılık yapan teknelerin son 5 yıl içinde kaybettikleri av araçlarının miktarını ve yerlerini belirlemek için Nisan 2021-Agustos 2022 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Bölge balıkçıları ve balıkçı kooperatifi başkanları ile 21 balıkçı barınağında anket çalışması yapılmıştır (Tablo1).

Tablo 1. Kapıdağ Yarımadası ve Marmara Adası balıkçı barınaklarının listesi (TOB,2021).

BALIKÇI BARINAKLARI	
1	Balıkesir Bandırma Balıkçı Barınağı
2	Balıkesir Bandırma Dutlimanı Köyü Barınma Yeri
3	Balıkesir Bandırma Sahil Yenice Barınma Yeri
4	Balıkesir Erdek Aşağı Yapıcı Barınma Yeri
5	Balıkesir Erdek Çakıl Köyü Balıkçı Barınağı
6	Balıkesir Erdek Doğanlar Balıkçı Barınağı
7	Balıkesir Erdek Balıkçı Barınağı
8	Balıkesir Erdek İlhan Balıkçı Barınağı
9	Balıkesir Erdek Karşıyaka Balıkçı Barınağı
10	Balıkesir Erdek Kestanelik Balıkçı Barınağı
11	Balıkesir Erdek Narlı Barınma Yeri
12	Balıkesir Erdek Ocaklar Barınma Yeri
13	Balıkesir Erdek Şahinburgaz (Çayağzı) Barınma Yeri
14	Balıkesir Erdek Tathısu Barınma Yeri
15	Balıkesir Erdek Turan Barınma Yeri
16	Balıkesir Marmara Adası Asmalı Köyü Barınma Yeri
17	Balıkesir Marmara Adası Çınarlı Barınma Yeri
18	Balıkesir Marmara Adası Barınma Yeri
19	Balıkesir Marmara Adası Saraylar Beldesi Barınma Yeri
20	Balıkesir Marmara Adası Topağaç Köyü Barınma Yeri
21	Balıkesir Marmara Adası Yiğitler Balıkçı Barınağı

Anket yapılan yerlerde ilk önce çalışma ve kayıp av araçlarının etkileri hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Balıkçılara kullanılan av araçlarının türleri, miktarları, nasıl ve nerede kaybettikleri gibi sorular yöneltilmiştir. Balıkçılar ile gerçekleştirilen anketler neticesinde kaybolan ağların yer tespiti balıkçıların beyanatları doğrultusunda belirlenen 10 temel noktada, dalışlar gerçekleştirilmiş ve zeminin kayalık olduğu Karşıyaka- Çakıl arası ile Marmara Adası çevresinde yoğunluk kazanmıştır (Şekil 1). Hayalet ağları arama ve denizden çıkarmak için R/V ÇOMÜ-1 teknesi kullanılmıştır. İlk olarak hayalet ağları arama faaliyetlerinde ROV cihazı kullanılmış ancak bölge de özellikle müsaj sonrası görüşün kötü olmasından dolayı dalgıçlar ile ağların tespitine devam edilmiştir.

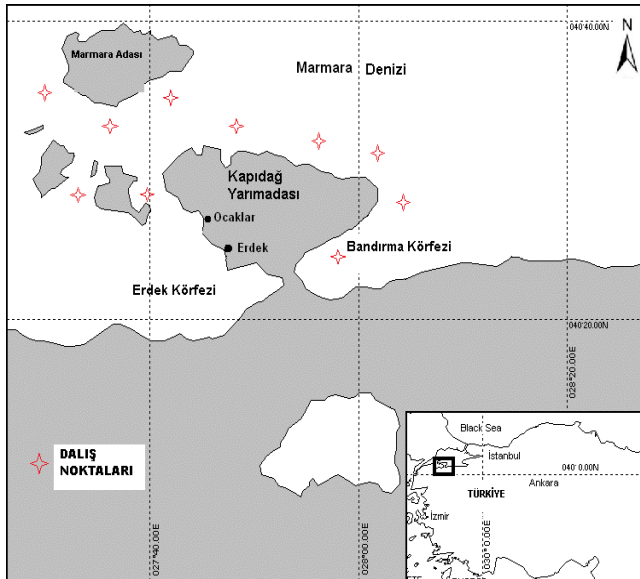
Hayalet ağları arama ve denizden çıkarmak için dalgıçlar 2, 3 ve 4’lü gruplar halinde dalışlar gerçekleştirmiştir. Her grubun yaptığı dalış, 1 dalış operasyonu olarak sayılmıştır. Dalgıçların bölgede taradıkları alanlar, bir operasyonda dalan kişi sayısı ile bir dalgıcın taradığı alan çarpılarak hesaplanmıştır. Çalışma yöntemi olarak, belirlenen 10 istasyonda, hayalet ağları arama ve çıkarma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Dalışlar aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Dalış yapılacak noktalarda, Birleşmiş Milletler Çevre programına (UNEP, 2009) uygun

olarak, 2-5 metre aralıklar ile dalgıçlar dizilmiştir (Görüş mesafesine göre dalgıçların arasındaki mesafe değişim göstermektedir).

Dalgıçların belirlenen alanda taradıkları alan = Dalgıç sayısı x Dalgıcın taradığı alan

Dalgıcın taradığı alan = (Dalgıçların arasındaki mesafe x Su altında gidilen mesafe) ile tespit edilmiştir.

Sualtı incelemeleri sırasında hayalet ağlar ve av araçları ilk olarak su altı kameraları ile görüntülenmiştir. Hayalet ağların küçük boyutta olanları, eldiven ile dalgıçlar tarafından çuvalara toplanmıştır. Çuvala alınamayan daha büyük boyuttaki av araçları ise kaldırma balonu kullanılarak su üstüne çıkarılmış ve tekneye alınmıştır. Çok daha büyük boyuttaki av araçları ise dalgıçlar tarafından takıldıkları yerden kurtarılmış ve markalandıktan sonra teknedeki ırgat yardımı ile karaya alınmaları sağlanmıştır. Toplama tamamlandıktan sonra, tekneye alınan hayalet ağların üzerindeki canlılar denize geri salınmıştır. Çıkarılan av araçlarının ölçümleri yapılarak miktarları belirlenmiştir.

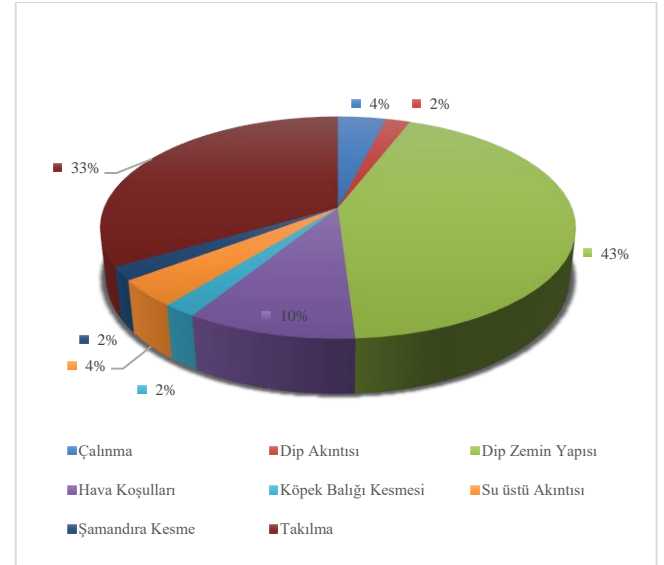


Şekil 1. Çalışma alanı.
Figure 1. Study area.

BULGULAR

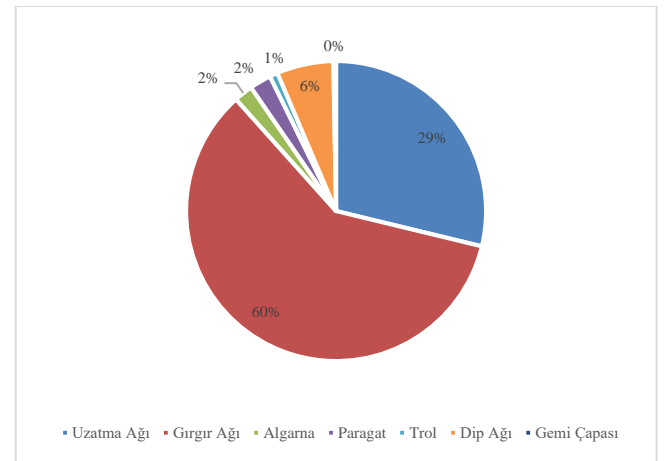
Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi'nde (Marmara Denizi) dahilindeki 21 balıkçı barınağında 880 adet su ürünleri avcılığı yapan tekne belirlenmiş ve toplamda 168 balıkçı ile anket yapılmıştır. Kaybolan ağların yerleri ile ilgili 51 balıkçıdan veri elde edilmiştir. Ayrıca Kapıdağ Yarımadası çevresinde 3, Marmara Adası civarında 2 dalgıç ile kayıp ağların yerini belirlemek için görüşmeler yapılmıştır. Bu dalgıçlar bazı dalışlara eşlik ederek ağların tespit edilmesine yardımcı olmuşlardır. Anket sonuçlarına göre kaybolan av araçlarının kayıp nedenleri olarak ilk sırada %43'lük oranla takımların atıldığı bölgenin zemin yapısı gelmektedir. Bunu % 33 ile av araçlarının takılması, % 10'luk oran ile hava koşulları, %4 çalınma ve su akıntısı,

%2 dip akıntısı, şamandıra kesme ve diğer deniz canlılarından kaynaklanan kayıplar takip etmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Kullanılan av araçlarının kaybolma nedenlerinin oransal dağılımı
Figure 2. Proportional distribution of the reasons for the disappearance of the catching gear used.

Yapılan anketlerde kaybedilen ağların miktarına ilişkin sorularda 325 (32,5 km) posta ağ, 8 adet paragat takımı, 7 adet algarna takımı, 3 adet trol takımı ve 1 adet gemi çapasının kaybolduğu ifade edilmiştir. En fazla kaybedilen av araçlarının başında ilk sırada %60'lık oranla gırgır ağları bulunmaktadır. Bunu sırayla, %29 uzatma ağları ve %6 ile dip ağları takip etmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Kaybolan av aracı ve ekipmanlarının oransal dağılımı.
Figure 3. Proportional distribution of lost fishing gear and equipment.

Anket sonuçlarına göre kayıp av aracı olma ihtimali olan 10 istasyonda (İlhan köy mevki, Dalyan mevki, Kurşunlu mevki, Çakıl Liman açığı, Çakıl Adalar mevki, Karşıyaka liman açığı, Ekinlik Adası, Hayırsız Ada, Marmara Adası, Marmara Adası Çınarlı mevki) 32 dalış operasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışma süresince denizden çıkarılan hayalet ağlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Dalış yapılan noktalar ve çıkarılan ekipmanlar

Table 2. Dive spots and removed equipment

Dalış Yapılan Bölgeler	Yapılan Dalış Operasyon Sayısı	Çıkarılan Ekipmanlar	Taranan Alan (m ²)
İlhanköy mevkii (22-24m)	4 Dalış	200 m uzatma ağı, 2 takım paragat	3200 m ²
Dalyan mevkii (32-34m)	3 Dalış	1 adet trol takımı, parça ağlar	1800 m ²
Kuşunlu mevkii (18-24m)	3 Dalış	700 m ² gırgır ağı, olta iğneleri	1800 m ²
Çakıl Liman açığı (25-27m)	2 Dalış	1 adet algarna, parça ağlar	3000 m ²
Çakıl Adalar mevkii (28-30m)	4 Dalış	6 adet gemi çapası, 1 adet ahtapot oltası,	4800 m ²
Karşıyaka Liman açığı (26-27m)	2 Dalış	6000 m ² gırgır ağı, parça ağlar ve olta iğneleri	2000 m ²
Ekinlik Adası (30-32m)	3 Dalış	800 m ² gırgır ağı, parça ağlar ve olta iğneleri	1500 m ²
Hayırsız Ada (18-22m)	4 Dalış	10,000 m ² gırgır ağı, parça ağlar	4000 m ²
Marmara Adası (24-27m)	3 Dalış	500 m marya ağı, 1 adet gemi çapası	8100 m ²
Marmara Adası (Çınarlı) (19-23m)	4 Dalış	1000 m ² gırgır ağı, 1 adet gemi çapası	16000 m ²
Toplam	32 Dalış	1 adet trol ağı, 1 adet algarna takımı, 18,500 m ² gırgır ağı, 200 m uzatma ağı, 2 adet paragat, 8 adet gemi çapası, 500 m marya ağı, 1 adet ahtapot oltası ve parça uzatma ağları ile olta iğneleri	46,200 m²

Çalışma boyunca 32 dalış operasyonu gerçekleştirilmiş olup, toplam 20 saat dip zamanı harcanmış ve 46,200 m² alan taranmıştır. Yapılan dalışlarda 18,500 m² gırgır ağı, 500 metre marya ağı, 200 metre uzatma ağı, 1 adet trol takımı, 1 adet algarna takımı, 2 adet paragat takımı, 1 adet ahtapot oltası ve 8 adet tekne çapası çıkarılmıştır (Şekil4,6). Anket sonuçları değerlendirildiğinde, dalış yapılarak çıkarılan bu av araçlarının Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi'nde kaybolan av araçlarının sadece % 1'lik kısmı olduğu tahmin edilmiştir.



Şekil 4. Marmara Adası Küçük İstavri mevkii 1000 m² gırgır ağı, 1 adet çapa.

Figure 4. Marmara Island Küçük İstavri locality 1000 square meters purse seine net, 1 anchor.



Şekil 5. Marmara Adası Kalınburun mevkii 500 m marya ağı, 1 adet çapa.

Figure 5. 500 meters long Trammel Nets (Marya Nets) in Marmara Island Kalınburun location, 1 anchor.



Şekil 6. Erdek-Çakıl açıklarında 1 adet algarna takımı.
Figure 6. 1 beam-trawl in the offshore of Erdek-Çakıl.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2021 yılında Marmara Denizi'nde görülen müsilaj sorunu ve akabinde yayımlanan Marmara Denizi Eylem Planının 18. Maddesi'ne istinaden, bölgede kaybolan ağların yerlerini tespit etmek, kullanılan balıkçılık takımları hakkında fikir edinmek ve bu takımların kaybolma nedenlerini belirlemek için balıkçılarla yapılan anket çalışmaları neticesinde istenmeyen ağ kayıplarının yaşandığı belirlenmiştir. Hayalet avcılığı etkileyen faktörleri araştıran çalışmalarla birlikte, ticari balıkçılıktaki kayıpların oranının ve sebeplerinin bilinmesi, hayalet avcılık etkisinin düzeyini belirlemekte oldukça önemlidir. Hayalet avcılık, deniz ve iç sularda artık önemli bir sorun haline gelmiştir. Problemin boyutunu tespit etmek ve gerekli önlemlerin alınması için kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. Öncelikle balıkçılık sahalarını ve bu sahaların farklı av aracına sahip kullanıcılarını dikkate alarak getirilecek düzenlemeler hayalet avcılık sorununu engelleme yönünde önemli bir adım olabilir. Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi yoğun barınak ve çekek yerlerinin bulunduğu bir bölgedir. Marmara Denizi zengin sucül kaynakları bulunan bir bölge olmasından dolayı birçok avcılık takımının kullanıldığı geniş bir balıkçılık bölgesi durumundadır.

Son 5 balıkçılık sezonunda Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi'nde toplam 32.500 m ağ, 8 adet paraketa takımı, 7 adet algarna takımı, 3 adet trol ve 1 adet gemi

çapasının kaybolduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalar da ise; 2002 yılında İzmir Körfezi'nde 200,000-280,000 m arasında uzatma ağının (Ayaz ve diğ. 2004), 2006-2007 yılları arasında İskenderun Körfezi'nde 226,000 m uzatma ağının (Taşlıel, 2008), 2007 yılında Gökova Özel Çevre Koruma alanında 3220 m uzatma ağı (Ayaz ve diğ. 2010), İstanbul kıyılarında 2008 yılında 229,48 km uzatma ağının kaybolduğu bildirilmiştir (Yıldız, 2010). Bu çalışma da Gökova dışında diğer bölgelere istinaden son 5 balıkçılık sezonu değerlendirilmesi yapıldığı için daha az ağ kaybı olduğu belirlenmiştir. Çalışma da en fazla kaybedilen av araçlarının başında ilk sırada %60'lık oranla gırgır ağları bulunmaktadır. Bunu sırayla, %29 uzatma ağları ve %6 ile dip ağları takip etmektedir. İstanbul kıyılarında yapılan benzer çalışmada ise en çok kaybedilen ağların başında % 54,73'lik oranla kalkan ağları gelmektedir (Yıldız, 2010). İzmir Körfezi'nde kaybolan dil ağlarının oranı % 78 ve barbun ağlarının oranı ise % 7 olarak belirtilmiştir (Ayaz ve diğ. 2004). Bu araştırma sonucunda bulunan gırgır ağlarındaki kayıp oranlarının fazlalığının sebebi olarak ülkemizdeki gırgır avcılığı yapan teknelerin bu bölgede yoğun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gökova Özel Çevre Koruma alanında 2007 balıkçılık sezonunda 198,000 m uzunluğunda paragat takımı (Ayaz ve diğ. 2010), İskenderun Körfezi'nde 2008 balıkçılık sezonunda 931,615 m paragat takımının kaybolduğu rapor edilmiştir (Taşlıel, 2008). İstanbul kıyılarında 2008 yılı için kayıp paragat uzunluğu 2700 m olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma da ise kayıp paragat uzunluğu 8000 m olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının (Yıldız, 2010)'nun çalışmasının sonuçlarına yakın olmasının nedeni, bu bölgelerde paragat avcılığının yoğun olarak yapılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bir çok av aracının kullanıldığı Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi ülkemizin balıkçılık filosunun büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu çalışmada bölgedeki av araçlarının kaybolma nedenleri incelendiğinde %43 dip yapısı, %33 takılma, %10 hava koşulları, %4 çalınma ve su akıntısı, %2 dip akıntısı, şamandıra kesme veya diğer deniz canlılarının kesmesi sonucu kaybolmaların gerçekleştiği görülmüştür. İzmir Körfezi'nde gerçekleşen bir çalışmada ise kaybolma sebeplerinin % 89'u av araçlarındaki çatışmalardan kaynaklandığı bildirilmiştir (Ayaz ve diğ. 2004). Ayaz ve diğ. (2010) Gökova Körfezi'nde av araçlarında kaybolmaların tamamının dip yapısından kaynaklandığını bildirmişlerdir. İstanbul kıyılarında yapılan bir çalışmada, %66,64 diğer av araçları ile çatışma, % 22,7 dip yapısı, % 7,9 diğer sektörlerle çatışma, % 1,5 kötü hava koşulları, % 0,42 çalınma, % 0,4 su akıntıları, %0,33 yunuslar ve %0,11 sebebi bilinmeyen kayıplardan kaynaklandığı bildirilmiştir (Yıldız, 2010). Genel olarak av araçlarının çatışması ve dip yapısına bağlı takılmalar

kaybolma nedenlerinin başında gelmektedir. Kaybolmalarının sebebi bölgeye ve şartlara göre değişmektedir. Örneğin bu çalışma da en çok gırgır ağlarının en fazla dip yapısından kaynaklı kaybolmasının nedeni büyük balıkçı teknelerinin bu bölge de limanlaması, bölgenin coğrafik yapısına bağlı olarak denetimlerin zorluğu ile gırgır, algarna ve kaçak trol avcılığı etkiliyken, balıkçılık sahasının az ve nüfusun yoğunluğunun fazla olduğu İzmir Körfezi ve İstanbul kıyılarındaki çalışmalarda diğer sektörler ve av araçları ile çatışma av araçlarının kaybolma sebebi olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada kaybolan av araçlarının önemli bir kısmını gırgır ağları oluşturmaktadır. Türkiye'de gırgır ağlarının derinliği 164 metre (90 kulaç) olarak belirlenmiştir (Anonim, 2020). Karadeniz'de, 1 Eylül - 15 Aralık tarihleri arasında kıydan itibaren 18 metre derinlikten, 16 Aralık - 14 Nisan tarihleri arasında 24 metre derinlikten, diğer denizlerimizde ise dönem boyunca kıydan itibaren 24 metre derinlikten sığ sulara gırgır ağları ile avcılık yapılması yasaktır (Anonim, 2020). Ancak Avrupa Birliği'nin EC 1967/2006 sayılı, 50 m'den daha sığ alanlarda gırgır avcılığının yapılması yasaktır (EC, 2006). Çalışma da anket sonuçları değerlendirildiğinde, dalış yapılarak çıkarılan av araçlarının Marmara Denizi'nde (Kapıdağ Yarımadası ve Adalar Bölgesi) kaybolan av araçlarının sadece %1'lik kısmı olduğu tahmin edilmiştir. (Laist, 1995) çalışmasında ise dünya genelinde toplam kaybolan uzatma ağlarının miktarını yılda % 1 civarında olduğunu belirtmiştir. Çıkarılan av araçları içerisinde kaybolan av araçlarındaki gibi gırgır ağları çoğunluğu oluşturmaktadır. Gırgır ağlarının bazıları yasal sınır olan 24 m ya da altındaki derinliklerden çıkarılmıştır. Diğer taraftan Zengin ve Mutlu (2000) tarafından yapılan çalışmaya göre gırgır tekneleri "fotosentetik zonu" oluşturan biyolojik çeşitliliğin fazla olduğu kıyı sularında avlandıkları için, derinlikleri 150 m'yi aşan gırgır ağlarının avcılık esnasında zemini taradıkları için hedef türlerin yanında diğer demersal canlılarada zarar verdiği belirtilmiştir. Bu durum ise AB'nin EC 1967/2006 sayılı konsey yönetmeliğinin kararına ülkemizde uyma gerekliliğini göstermektedir. Avcılıkta kullanılan av araçlarının kaybolmalarını önlemek ve bu av araçlarının avcılığa devam etmesini engellemek için yapılan araştırmalarda, ilk olarak av aracının uygun şekilde işaretlenmeleri önerilmiştir. Güney Kore ve Kanada'da av araçlarının markalanmaları konusunda balıkçılık yönetim düzenlemeleri mevcuttur (DFO, 1993; UNEP, 2007). Ülkemizde de 2022-2023 av sezonunda Tarım ve Orman Bakanlığının sürdürülebilir ve izlenebilir balıkçılık politikası kapsamında uygulamaya alınan ve "Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığında Kullanılan Av Araçlarının Markalanması Talimatı" çerçevesinde markalama işlemlerine geçilmiştir. Markalama çalışmalarının

ülkemizdeki hayalet ağlar sürecine ne şekilde etki ettiğine bakılması büyük önem arz etmektedir. Başka bir yöntem ise deniz dibi haritalarının balıkçı teknelerinde kullanılması ile bozuk zeminlerde kaybolmaların önüne geçilecektir. (Macfadyen vd, 2009). Av araçlarının çatışmalarını önlemek için sektörler arasında gerçekleşen anlaşmalar ile çözüme ulaşıldığına yönelik bulgular vardır. Bunlardan birisi Fransız trolcülerini ve İngiliz uzatma ağcılarını arasında gerçekleşen anlaşmadır (Woodhatch ve Crean, 1999). Diğer avcılık takımları ile çatışmaları engellemek ve kayıp uzatma ağlarını azaltmak için yapılan diğer bir yöntem de, kapalı alanlar oluşturmaktır. Manş Denizi'nde trol avcılığı ve yengeç tuzaklarında farklı dönem ve farklı sezon uygulayarak av araçlarındaki çatışmalar önlenmektedir (Kaiser vd, 1996). Japonya'da kullanılan uzatma ağlarındaki kaybolmaları önlemek için ağların şamandıra kısımlarına ışık ve radar reflektörü konulması zorunluluğu bulunmaktadır (Breen, 1990). Ülkemizdeki ağ şamadıraları içinde aynı uygulama yapılmaktadır. Benzer kanun ve uygulamalar getirililerek av araçlarının kaybolmasının en aza indirileceği düşünülmektedir. Kayıp av araçlarının avcılığa devam etmesini engellemek için yapılan çalışmaların başında, kaybolan tuzaklarda kullanılan zamana bağlı kaçış düzenekleri bulunmaktadır. Amerika ve Kanada balıkçılık yönetimi, bu düzeneklerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir (DFO, 2007; Matthews ve Donahue, 1996). Tuzaklarda kullanılan diğer bir yöntem ise av aracının herhangi bir yerinin biyolojik olarak parçalanabilir iplikler ile yapılmasıdır. Swarbirk ve Arkley (2002), Carr ve diğ. (1992) uzatma ağlarında biyolojik olarak parçalanabilir düzeneklerin kullanılmasını önermiştir. Köpekbalığı ve vatoz türlerini hayalet ağlardan uzak tutmak için ağlara küçük mıknaşlar takılabilir. Ağlara bağlanabilen küçük akustik su altı konum belirleyiciler sayesinde kaybolan ağların yerleri işaretlenebilir. Hayalet ağlar ile ilgili bir çok fikir ve çözüm önerisi olmasına rağmen süreç çok masraflı ve uğraştırıcı olduğundan bu konuya gereken önem verilmemektedir. Su altında kaybolan avcılık takımlarının yerlerinin tespiti ve geri çıkarılması için 1983 yılından itibaren Norveç'te (Kolle vd, 2004), 1999 yılından itibaren Havaii Adalarında çalışmalar düzenli olarak gerçekleştirilmiştir (Donohue, 2001). 2005 ve 2006 yılları arasında İrlanda'da, 2002-2006 yılları arasında Polonya, İsveç ve Baltık Denizi'nde, 1995 yılında Greenland'da çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Rihan vd, 2006). Ülkemizde son olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 19 farklı ilde su altındaki kayıp av araçlarının geri çıkarılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır (TOB, 2021). Hayalet ağ sorunu tamamen önlenemese de, buna sebep olan unsurların bazılarının önüne geçilebilir. Ağlar için bir depozitolu geri iade sistemi oluşturulabilir. Ancak sadece balıkçılar değil bölge halkının da bilinçlendirilmesi ve farkındalık oluşturulması

için eğitim seminerleri veya fotoğraf sergileri açılarak hayalet ağların denizlerimiz ve deniz canlılarımız için ne kadar zararlı olduğu anlatılmalıdır. Ayrıca bu kaybolan ağların tespit edilmesinin ve denizlerden toplanmasının ne kadar gerekli olduğuna dikkat çekilerek bu konuya ilişkin proje ve çalışmalara önem verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Anket çalışmalarına katılan balıkçılara ve kooperatif başkanlarına, dalgıç olarak çalışmalarımıza destek sağlayan Adnan AYAZ, Uğur ALTINAĞAÇ, İ.Burak DABAN, Yusuf ŞEN, G.Erman UĞUR, Tekin DEMİRKIRAN, Osman ODABAŞI, Umut TUNCER, Talip İBİN, Uğur ÖZEKİNCİ, Mehmet HEZER, Ahmet TANER ve Haluk KIZMAZ ile Balıkesir Büyükşehir Belediyesi, Kırsal Hizmetler Daire Başkanlığı, Hayvansal Üretim ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü'ne, Balıkesir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Balıkçılık ve Su Ürünleri Şubesi'ne teşekkür ederiz. Bu çalışma Fulden UÇAR'ın yüksek lisans tezinin bir kısmını içermektedir. Ayrıca, Ulusal Sualtı Bilimsel Araştırma ve Değerleri Sempozyumu'nda poster bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2001).** The gill net: a controversial fishing gear requires responsible fishermen. FDP Project No. 260. Fisheries and Oceans Canada, *Fisheries Management Sector*, 10s.
- Anonim. (2020).** Ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen 5/1 numaralı tebliğ, Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara, (2020/20).
- Ardel, A. (1975).** *Hidrografiya, Okyanuslar ve Denizler*, İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Fakültesi, Yay., No: 19.
- Ayaz, A., Ünal, V. & Özekinci, U. (2004).** İzmir Körfezinde Hayalet Avcılığa Neden Olan Kayıp Uzatma Ağı Miktarının Tespitine Yönelik Bir Araştırma, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 211-2), 35-38
- Ayaz, A., Unal, V., Acarlı D. & Altınağaç, U., (2010).** Fishing gear losses in the Gökova Special Environmental Protection Area (SEPA), Eastern Mediterranean, Turkey, *J. Appl. Ichthyol.*, 1-4.
- Barney, W. (1984).** Lost gillnet retrieval project 1983-1984, *Fisheries and Oceans, Fisheries Development Branch*, Newfoundland Region, FDB-1983-84-26, Newfoundland, Canada.
- Breen, P.A. (1990).** A review of ghost fishing by traps and gillnets. In: Shomuro RS, Godfrey ML (eds) *Proceedings of the Second International*

- Conference on Marine Debris, 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii. US Dept Commerce, NOAA tech Memo NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC, 154: 571-599pp.
- Carr, H. A., Amaral, E.H., Hulbert, A.W. & Cooper, R. (1985).** Underwater survey of simulated lost demersal and lost commercial gillnets off New England, Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris, 26-29.
- Carr, H.A., Blott, A.J. & Caruso, P.G. (1992).** A study of ghost gillnets in the inshore waters of southern New England, Proceedings of the MTS '92: Global Ocean Partnership, *Marine Technology Society*, Washington, DC, 361-367.
- Chopin, F., Inoue, Y., Matsushita, Y. & Arimoto, T. (1996).** Sources of accounted and unaccounted fishing mortality. In: Baxter B., Keller S. (eds) Solving bycatch: considerations for today and tomorrow. Proceedings of the Solving Bycatch Workshop, *University of Alaska Sea Grant Program Report No. 96-03*, 41-47.
- Demory, D. (1971).** Abandoned crab pots near Cannon Beach, Oregon, Fish Comm. Oregon, Res. Div., Shellfish Invest. *Inf. Rep.*, **70** (6), 1-5.
- DFO. (1993).** Fishery (General) Regulations (SOR/93-53), Department of Fisheries and Oceans, Canada.
- DFO, (2007).** Pacific region recreational fishing-recreational fishing gear, Department of Fisheries and Oceans, Canada.
- Donohue, M.J., Boland, R.C., Sramek, C.M. & Antonelis, G.A. (2001).** Derelict fishing gear in the North-western Hawaiian Islands: Diving surveys and debris removal in 1999 confirm threat to coral reef ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, **42**(12), 1301-1312.
- EC, (2006).** Commission Regulation 1967/2006 of laying down detailed rules for the marking and identification of passive and active fishing gear and beam trawls.
- Erzini, K., Monteiro, C.C., Ribeiro, J., Santos, M.N., Gaspar, M., Monteiro, P. & Borges, T.C. (1997).** An experimental study of gillnet and trammel Net “ghost fishing” off the Algarve (southern Portugal), *Marine Ecology Progress Series*, **158**, 257-265.
- FAO. (1995).** Catalogue of small-scale fishing gear, London, 191s.
- Fosnaes, T. (1975).** Newfoundland cold war over use of gill nets, *Fishing News International*, **14**(6), 40-43.
- High, W.L. (1985).** Some consequences of lost fishing gear, *Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris*, 26–29 Kasım 1984,
- Öztürk, B. & Öztürk, A.A. (1996).** On the biology of the Turkish strait system, *Bulletin de l'Institut oceanographique*, **17**, 205-221.
- Kaiser, M.J., Bullimore, B., Newman, P., Lock, K., Gilbert, S. (1996).** Catches in ghost fishing set nets, *Marine Ecology Progress Series*, **145**, 11–16.
- Kolle, J., Olsen, V.J. & Hareide, N.R. (2004).** The Norwegian Retrieval Survey for lost Gillnets 2004, Cruise report from The Norwegian Directorate of Fisheries, 7.
- Laist, D.W. (1995).** Marine debris entanglement and ghost fishing: a cryptic and significant type of bycatch? Solving Bycatch: considerations for today and tomorrow: Proceedings of the Solving Bycatch Workshop, University of Alaska Sea Grant College Program, 96 (03): 33–39pp. September 25-27, Seattle, Washington: 33-39.
- Macfadyen, G., Huntington, T. & Cappell, R. (2009).** Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 185; FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 523. Rome, UNEP/FAO, 115p.
- Matthews, T.R. & Donahue, S. (1996).** By-catch in Florida's Spiny Lobster Trap Fishery and the Impact of Wire Traps. Report submitted to the South Atlantic Fishery Management Council. 15s.
- Pecci, K.J., Cooper, R.A., Newell, C.D., Clifford, R.A. & Smolowitz, R.J. (1978).** Ghost fishing of vented and unvented lobster, *Homarus americanus*, traps, *Marine Fisheries Review*, **40**, 9–43.
- Rihan, D., Muligan, M., McDonald, D., Mhara, B.I., Hareide, N.R. (2006).** Gillnet Retrieval Survey 2006, Hareide Fishery Consultants/Marine Institute, BIM Internal Report, 40.
- Smolowitz, R.J. (1978a).** Trap design and ghost fishing: An overview, *Marine Fisheries Review*, **40** (5-6), 2-8.
- Smolowitz, R.J. (1978b).** Trap design and ghost fishing: Discussion, *Marine Fisheries Review*, **40** (5-6), 59-67.
- Swarbrick, J., Arkley, K. (2002).** The evaluation of ghost fishing preventors for shellfish traps, DEFRA commission MF024 under the programme Impact of Fishing, 42s.
- Taşhel, A.S. (2008).** Karataş ve Yumurtalıkta (İskenderun Körfezi) bir av sezonunda kaybolan av araçlarının miktarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.

- TOB. (2021).** Tarım ve Orman Bakanlığı ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yapılan balıkçı barınakları, Balıkçılık Kıyı Yapıları Envarteri.<https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9C%3%BCnleri%20Altyap%C4%B1lar%C4%B1/Bal%C4%B1k%C3%A7%C4%B20Bar%C4%B1naklar%C4%B1.pdf>
- Tschernij, V. & Larsson, P. O. (2002).** An estimation of the cod (*Gadus morhua*) catch in the bottom gill nets lost along the southern coast of Sweden. Time Session V: Unaccounted Mortality in Fisheries. ICES CM 2002CM 2002/V 24.
- UNEP. (2007).** Regional Action Plan on Marine Litter (RAP-MALL) for the Twelfth Intergovernmental Meeting of the Northwest Pacific Action Plan, 23–25 October 2007, Xiamen, the People's Republic of China.
- UNEP. (2009).** United Nations Environment Programme; Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jetic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wencker, B., Westphalen, G. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xii + 120 pp.
- Way, E.W. (1977).** Lost gill net (ghost net) retrieval project, 1976, Environment Canada Fisheries and Marine Service, Industrial Development Branch, St Johns, Newfoundland.
- Woodhatch, L. & Crean, K. (1999).** The gentleman's agreements a fisheries management case study from the Southwest of England, Marine Policy, 23 (1), 25-35
- Yıldız, T. (2010).** *İstanbul Kıyı Balıkçılığında Hayalet Avcılığa Neden Olan Kayıp Av Aracı Miktarının Belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zengin, M. ve Mutlu, C. (2000).** Marmara Denizi'nde ki balıkçılığın son durumu ve stokların geleceğine ilişkin öneriler, *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, 11-12 Kasım 2000, İstanbul, 411-425.



İstanbul Yapay Resif Projesi ve Müsilaj Felaketi

Benal GÜL

İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi 34134 İstanbul Türkiye

Geliş/Received: 15.03.2023

Kabul/Accepted: 25.07.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

Atf yapmak için: Gül, B. (2023). İstanbul Yapay Resif Projesi ve Müsilaj Felaketi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 795-802. <https://doi.org/10.35229/jaes.1265122>

How to cite: Gül, B. (2023). İstanbul Artificial Reef Project and Mucilage Disaster. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 795-802. <https://doi.org/10.35229/jaes.1265122>

<https://orcid.org/0000-0001-8544-7343>

***Sorumlu yazarın:**

Benal GÜL
İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi
34134 İstanbul Türkiye.
✉: benalgul@istanbul.edu.tr

Öz: Yapay resifler, sucul ekosistemlerin özellikle insan faaliyetlerinden kaynaklı olarak uğradığı zararların iyileştirilmesi amacıyla kullanılan araçlardan biridir. Türkiye kıyılarındaki zarar görmüş ve yapay resif uygulaması için uygun denizel sahalara "Ulusal Yapay Resif Master Planı" ile belirlenmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı bu plana uygun alanlarda yapay resif projelerini hayata geçirmektedir. İstanbul Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü tarafından İstanbul ilinin Marmara Denizi kıyılarında yürütülen "İstanbul Yapay Resif Projesi" de bu uygulamalardan biridir. Proje kapsamında insan faaliyetleri sonucu zarar görmüş habitatların iyileştirilmesi ve küçük ölçekli balıkçılığın, yeni av sahası oluşturularak desteklenmesi hedeflenmiştir. Yapay resif alanı olarak Prens Adaları etrafında Kınalıada'nın kuzey kıyıları, Burgazada ve Heybeliada arası ile Büyükada kıyıları ve Sarayburnu bölgesinde Ahırkapı önlere seçilmiştir. Projenin yapay resif kümelerini yerleştirme çalışmaları 2019 yılında Kınalıada bölgesinde başlamış olup, 2020 yılı Ekim-Aralık ayları boyunca yürütülen ikinci aşama yapay resif yerleştirme çalışmaları sırasında Marmara Denizi'nde yaşanan müsilaj felaketinin ilk aşamaları da tespit edilmiştir. İlk olarak su sütununda ince iplikçikler halinde kendini gösteren müsilaj, süreç boyunca artarak yapay resiflerin üstünü ve zeminini kaplamıştır. 2021 Eylül ayına dek yoğun bir şekilde yaşanan müsilaj felaketi sırasında, yeni bir habitat oluşturmak amacıyla gerçekleştirilen yapay resif uygulamasının sualtı incelemeleri devam etmiştir. Bu çalışma, İstanbul Yapay Resif Projesinin mevcut durumunu ve müsilaj felaketi sırasında yapılan su altı gözlemlerini içermektedir.

Anahtar kelimeler: Marmara denizi, müsilaj, yapay resif, Türkiye.

Istanbul Artificial Reef Project and Mucilage Disaster

Abstract: Artificial reefs are one of the tools used to rehabilitate aquatic ecosystems, especially the damage caused by human activities. The marine areas along the Turkish coasts, damaged and suitable for artificial reef application have been determined by the "National Artificial Reef Master Plan". Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry is implementing artificial reef projects in areas suitable for this plan. One of these applications is the "Istanbul Artificial Reef Project" carried out by the Istanbul Governorship Provincial Directorate of Agriculture and the Forestry, Fisheries and Aquaculture Branch Directorate along the coasts of the Marmara Sea of Istanbul. Within the scope of the project, it was aimed to improve the habitats damaged by human activities and to support small scale fisheries by creating new fishing grounds. Around the Prince Islands, the northern shores of Kınalıada, between Burgazada and Heybeliada, and the shores of Büyükada and the Ahırkapi coast in the Sarayburnu region are planned as artificial reef areas. Deployment of artificial reef sets started in the Kınalıada region in 2019, and the first stages of the mucilage disaster in the Marmara Sea were detected during the second stage of artificial reef deployment carried out during October-December 2020. The mucilage, which first appeared as fine filaments in the water body, increased during the process and covered around and floor of the artificial reefs. During the mucilage disaster, which was intense until September 2021, underwater observations of the artificial reef application, which was carried out to create a new habitat, continued. This study includes the current status of the Istanbul Artificial Reef Project and underwater observations made during the mucilage disaster.

***Corresponding author's:**

Benal GÜL
Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences
34134 İstanbul Türkiye.
✉: benalgul@istanbul.edu.tr

Keywords: Marmara sea, mucilage, artificial reef, Türkiye.

GİRİŞ

Kıyusal alanlar insan nüfusunun en yoğun olduğu bölgelerdir. Savunma, balıkçılık, ulaşım, rekreasyon ve turizm faaliyetleri ile ilgili sektörlerinin ekonomik açıdan güçlü olduğu alanlardır (Fleming vd., 2018). Bu alanlarda insanın sucul ekosisteme etkisi hem çok çeşitli hem de farklı yoğunluk ve şiddettedir (Murphy vd., 2019). Kirlilik başta olmak üzere, dolgu sahaları oluşturulması, liman, marina, balıkçı barınağı gibi yapıların inşası, sanayi alanlarında soğutma suyu kullanımı ve suyun geri deşarjı gibi etkiler ilk akla gelenlerdir. Kıyı alanlarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı uluslararası düzeyde tartışılan ve öneriler geliştirilen bir olgudur (Uzun & Akyüz, 2019; Serim vd., 2022). Hem mevcut insan baskısı hem de gelecek yıllarda oluşacak değişimler öngörülerek yapılacak iyi planlama, uygulama ve denetim, son derece kıymetli olan bu alanlardan sürdürülebilir fayda sağlamak açısından son derece önemlidir (Uzun & Akyüz, 2019). Bununla birlikte, özellikle ticari amaçla gerçekleştirilen yasadışı ve kayıt dışı faaliyetler neticesinde kıyusal ekosistemin birçok ögesi üzerinde olumsuz etki meydana gelmektedir.

Marmara Denizi, özellikle İstanbul ili kıyıları yüksek nüfus, plansız yerleşim alanları ve sanayi bölgeleri sebebi ile yoğun ve denetlenmesi zor bir kıyı kullanımına ev sahipliği yapmaktadır. Aşırı, yasadışı ve kayıt dışı su ürünleri avcılığı, dolgu alanlarının artması ve kirleticiler sebebi ile yaşam alanlarının yok olması, evsel ve endüstriyel kirlenme ile su kalitesindeki düşüş bu bölge için sayılabilecek başlıca sorunlardır. Tüm bu etkenler denizel biyoçeşitliliğin azalmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır.

İstanbul Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü bu sorunlara bir nebze de olsa çözüm yaratabilmek amacıyla yapay resif kullanımını gündemine almıştır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının “Ulusal Yapay Resif Master Planı” dahilinde geliştirdiği “Su Ürünleri Kaynaklarının Yapay Resifler ile Korunması ve Geliştirilmesi Projesi” kapsamında “İstanbul Yapay Resif Projesi” için çalışmalar 2018 yılı itibari ile başlamıştır. Bilimsel altyapının hazırlanması aşamasının ardından Mart 2019 itibari ile yerleştirme çalışmalarının ilk etabı gerçekleştirilmiştir. İkinci etap yerleştirme çalışmaları 2020 yılı Ekim-Aralık ayları arasında gerçekleştirilmiş ve bu aşamada yine insan etkisi ile Marmara Denizi kıyılarındaki ekosistem bozulmasının bir göstergesi olan müsilaj felaketinin ilk aşamaları gözlenmiştir.

Marmara Denizi, Karadeniz ve Akdeniz arasında bir bağlantı noktasıdır ve iki yönlü akıntı dinamiğinin etkisi altındadır. Bununla birlikte, evsel ve endüstriyel arıtılmamış kirletici atıkların gerek doğrudan denize

birakılması gerekse akarsular yolu ile taşınması sonucu kirlilik oranı sürekli artmaktadır. Dinamik akıntılar atıkları uzak mesafelere taşıyabildiği için nüfusun yoğun olmadığı bölgeler bile bu kirleticilerden etkilenmektedir. Bununla birlikte, Marmara Denizi büyük kütleli ve derin bir iç deniz olduğundan suyun burada kalış süresi uzundur ve bu durum da kirleticilerin uzun süre bu denizde kalmasına sebep olmaktadır. Özellikle biyolojik birikim gösteren kirleticiler ekosistem açısından önemli tehlike oluşturmaktadır (Taşdemir, 2002).

Sucul ortamda özellikle kirlilik ile oluşan müsilaj ilk olarak 1729 yılında Adriyatik Denizinde kaydedilmiştir (Yurga, 2022). Marmara Denizi’nde ise müsilaj oluşumu uzun yıllardır gözlenmektedir ancak bu oluşumun felaket boyutlarına ulaşması son 20 yılda gerçekleşmiştir. Birincil üretimde en etkin rolü oynayan fitoplankton türlerinin fotosentez sonucunda polisakkarit ürettikleri bilinmektedir. Bu üretimin büyük miktarlarda olması durumunda bu polisakkarit maddeler jelleşerek organik ve inorganik materyallerle birlikte müsilajı oluşturur (Aktan vd., 2010). Müsilaj miktarındaki artış jelatinimsi ve köpüklü bir yapı oluşmasına, ileri aşamalarda da yüzeyde yayılım gösteren bir tabakaya sebep olur. Müsilaj birikimi de denizel ekosistemde oksijen yokluğuna ve toksik alg artışlarına neden olur. Görüntü ve koku kirliliği ile turizmi ve kıyıda yerleşim alanlarını olumsuz etkilemektedir. Güneş ışığı, durgun su, sıcaklık ve besin tuzları müsilajın oluşumu ve felaket haline dönüşmesinde etkilidir. Uzun süreli müsilaj felaketleri su ürünleri avcılık faaliyetlerinin gerçekleşmesinde son derece olumsuz etkiye sahiptir. Av araçlarının kullanılabilirliğini imkânsız hâle getirmekle birlikte, tekne av ve seyir mekanizasyonunun çalışması mümkün olmamaktadır (Karakulak vd., 2023). Balık yumurta ve yavru bireylerin stoğa katılımını olumsuz etkilediğinden balıkçılık üzerindeki etki müsilaj felaketinin ardından da uzun süre devam etmektedir.

2020 Ekim ayında başlayan yapay resif yerleştirme çalışmaları sırasında yapılan sualtı gözlemlerinde müsilajın ilk oluşum aşamaları gözlenmiş ve kaydedilmiştir. 2021 yılı Eylül ayına dek yeni yerleştirilmiş yapay resiflerdeki biyoçeşitliliği izlemek amacı ile yapılan sualtı incelemelerinde müsilaj felaketinin aşamaları da görsel olarak kayıt altına alınmıştır. Bu çalışmanın amacı “İstanbul Yapay Resif Projesi” ve “Müsilaj Felaketi”nin bir yıllık etkileşimini ortaya koymaktır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Sahası: Gözlemler İstanbul Yapay Resif Projesi kapsamında yapay resif kümelerinin yerleştirildiği Kınalıada ve Heybeliada yapay resif alanlarında yürütüldü. (Şekil 1, Tablo 1).

İçi boş kübik beton bloklardan oluşturulmuş 9 'ar yapay resif kümesi (Şekil 2) ve kümeler arasında yerleştirilmiş anti trol yapay resif bloklarından oluşan yapay resif alanları 24-28 metre derinlikler arasında yer almaktadır.



Şekil 1. Kinaliada ve Heybeliada yapay resif alanlarının konumu.
Figure 1. Locations of Kinaliada and Heybeliada artificial reef sites.

Tablo 1. Kinaliada ve Heybeliada yapay resif alanlarının köşe koordinatları.
Table 1. Corner coordinates of Kinaliada and Heybeliada artificial reef sites.

Kinaliada Yapay Resif Alanı Köşe Koordinatları	40° 55.309' K 029° 02.440' D
	40° 55.309' K 029° 02.910' D
	40° 54.970' K 029° 02.910' D
	40° 54.970' K 029° 02.440' D
Heybeliada Yapay Resif Alanı Köşe Koordinatları	40° 52.518' K 029° 04.164' D
	40° 52.517' K 029° 04.356' D
	40° 52.373' K 029° 04.091' D
	40° 52.364' K 029° 04.331' D



Şekil 2. Yapay resif kümeleri ve Anti trol yapay resif bloğunun sualtı görüntüsü (Foto: B. Gül).
Figure 2. Underwater view of artificial reef sets and anti-trawler units (Photo B. Gül).

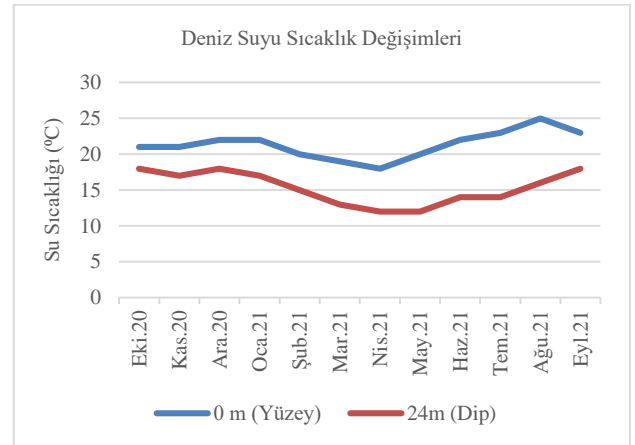
Gözlem Yöntemi: Sualtı gözlemleri tüplü dalış yöntemi ile sportif dalış derinlik ve dip zamanı limitleri içerisinde iki kişiden oluşan dalış ekibi tarafından gerçekleştirildi. 2020 yılı Ekim ile 2021 Eylül ayları arasında toplam 12 sualtı gözlemi yapıldı. Sualtı gözlemleri, Caldwell vd. (2016) referans alınarak standardize edildi. Buna göre, dalıcılar yapay resif derinliğine indikten sonra, yapay resif kümesinin etrafında bir tam tur atacak şekilde, ortalama 15 dakikalık süre ile

gözlem yaptı. Sualtı görüş mesafesinin izin verdiği ölçüde, resif kümesindeki canlı türlerini anlık olarak dalıcılar tarafından tespit edildi ve kaydedildi. Su sıcaklığı ölçümleri dalıcıların üzerinde bulunan Suunto D4i dalış bilgisayarı ile yapıldı. Ayrıca Canon G9X sualtı kamerası ile görüntü kaydı alındı.

BULGULAR

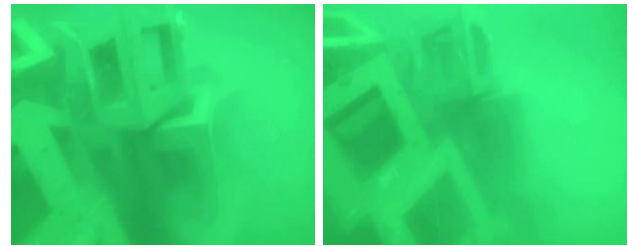
Yapay resif yerleştirme işlemleri 2020 Ekim ayında başlamış Aralık 2020 sonunda tamamlanmıştır. Bu süreçte yerleştirme operasyonlarının kontrolü amacıyla yapılan sualtı dalışlarında, özellikle 20m derinliğin altında müsilaj oluşumunun başladığı gözlenmiştir. Zaman içerisinde müsilajın tüm su sütununda yoğunlaştığı, Şubat 2021'de deniz yüzeyini de kaplayarak felaket hâlini aldığı görülmüştür. Bu süreç Eylül 2021 de müsilaj topaklarının su yüzeyi ve su sütunundan aşağıya, zemine inmesi ve yok olması ile son bulmuştur.

Bu süreçte gerçekleştirilen sualtı incelemelerinde elde edilen su sıcaklığı verileri Şekil 3'de verilmiştir. Ekim 2020'den itibaren su sıcaklıklarının uzun süre hem yüzey hem de dip kısımlarda düşmediği görülmüştür.



Şekil 3. Deniz suyu sıcaklıklarındaki (°C) aylık değişim.
Figure 3. Monthly variation of water temperature (°C).

Ekim 2020 de sualtında yapılan yapay resif yerleştirme aşamalarındaki incelemelerde müsilaj oluşumunun topak (0,5-1cm) halinde olduğu gözlemlenerek görsel kayıt altına alınmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yapay resifler etrafında topak halindeki müsilajın yarattığı görüntü (Foto: B. Gül).
Figure 4. Image of mucilage flocs around artificial reefs (Photo: B. Gül).

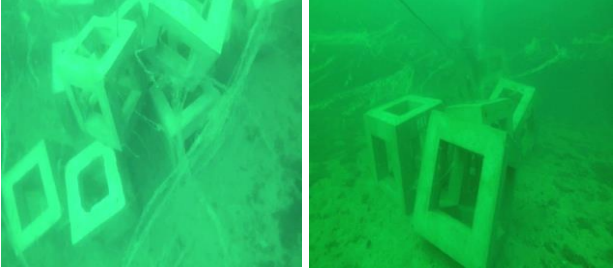
Kasım ve Aralık 2020 döneminde büyük topakların (1-5 cm) ve ince liflerin (2-25 cm) olduğu gözlenmiştir (Şekil 5). Resif bloklarının içinde genç istavrit bireylerinin oluşturduğu küçük sürüler, deniz yıldızları ve kayabalıkları kaydedilmiştir.



Şekil 5. Yapay resifler etrafında büyük topaklar halindeki müsilaj (Foto: B. Gül).

Figure 5. Mucilage macroflocs around artificial reefs (Foto: B. Gül).

Aralık sonu itibari ile şeritlerin (10-20 cm) oluşmaya başladığı ve Ocak -Şubat 2021 de sayılarının hızla arttığı gözlenmiştir (Şekil 6).



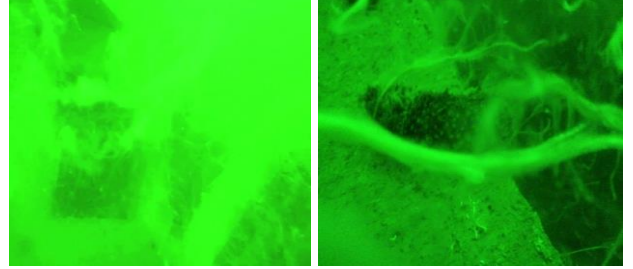
Şekil 6. Yapay resifler etrafında kaydedilen müsilaj şeritleri (Foto: B. Gül).

Figure 6. Mucilage macroflocs and stringers around artificial reefs (Photo: B. Gül).

Şubat 2021 ve sonrasında su yüzeyinde kendini göstermeye başlayan müsilajın sualtında da artık ağ şeklinde bir yapı oluşturmaya başladığı belirlenmiştir. Nisan ayı itibari ile görüş mesafesini 50 cm'ye düşürecek şekilde yoğunlaşan müsilaj bulutlarının tabakalar halinde olduğu (Şekil 7) ve su katmanlarının sınırlarında birikerek teknedeki balık bulucu ile de tekne üstünden belirlenebilecek hale geldiği tespit edilmiştir (Şekil 8). Ekranda görülen tabakalar, dalış yapan araştırmacılar tarafından da derinlik konturu açısından teyit edilmiştir. Bu dönemde tespit edilebilen canlılar sadece resif bloklarının altındaki kayabalıkları ve deniz patlıcanları olmuştur. Özellikle dipte akıntı sebebi ile sürekli hareket halinde olan müsilaj bulutlarının deniz patlıcanlarının üzerini kapladığı, bununla birlikte görüş mesafesi çok kısıtlı olsa da birey sayısının günbegün arttığı gözlenmiştir (Şekil 7).

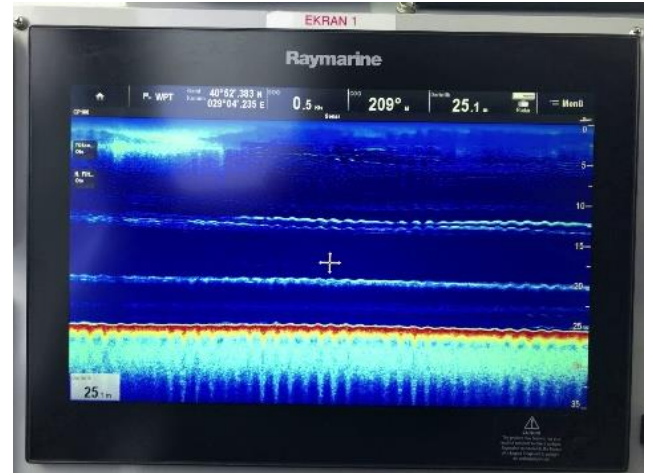
Haziran ayı itibariyle yüzeyden dibe dek su sütununun tamamında yoğunlaşan müsilaj sebebi ile görüş mesafesi 5 cm'ye dek düşmüştür. Yapay resiflerin, kılavuz halat olmasına rağmen, sualtında tespit edilmesi ve dalış yapan araştırmacıların birbirlerini ve resif kümesini görebilmeleri imkânsız hâle gelmiştir. Müsilajın bu kadar

yoğun olması, yüzeyden gelen ışığın suda yoğun bir şekilde dağılmasına ve ışık kırılımındaki karmaşa nedeni ile sualtı fotoğraf makinasının odaklanmasını da zorlaştırmıştır (Şekil 9). Bu aşamada su yüzeyindeki müsilaj tabakalaşması da en yüksek ve yaygın seviyeye ulaşmıştır.



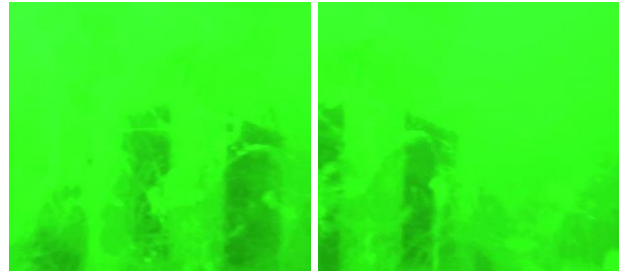
Şekil 7. Müsilaj bulutlarının kapladığı yapay resif kümesi ve deniz patlıcanı (Foto: B. Gül).

Figure 7. Mucilage clouds covers artificial reef sets and sea cucumbers (Photo: B. Gül).



Şekil 8. Balık bulucu ekranında 12-13m ve 20m de görülen müsilaj tabakası (Foto: B. Gül).

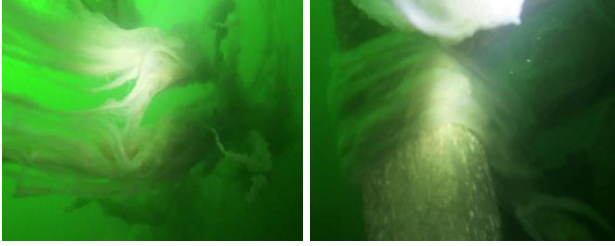
Figure 8. The mucilage layer seen at 12-13m and 20m on the echosounder screen (Photo: B. Gül).



Şekil 9. Haziran 2021 de yapay resifler etrafındaki müsilaj yoğunluğu (Foto: B. Gül).

Figure 9. Mucilage density around artificial reefs in June 2021 (Photo: B. Gül).

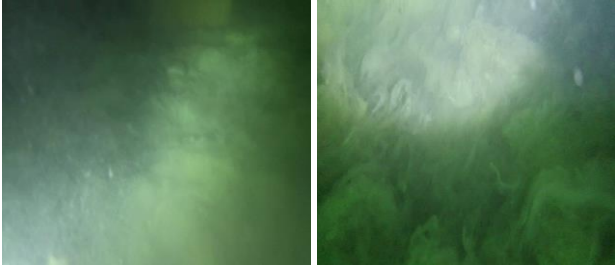
Temmuz ayında su yüzeyindeki tabakalar yavaş yavaş dağılırken, sualtında müsilaj bulutlarının yoğunlaşmaya başladığı gözlenmiştir. Oluşan bulutların artık el ile tutulabilir yoğunluğa eriştiği ve hatta resif bloklarının kolonlarına bir halat gibi dolandığı belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Su sütunundaki müsilaj bulutları ve yapay resif kolonlarına dolanmış müsilaj parçaları (Foto: B. Gül).

Figure 10. Mucilage clouds in the water column and mucilage fragments entangled in artificial reef columns (Photo: B. Gül).

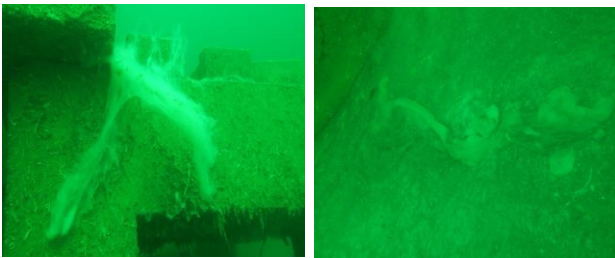
Müsilaj bulutları sebebi ile gün ışığının 20 metre derinliğe ulaşamaması, gözlem dalışları gün ortasında ve güneşli günlerde yapılmış olmasına rağmen, dalıcıların sualtı feneri kullanmasını kaçınılmaz hâle gelmiştir. Özellikle dibe inerek zemini bir battaniye gibi tamamen örten müsilaj bulutlarının görüntülenmesi, ancak sualtı ışık kaynağı ile mümkün olabilmektedir. (Şekil 11).



Şekil 11. Zemin üzerindeki müsilaj tabakası (Foto: B. Gül).

Figure 11. 11. Mucilage layer on the bottom (Photo: B. Gül).

Ağustos ve Eylül 2021 itibari ile su sütununda bulutlar halinde dolaşan müsilaj kütlelerinin tamamen zemine indiği belirlenmiştir. Su sütununda görüş mesafesinin 2 metrenin üzerine çıktığı gözlenmiştir. Yapay resif kümelerinin bir bütün olarak görülebildiği ve müsilaj kütlelerinin yapay resif blokları ve zemin üzerinde azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Yapay resifler üzerinde ve zeminde topak haline gelmiş müsilaj kütleli parçaları.

Figure 12. Lumps of mucilage mass on artificial reefs and on the ground.

Yapay resiflerin yerleştirildiği ve müsilaj oluşumunun ilk aşamalarının gözlemlendiği (2020 Ekim-Aralık) dönemde yengeç (*Liocarcinus depurator*), kayabalığı (*Gobius sp.*) ve istavrit (*Trachurus mediterraneus*) bireylerinin yapay resifler üzerinde ve etrafında varlığı kaydedilmiştir. Müsilajın ilerleyen ve

yoğunlaşan dönemlerinde kayabalıklarının (*Gobius sp.*) ve deniz patlıcanlarının (*Holothuria tubulosa*) dışında herhangi bir canlı tespit edilememiştir. Müsilajın su sütununda azaldığı ve kütleler halinde dibe çöktüğü son dönemde ise yapay resiflerde gözlenen tür sayısında artış olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Müsilaj felaketi boyunca yapay resiflerde gözlenen türler.

Table 2. Species observed on artificial reefs during the mucilage disaster.

Türler	Müsilaj Başlangıcı Ekim -Aralık 2020	Müsilaj Süreci Ocak -Temmuz 2021	Müsilaj Sonu Ağustos- Eylül 2021
<i>Eutripla gurnardus</i>			X
<i>Serranus hepatus</i>			X
<i>Symphodus roissali</i>			X
<i>Symphodus tinca</i>			X
<i>Uranoscopus scaber</i>			X
<i>Blennius sp.</i>			X
<i>Gobius sp.</i>	X	X	X
<i>Diplodus annularis</i>			X
<i>Trachurus mediterraneus</i>	X		
<i>Raja radula</i>			X
<i>Syngnathus abaster</i>			X
<i>Holothuria tubulosa</i>		X	X
<i>Liocarcinus depurator</i>	X		
Tunicata üyeleri			X

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapay resifler insan kaynaklı sucul ekosistem sorunlarını bir nebze de olsa telafi etmek için kullanılan araçlardır. Bununla birlikte, 2020-2021 yıllarında Marmara Denizi'nde yaşanan müsilaj felaketi yapay resiflerin de ekosistem sorunlarından ne derece etkilenebileceğini ortaya koymuştur.

Yapay resifler yeni bir yaşam alanı yani habitat oluşturmak üzere tasarlanan ve uygulanan düzeneklerdir (Paxton vd., 2020, Vivier, 2021, Seaman, 2000). Yerleştirildiği bölgede sucul canlı tür ve birey sayısının artışı sağlanarak, bu canlıların beslenme, üreme, sığınma gibi temel ihtiyaçlarını karşılaması beklenir (Seaman, 2000). Marmara Denizi'nde yaşanan habitat kayıplarının telafisi amacıyla hazırlanan "İstanbul Yapay Resif Projesi" de bu beklenti ile hayata geçirilmiştir. Ancak, henüz sualtına yerleştirilmiş yapay resif kümelerinin yaşam alanı yani habitat olma özelliği dahi göstermeden, beklenmedik bir şekilde müsilaj felaketinin yarattığı etkiye maruz kalması hem yapay resif uygulamasını hem de müsilaj felaketini değerlendirme konusunda önemli bilgilere ulaşmamızı sağlamıştır.

Yapay resif alanlarında ilk aşamalarda müsilaj şeritlerinin varlığı biyoçeşitliliğin gelişimini etkilememiş ve yapay resif kümeleri ile yoğun fiziksel temas yaratmamış gibi görünse de ortamın su kalitesi parametrelerindeki değişiklik canlıların yapay resiflere yerleşimini olumsuz etkilemiştir. Ekim 2020 de yerleştirilen yapay resif kümelerinde bazı yengeç (*Liocarcinus depurator*) bireyleri hemen yer alırken, kısa sürede bu bireylerin de ortamdaki uzaklaştığı belirlenmiştir. Aynı alanda 2019 yılı mart ayında yerleştirilmiş yapay

resiflerde teke karideslerinin (*Palaemon* sp) ve yengeçlerin kısa sürede yoğun yerleşim gösterdiği o dönem yapılan gözlemlerde belirlenmiştir. Müsilajın başlaması ile ortamdan uzaklaşan trake solunumuna sahip bu tür sonraki 1 yıllık gözlemlerde hiç tespit edilmemiştir. Musilajın bentik yaşam alanlarını kaplaması ve çözünmüş oksijen seviyesini düşürmesi canlıların ölümüne sebep olmaktadır (Aktan Turan vd., 2017). Dolayısıyla, bu türlerin ortamdan kaybolmasının başlıca sebebinin müsilaj olduğu açıktır. Aslan vd. (2021) tarafından aynı müsilaj felaketi sürecinde Gökçeada kıyılarında yaptıkları çalışmada da bentik organizmaların biyoçeşitliliğinin müsilaj sebebi ile oldukça düştüğü ortaya konmuştur.

Benzer şekilde, aynı bölgede önceki yapay resif araştırmalarında istavrit balıklarının küçük sürüler halinde sıkça görüldüğü rapor edilmiştir (Gül vd., 2019). Bu çalışmada da yeni yerleştirilen yapay resif kümelerinde ilk aylarda yapılan dalışlarda istavrit sürüleri görülmüştür. Ancak müsilaj yoğunluğunun artması ile ilerleyen süreç boyunca hiçbir dalış gözleminde istavrit balıklarına rastlanmamıştır. Su kriterlerinin ve müsilaj liflerinin su içindeki hareket ve solunumu zorlaştırdığı öngörülmektedir. Özellikle su sütunu boyunca yoğun ve yapışkan pamuk bulutu yapısındaki müsilajın hareket kabiliyetini ve yarattığı anoksia sebebi ile de solunum şansını azaltması (Danovaro vd., 2009) sebebi ile birçok türün ortamdan uzaklaştığı düşünülmektedir.

Müsilajın en yoğun olduğu Ocak-Temmuz 2021 döneminde yapay resifler üzerinde sadece deniz patlıcanları tespit edilmiştir. Dipteki organik maddeler ile beslenen deniz patlıcanlarının müsilaj süresince sayısı çoğalmış ve yaklaşık 3 cm total boya sahip bireyleri dahi yapay resif kümelerinde belirlenmiştir. Deniz patlıcanlarının karbon birikimini azaltma konusunda önemli bir ekosistem ögesi olduğu bilinmektedir. Organik maddece zengin sedimentlerde besin döngüsünü ve mineralizasyonu arttırmaktadırlar (Slater & Carton, 2009). Müsilajın varlığı sebebiyle zeminde oluşan besin artışının dengelenmesinde deniz patlıcanlarının rol oynadığı düşünülmektedir. Gözlemler sırasında, müsilaj süresince ortamda tespit edilen bu canlıların sayılarında zamanla artış olduğu görülmüştür. Ancak yine müsilaj sebebi ile görüş mesafesinin birkaç cm mesafeye düşmesi sebebi ile sayım yapmak mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, aynı bölgede, müsilaj felaketinden önce, 2017-2019 yılları arasında iki yıl süren bir başka yapay resif biyoçeşitlilik çalışması sırasında hiçbir deniz patlıcanı rapor edilmemiştir (Gül vd., 2019). Bu durum, deniz patlıcanlarının resifler üzerindeki varlığının müsilaj ile ilgili olduğu ve müsilajın yarattığı organik yükün organik dönüşüme girmesinde yine deniz patlıcanlarının önemli rol oynadığı düşüncesini ortaya çıkarmıştır.

Kayabalıkları (*Gobius* sp. bireyleri) yapay resif kümelerinde zemin ile resif bloğunun arasındaki kumu kazarak yuvalanan canlılardır. Bu özellikleri sebebiyle, özellikle müsilajın su sütununda yoğun olduğu dönemlerde bloklar ile zemin arasında sınırlı hareket alanları içerisinde var olmuşlardır.

Müsilajın kütleler halinde dibe indiği ve su sütununda ince partiküllerin kaldığı dönemlerde ise yapay resiflerin üzerinde ilk olarak tunikatların gelişmeye başladığı ve artan bir ivme ile birey sayısı ve boyut artışı gösterdiği belirlendi. Suyu süzme özelliği gösteren bu canlıların, aynı deniz patlıcanları gibi, müsilaj sebebi ile ortamda gelişen yoğun organik madde yükünü dönüştürdüğü düşünülmektedir. Özellikle ötrofik su süzme özelliği sebebi ile tunikat türlerinin önemi birçok çalışmada ortaya konmuştur. Farklı tunikat türlerinin süzme kapasiteleri konusunda da çalışmalar yürütülmüştür (Bone vd., 2003, Sutherland & Madin., 2010, Conley, 2017). Ülkemiz kıyılarında da benzer çalışmaların yapılması ekosistemi anlama ve insan faaliyetlerini planlama konusunda faydalı olacaktır.

Birey sayıları düşük olmakla beraber balık türlerinin yapay resif kümelerine yerleşmesi müsilajın etkisini neredeyse tamamen kaybettiği Ağustos- Eylül 2021 tarihlerine denk gelmektedir. Kayabalıkları hariç kolonileşen balık türü olmamıştır.

Yapay resiflerin ilk yerleştirildikleri dönemde gözlenen 3 tür canlıdan yengeçler sonraki 1 yıl içinde tekrar görülmemesine rağmen, müsilajın sonuna doğru bölgede 12 tür balık tespit edilmiştir. Yapay resiflerin kolonlarının da başta tunikatlar olmak üzere birçok bentik canlı ile kaplandığı gözlenmiştir. Müsilajın yaşam şansı tanıdığı düşünülen deniz patlıcanları da halen yapay resif kümeleri üzerinde yoğun birey sayıları ile yer almaktadır.

Özellikle tunikat ve deniz patlıcanı sayısındaki yoğunluk yapay resiflerin müsilaj döneminde özellikle su ve zemini temizleyen canlılara yaşam ortamı sağlayarak kendinden beklenen görevi beklenmeyen bir şekilde yerine getirdiğini göstermektedir. Bu sebeple, habitat kaybı yaşayan ve kirlilik oranı yüksek ya da ekolojik dengesi bozulmuş sularda da yapay resiflerin kullanılabileceği ve onarıcı etkiye sahip olabilecekleri söylenebilir.

İyi bir kıyı yönetim planı ve uygulamasının yanı sıra kontrol ve denetim mekanizmalarının da etkin kullanılması bu tip felaketlerin önüne geçmek açısından son derece önemlidir. Marmara Denizi 2007-2008 yıllarında da benzer fakat daha küçük boyutlu bir müsilaj sorunu yaşamıştır (Aktan vd., 2010). 2020-2021 yıllarında yaşanan müsilaj felaketi sürecinin de değerlendirilmesi ile görülmüştür ki, bu felaketin en önemli sebebi deniz kirliliğidir. Ancak deniz kirliliği müsilaj dışında da sorunlara neden olmaktadır. Buna göre deniz kirliliğini önlemek için öncelikle sanayi atıklarının ön arıtması

olarak ve kanalizasyon vasıtası ile denize ulaşması, hiçbir arıtmaya tâbi tutulmayan gemi sintine ve balast suları, kaçak atıksular gibi girdiler ile toksik atıkların ve arıtılmamış evsel atıkların denize veya akarsulara boşaltılması engellenmelidir (Yümün & Kam, 2021).

Sağlıklı ekosistem için kaynakların kullanımında ve ekosistemin sürdürülebilir dengesini korumada insan etkisini en aza indirecek yönetim planları oluşturmak ve uygulamak esastır.

İlgili kış döneminde hava şartlarının da ılıman ve bol güneşli olması özellikle yüzey su sıcaklığında beklenen soğumanın olmamasında önemli bir etken olarak kaydedilmiştir.

TEŞEKKÜR

Gözlemler sırasında gerçekleşen dalışlarda yardımlarını esirgemeyen Fersah Sualtı Hizmetleri AŞ Ayhan Bektaş ve Aydemir Bektaş'a, Ata Aksu'ya, Hayati YAĞLI'ya, İstanbul Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürü Ahmet Yavuz Karaca ve Şube Müdürü Sabri İrfan Soysal ile denetim teknesi Mehmet ÖZDİNAR mürettebatına teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Aktan, Y., İşinibilir, M., Topaloğlu, B. & Dede, A. (2010).** Marmara Denizi'nde Müsilaj Oluşumu. *Marmara Denizi 2010 Sempozyumu*, 25-26 Eylül 2010, İstanbul, Türkiye, 444-455
- Aktan Turan, Y., Keskin, Ç. & Ersoy, S. (2017)** Algae overgrowth in a changing Mediterranean ecosystem: Mucilage formation and its effect on Posidonia beds. TÜBİTAK Project 115Y486 (in Turkish).
- Aslan, H., Tekeli, Z. & Bacak, Ö. (2021)** Effects of mucilage on the benthic crustacean in the North Aegean Sea. *J. Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 214-231.
- Bone, Q., Carre, C. & Chang, P. (2003).** Tunicate feeding filters. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 83(05), 907-919.
- Caldwell, Z.R., Zgliczynski, B.J., Williams, G.J. & Sandin, S.A. (2016)** Reef fish survey techniques: Assessing the potential for standardizing methodologies. *PLoS One* 11(4): e0153066. doi: 10.1371/journal.pone.0153066
- Conley, K.R. (2017).** Mechanics and selectivity of filtration by tunicates. Department of Biology and the Graduate School of the University of Oregon. Oregon, USA 120p.
- Danovaro, R., Fonda Umani, S. & Pusceddu, A., (2009).** Climate change and the potential spreading of marine mucilage and microbial pathogens in the Mediterranean Sea. *PLoS One* 16;4(9):e7006. PMID: 19759910; PMCID: PMC2739426. DOI: 10.1371/journal.pone.0007006
- Fleming, E., Payne, J., Sweet, W., Craghan, M., Haines, J., Hart, J.F., Stiller, H. & Sutton-Grier, A. (2018).** Coastal effects. In: Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, & B.C. Stewart (Eds.) *Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, 2*, 322-352p, U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA. DOI: 10.7930/NCA4.2018.CH8
- Gül, B., İbin, T., Aksu, A., Sorarlı, G., Uzer, U., Yıldız, T., Karakulak, F.S. & Emecan, İ.T. (2019).** Olta Balıkçılığına Yönelik Yapay Resif Uygulaması. İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Proje No: FYD-2016-21476, 31s.
- Karakulak, F.S., Kahraman, A.E., Uzer, U., Gül, B. & Doğu, S. (2023).** Müsilajın Marmara Denizi balıkçılığına etkisi. (Ed) Albay, M. *Marmara Denizi'nin müsilaj sorunu*, 197-220s. İstanbul Üniversitesi Yayınevi İstanbul, Türkiye. DOI: 10.26650/B/LS32.2023.002.09
- Murphy, G.E.P., Wong, M.C. & Lotze, H.K. (2019).** A human impact metric for coastal ecosystems with application to seagrass beds in Atlantic Canada. *FACETS* 4, 210-237. DOI: 10.1139/facets-2018-0044
- Paxton, A.B., Shertzer, K.W., Bacheler, N.M., Kellison, G.T., Riley, K.L. & Taylor, J.C. (2020).** Meta-analysis reveals artificial reefs can be effective tools for fish community enhancement but are not one-size-fits-all. *Front. Mar. Sci.* 7, 282. DOI: 10.3389/fmars.2020.00282
- Seaman, W. (2000).** *Purposes and practices of artificial reef evaluation. Artificial reef evaluation: with application to natural marine habitats. 1st ed.*, CRC Press, Washington DC., USA, 260p.
- Slater, M.J. & Carton, A.G. (2009)** Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition. *Mar Pollut Bull.* 58(8):1123-1129. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.04.008
- Sutherland, K.R. & Madin, L.P. (2010).** A comparison of filtration rates among pelagic tunicates using kinematic measurements. *Marine Biology* 157, 755-764. DOI: 10.1007/s00227-009-1359-y
- Taşdemir, Y. (2002).** Marmara Denizi: kirleticiler ve çevre açısından alınabilecek tedbirler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 39-45.

- Serim, R.B., Karataş, N., Çırak Altınörs, A., Yörür, N. & Kılıç, S.E. (2022).** Kıyı kanunundaki değişimlerin kıyı yerleşmelerindeki arazi kullanım değişimine etkisi: Kuşadası merkez örneği. *Planlama* 32(1), 57-76. DOI: [10.14744/planlama.2021.98598](https://doi.org/10.14744/planlama.2021.98598)
- Uzun, S.M. & Akyüz, O. (2019).** İstanbul'un Anadolu yakasında kıyı dolgu alanları ve kullanımı. *1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi*, 17-18 Haziran 2021, İstanbul, Türkiye, 1002-1021. DOI: [10.26650/PB/PS12.2019.002.093](https://doi.org/10.26650/PB/PS12.2019.002.093)
- Vivier, B., Dauvin, J.C., Navon, M., Rusig, A.M., Mussio, I., Orvain, F., Boutouil, M. & Claquin, P. (2021).** Marine artificial reefs, a meta analysis of their design, objectives and effectiveness. *Global Ecology and Conservation*, 27, e01538. DOI: [1016/j.gecco.2021.e01538](https://doi.org/10.1616/j.gecco.2021.e01538)
- Yurga, L. (2022).** One of the environmental disasters. What is sea snot? (Ed). Yücel, B. & Tolon, M.T. *Innovative and conceptual definitions in agriculture and aquatic sciences*, 51-78p, Akademisyen Publishing House, Ankara Türkiye. ISBN: 978- 625-8155-03-7.
- Yümün, Z.Ü. & Kam, E. (2021).** Marmara Denizi'nde müsilaj sorunu ve çözüm yöntemleri. (Ed) Şeker, M., Öztürk, İ., Marmara Denizi'nin ekolojisi: *Deniz salyası oluşumu, etkileşimleri ve çözüm önerileri*. 163-181s, TÜBA Yayınları, Ankara, Türkiye, ISBN: 978-605-2249-73-4. DOI: [/10.53478/TUBA.2021.010](https://doi.org/10.53478/TUBA.2021.010)