



Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences

(Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi)

E-ISSN 2548-0006

JAES

AÇEH

31.12.2021

Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi

*Journal of Anatolian
Environmental and Animal Sciences*

Cilt/Volume 6 • Sayı/Number 4 • 2021



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

Editörler Kurulu / Editorial Boards

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

Bölüm Editörleri / Section Editors

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

Yönetim Yeri Adres / Address

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

Tel: 90 464 223 33 85-1438 ve 1436

Fax: 90 464 223 41 18

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

Yayın Türü: Yaygın süreli ve hakemli

Yayın Tarihi: 31.12.2021

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

İçindekiler / Contents

Makale / Article Sayfa No/Page No
463-466

Fosil Kaynak Tüketiminin Karbon Ayak İzine Etkisi: Türkiye'den Kanıtlar. The Impact of the Fossil Resource Consumption on the Carbon Footprint: Evidence from Turkey. Hakan YILDIZ, A. Yusuf YÜKSEL & Ümit ÖZDEMİR An Overview of Fisheries and Aquaculture in the Philippines. Filipinler'deki Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğine Genel Bir Bakış. Albaris B. TAHILUDDIN & Ertugrul TERZI Etnobotanik Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma: Rize Kentisel Açık Yeşil Alanlar Örneği. A Study on Ethnobotanical Possibility of Uses: The Example of Rize Urban Open Green Spaces. Erdi EKREN & Ömer Lütfü ÇORBACI <i>Oreochromis niloticus</i> 'da Böbrek ve Kas Dokularında Çinko Oksit Nanopartikülleri ve Çinko Sülfatın Birikimi. Accumulation of Zinc Oxide Nanoparticles and Zinc Sulphate in Kidney and Muscle Tissues in <i>Oreochromis niloticus</i> . Onur ÜNAL & Ferit KARGIN Antimicrobial Resistance and Diversity of <i>Lactococcus garvieae</i> by Genomic Approaches. <i>Lactococcus garvieae</i> 'nin Genomik Yaklaşımlarla Çeşitliliği ve Antimikrobiyal Direnci. Salih KUMRU Comparison to Toxic Effects of Copper Oxide Nanoparticles and Copper Sulphate on Some Serum Parameters and Enzyme Activities of <i>Oreochromis niloticus</i> . Bakır oksit nanopartikülleri ve Bakır sülfatın <i>Oreochromis niloticus</i> 'da Serum Parametreleri ve Serum Enzim Aktiviteleri Üzerine Toksik Etkilerinin Karşılaştırılması. Mustafa TUNÇSOY & Cahit ERDEM The Fish Fauna of Kuzgun Dam Lake and Its Drainages (Erzurum, Turkey). <i>Kuzgun Baraj Gölü ve Drenajlarının Balık Faunası (Erzurum, Türkiye)</i> . Esra BAYÇELEBİ & Davut TURAN Rize Taşlıdere Havzasında Heyelan Kontrolü: Örnek Olay İncelemesi, Kireçhane ve Kırklartepe Yöreleri. Landslide control in Rize Taşlıdere basin: Case Studies from Kireçhane and Kırklartepe Areas. Veli SÜME, Turan YÜKSEK & Ayberk KAYA Balıklardan izole edilen bazı bakteriyel patojenlere karşı tannik asidin antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. Determination of antibacterial effect of tannic acid against some bacterial pathogens isolated from fish. Fikri BALTA & Neşe TEKİN Şeker pancarında kullanılan iki farklı triazol fungisidin toprak mikrobiyal solunumuna etkileri. Effects of two different triazole fungicides used for sugar beet on soil microbial respiration. Burak KOÇAK & Şahin CENKSEVEN Cukurova Üniversitesi Kampüsünde Yetişen <i>Pinus brutia</i> Ten. ve <i>Quercus coccifera</i> L. Türleri Altındaki Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi. Seasonal Variation of Soil Respiration under <i>Pinus brutia</i> Ten. and <i>Quercus coccifera</i> L. Species Growing in Cukurova University Campus. Şahin CENKSEVEN & Burak KOÇAK Japon bildircinlarında (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) kanatların arterial beslenmesi. Arterial feeding of wings in japanese quails (<i>Coturnix coturnix japonica</i>). Zekeriya ÖZÜDOĞRU, Ramazan İLGÜN & Mehmet CAN Some Reproductive Characteristics of the Beyşehir Dace (<i>Squalius anaticus</i> Bogutskaya, 1997) in Oymapınar Dam Lake Antalya, Turkey. Oymapınar Baraj Gölü'ndeki (Antalya, Türkiye) Beyşehir Tatlısu Kefalinin (<i>Squalius anaticus</i> Bogutskaya, 1997) Bazı Üreme Özellikleri. Elif SARI & Zehra Arzu BECER Türkiye'nin Sucul Ortamlarında Ağır Metal Üzerine Yapılan Araştırmaların Tarihsel İncelemesi ve Bibliyometrik Analizi (2000-2020) A Historical Review and Bibliometric Analysis of Research on Heavy Metal in Aquatic Environments of Turkey (2000-2020). Aysenur BASMACI, Zeynep BOSTAN, V. Zülal SÖNMEZ & Nüket SIVRI Nanopartiküller Aşılar. Nanoparticulate Vaccines. Evrin DÖNMEZ, Hafize Tuğba YÜKSEL DOLGUN & Şikri KIRKAN Parvovirus ile Enfekte Köpeklerde Nötrofil/Lenfosit, Monosit/Lenfosit ve Platelet/Lenfosit Oranlarının Belirlenmesi. Determination of Neutrophil/Lymphocyte, Monocyte/Lymphocyte and Platelet/Lymphocyte Ratios in Dogs with Occurring Parvovirus Infection. Didem PEKMEZCİ & Zeynep Nurselin ÇOLAK Evaluation of Persimmon (<i>Diospyros kaki</i>), Cherry laurel (<i>Prunus laurocerasus</i>) and Blueberry (<i>Vaccinium arctostaphylos</i>) Fruits as a Natural Antioxidant Source. Hurma (<i>Diospyros kaki</i>), Karayemiş (<i>Prunus laurocerasus</i>) ve Mavi Yemiş (<i>Vaccinium arctostaphylos</i>) Meyvelerinin Doğal Antioksidan Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi. Aydın Aytaç GÜRDAL İnsan ve Koyun Femur Kemisinin Mekanik Özelliklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Karşılaştırılması. Comparison of Mechanical Properties of Human and Sheep Femoral Bone by Finite Element Method. Yılmaz GÜVERCİN & Murat YAYLACI Akuakültürde Probiyotikler. Probiotics in Aquaculture. Yağmur YILDIRIM & Kadir Serdar DİKER Pülümür Nehri (Tunceli-Türkiye)'ndeki <i>Alburnus mossulensis</i> Heckel, 1843 Populasyonunun Boy-Ağırlık İlişkisi ve Kondisyon Faktörü. Length-Weight Relationships and Condition Factor of <i>Alburnus mossulensis</i> Heckel, 1843 Population in the Pülümür River (Tunceli-Turkey). Ebru İfakat ÖZCAN & Osman SERDAR Determination of Heavy Metal Pollution in River of Artvin, Rize and Trabzon Provinces, Turkey. Artvin, Rize ve Trabzon İlleri Akarsularının Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. Hazel BAYTAŞOĞLU Genetic analysis of Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes) family in Anatolia. Anadolu'daki Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes) ailesinin genetik analizi. Mehmet KUYUMCU, İsmail AKSU & Yusuf BEKTAŞ Sıcaklık Şoku Uygulaması ile Triploid Karadeniz Alabalığı (<i>Salmo trutta labrax</i>) Üretimi ve Kuluçka Performansının Belirlenmesi. Triploid Black Sea Trout (<i>Salmo trutta labrax</i>) Production by Using Heat Shocks and Determination of Incubation Performance. Fatma DELHASAN SONAY, Nadir BAŞÇINAR & Süleyman AKHAN Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi, Rize, Türkiye. Reproduction Biology of the <i>Liocarcinus depurator</i> (Crustacea: Decapoda: Brachyura) Captured from Southeast Black Sea. Hatice ONAY & Sabri BİLGIN Gökkuşuğu Alabalıklarında (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) Görülen <i>Lactococcus garvieae</i> Enfeksiyonu ve Tedavisi. <i>Lactococcus garvieae</i> Infection and Treatment Observed in Rainbow Trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>). Fikri BALTA & İsmail KARATAY Changes in Fatty Acid Profiles of Guitartfish' (<i>Rhinobatos rhinobatos</i> ; Linnaeus 1758) Liver Oil, a Cartilaginous Fish Species, in Different Storage Conditions. Bir Kıkırdaklı Balık Türü Olan Kemane Balığı (<i>Rhinobatos rhinobatos</i> ; Linnaeus 1758) Karaciğer Yağlarının Farklı Saklama Koşullarında Yağ Asitlerindeki Değişimler. Ayşe ÖZYILMAZ & Abdullah ÖKSÜZ Türkiye'de Avrupa Deniz Levreği ve Çipura Yetiştiriciliğinin Üretim ve Ekonomik Göstergelerine Yakından Bir Bakış. A Closer Look at Production and Economic Indicators of European Seabass and Gilthead Seabream Farming in Turkey. Önder YILDIRIM & İsmail Berat ÇANTAS Firtına Vadisi Meydan Köy Şimşir Ormanı Arazi Karakteristiklerinin CBS Yardımıyla Tespiti ve Ekolojik Değerlendirilmesi. Determination and Ecological Evaluation of Meydan Köy Boxwood Forest Land Characteristics in Firtına Watershed Using of GIS. Turan YÜKSEK, Ali Erdem Özçelik & Bülent VEREP Simmental İneklerinde İklimsel Faktörler ile Soğuk Stresinin Davranış Özelliklerine Etkisi. The Effect of Climatic Factors and Cold Stress on Behavioral Traits in Simmental Cows. Akif UYSAL, Emrah KAYGUSUZ & Filiz AKDAĞ Solaklı Akarsu Havzasında Kurulmuş Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri. Environmental Effects of Established River Type Hydropower Plants in Solaklı River Basin. Bülent VEREP & Çağlar ÇALIŞ	Araştırma Research 467-474 Review Derleme 475-486 Araştırma Research 487-497 Araştırma Research 498-505 Research Araştırma 506-513 Research Araştırma 514-521 Research Araştırma 522-525 Araştırma Research 526-531 Research Araştırma 532-539 Research Araştırma 540-547 Research Araştırma 548-554 Research Araştırma 555-559 Research Araştırma 560-566 Research Araştırma 567-577 Derleme Review 578-584 Research Araştırma 585-591 Research Araştırma 592-598 Research Araştırma 599-603 Derleme Review 604-613 Research Araştırma 614-620 Research Araştırma 621-626 Research Araştırma 627-634 Research Araştırma 635-641 Research Araştırma 642-650 Research Araştırma 651-661 Research Araştırma 662-667 Research Araştırma 668-673 Research Araştırma 674-678 Research Araştırma 679-683 Research Araştırma 684-699
---	--

	Makale / Article	Sayfa No/Page No
Beytepe Göleti'nin Zooplankton Faunası Üzerine Bir Ön Çalışma (Ankara/Turkey). A Preliminary Study on Zooplankton Fauna of Beytepe Pond (Ankara/Turkey). Meral APAYDIN YAĞCI, Vedat YEGEN, Belgin YOLDAŞ, Tuncay VURAL & Abdulkadir YAĞCI	Kısa Bildiri Short Paper	700-704
Göksu Irmağı (Türkiye) Güncel Balık Faunası ve Ekolojik Durumunun Değerlendirilmesi. <i>Current Fish Fauna of Göksu River (Turkey) and Evaluation of Its Ecological Status.</i> Fahrettin KÜÇÜK, İskender GÜLLE, Salim Serkan GÜÇLÜ & Davut TURAN	Araştırma Research	705-711
Morphological Variation of <i>Pelodytes caucasicus</i> Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) from Turkey. Türkiye'deki <i>Pelodytes caucasicus</i> Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) Türünün Morfolojik Çeşitliliği. Tuğba ERGÜL KALAYCI, Kaftiye GÜMÜŞSOY & Çiğdem GÜL	Research Araştırma	712-716
Shotgun Metagenomic Analysis for Mucilage in the Surface Waters of The Çanakkale Strait (Dardanelles): Metabolic Diversity, Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes. Çanakkale Boğazı Yüzeysel Sularındaki Müsilaj İçin Shotgun Metagenomik Analizi: Metabolik Çeşitlilik, Mikrobiyal Topluluk Yapısı ve Antibiyotik Direnç Genleri. Sevdan YILMAZ, Dilek KAHRAMAN YILMAZ, Ekrem Şanver ÇELİK & Mehmet Ali KUCUKER	Research Araştırma	717-726
Doğu Karadeniz Kıyılarında Sel ve Fırtınaların T-Mahmuzlar Üzerinde Oluşturduğu Hasarlar ve Su Kalitesi Değişimlerine Etkilerinin Araştırılması. On the Eastern Black Sea Coasts, Investigation of Floods, Storms and the Effects of Water Quality Changes on T-groins. Veli SÜME & Bülent VEREP	Araştırma Research	727-734
Artvin Bölgesi Kıyı Balıkçılığında Kullanılan Av Araçlarının Yapısal ve Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi. Determination of Structural and Technical Characteristics of Fishing Gears Used in Coastal Fishing in Artvin Region. Seda KOÇAN, Tuncay YEŞİLÇİÇEK & Ferhat KALAYCI	Araştırma Research	735-741
Işnılı İnci İstiridyesi (<i>Pinctada imbricata radiata</i>)'da Mikroplastik Varlığı. The Presence of Microplastics in the Rayed Pearl Oyster (<i>Pinctada imbricata radiata</i>). Dilara AKSAKAL, Mustafa ÇALIŞ, Selçuk YİĞİTKURT & Yaşar DURMAZ	Araştırma Research	742-748
Kentsel Kültürel Miras Alanlarının Kültürel Ekosistem Servisleri Bağlamında Değerlendirilmesi: Kayseri-Talas Tarihi Kent Dokusu Örneği. Assessment of Urban Cultural Heritage Areas in the Context of Cultural Ecosystem Services: Kayseri-Talas Historical Urban Pattern Example. Aslıhan TIRNAKCI	Araştırma Research	749-756
Macro and Trace Element Levels of Macroalgae <i>Cystoseira foeniculacea</i> and <i>Gongolaria montagnei</i> Species from Mediterranean Region (Antalya/ Turkey). Akdeniz Bölgesi'nden (Antalya/ Türkiye) Alınan Makroalg <i>Cystoseira foeniculacea</i> ve <i>Gongolaria montagnei</i> Türlerinin Makro ve İz Element Seviyeleri. Baran AŞIKKUTLU & Emine Şükran OKUDAN	Research Araştırma	757-764
Determination of Morphometric and Genetic Structure in <i>Salmo</i> Populations Inhabiting Samsun Province: A New Record for Black Sea Region. Samsun Bölgesi'nde Yaşayan <i>Salmo</i> Populasyonlarının Genetik ve Morfometrik Yapısının Belirlenmesi: Karadeniz Bölgesi için Yeni Bir Kayıt. Savaş YILMAZ, Melek ÖZPİCAK, Semra SAYGIN & Nazmi POLAT	Research Araştırma	765-773

Bu dergi ASOS index, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CAB Direct, CiteFactor, DRJI, Google Scholar, Index Copernicus, JournalTOCs, OpenAIRE, ProQuest, ROAD, Scientific Indexing Services, TR Dizin, Türkiye Atf Dizini, WorldCAT indeksleri tarafından taranmaktadır.
This journal is indexed and abstracted in; ASOS index, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CAB Direct, CiteFactor, DRJI, Google Scholar, Index Copernicus, JournalTOCs, OpenAIRE, ProQuest, ROAD, Scientific Indexing Services, TR Dizin, Türkiye Atf Dizini, WorldCAT.



Fosil Kaynak Tüketiminin Karbon Ayak İzine Etkisi: Türkiye'den Kanıtlar

Hakan YILDIZ^{1*} A. Yusuf YÜKSEL², Ümit ÖZDEMİR

¹ Harran Üniversitesi, Bozova Meslek Yüksekokulu, Çevre Teknolojileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

² Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Tunceli, Türkiye

Geliş/Received: 20. 01.2021

Kabul/Accepted: 17.09.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Yıldız, H., Yüksel, Y.A. & Özdemir, Ü. (2021). Fosil Kaynak Tüketiminin Karbon Ayak İzine Etkisi: Türkiye'den Kanıtlar. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 467-474.

How to cite: Yıldız, H., Yüksel, Y.A. & Özdemir, Ü. (2021). The Impact of the Fossil Resource Consumption on the Carbon Footprint: Evidence from Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 467-474.

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2181-7226>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0670-6664>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7045-9608>

***Sorumlu yazarın:**

Hakan YILDIZ

Harran Üniversitesi, Bozova Meslek Yüksekokulu, Çevre Teknolojileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

✉: hyildiz@harran.edu.tr

Öz: Küresel iklim değişikliği, son yıllarda yaşanan sağlık ve çevre krizlerinin en önemli nedenidir. Hızla artan enerji talebinin, yüksek oranda fosil kaynak tüketiminden (FKT) karşılanması bu problemin ana kaynağıdır. Türkiye karbon ayak izi (KAİ) verilerindeki artış bu tüketimin en önemli göstergesidir. Bu çalışmada 1971-2017 dönemi, KAİ verileri ve FKT arasındaki ilişki Johansen eşbütünleşme analizi ile incelenmiştir. Yapılan test istatistiklerinin sonuçlarına göre iki değişken arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Aynı zamanda bu ilişkinin kısa dönemde etkilerini görmek için hata düzeltme modeli uygulanmış ve test sonucunda hata düzeltme değeri de anlamlı çıkmıştır. Böylelikle iki değişken arasında uzun dönemli ilişkinin tutarlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca eşbütünleşme testinin sınaması yapılmış bulunan sonuçlar ile iki değişken arasında kurulan eşbütünleşmenin doğru olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak FKT'nin, KAİ'de neden olduğu artış istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Fosil kaynak tüketimi, iklim değişikliği, johansen eşbütünleşme testi, karbon ayak izi.

The Impact of the Fossil Resource Consumption on the Carbon Footprint: Evidence from Turkey

Abstract: Global climate change is the most important reason for the health and the environmental crises which are experienced in recent years. The main source of this problem is that the rapidly increasing energy demand is supplied by consumption highly of fossil resources (FRC). The increase of the data on Turkey carbon footprint (CF) is the most significant indicator for this consumption. In this study, the relationship between CF data and FRC for the period of 1971-2017 was examined by the Johansen cointegration analysis. According to these results of the test statistics, it was seen that there was a long-term relationship between the two variables. At the same time, the error correction model was applied to view in the short-term effects of this relationship, and the error correction value was discovered to be meaningful at the end of the test. Thus, it was determined that the long-term relationship between the two variables was consistent. Besides, the cointegration test was examined then, it was achieved that the cointegration between its result and the two variables were correct. As a result, the increase of the CF is caused by the consumption of the FRC was discovered to be statistically meaningful.

***Corresponding author's:**

Hakan YILDIZ

Harran University, Bozova Vocational School, Department of Environmental Technologies, Şanlıurfa, Turkey

✉: hyildiz@harran.edu.tr

Keywords: Carbon footprint, climate change, fossil resource consumption, Johansen cointegration test.

GİRİŞ

Birleşmiş Milletler (BM) raporunda ilk kez yer alan sürdürülebilir kalkınma kavramı 'Doğanın ve gelecek kuşakların kendi gereksinimlerine cevap verme

yeteneklerini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçlarımızı temin etmek ve kalkınmak.' olarak tanımlanmıştır. Raporda ayrıca sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada en önemli

unsurun enerji olduğu belirtilmiştir (UN, 1987). Enerji kaynakları, insan toplumunun hayatta kalması ve gelişmesi için kritik öneme sahiptir (Qin vd., 2020). Teknolojik gelişmeler, nüfus artışı ve insan yaşam standartlarında meydana gelen değişiklikler nedeniyle enerjiye olan talep her geçen gün artmaktadır. 2040 yılına kadar küresel enerji tüketiminin % 48 artacağı ve bu tüketimin % 78'nin fosil yakıtlar tarafından karşılanacağı tahmin edilmektedir (Paramati vd., 2017). Fosil yakıtlar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin hem enerji üretim sistemlerinin hem de ulaşım sistemlerinin temelini oluşturmaktadır (Martins vd., 2018). Fosil kaynak tüketiminde (FKT) meydana gelen artış; enerjiye ulaşım sıkıntısı, küresel enerji fiyatlarında dalgalanma ve karbon salınımı gibi olumsuz etkileri de beraberinde getirmiştir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporuna göre küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 65'nin FKT'den kaynaklandığını göstermektedir (IPCC, 2014). Son yıllarda yapılan geniş kapsamlı çalışma sonuçlarına göre dünyanın sürdürülebilir kalkınmasına yönelik en büyük tehdit artan sera gazı emisyonlarından kaynaklanan kötüleşen çevre kalitesidir (Khan vd., 2021). İklim değişikliği sosyo-ekonomik sistemlerin işleyişi, insan sağlığı ve refahı üzerinde önemli zararlı etkilere sahip olan, fiziksel çevrede veya biyotoda meydana gelen, büyük küresel bir tehdittir (IPCC, 2019; UN, 1992). Ayrıca IPCC'nin yayınladığı bir raporda iklim değişikliği ile mücadelede acil ekonomik ve politik değişiklikler olmadıkça, dünya üzerinde birçok doğal güzelliğin yok olacağı, ciddi oranda yetersiz beslenme, açlık ve gıda kıtlığının ortaya çıkacağı vurgulanmıştır (IPCC, 2019).

Küresel tehdit haline gelen bu problemin etkilerini azaltmak için, BM 'Dünyamızı dönüştürmek: 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi' başlıklı raporunda sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SKH) kapsamında ekonomik, çevre ve sosyal konuları içeren 17 hedef belirlemiştir (UN, 2015). Bu hedeflerden biri de iklim değişikliği ve etkileriyle mücadele için acil önlem alınmasıdır (Salvia vd., 2019). Çevre kalitesi üzerine olumsuz etkisi olan iklim değişikliği ve küresel ısınma ile ilgili politikaların uygulanmasında en önemli faktör ve kaynaklardan biri ekolojik ayak izi (EAİ) verileridir (Monserate, 2020). EAİ, bir nüfusun yaşam biçimi ve tüketim modeli ile tüketilen doğal kaynakların aralarındaki ilişkileri belirlemek için kullanılır (Rees, 1992). EAİ, çevresel bozulmayı ölçmek için altı ana değişkeni (karbon, tarım arazisi, orman, otlak, balıkçılık ve yapılanmış alan ayak izi) hesaba katar (Qayyum vd., 2021).

EAİ verilerinde en etkin bileşen karbon ayak izidir (KAİ). KAİ, Küresel ölçekte ve Türkiye'nin toplam ayak izindeki payı en büyük olan, aynı zamanda en hızlı artış gösteren ayak izi bileşenidir (WWF, 2012).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de FKT'nin çevre kalitesi ve insan sağlığı üzerine etkilerini tespit etmektir. Çalışmada öncelikli olarak FKT'nin çevre kalitesi ve insan sağlığı üzerine etkileri kısa bir literatür özeti ile anlatılacaktır. Sonraki aşamada ise 1971-2017 dönemi FKT verileri ile Türkiye KAİ verileri arasındaki ilişki istatistiksel olarak Johansen eşbütünleşme testi ile sınanacak ve sonuçlar değerlendirilecektir.

Fosil Kaynak Tüketiminin İnsan Sağlığı ve Çevre Kalitesine Etkisi: 2018'de 7,4 milyar olan dünya nüfusunun, 2050'de 9,7 milyar ve 2100 yılında 10,8 milyar olması tahmin edilmektedir (UN, 2019). Yaşayan sistemler, devamlılıklarını sürdürmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Canlı sistemler için gerekli olan enerji oranı ve türü, bu sistemlerin boyutu ve karmaşıklığı arttıkça artar (Lidicker, 2020). Hızla artan nüfus yüksek enerji talebini de beraberinde getirmiştir.

Enerji, modern teknoloji çağında, yalnızca ekonomik büyümenin değil, aynı zamanda bir ülke için temel stratejik rezervdir (Rauf vd., 2020). Sanayi devriminden sonra endüstrileşmenin hızla yayıldığı dünyada enerji, temel girdi olmuştur (Kowalski vd., 2019). Gelişen teknoloji, enerji tüketim modelleri, enerji politikası ve iş sektörlerinde değişen öncelikler, enerji sektöründe büyük bir dönüşüme işaret etmekle beraber, önümüzdeki 40 yılın geçmişten farklı olacağını gösteriyor (Kober vd., 2020). Son yıllarda dünya geneli enerji tüketimindeki ciddi artış bunu desteklemektedir. 2018 yılında dünya toplam enerji tüketimi % 2,2 büyüme oranıyla 9937 Mtep (milyon ton petrol enerjisi) olarak rapor edilmiştir. Ayrıca 1990-2018 yılları arasında dünyada, kaynağına göre enerji arzı verilerine göre en yüksek payı sırasıyla petrol, kömür, doğalgaz, biyoyakıtlar ve atık, nükleer, hidroelektrik ve rüzgâr-güneş enerjileri takip etmiştir (IEA, 2020). Birincil enerji kaynağı (gıda, yem ve yakacak odun) olarak biyokütleyle dayalı bir tarımsal enerji rejiminden fosil yakıt bazlı bir rejime geçiş, sanayi devriminin kilit unsurlarından biridir (Kowalski vd., 2019).

Fosil yakıtlar, hidrokarbon ve yüksek oranlarda karbon içeren kömür, petrol ve doğal gaz gibi doğal enerji kaynaklarıdır (Bilim ve Teknik, 2016). Fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak hem yerel hem de küresel ölçekte ekosistem bozulması, son yıllarda net olarak belgelenmiştir (Petrov vd., 2017). Fosil kaynakların kullanılması sonucu atmosfere verilen CO₂ çevre kalitesi üzerine olumsuz etkisi olan sera gazı emisyonlarının 2/3'lük kısmını oluşturmaktadır. Sera gazları, atmosferin kızılötesi radyasyonu emen ve yeniden yayan hem doğal hem de antropojenik gaz bileşenlerini (% 36-70 Su buharı, % 9-26 Karbon dioksit, % 4-9 Metan, % 3-7 Ozon) ifade eder (UN, 1992). Atmosferde en çok biriken sera gazı olan CO₂ küresel çevre sorunlarından biri olan iklim değişikliğinin

yanı sıra okyanusların asitlenmesi gibi diğer ekolojik sorunlara da sebep olmaktadır (WWF, 2012).

İklim değişikliği, fosil yakıt tüketimi, arazi kullanım değişiklikleri, ormansızlaştırma ve sanayi süreçleri sonucunda atmosfere salınan sera gazındaki hızlı artışın, doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi ile yerkürenin ortalama yüzey sıcaklığındaki artışı ve iklimde meydana gelen değişiklikleri ifade etmektedir (MGM, 2017).

İklim değişikliği, tarım, ormancılık, deniz ve okyanus yaşamı, biyoçeşitlilik, enerji, su kaynakları, hava kalitesi, ekonomi, insan sağlığı, ülkeler arası çatışma gibi birçok alanda ciddi problemlere sebep olmaktadır (Cai vd., 2020). Birçok bilim adamı iklim değişikliğinin neden olduğu sorunlar hakkında çalışmalar yapmıştır. Örneğin iklim değişikliğinin, ekosistem ve biyoçeşitlilik (Sintayehu vd., 2020), hava kalitesi (Coelho vd., 2020), üretim tesisleri (Arbex & Batu, 2020), balık ve balıkçılık (Koomson vd., 2020), atıksu artıma tesisleri (Hughes, 2020) ve tarımsal üretim (Buono, 2021) gibi farklı birçok alanda etkilerinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur.

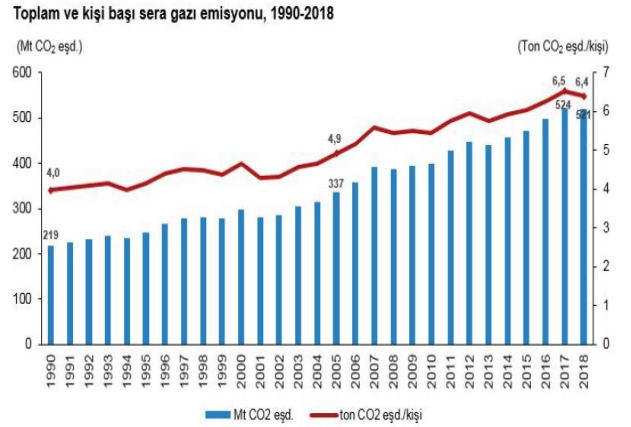
Özellikle son yıllarda yapılan bazı çalışmaların ortak sonucu, iklim değişikliğinin, insan yaşamını ve sağlığını çeşitli şekillerde etkilediğidir. (Haines & Ebi, 2019; Nicholas vd., 2020). İklim değişikliği kaynaklı; aşırı sıcaklıkların ölüm ve hastalık oranı üzerinde doğrudan veya dolaylı etkileri, ultraviyole ışınım, sel, kuraklık gibi mekanizmaları insan sağlığını etkilemektedir (Haines vd., 2005). Örneğin sel felaketi yaşanan bir bölgede insanların ruh sağlıklarının bozulduğu tespit edilmiştir (Hrabok vd., 2020). Başka bir çalışmada aşırı sıcaklık ve ultraviyole ışınımına maruz kalan bireylerin deri ve cilt sağlıklarının son yıllarda daha da fazla olduğu tespit edilmiştir (Schachtel vd., 2020). Daha farklı bir çalışmada ise iklim değişikliğinin neden olduğu sebepler kapsamında, insanlarda akciğer kanserinin iklimsel değişiklik ile nedenselliği araştırılmıştır (Hiatt & Beyeler, 2020).

Dünya sağlık örgütünün verilerine göre yılda yedi milyondan fazla insan -dünyadaki ölüm sayısının 1/8'ine denk gelmekte- hava kirliliğinden ölmektedir. Bu ölümlerin % 90'ı, fosil kaynakların tüketilmesinden oluşan, iklim değişikliğine bağlı dış ortam kalitesinin, sınır değerinin altında olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca iklim değişikliğinin 2030 ile 2050 yılları arasında yetersiz beslenme, sıtma, ishal ve sıcak stresi nedeniyle diğer ölümlere ek yılda yaklaşık 250,000 insanın ölümüne neden olması beklenmektedir.

Türkiye'de Mevcut Durum: Bir önceki yıla göre % 1,39'luk bir artış hızı ile 2019 yılında Türkiye nüfusu 83 milyon olmuştur. Türkiye hızla gelişen bir ülke ve enerjiye olan ihtiyacı da hızla artmaktadır (Özgül vd., 2020). Türkiye'nin enerji politikası, artan nüfusun taleplerini karşılama, enerji ithalatı ve çevresel zararların

azaltılmasına yönelik sürekli olarak gelişmektedir (IEA, 2016).

Küresel enerji talebinde yaşanan artışa benzer şekilde 2018 yılında Türkiye nihai enerji tüketim miktarı bir önceki yıla göre 1,9 artış ile 105 mtep olmuştur (IEA, 2020a). Ayrıca 1990-2018 yılları arasında Türkiye'de kaynağına göre enerji arzı tüm Dünyada olduğu gibi fosil ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından sağlanmıştır (IEA, 2020b). Türkiye sera gazı emisyonları 2018 yılında bir önceki yıla göre % 0,5 azalarak 20,9 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğer (eşd.) olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). Emisyonlarda en yüksek payı % 71,6 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla % 12,5 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, % 12,5 ile tarımsal faaliyetler ve %3,4 ile atık takip etmiştir. (TUİK, 2020).



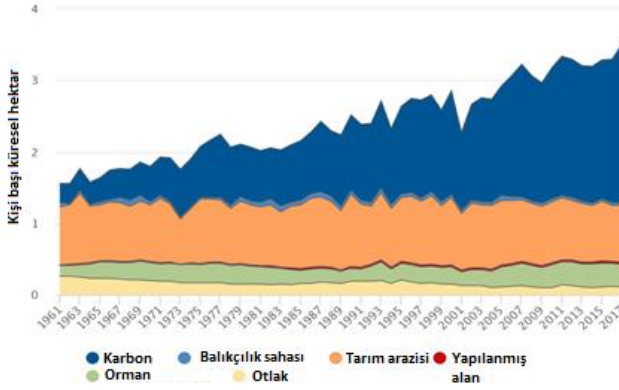
Şekil 1. 1990-2018 Yılları Türkiye CO₂ Emisyonları (TUİK, 2020).

Figure 1. CO₂ Emissions 1990-2018 Year of Turkey.

Sera gazı emisyonlarının çevre kalitesindeki etkilerini, EAİ tüketim verileri ile daha net olarak görmekteyiz. EAİ tüketim verileri, mevcut teknoloji ve kaynak yönetimiyle bir bireyin veya topluluğun tükettiği kaynakları üretmek ve oluşturduğu atığı bertaraf etmek için gerekli olan ve biyolojik açıdan verimli toprak ve su alanıdır "küresel hektar" (kha) ile ifade edilir (WWF, 2012). 1961-2017 yılları arasında Türkiye'nin EAİ verilerine göre 1961 yılında kişi başı EAİ tüketimi 1,56 kha iken, 2017'de yaklaşık olarak % 56 civarında gerçekleşen bir artış ile bu rakam 3,51 kha olmuştur (GFP, 2020a). EAİ hesaplamalarının yapılmasında arazi türlerine göre, karbon, tarım arazisi, orman, otlak, yapılaşmış alan ve balıkçılık sahası ayak izi olarak altı ayrı kategoride incelenmiştir (Şekil 2).

1961-2017 yılları arasında Türkiye EAİ verilerinde en fazla artış KAİ'nde olmuştur. 2017 yılında KAİ % 64'lük (kişi başı 2,23 kha) orana ulaşmıştır. Onu sırasıyla tarım, orman, otlak, balıkçılık sahası ve yapılanmış alan ayak izleri takip etmiştir.

KAİ verisi kişi başı atmosfere salınan CO₂'yi tutmak için gerekli arazi anlamına gelmektedir (Jóhannesson vd., 2020). Ayak İzi hesaplarında en yüksek emilimi sağlayan arazi türü olan orman alanı cinsinden hesaplanır (WWF, 2012). Türkiye'de EAİ bileşenlerinden KAİ veri sonuçlarında meydana gelen bu artış, küresel ölçekte olduğu gibi, Türkiye'de de sürdürülebilir olmayan bir yaşam biçiminin işaretidir (WWF, 2012).



Şekil 2. Türkiye EAİ bileşenleri (GFP, 2020b)

Figure 1. Turkey EF components

İlk bölümde kapsamlı olarak ele alınan yüksek enerji talebinin fosil kaynaklardan sağlanması tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de ciddi problemlere sebep olmaktadır.

MATERYAL VE METOT

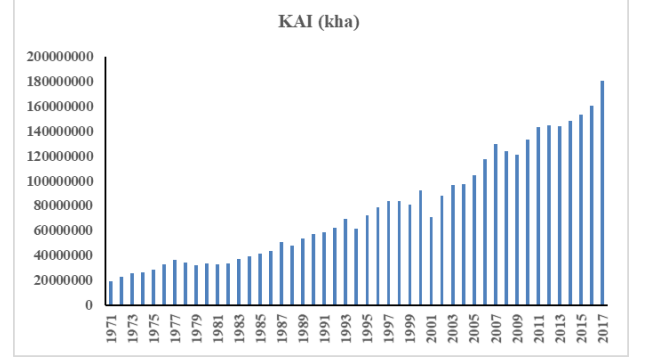
Veri ve Model: Bu çalışmamızda, KAİ (Şekil 3) ile FKT (Şekil 4) verileri arasındaki ilişki, 1971-2017 dönemini içeren veri seti kullanılarak Türkiye kapsamında incelenmiştir. Bağımsız değişken için FKT (ton eş değer petrol enerjisi) ve bağımlı değişken KAİ (kişi başı küresel hektar) verileri kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Bağımlı ve Bağımsız Değişken Verileri.

Table 1. Dependent and Independent Variable Data.

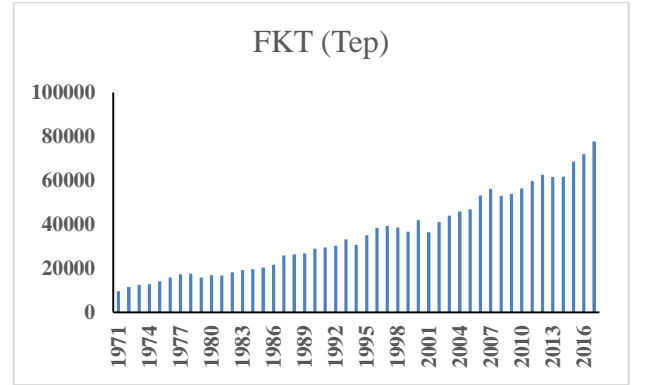
Değişkenler	Açıklama	Kaynak
Karbon Ayak İzi (KAİ)	Kişi Başı Tüketimin Karbon Ayak İzi (kha)	Küresel Ayak İzi Ağı (GFP)
Fosil Kaynak Tüketimi (FKT)	Türkiye Toplam Fosil Kaynak Kullanımı (tep)	Uluslararası Enerji Ajansı (İEA)

Bu çalışma kapsamında özellikle zaman serileri arasındaki uzun dönem ilişkinin belirlenmesi için literatürde oldukça yaygın kullanılan Johansen eşbütünlüme testi uygulanacaktır. Öncelikli olarak test için kullanacağımız değişkenlerimizin zaman serisi özellikleri incelenmiştir. Çünkü zaman serisi özelliklerinin incelenmemesi durumunda, iki değişken için yapılacak her türlü tahminin gerçekte var olmayan ilişkilerini, varmış gibi göstererek sahte regresyon sorununa neden olacaktır (Çiftçi, 2014). Bu amaçla serilerin durağanlığı tespit edilecektir.



Şekil 3. 1971-2017 KAİ verileri (Kişi başı küresel hektar) (GFP, 2020b).

Figure 3. Data CF 1971-2017 (Global hectares per capita)



Şekil 4. 1971-2017 FKT verileri (Ton eş değer petrol enerjisi) (IEA, 2020b).

Figure 4. 1971-2017 FRC data (Tonne equivalent petroleum energy).

Eğer bir serinin zaman içerisinde ortalaması, varyansı ve kovaryansı değişmiyorsa bu seriye durağan zaman serisi denmektedir. Durağan olmama durumu ise bunun tersidir. Çalışmada değişkenlerin durağanlık derecelerinin belirlenmesi amacıyla birim kök testleri uygulanmıştır. Bu aşamada öncelikli olarak geleneksel birim kök testlerinden olan Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi ve Phillips-Peron (PP) testleri uygulanacaktır (Dickey & Fuller, 1997; Phillips & Perron, 1988). Dickey ve Fuller'a göre hata teriminin ortalamasının sıfır, sabit bir varyansa, normal dağılıma ve otokorelasyon içermeyen bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. Hata teriminin ortalamasının normal dağılmadığı durumlar için Dickey ve Fuller, otokorelasyonu gidermek için bağımlı değişkene ait gecikme değerlerini dahil ederek Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) testini önermişlerdir (Akel, 2015). Phillips-Perron (PP) birim kök testi ise ADF birim kök testinin tamamlayıcısı niteliğindedir. PP birim kök testi, ADF ile kıyaslandığında daha esnek varsayımlara sahiptir (Çiftçi, 2014).

Yapısal kırılma, regresyon parametrelerinde zaman içinde ani bir değişikliği ifade etmektedir. Geleneksel birim kök testleri, bu yapısal kırılmaları gözden kaçırmaktadır. Bu nedenle değişkenlere yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testide uygulanacaktır.

Zaman serilerinin aralarındaki eş bütünleşme ilişkisini belirlemek için yaygın olarak kullanılan birden fazla yöntem vardır (Engle & Granger, 1987; Johansen, 1988; Johansen & Juselius, 1990). Bu testlerden biri olan Johansen eşbütünleşme testi, en çok olabilirlik tahmin yöntemini kullanarak eşbütünleşik vektörlerin varlığını test etmeye yönelik geliştirilmiş bir eşbütünleşme analizidir (Akel, 2015).

Bu yöntemle göre değişkenler arasında tespit edilen eşbütünleşme ilişkisi, gerçek uzun dönemli bir ilişki anlamına gelmekte ve değişkenlerin uzun dönem birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Johansen'a göre eşbütünleşme analizinin yapılabilmesi için bütün seriler aynı düzeyde $I(1)$ durağan olmalıdır. Johansen eşbütünleşme testi değişkenler arasındaki tüm koentegre vektörlerin tahminine izin verdiği için oldukça güvenilir bir testtir. Bu çalışmamızda değişkenler arasında ilişki için Johansen eşbütünleşme uygulaması kullanılmıştır. Ayrıca eşbütünleşme testleri sonucunda uzun dönem eşbütünleşmesi tespiti yapılan iki serinin kısa dönem dinamiklerini araştırmak amacıyla vektör hata düzeltme modeli de VECM tahmin edilecektir (Çiftci, 2014).

Vektör hata düzeltme modeliyle değişkenler arasında ortaya koyduğumuz uzun dönemli eşbütünleşme sonuçlarının kısa dönemde de anlamlı bulunması halinde kurulan eşbütünleşmenin model artıklarının otokorelasyona ve değişen varyans problemine sahip olmaması gerekmektedir (Kocabıyık, 2016). Bu nedenle eşbütünleşme modelinin sınaması yapılarak doğruluğu test edilecektir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Birim Kök Testi Uygulaması: Yapılan geleneksel ve yapısal kırılmalı birim kök test sonuçlarına göre KAİ ve FKT değişkenlerin her ikisinin de seviyede $I(0)$ değil, farkta $I(1)$ durağan olduğu görülmüştür (Tablo 2). Her iki değişkenin $I(1)$ çıkması ile aralarında uzun dönemli bir ilişkinin belirlenmesinde Johansen eşbütünleşme testinin uygulanması uygun olmuştur (Tablo 3).

Johansen Eşbütünleşme Test Uygulaması: Test uygulamasına geçmeden önce serilerin gecikme değerlerinin doğru girilmiş olması gerekmektedir. Çünkü analiz gecikme uzunluğuna duyarlıdır (Kocabıyık, 2016). Kullanılan analiz programında bu menüyü kullanarak değişkenler için uygun VAR modeli ve gecikme uzunlukları tespit edilmiştir (Tablo 4).

Uygulanan gecikme uzunluğu test sonuçlarına göre tüm kriterlere göre 1 gecikmeli model uygun bulunmuştur. Bundan sonraki aşamada eşbütünleşme testi yapılacaktır. (Tablo 5).

Tablo 5, incelendiğinde hesaplanan İz (Trace) istatistik ve Maksimum Öz Değer test (Maximum

Eigenvalue) istatistik sonuçlarının kritik değerden büyük olması %5 anlamlılık düzeyinde modelde iki koentegrasyon vektörünün bulunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla Johansen eşbütünleşme testiyle elde edilen sonuçlara bakarak KAİ ve FKT değişkenlerinin uzun dönemde birbirlerini etkilediğini söylemek mümkündür.

Tablo 2. Birim Kök Testleri.

Table 2. Unit Root Tests.

Phillips-Peron (PP)	Seviyede I (0)		Birinci Fark I (1)	
	KAİ	FKT	d(KAİ)	d(FKT)
Sabitli	t-Istatistik 0,9752 Olasılık 0,9956	4,3659 0,9999	t-Istatistik -9,6103 Olasılık 0,0000***	-7,5035 0,0000***
Sabitli ve Trendli	t-Istatistik -2,8530 Olasılık 0,1868	-0,4417 0,9828	t-Istatistik -10,8199 Olasılık 0,0000***	-10,0653 0,0000***
Sabit ve Trend olmadan	t-Istatistik 5,0327 Olasılık 0,9999	10,0621 0,9999	t-Istatistik -7,6914 Olasılık 0,0000***	-5,5838 0,0000***
Artırılmış Dickey-Fuller (ADF)	Seviyede I (0)		Birinci Fark I (1)	
	KAİ	FKT	d(KAİ)	d(FKT)
Sabitli	t-Istatistik 0,4870 Olasılık 0,9844	1,5370 0,9992	t-Istatistik -8,8328 Olasılık 0,0000***	-7,4499 0,0000***
Sabitli ve Trendli	t-Istatistik -3,0197 Olasılık 0,1381	-1,0848 0,9206	t-Istatistik -8,8720 Olasılık 0,0000***	-8,0514 0,0000***
Sabit ve Trend olmadan	t-Istatistik 2,8986 Olasılık 0,9988	4,4790 0,9999	t-Istatistik -7,7110 Olasılık 0,0000***	-5,4338 0,0000***

*** P<%1, ** P<%5, *P<%10

Tablo 3.Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testleri.

Table 3. Structural Break Unit Root Tests.

Min. Dickey-Fuller t-istatistik	Seviyede I (0)		Birinci Fark I (1)	
	KAİ	FKT	d(KAİ)	d(FKT)
Sabitli	t-Istatistik -1,864516 Olasılık 0,9890	-0,45886 0,9999	t-Istatistik -9,15139 Olasılık 0,0000***	-9,02037 0,0000***
Kırılma Yılı	2007	2002	2003	2014
Sabitli ve Trendli	t-Istatistik -4,704605 Olasılık 0,0763	-2,72092 0,9644	t-Istatistik -9,07651 Olasılık 0,0000***	-9,18467 0,0000***
Kırılma Yılı	1979	2014	2009	2014

*** P<%1, ** P<%5, *P<%10

Tablo 4. Uygun gecikme uzunluğu testi.

Table 4. Suitable lag length test.

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-421,0326	NA	1202843	19,67594	19,75785	19,70614
1	-326,3509	176,1520*	17727,68*	15,45818*	15,70393*	15,54881*
2	-322,9195	6,064928	18232,94	15,48463	15,89421	15,63567
3	-318,5461	7,322797	17986,06	15,46726	16,04068	15,67872
4	-315,4003	4,974728	18841,08	15,50699	16,24424	15,77887

*Model için en uygun gecikme

Tablo 5. Eşbütünleşme Analizi.

Table 5. Cointegration Analysis.

İz Test İstatistiği (Trace)				
Hipotez	Özdeğer	İz İstatistiği	%5 Kritik Değer	Olasılık**
r=0	0,324375	22,43705	15,49471	0,0038
r>1	0,101010	4,791761	3,841466	0,0286
Maksimum Özdeğer Test İstatistiği (Maximum Eigenvalue)				
Hipotez	Özdeğer	İz İstatistiği	%5 Kritik Değer	Olasılık**
r=0	0,324375	17,64529	14,26460	0,0141
r>1	0,101010	4,791761	3,841466	0,0286

** P<%5

Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM)

Uygulaması: Değişkenler arasındaki uzun dönem dengesi ile kısa dönem dinamikleri arasındaki ayrımı saptayabilmek için vektör hata düzeltme modeli (VECM) uygulanmaktadır (Kocabıyık, 2016). Değişkenler arasında bulduğumuz eşbütünleşme ilişkisinin, değişkenlerin kısa

dönemdeki dengeden sapma eğilimlerinin belirlenmesi için vektör hata düzeltme modeli de uygulanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Hata düzeltme modeli.
Table 6. Error correction model.

Koentegrasyon Denklemi	CointEq1	
KAI(-1)	1,000000	
FKT(-1)	-8,74E-05 (1,1E-05)	
	[-7,75944]	
Hata Düzeltme	D(KAI)	D(FKT)
CointEq1	-0,023318 (0,00918)	-926,3261 (212,416)
	[-2,53893]	[-4,36090]
D(KAI(-1))	-0,295605 (0,27141)	140,3120 (6277,32)
	[-1,08915]	[0,02235]
D(FKT(-1))	-1,74E-06 (1,2E-05)	-0,258195 (0,28258)
	[-0,14245]	[-0,91371]
R ²	0,111921	0,115089
F-istatistik	2,646549	2,731205
AIC	-1,661501	18,43615
SC	-1,541057	18,55660

Uygulamada, hata düzeltme parametresinin istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olması beklenir (Arı & Yıldız, 2017). Hata düzeltme modeli test sonuçlarına göre, hata düzeltme katsayısı -0,023318 ve 0,00918 olasılık değeri ile anlamlı olduğundan hata düzeltme mekanizması çalışmaktadır. Buna göre bir dönemde meydana gelen dengesizlik sonraki dönemde düzelebilecektir. Dolayısıyla değişkenler için kurulan modelde uzun dönem ilişkisi tutarlıdır ve bu durum, dengeden sapma olması halinde uzun dönemde tekrar dengeye geleceğini göstermektedir.

Tanısal Sınama Test Uygulaması: Tablo 7’de ki sonuçlar %5 anlamlılık düzeyinde bir otokorelasyon probleminin olmadığını, aynı şekilde tablo 8’de ise olasılık değerinin % 5’in üzerinde olması, bu değişkenler arasında değişen varyans sorununun olmadığını göstermektedir.

Tablo 7. Otokorelasyon testi.
Table 7. Autocorrelation test.

Null hypothesis: No serial correlation at lag h						
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	4,391559	4	0,3556	1,115129	(4, 76,0)	0,3557
2	2,793124	4	0,5930	0,701865	(4, 76,0)	0,5931
Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h						
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	4,391559	4	0,3556	1,115129	(4, 76,0)	0,3557
2	6,384935	8	0,6042	0,799752	(8, 72,0)	0,6047

Tablo 8. Değişen varyans analizi.
Table 8. Variable analysis of variance.

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
19,26218	18	0,3758

SONUÇ

Sonuç olarak, Türkiye’nin 1971-2017 dönemine ait verilerin kullanıldığı bu çalışmada Türkiye karbon ayak izi (KAİ) ve fosil kaynak tüketiminin (FKT) aralarındaki ilişki literatür özeti ile anlatılmış ve ardından bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlılığı Johansen Eşbütünleşme testi

ile ortaya konmuştur. Eşbütünleşme sonuçlarının olasılık değerlerinin anlamlı çıkması ile, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu doğrulamıştır. Vektör hata düzeltme modelinde bulunan sonuçlar ile de değişkenler arasında oluşabilecek bir etkinin uzun dönemde dengeye girebileceğini göstermiştir. Uluslararası İklim Araştırma Merkezi’nde emisyon analizi üzerinde çalışan bir araştırmacı olan Glen Peters, ‘Hükümetlerin sadece yenilenebilir enerjiyi teşvik etmelerinin yeterli olmadığını aynı zamanda fosil yakıtları ortadan kaldırmaya odaklanan daha fazla politikaya ihtiyacımız olduğunu’ söylemektedir. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin önemli konularından biri olan iklim değişikliği ile mücadele kapsamında temiz ve çevre dostu kaynak kullanımının artırılması ve FKT’nin azaltılması ile bu hedeflere ulaşılacağı ortadadır. Küresel olarak artan enerji talebinin fosil yakıtlardan karşılandığı günümüzde, bu kaynakların neden olduğu problemler tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz de görülmektedir. Artan sera gazı emisyonlarının çevre kalitesi ve insan sağlığına olan etkilerinin göstergelerinden biri olan KAİ’nde yaşanan artış bunun en ciddi kanıtıdır. Elde edilen sonuçlar KAİ’de meydana gelen artışın sebeplerinden biri olan FKT’nin etkisini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Akel, V. (2015).** Kırılgan Beşli Ülkelerinin Hisse Senedi Piyasaları Arasındaki Eşbütünleşme Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, **11**, 24. DOI: [10.17130/ijmeh.2015.11.24.719](https://doi.org/10.17130/ijmeh.2015.11.24.719)
- Arbex, M. & Batu, M. (2020).** What if people value nature? Climate change and welfare costs. *Resource and Energy Economics*, **61**, 101176. DOI: [10.1016/j.reseneeco.2020.101176](https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2020.101176)
- Arı, E. & Yıldız, A. (2017).** Eşbütünleşme Analizi İle Genç İşsizliği Etkileyen Değişkenlerin Araştırılması. *Alphanumeric journal*, **5**, 310-316. DOI: [10.17093/alphanumeric.349358](https://doi.org/10.17093/alphanumeric.349358)
- Bilim ve Teknik. (2016).** Fosil Yakıtlar. <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/content/fosil-yakitlar>. (22.12.2020).
- Buono, D.D. (2021).** Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. *Science of the Total Environment*, **751**, 141763. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.141763](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141763)
- Cai, M., Murtazashvili, I., Murtazashvili, J.B. & Salahodjaev, R. (2020).** Patience and climate change mitigation: Global evidence. *Environmental Research*, **186**, 109552. DOI: [10.1016/j.envres.2020.109552](https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109552)

- Coelho, S., Rafael, S., Lopes, D., Miranda, A.I. & Ferreira, J. (2020).** How changing climate may influence air pollution control strategies for 2030?. *Science of the Total Environment*, **9697**, 37442-8. DOI: [10.1016/j.envres.2020.109552](https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109552)
- Çiftci, N. (2014).** Türkiye’de Cari Açık, Reel Döviz Kuru ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkiler: Eş Bütünleşme Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **14**, 129-142. DOI: [10.18037/ausbd.12816](https://doi.org/10.18037/ausbd.12816)
- Dickey, D.A. & Fuller, W.A. (1997).** Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *J. Am. Stat. Assoc.*, **74**, 427-431. DOI: [10.2307/2286348](https://doi.org/10.2307/2286348)
- Engle, R.F. & Granger, C.W.J. (1987).** Cointegration and error correction: Representation, estimation and testing. *Econometrica*, **55**, 251-76. DOI: [10.2307/1913236](https://doi.org/10.2307/1913236)
- GFP. (2020a).** Global Footprint (GFP). <https://data.footprintnetwork.org>. (21.12.2020).
- GFP. (2020b).** Global Footprint (GFP). Turkey Ecological Footprint Data. <https://data.footprintnetwork.org>. (21.12.2020).
- Haines, A. & Ebi, K. (2019).** The Imperative for Climate Action to Protect Health. *The new england journal of medicine*, **80**, 263-73. DOI: [10.1056/NEJMra1807873](https://doi.org/10.1056/NEJMra1807873)
- Haines, A., Kovats, R.S., Lendrum, D.C. & Corvalan, C. (2005).** Climate change and human health: Impacts, vulnerability and public health. *Public Health*, **120**, 585-596. DOI: [10.1016/j.puhe.2006.01.002](https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.01.002)
- Hiatt, R.A. & Beyeler, N. (2020).** Cancer and climate change. *Lancet Oncol*, **21**, 519-527. DOI: [10.1016/S14702045\(20\)30448-4](https://doi.org/10.1016/S14702045(20)30448-4)
- Hrabok, M., Delorme, A. & Agyapong, V.I.O. (2020).** Threats to Mental Health and Well-Being Associated with Climate Change. *Journal of Anxiety Disorders*, **76**, 102295. DOI: [10.1016/j.janxdis.2020.102295](https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2020.102295)
- Hughes, J., Heays, K.J., Olesson, E. & Bell, R. (2020).** Impacts and implications of climate change on wastewater systems: A New Zealand perspective. *Climate Risk Management*, **S2212-0963(20)**, 30052-8. DOI: [10.1016/j.crm.2020.100262](https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100262)
- IEA (International Energy Agency). (2016).** Energy Policies of IEA Countries Turkey.
- IEA. (2020).** International Energy Agency. Explore energy data by category: World Total final consumption. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables/country>. (21.12.2020).
- IEA. (2020a).** International Energy Agency (IEA). Explore energy data by category: Turkey Total final consumption. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables/country>. 21.12.2020).
- IEA. (2020b).** International Energy Agency (IEA). Total energy supply (TES) by source, Turkey 1990-2018. <https://www.iea.org/data-and-statistics/country>. (21.12.2020).
- IPCC. (2014).** Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2019).** Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Global warming of 1,5°C.
- Johansen, S. (1988).** Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economics Dynamic and Control*, **12** (2-3), 231-254. DOI: [10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
- Jóhannesson, E.S., Heinonen, J. & Davíðsdóttir, B. (2020).** Data accuracy in Ecological Footprint’s carbon footprint. *Ecological Indicators*, **111**, 105983. DOI: [10.1016/j.ecolind.2019.105983](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105983)
- Khan, I., Hou, F. & Le, H.P. (2021).** The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of the Total Environment*, **754**, 142222. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.142222](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142222)
- Kober, T., Schiffer, H.W., Densing, M. & Panos, E. (2020).** Global energy perspectives to 2060 – WEC’s World Energy Scenarios 2019. *Energy Strategy Reviews*, **31**, 100523. DOI: [10.1016/j.esr.2020.100523](https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100523)
- Kocabıyık, T. (2016).** Johansen Eşbütünleşme Testinde Karar Aşamalarının Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, CİEP Özel Sayısı.
- Koomson, D., Vollum, K.T.S. & Raha, D. (2020).** Characterising the vulnerability of fishing households to climate and environmental change: Insights from Ghana. *Marine Policy*, **120**, 104142. DOI: [10.1016/j.marpol.2020.104142](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104142)
- Kowalski, M.F., Rovenskaya, E., Krausmann, F., Pallua, I. & Neill, J.R.M. (2019).** Energy transitions and social revolutions. *Technological Forecasting & Social Change*, **138**, 69-77. DOI: [10.1016/j.techfore.2018.08.010](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.010)
- Lidicker, W.Z. (2020).** A Scientist’s Warning to humanity on human population growth. *Global Ecology and Conservation*, **24**, 01232. DOI: [10.1016/j.gecco.2020.e01232](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01232)
- Martins, F., Felgueiras, C. & Smitková, M. (2018).** Fossil fuel energy consumption in European

- countries. *Energy Procedia*, **153**, 107-111. DOI: [10.1016/j.egypro.2018.10.050](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.050)
- MGM. (2017).** Meteoroloji Genel Müdürlüğü: İklim Değişikliği ve Mevcut Durum. <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>. (22.12.2020).
- Monserate, A.Z., Ruano, M.A., Candelario, V.O. & Loor, D.A.S. (2020).** Global ecological footprint and spatial dependence between countries. *Journal of Environmental Management*, **272**, 111069. DOI: [10.1016/j.jenvman.2020.111069](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111069)
- Nicholas, P.K., Breakey, S., McKinnon, S., Eddy, E.Z., Fanuele, J. & Starodub, R. (2020).** A climate: a tool for assessment of Climate-change-related health. *Emergency Nurses Association*, **20**, 1-11. DOI: [10.1016/j.jen.2020.10.002](https://doi.org/10.1016/j.jen.2020.10.002)
- Nicholas, P.K., Breakey, S., Tagliareni, E., Simmonds, K. & Sabo, K.K. (2020).** Climate Change and Population Health: Incorporating Stages of Nursing's Political Development. *Nursing Outlook*, **69**(1), 1-9. DOI: [10.1016/j.outlook.2020.08.001](https://doi.org/10.1016/j.outlook.2020.08.001)
- Özgül, S., Koçar, G. & Eryaşar, A. (2020).** The progress, challenges, and opportunities of renewable energy cooperatives in Turkey. *Energy for Sustainable Development*, **59**, 107-119. DOI: [10.1016/j.esd.2020.09.005](https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.09.005)
- Paramati, S.R., Apergis, N. & Ummalla, M. (2017).** Dynamics of renewable energy consumption and economic activities across the agriculture, industry, and service sectors: evidence in the perspective of sustainable development. *Environmental Science and Pollution Research*, **25**, 1375-1387. DOI: [10.1007/s11356-017-0552-7](https://doi.org/10.1007/s11356-017-0552-7)
- Petrov, O., Bi, X. & Lau, A. (2017).** Impact assessment of biomass-based district heating systems in densely populated communities. Part II: Would the replacement of fossil fuels improve ambient air quality and human health?. *Atmospheric Environment*, **161**, 191-199. DOI: [10.1016/j.atmosenv.2017.05.001](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.001)
- Phillips, P.C.B. & Perron, P. (1988).** Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika (Printed Gt. Britain)*, **75**, 335-346. DOI: [10.2307/2336182](https://doi.org/10.2307/2336182)
- Qayyum, U., Anjum, S. & Sabir, S. (2021).** Armed conflict, militarization and ecological footprint: Empirical evidence from South Asia. *Journal of Cleaner Production*, **281**, 125299. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.125299](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125299)
- Qin, P., Xu, H., Liu, M., Xiao, C., Forrest, K.E., Samuelsen, S. & Tarroja, B. (2020).** Assessing concurrent effects of climate change on hydropower supply, electricity demand, and greenhouse gas emissions in the Upper Yangtze River Basin of China. *Applied Energy*, **279**, 115694. DOI: [10.1016/j.apenergy.2020.115694](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115694)
- Rauf, A., Liu, X., Amin, W., Rehman, O.U., Li, J., Ahmad, F. & Bekun, F.V. (2020).** Does sustainable growth, energy consumption and environment challenges matter for Belt and Road Initiative feat? A novel empirical investigation. *Journal of Cleaner Production*, **262**, 121344. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.121344](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121344)
- Rees, W.E. (1992).** Ecological Footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, **4**(2), 121-130. DOI: [10.1177/2455747117699722](https://doi.org/10.1177/2455747117699722)
- Salvia, A.L., Filho, W.L., Brandli, L.L. & Griebeler, J.S. (2019).** Assessing research trends related to Sustainable Development Goals: local and global issues. *Journal of Cleaner Production*, **208**, 841-849. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.09.242](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.242)
- Schachtel, A., Dyer, J.A. & Boos, M.D. (2020).** Climate change and pediatric skin health. *International Journal of Women's Dermatology*, **1**, 85-90. DOI: [10.1016/j.ijwd.2020.07.006](https://doi.org/10.1016/j.ijwd.2020.07.006)
- Sintayehu, D.W., Dalle, G. & Bobasa, A.F. (2020).** Impacts of climate change on current and future invasion of *Prosopis juliflora* in Ethiopia: environmental and socio-economic implications. *Heliyon*, **6**, e04596. DOI: [10.1016/j.heliyon.2020.e04596](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04596)
- TUİK. (2020).** Türkiye İstatistik Kurumu; Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018. <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33624>. (21.12.2020).
- UN. (1987).** United Nations (UN), Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.
- UN. (1992).** United Nations (UN) Framework Convention on Climate Change.
- UN. (2015).** United Nations (UN), Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.
- UN. (2019).** United Nations (UN), 2019 Revision of World Population Prospects.
- WWF. (2012).** World Wide Fund for Nature (WWF), Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu.



An Overview of Fisheries and Aquaculture in the Philippines

Albaris B. TAHILUDDIN^{1,2}, Ertugrul TERZI^{3*}

¹ College of Fisheries, Mindanao State University-Tawi-Tawi College of Technology and oceanography, Sanga-Sanga, Bongao, Tawi-Tawi, Philippines

² Department of Aquaculture, Institute of Science, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey

^{3*} Faculty of Fisheries, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey



Geliş Tarihi: 28.05.2021

Kabul Tarihi: 05.09.2021

Basım Tarihi: 31.12.2021

How to cite: Tahiluddin, A. B. & Terzi, E. (2021). An Overview of Fisheries and Aquaculture in the Philippines. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 475-486.

Atıf yapmak için: Tahiluddin, A. B. & Terzi, E. (2021). Filipinler'deki Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğine Genel Bir Bakış. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 6(4), 475-486.

 : <https://orcid.org/0000-0002-3237-3552>
 : <https://orcid.org/0000-0003-2811-6497>

***Corresponding author:**

Ertugrul TERZI

Kastamonu University, Faculty of Fisheries,

Kastamonu, Turkey

✉: ertugrulterzi@gmail.com

Abstract: The Philippines is one of the significant contributors to world fisheries. In 2018, the total production from three sectors, e.g., aquaculture, municipal, and commercial fisheries, was about 4.36 million MT. With this, the Philippines ranked 13th as the top fish-producing country and placed 4th as the major seaweed producer worldwide. The total export earnings of the country from the fisheries sector was US\$1.6 billion. The Philippine fisheries sector is an essential contributor to the national economy, providing income from foreign exchange and livelihood sources to almost 2 million Filipino fisherfolks. This review aimed to provide an overview of fisheries and aquaculture in the Philippines. Challenges faced in Philippine fisheries and aquaculture sectors were identified. Response to the challenges and some recommendations were also discussed.

Keywords: Aquaculture, commercial fisheries, fisheries sector, municipal fisheries, Philippines.

Filipinler'deki Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğine Genel Bir Bakış

Öz: Filipinler dünya su ürünleri sektörüne önemli katkı sağlayan ülkelerden birisidir. 2018 yılında, su ürünleri yetiştiriciliği, yerel ve ticari balıkçılık gibi üç sektörden toplam üretim yaklaşık 4,36 milyon ton olmuştur. Bununla birlikte Filipinler, en çok su ürünleri üreten ülkeler arasında 13. sırada ve dünya çapında deniz yosunu üreten ülkeler arasında 4. sırada yer almıştır. Ülkenin su ürünleri sektöründen elde ettiği toplam ihracat kazancı 1,6 milyar Amerika doları olmuştur. Filipinler su ürünleri sektörü ulusal ekonomiye önemli katkı ve geçimini su ürünleri ile sağlayan yaklaşık 2 milyon Filipinli balıkçıya gelir sağlayan bir sektördür. Bu derleme, Filipinler'deki balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğine genel bir bakış sunmayı amaçlamaktadır. Filipin balıkçılık ve su ürünleri sektörlerinde karşılaşılan zorluklar belirlendi. Ayrıca, karşılaşılan zorluklara cevaplar ve bazı çözüm önerileri de tartışıldı.

Anahtar kelimeler: Su ürünleri yetiştiriciliği, ticari balıkçılık, su ürünleri sektörü, yerel balıkçılık, Filipinler.

INTRODUCTION

The Philippines, situated in Southeast Asia, is an archipelagic country consisting of 7 641 islands divided into three Luzon, Visayas, and Mindanao Island groups, where Luzon and Mindanao are the two biggest islands.

The Philippines is bordered by the Pacific Ocean in the east, the West Philippine Sea (formerly called the South China Sea) in the west, Taiwan in the North, and Malaysia, Brunei, and Indonesia in the South. It has a total territorial water area of 2 200 000 km², including an exclusive economic zone (EEZ), with a coastline length of 36 289 km

(BFAR, 2019). It is seated within the Coral Triangle – a significant hotspot for coral reef biodiversity (Carpenter & Springer, 2005; Muallil et al., 2014).

Philippine Fisheries is acknowledged in world fisheries as one of the major producing countries. In 2018, the Philippines contributed to world fish production, amounting to 1.89 million MT (2% of the marine capture production), and ranked 13th worldwide. Similarly, the Philippines is the 4th major seaweed producer globally (FAO, 2020).

There are three fisheries sectors in the Philippines: aquaculture, municipal fisheries, and commercial fisheries. In 2018, aquaculture accounted for about 53% of the total production with 2.3 million MT, where seaweeds, milkfish, tilapia, and shrimps/prawns were the major cultured species. Municipal fisheries constituted 25% of the total production with 1.1 million MT, while the commercial fisheries sector contributed about 946 thousand MT of production comprised 22% of the overall fisheries production (BFAR, 2019; PSA, 2019).

According to the Philippine Statistics Authority, the country has a population of about 101 million in 2015. Fish and fishery products are the principal protein source for every Filipino consuming 37 kg year⁻¹ comprising about 12% of the total protein intake (BFAR, 2019).

Fisheries provides a livelihood to almost 2 million coastal dwellers. Fisherfolks were engaged in different fishing activities such as capture fishing, aquaculture, vending, gleaning, fishing processing, and others. Of these, capture fishing and aquaculture employ the most with 49% and 11%, respectively (BFAR, 2019). Fisheries activity is not only carried out by men Filipinos but also women. Gender participation plays a crucial role in the fisheries sector. For instance, in Taal Lake, Luzon, fisherfolks were represented by 54% male and 46% female consisted of fishers, processors, helpers, and fish cage or fishpond owners, managers, and caretakers (Mutia et al., 2020).

Fisheries is crucial to the export earnings of the country. In 2018, the Philippines earned about US\$1.6 billion. The country's major fishery exports were tuna, seaweeds, shrimps/prawns, crabs, octopus, grouper, round scad, cuttlefish and squid, sea cucumber, and ornamental fish (BFAR, 2019).

FISHERIES RESOURCES OF THE PHILIPPINES

The Philippines, being an archipelagic country, is fortunate to be endowed with rich fisheries resources (Table 1). Table 2 and Figure 1 show the location and areas of major fishing grounds in the Philippines.

Table 1. Fisheries resources of the Philippines.

A. Marine Resources	
1. Total Territorial water area (including EEZ)	2 200 000 km ²
a. Coastal	266 000 km ²
b. Oceanic	1 934 000 km ²
2. Shelf Area (depth 200 m)	184 600 km ²
3. Coral Reef Area (within the 10-20 fathoms where the reef fisheries occur)	27 000 km ²
4. Coastline (length)	36 289 km
B. Inland Resources	
1. Swamplands	246 063 ha
a. Freshwater	106 328 ha
b. Brackish water	139 735 ha
2. Existing Fishpond	253 323 ha
a. Freshwater	14 531 ha
b. Brackish water	239 323 ha
3. Other Inland Resources	250 000 ha
a. Lakes	200 000 ha
b. Rivers	31 000 ha
c. Reservoirs	19 000 ha

Source: BFAR (2019).

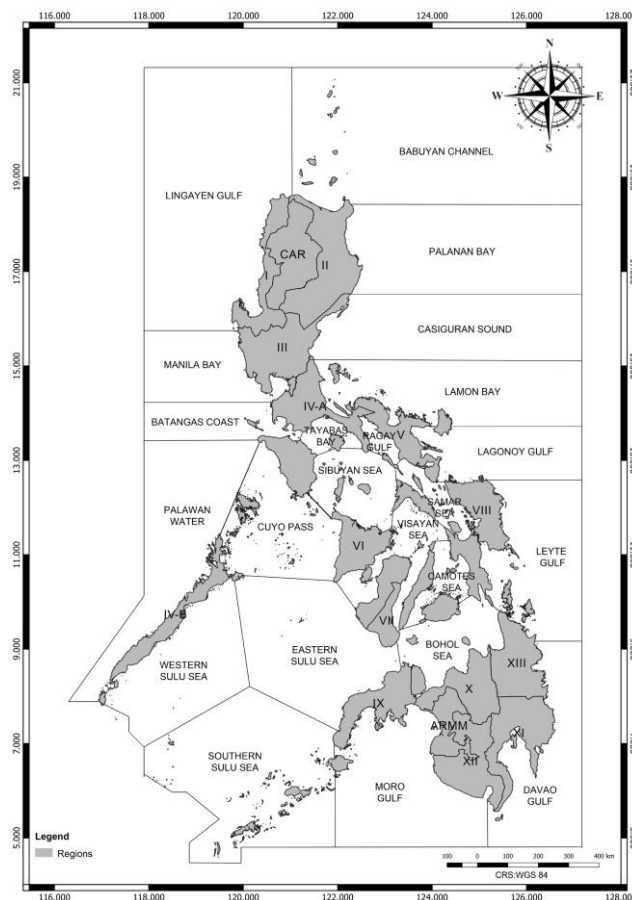


Figure 1. Philippine fishing grounds (Santos et al., 2017).

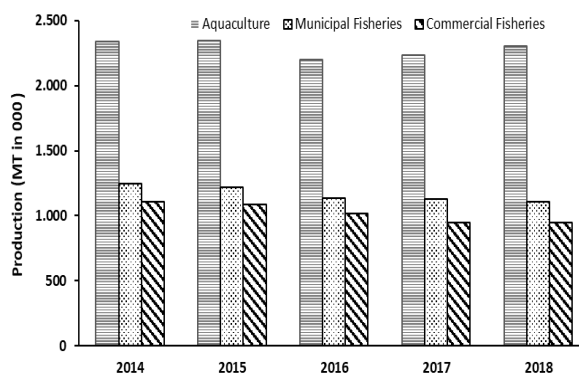
Table 2. Areas and location of the major Philippine fishing grounds (BFAR, 2019).

Fishing Grounds	Area (km ²)	Location
SEAS		
West Sulu Sea	29 992.5	Palawan
South Sulu Sea	112 642	Zamboanga del Sur/Sulu/Tawi-Tawi
East Sulu sea	9 288	Zamboanga del Norte/Negros
Sibuyan Sea	8 127	Aklan/Masbate/Romblon
Bohol Sea	7 946	Bohol
Samar Sea	3 870	Samar/Masbate/Leyte
Visayan Sea	3 096	Panay/Negros/Cebu/Masbate
Camotes Sea	2 476.8	Cebu/Leyte/Bohol
BAYS		
Lamon Bay	2 838	Quezon/Camarines Norte
Tayabas Bay	2 213	Quezon
Illana Bay	2 128.5	Lanao del Sur/Maguindanao
Manila Bay	1 935	Manila/Bataan/Cavite
Sibugay Bay	1 935	Zamboanga del Sur
Iligan Bay	1 811.16	Misamis Occidental/Lanao del Norte
Imuruan Bay	1 087.8	Palawan
San Miguel bay	774	Camarines Sur
Tawi-Tawi Bay	592.4	Tawi-Tawi
Butuan Bay	516	Agusan del Norte
GULFS		
Moro Gulf	2 900	Zamboanga del Sur/Maguindanao/Sultan Kudarat
Davao Gulf	4 024	Davao del Sur/Davao del Norte/Davao Oriental
Ragay Gulf	3 225	Camarines Sur/Quezon
Leyte Gulf	2 724	Leyte Island/Samar Island
Panay Gulf	2 311	Iloilo/Negros Occidental
Lingayen Gulf	2 064	Pangasinan
Lagonoy Gulf	1 935	Albay/Camarines Sur/Catanduanes
Asid Gulf	619	Masbate
Albay Gulf	412.8	Albay
CHANNELS		
Babuyan Channel	3 612	Cagayan/Babuyan Island
Jintotolo Channel	280	Capiz/Masbate
Maqueda Channel	129	Camarines Sur/Catanduanes
STRAITS		
Tablas Strait	3 870	Tablas Island/Mindoro Oriental
Mindoro Strait	3 426.2	Palawan/Mindoro Occidental
Tañon Strait	2 786.4	Cebu/Negros
Cebu Strait	1 818.9	Cebu/Boho
Iloilo Strait	1 006	Iloilo/Guimaras
PASSAGES		
Burias Pass	1 393.2	Burias Island/Camarines Sur
Ticao Pass	804.75	Ticao Island/Sorsogon

PRODUCTION TRENDS

Five-year (2014 to 2018) Philippine production from the three fisheries sectors is shown in Table 3 and Figure 2. Aquaculture production is consistent with more than 2 million MT and remains the primary Philippine production source compared to municipal and commercial fisheries in

5 consecutive years. Municipal fisheries production is more or less unchanged throughout the years, with more than 1 million MT. However, commercial fisheries production gradually declined from more than 1 million MT to more than 900 thousand MT in the same years (PSA, 2019).

**Figure 2.** Fisheries production of the Philippines between 2014 and 2018 (PSA, 2019).

SECTORS OF PHILIPPINE FISHERIES

Aquaculture

Aquaculture is a significant contributor to the country's total fishery production. It is the lone sector where continuous development has been achieved compared to the municipal and commercial fisheries sectors (Aypa & Bacongus, 2000; BFAR, 2019). Seaweeds (mainly *Kappaphycus* and *Eucheuma* spp.), milkfish (*Chanos chanos*), tilapia (mainly *Oreochromis* spp.), and shrimps/prawns (*Peneaus* spp., *Metapenaeus* sp., and *Macrobrachium* sp.) are the top cultured species produced from the aquaculture sector, comprising 91.38% of the total production in 2018 (Table 4) (BFAR, 2019; PSA, 2019).

Table 4. Top Aquaculture-produced species, 2018.

Species	Amount (MT)	Rate (%)
Seaweeds (<i>Kappaphycus</i> & <i>Eucheuma</i> spp.)	1 478 301	64.15
Milkfish (<i>Chanos chanos</i>)	303 402	13.17
Tilapia (mainly <i>Oreochromis</i> spp.)	277 006	12.02
Shrimps/Prawns (<i>Peneaus</i> , <i>Metapenaeus</i> , <i>Macrobrachium</i> spp.)	47 060	2.04
Others	198 597	8.62
Total	2 304 365	100

Source: BFAR (2019)

Table 3. Fisheries production of the Philippines from 2014 – 2018 (MT).

Sector	Year				
	2014	2015	2016	2017	2018
Aquaculture	2 337 604.96	2 348 161.21	2 200 913.34	2 237 790.36	2 304 365.31
Municipal Fisheries	1 244 258.95	1 216 526.72	1 137 931.03	1 126 017.30	1 106 071.84
Commercial Fisheries	1 107 220.80	1 084 624.70	1 016 948.05	948 281.45	946 437.62
Total	4 689 064.71	4 649 312.63	4 355 792.42	4 312 098.51	4 356 874.77

Source: PSA (2019)

Major Cultured Species

Seaweeds: Seaweeds are a vital marine ecosystem component alongside the mangrove and coral reefs. They can be seen in two viewpoints, from their ecological value as well as their economic benefits. Among the flora in Asia Pacific Regions, the Philippine seaweed is exceptionally diverse (BFAR, 2010). As compiled and published by Silva et al. (1987), seaweeds recorded to be up to more than 800 species. The Philippines' seaweed sources have been extensively reviewed by Trono & Largo (2019), emphasizing that *Kappaphycus*, *Eucheuma*, *Gracilaria*, and *Caulerpa* as major cultured seaweed species. Additionally, *Codium*, *Gelidiella acerosa*, *Halymenia*, *Porphyra*, and *Sargassum* spp. are other seaweeds with economic significance (BFAR, 2010).

Seaweeds are the top aquaculture species cultivated from all regions (excluding National Capital Region and Cordillera Administrative Region), with 1.48 million MT comprising about 64% of the total production in 2018, where BARMM (Bangsamoro Autonomous in Muslim Mindanao) is a significant producer (BFAR, 2019; PSA, 2019). Philippines ranked 4th in seaweed production next to China, Indonesia, and the Republic of Korea (FAO, 2020).

Seaweeds are exported in both processed (semi-refined chips/carrageenan and refined carrageenan) and raw (fresh or dried seaweeds) forms. The Philippines exported carrageenan in both semi-refined and refined form, mainly to the USA, Mexico, Belgium, Thailand, Denmark, Australia, Russia, Spain, France, and Brazil, with about US\$185 million in 2018. At the same time, the major importing countries of the raw forms were Spain, Argentina, China, the USA, and Brazil, with a value of about US\$16 million (BFAR, 2019).

Seaweed farming is the primary livelihood source for coastal villagers, particularly in the BARMM, Southern Philippines (BFAR, 2010; Romero, 2002). It is considered a family venture involving nearly all family members, including children (Romero, 2002). Seaweed farming utilizes between 100 000-120 000 labors, where 90% are seaweed farmers, and the rest are seaweed processors and traders (BFAR, 2010). There are several culture methods practiced in the country. These include fixed off-bottom or bottom stake, bamboo raft, floating monoline, raft longline, and hanging longline (Hurtado, 2003; Romero, 2002; Sabdani, 2002). The harvesting period varies from region to region, ranging from 20 to 60 days (Mundo et al., 2002; Romero, 2002) or usually after 45 days (Samonte, 2017). Philippine seaweed production in 2018 is shown in Table 5, where BARMM was the major seaweed-producing region.

Milkfish: Milkfish (*Chanos chanos*) or locally called *Bangus*, is considered the Philippines' official

national fish (Bagarinao, 1998). Farming of this fish species has been carried out in Southeast Asia for over 50 decades and is now considered the most important farmed fish (Sumagaysay-chavoso, 2003; Yap et al., 2007). Milkfish is the 2nd aquaculture production species comprising 13% of the total production (BFAR, 2019; PSA, 2019). Milkfish is cultured in brackish water, freshwater lakes, estuarine areas, and coastal marine waters using various culture systems like ponds, cages, and pens (Yap et al., 2007).

Table 5. Philippine seaweed production, 2018.

Region	Production (MT)
NCR (National Capital Region)	-
CAR (Cordillera Administrative Region)	-
I (Ilocos Region)	8.38
II (Cagayan Valley)	90.63
III (Central Luzon)	763.11
IV-A (Calabarzon)	3 303.97
IV-B (Mimaropa)	344 606.77
V (Bicol Region)	52 607.77
VI (Western Visayas)	82 503.42
VII (Central Visayas)	62 936.73
VIII (Eastern Visayas)	17 487.43
IX (Zamboanga Peninsula)	196 638.56
X (Northern Mindanao)	32 179.84
XI (Davao Region)	6 928.13
XII (Soccsksargen)	32.88
XIII (Caraga)	9 200.45
BARMM (Bangsamoro Autonomous Region in Muslim Mindanao)	669 013.44
Total	1 478 300.84

Source: BFAR (2019)

Tilapia: Before tilapia deemed as the second popular cultivated fish in the Philippines, tilapia (mainly the dark “Java” tilapia, *Oreochromis mossambicus*) was a disliked fish: bothersome to consumers who favored marine and brackish water species and disdained by fishpond operators who perceived the fish as a pest. All of that has changed with acknowledging that Nile tilapia (*O. niloticus*) is a far prevalent species for cultivation (Smith & Pullin, 1984). The six farmed tilapia species in the country are Nile tilapia *Oreochromis niloticus* together with its genetic strains, Mozambique tilapia (*O. mossambicus*), Blue tilapia (*O. aureus*), and Redbelly tilapia (*Coptodon zilli*), Blackchin tilapia (*Sarotherodon melanotheron*), and Red tilapia (*Oreochromis* spp. hybrids) (Guerrero, 1979; Romana-Eguia et al., 2020). These tilapia species are all introduced species. The first tilapia species introduced in the country from Thailand in 1950 was *O. mossambicus*. It was then followed by *O. niloticus* in 1972 and other species (*O. hornorum*, *O. aureus*, *Coptodon zilli*, and *S. melanotheron*) (Guerrero, 2019). Tilapias are considered so versatile in various environments that it has been referred to as “aquatic chicken” (Acosta & Gupta, 2010). Tilapias are typically grown using semi-intensive or intensive culture techniques under various cultivation and environmental factors, stocking rates, and management approach (El-Sayed,

2019). Romana-Eguia et al. (2020) detailed the basic concepts of tilapia cultivation in the Philippines in various farming techniques such as cage cultivation, pond cultivation, monosex male tilapia cultivation, saltwater cultivation, rice-fish (tilapia) cultivation, and aquaponics.

Shrimps/Prawns: Shrimps/Prawns are the 4th important species cultivated in the Philippines, with 47 060 MT contributing about 2% of the total aquaculture production in 2018 (BFAR, 2019; PSA, 2019). The main cultured shrimp/prawn species in brackish water ponds are *Peneaus monodon*, *P. vannamei*, *P. indicus*, *P. setiferus*, and *Metapenaeus ensis*. Another species of prawn, freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*, is also recently cultivated around 2001 (Rosario & Tayamen, 2007), but its production is negligible compared to the above shrimp/prawn species (PSA, 2019).

Tiger prawn (*Peneaus monodon*) is an essential export species cultured throughout the Philippines. This species' cultivation was regarded as a minor species harvested along with the milkfish. It became the predominant species in 1951 propagated in brackish water pond in which the source of seed stocks came from the wild. In the 1980s, when SEAFDEC promoted the hatchery technology, farming of this species became successful and commercially practiced nationwide (Rosario & Lopez, 2005).

Table 6. Aquaculture production, by culture system & environment, 2018 (in MT)

Environment	Culture System					
	<i>Fishpond</i>	<i>Fish cage</i>	<i>Fish pen</i>	<i>Mariculture</i>	<i>Small Farm Reservoir</i>	<i>Rice-Fish</i>
Brackish water	325 504.03	1 248.79	2 877.07			
Freshwater	161 519.70	103 348.99	57 644.10		83.27	3.47
Marine water		108 951.71	9 866.9	1 533 311.76		
Total	487 023.73	213 549.49	70 388.07	1 533 311.76	83.27	3.47

Source: BFAR (2019).

Marine Fisheries

Marine fisheries are defined as the extraction of wild living resources in coastal and open sea for human sustenance or markets. Marine Fisheries resources include various fishes as well as invertebrates like mollusks, crustaceans, and sea cucumbers. In the Philippines, marine fisheries is composed of two sectors, municipal fisheries or small-scale fisheries and commercial fisheries or large-scale fisheries (Luna et al., 2004). Marine fisheries are a significant protein source, sustenance, and export earning of the Philippines (Barut et al., 1997).

From municipal and commercial sectors, marine fisheries constituted about 47% or approximately 2 million MT of Philippine production in 2018 (BFAR, 2019). In the Philippines, the most productive fishing grounds are the West Palawan Sea, South Sulu Sea, Visayan Sea, Moro Gulf, and Bohol Sea (BFAR, 2000). The most common types of fishing gears used in the Philippines are drift gillnet, purse seine, bag net, ring net, trawl, beach seine,

Culture System

The culture system varies according to species as well as environments. In the Philippines, fishpond, fish cage, fish pen, and mariculture are the major culture systems practiced in brackish water, freshwater, and marine environments. In 2018, mariculture had the highest production (nearly 1.5 million MT), where seaweeds, oysters, and mussels were the primary cultured species. Almost 0.5 million MT was produced from the fishpond in freshwater and brackish water environment. The fish cage production was about 0.2 million MT, while fish pen production was about 70 000 MT produced from the fish pen in all environments. Farm reservoir and rice-fish productions were 83 and 3 MT, respectively (BFAR, 2019) (Table 6).

In brackish water, the most popular cultured fish are milkfish, tilapia, grouper, siganid, and crustaceans such as tiger prawn, white shrimp, endeavor prawn, and mud crab. In the freshwater environment, major cultured species are milkfish, carp, catfish, mudfish, gourami, and freshwater prawn. In the marine environment, species with high production mostly come from seaweeds, oysters, mussels, milkfish, grouper, siganid, mud crab, spiny lobster, and tiger prawn. Farming of fish in the rice field and farm reservoir is also done of which tilapia, carp, catfish, mudfish, and gourami are the species cultivated (BFAR, 2019).

Danish seine, handline, multiple handline, longline, and bottom set longline (Santos et al., 2017).

Municipal Fisheries

Municipal fisheries is marine fisheries where fishing is carried out along coastal and inland waters with or without the use of vessels of 3 gross tons or less (BFAR, 2019).

Municipal production: In 2018, the municipal production both from marine and inland waters was mainly contributed by Region IX-B, Region V, BARMM, Region IX, and Region VI, as shown in Table 7. Production from marine waters was about 942 000 MT, primarily composed of big-eyed scad, Indian sardines, frigate tuna, round scad, fimbriated sardines, slipmouth, squid, Indian mackerel, yellowfin tuna, and anchovies (Table 8). On the other hand, production from inland waters was about 164 000 MT, mainly comprising tilapia, carp, mudfish, freshwater catfish, milkfish, gourami, freshwater shrimp, big-head carp, freshwater goby, silver perch, mullet, and freshwater sardines (Table 9) (BFAR, 2019).

Table 7. Municipal fisheries production, by region, 2018 (in MT).

Region	Marine	Inland	Total
NCR (National Capital Region)	8 206.63		8 206.63
CAR (Cordillera Administrative Region)	-	1 111.20	1 111.20
I (Ilocos Region)	24 236.02	1 761.98	25 998.00
II (Cagayan Valley)	19 693.70	8 378.99	28 072.69
III (Central Luzon)	38 112.39	16 364.85	54 477.24
IV-A (Calabarzon)	33 336.80	67 352.12	100 688.92
IV-B (Mimaropa)	124 905.62	2 048.85	126 954.47
V (Bicol Region)	122 076.66	4 694.68	126 771.34
VI (Western Visayas)	103 635.37	7 902.06	111 537.43
VII (Central Visayas)	63 668.73	194.06	63 863.49
VIII (Eastern Visayas)	69 550.93	560.76	70 111.64
IX (Zamboanga Peninsula)	116 123.36	942.02	117 065.38
X (Northern Mindanao)	40 242.85	4 490.03	44 732.88
XI (Davao Region)	22 876.92	243.94	23 120.86
XII (Soccksargen)	11 547.66	19 676.84	31 224.50
XIII (Caraga)	47 178.25	4 685.31	51 863.56
BARMM (Bangsamoro Autonomous Region in Muslim Mindanao)	96 478.97	23 792.64	120 271.61
Total	941 870.86	164 200.98	1 106 071.84

Source: BFAR (2019)

Table 8. Marine municipal fish catch, by major fish species, 2018.

Species	Total (MT)	% Total
Big-eyed Scad (<i>Selar crumenophthalmus</i>)	69 556.00	7.4
Bali Sardinella (<i>Sardinella lemuru</i>)	65 298.70	6.9
Frigate Tuna (<i>Auxis thazard</i>)	53 961.30	5.7
Round scad (<i>Decapterus maruadsi</i>)	50 941.61	5.4
Fimbriated Sardines (<i>Sardinella fimbriata</i>)	42 446.43	4.5
Slipmouth (<i>Leiognathus</i>)	37 331.94	4.0
Squid (Teuthoidea)	36 089.04	3.8
Indian Mackerel (<i>Rastrelliger kanagurta</i>)	35 703.42	3.8
Yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>)	34 523.77	3.7
Anchovies (<i>Engraulidae</i>)	34 220.70	3.6
Others	481 797.95	51.2
Total	941 870.86	100.0

Source: BFAR (2019).

Table 9. Inland municipal fish catch, by major species, 2018.

Species	Total (MT)	% Total
Tilapia (<i>Oreochromis spp.</i>)	44 070.89	26.84
Carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	14 659.10	8.93
Mudfish (<i>Channa striata</i>)	9 666.04	5.89
Freshwater catfish (<i>Clarias batrachus</i>)	5 814.51	3.54
Milkfish (<i>Chanos chanos</i>)	4 988.47	3.04
Gourami (<i>Osphronemidae</i>)	4 033.14	2.46
Freshwater prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	3 373.52	2.05
Big-head carp (<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>)	3 011.90	1.83
Freshwater goby (<i>Glossogobius celebius</i>)	2 892.24	1.76
Silver perch (<i>Leiopotherapon plumbeus</i>)	1 407.87	0.86
Mullet (<i>Mugilidae</i>)	1 413.74	0.86
Freshwater sardines (<i>Sardinella tawilis</i>)	993.88	0.57
Others	67 935.68	41.37
Total	164 200.98	100.0

Source: BFAR (2019).

Municipal fishing vessels: The total number of municipal fishing vessels in the country was about 259 000, dominated mainly by regions VIII, VI, VII, IV-B, and BARMM (Table 10) (BFAR, 2019).

Municipal fishing gears: The municipal fisheries in Lingayen Gulf mostly used line gears like handline, multiple handline, bottom longline, spear guns, push net, and fish trap/pot (Gaerlan et al., 2018). The fishing gears used in the Scarborough Shoal mainly comprised of variations of gillnets (bottom-set, drift, and ring nets) and hook-and-line (drift, multiple, and simple handlines), as well as speargun and jig of which the catch was dominated mainly by Acanthuridae, Balistidae, Lethrinidae, and Scombridae (Arceo et al., 2020).

Table 10. Number of municipal fishing vessels, by region 2018.

Region	No. of Fishing Vessels
NCR (National Capital Region)	718
CAR (Cordillera Administrative Region)	308
I (Ilocos Region)	8 780
II (Cagayan Valley)	9 895
III (Central Luzon)	8 684
IV-A (Calabarzon)	13 166
IV-B (Mimaropa)	29 201
V (Bicol Region)	21 555
VI (Western Visayas)	29 227
VII (Central Visayas)	29 075
VIII (Eastern Visayas)	31 548
IX (Zamboanga Peninsula)	17 061
X (Northern Mindanao)	10 184
XI (Davao Region)	10 680
XII (Soccksargen)	9 708
XIII (Caraga)	7 862
BARMM (Bangsamoro Autonomous Region in Muslim Mindanao)	21 304
Total	258 956

Source: BFAR (2019).

Commercial Fisheries

The Philippine Fisheries Code of 1998 defines commercial fishing as taking fishery species by passive or active fishing gears for trade, business, or profit beyond subsistence or sports fishing. Fishing is done using vessels of more than 3 gross tons (BFAR, 2019; Luna et al., 2004).

Commercial production: In 2018, commercial production was about 946 000 MT. The major fish species were primarily represented by skipjack, Indian sardines, yellowfin tuna, frigate tuna, fimbriated sardines, big-eyed scad, eastern little tuna, Indian mackerel, slipmouth, and indo-pacific mackerel (BFAR, 2019.)

Tunas, family Scombridae, are being fished throughout the country's waters. A recent study by Nepomuceno et al. (2020) emphasized that Philippine waters, particularly the West Philippine Sea and Batanes-Polillo waters, have the most bountiful tuna species in species diversity.

Table 11. Commercial fish production, by major fish species, 2018.

Species	Total (MT)	% Total
Skipjack (<i>Katsuwonus pelamis</i>)	229 348.87	24.2
Bali Sardinella (<i>Sardinella lemuru</i>)	193 835.77	20.5
Yellowfin Tuna (<i>Thunnus albacares</i>)	120 364.80	6.3
Frigate Tuna (<i>Auxis thazard</i>)	57 954.97	6.1
Fimbriated Sardines (<i>Sardinella fimbriata</i>)	45 131.38	4.8
Big-eyed Scad (<i>Selar crumenophthalmus</i>)	41 368.73	4.4
Eastern Little Tuna (<i>Euthynnus affinis</i>)	21 362.01	2.3
Indian Mackerel (<i>Rastrelliger kanagurta</i>)	20 071.18	2.1
Slipmouth (<i>Leiognathus</i>)	10 619.37	1.1
Indo-pacific Mackerel (<i>Rastrelliger brachysoma</i>)	10 614.93	1.1
Other Species	135 852.19	14.4
Total	946 437.62	100.0

Source: BFAR (2019)

Tunas are the top export commodities of the Philippines. In 2018, 39% (approximately 430 000 MT) of the commercial production was composed of tuna species like skipjack (*K. pelamis*), yellowfin tuna (*T. albacares*), frigate tuna (*A. thazard*), and eastern little tuna (*E. affinis*). About 170 000 MT of tuna products, both fresh and preserved, amounting to roughly US\$500 million, was exported to the UK, Japan, Germany, Spain, the USA, Netherlands, Italy, Poland, Israel, Portugal, Cyprus, Indonesia, Switzerland, and other countries (BFAR, 2019).

Commercial fishing vessels: Commercial fishing vessels in the Philippines had more than 8 000, with more than 3 000 fishing operators. The NCR had the highest total number of commercial fishing vessel operators (2 362) with 6 422 commercial fishing vessels in 2018 (Table 12) (BFAR, 2019).

Commercial fishing gears: Commercial fishing gears operate across the country's waters are Danish seine, purse seine, trawls (commercial trawl, pair trawl, and midwater trawl), ring net, drift filter net, bag net, handline, multiple hook and line, and troll line (Santos et al., 2017).

Table 12. Number of commercial fishing operators and fishing vessels, by region, 2018.

Region	No. of Operators	No. of Fishing Vessels			Subtotal
		Large scale (>150 GT)	Medium-scale (20.1 -150 GT)	Small scale (3.1-20 GT)	
NCR (National Capital Region)	2 362	524	2 949	2 949	6 422
CAR (Cordillera Administrative Region)	-	-	-	-	-
I (Ilocos Region)	72	18	110	119	247
II (Cagayan Valley)	9	1	4	17	22
III (Central Luzon)	47	1	16	53	70
IV-A (Calabarzon)	146	-	55	183	238
IV-B (Mimaropa)	70	-	39	77	116
V (Bicol Region)	74	2	37	100	139
VI (Western Visayas)	7	-	5	6	11
VII (Central Visayas)	43	3	49	68	120
VIII (Eastern Visayas)	51	-	17	72	89
IX (Zamboanga Peninsula)	66	35	158	109	302
X (Northern Mindanao)	10	-	5	8	13
XI (Davao Region)	7	-	7	11	18
XII (Soccsksargen)	87	18	174	185	377
XIII (Caraga)	6	-	5	4	9
BARMM (Bangsamoro Autonomous Region in Muslim Mindanao)	1	-	4	1	5
Total	3 058	602	3 624	3 962	8 198

Source: BFAR (2019).

CHALLENGES IN THE PHILIPPINE FISHERIES AND AQUACULTURE

Challenges in the Philippine Aquaculture

The aquaculture sector in the Philippines faces many challenges despite large volume of production in recent consecutive years. The most common challenges are pests and diseases, water quality degradation, the occurrence of harmful algal blooms, and lack of capital and government support.

Pests and Diseases: Significant losses in seaweed production have been attributed mainly to pests and diseases (Ward et al. 2020; Faisan et al. 2021). The most common pests and diseases affecting seaweed farms in the country are ice-ice disease and epiphytic filamentous algae (Faisan et al. 2021). Ice-ice disease is generally caused by biotic (pathogenic bacteria and marine-derived fungi) and abiotic (light, temperature, salinity, nutrients) factors, where the infected branches of the seaweeds appeared as white and soft, which can disintegrate easily, resulting in losses in the farms thereby causing a severe production

decline (Largo et al., 1995a; Largo et al., 1995b; Mendoza et al., 2002; Solis et al. 2010; Tahiluddin and Terzi, 2021). Another problem in seaweed farming is the epiphytic filamentous algae. These pests, which are prevalent in the country, are attached using their holdfast in the host plants; and the infected branches of the seaweeds show epiphytes penetrating the cortex and growing within the medullary (Faisan et al., 2021). Epiphytic filamentous algae are also responsible for a significant decline in carrageenan quality and production biomass of farmed *Kappaphycus* and *Euचेuma* species (Ward et al. 2020).

Tilapias are also affected by diseases, especially bacterial and viral diseases, despite being a nearly hardy fish. The most commonly reported bacterial diseases are streptococcosis, motile *Aeromonas* septicemia, and *Pseudomonas* infections (Duremdez and Lio-Po, 1988; Yambot, 1998; Reyes et al., 2019; Limbauan, 2018; Legario et al., 2020). In addition, Tilapia Lake Virus, a viral disease that emerged recently, threatens tilapia aquaculture in the country as well as worldwide (Aich et al., 2021; OIE, 2017).

Disease outbreaks in shrimp aquaculture have resulted in substantial production decline over the last decades, which has become more challenging for the country to claim back the title as the global shrimp leader. Shrimp diseases can be viral, bacterial, and protozoan. Among the most common diseases which have significant impacts are white spot disease (WSD), white feces disease (WFD), early mortality syndrome (EMS), hepatopancreatic microsporidiosis (HPM), luminous vibriosis, filamentous bacterial disease, shell disease, ciliate Infestation, black gill disease, and chronic soft-shell syndrome (Hays, 2020).

Water quality degradation: Water quality degradation in ecosystems that support aquaculture is still a main issue in the Philippines, especially in Luzon. For example, in Taal Lake, concentrations of phosphates, nitrates, and total dissolved solids were significantly higher in aquaculture cage sites than in areas without aquaculture activities (Querijero & Mercurio, 2016; Cruz et al., 2019). Furthermore, the current status of Manila Bay revealed that the levels of PO_4^{-3} (1.02 mg/L – 2.42 mg/L) and NH_3N (0.90 mg/L – 2.35 mg/L) were unsuitable for fish culture, although other important parameters like temperature, dissolved oxygen, pH, etc. were within the safe levels (Baldoza et al., 2020). Moreover, high water temperature (>32 °C) was the major challenge that has a significant impact on tilapia aquaculture, particularly in Luzon and Mindanao (Guerrero, 2019).

Harmful algal blooms (HABs): Harmful Algal blooms (HABs) have been a country's problem for the last decades affecting the aquatic environment, aquaculture sites, infected farmed species, country's economy, and

even a human's life. For instance, in Laguna de Bay, due to human activity such as disposal of nutrients (nitrate and phosphate), under favorable environmental conditions, algal blooms can be expected degrading water quality like low oxygen and toxin production. This is the main cause of fish kill in most Luzon in recent years (De Vera-Ruiz, 2021).

HABs occurrence also has a great impact on the national economy of the country as well as threatening public health. For example, from 1983 to 2002, there were 2122 cases of paralytic shellfish poisoning with 117 deaths. Moreover, in the same year duration, HABs resulted in; a) economic losses and damages amounting to 2.2 million pesos, b) extensive economic damages, c) problem in the international trades, d) unemployment of many shellfish industries, and e) displacement and losses of livelihood for thousands of fishers (BFAR, 2021).

Lack of capital and government support: Farming of seaweeds is usually dependent on the availability of capital (funds) in order to start farming (Romero, 2002). In Tawi-Tawi, Southern Philippines, one of the problems that hindered farmers from intensifying seaweed farming was the lack of capital and government support, which resulted in low socio-economic status (Tahiluddin and Delasas, unpublished). In tilapia aquaculture, lack of capital and government support has been identified as one of the prime causes of low tilapia production (Guerrero, 2019).

Challenges in Philippine Marine Fisheries

Overfishing, destructive and illegal fishing, and weak law enforcement are among the prevalent challenges in marine fisheries in the Philippines.

Overfishing: Overfishing in the Philippines has been observed in the 1990s and may have been started in the 1980s (Israel & Banzon, 1997; Camacho, 1999). In the 20th century, small pelagic fishes in the country were overfished (Dalzell & Ganaden, 1987), and recently some fisheries officials blamed overfishing in Samar and Bicol for rotting sardines in Bulan, Sorsogon province (Toledo, 2021). Also, sea cucumbers in some provinces are overexploited, evident from previous studies (Olavides et al., 2010; Jontila et al., 2017; Ajik et al., 2021), although the Philippines remains as the second major sea cucumber-producing country in Southeast Asia (Alejandro, 2019). According to the chief of the Fish Right Program in the Philippines of the United States Agency for International Development (USAid), 70% of fishing grounds in the country are currently overfished (Aguirre, 2019).

Destructive and illegal fishing: Dynamite (blast) fishing, cyanide fishing, and using destructive fishing gears are considered damaging to habitats and aquatic resources (Camacho, 1999; Erdmann et al., 2000). In addition, Philippine coral reefs have been damaged by the use of

destructive fishing methods (Alcala & Russ, 2002). Even in this pandemic, illegal fishing was reported to spike during the lockdown from March to May 2020 (Espanilla, 2020). In 2019, illegal fishing from municipal and commercial fisheries comprised 27-40% of the total production amounting to 42-63 billion pesos (BFAR, 2020). In addition, unreported, unregulated, and unregistered fishing are also significant challenges in the marine fisheries sector of the country (BFAR, 2020).

Weak law enforcement: Weak law enforcement has resulted in the rampant use of destructive and illegal fishing in the country, leading to overfishing. For example, in Calamianes Island, Palawan, weak law enforcement prevails, and local fishers are even accused of corruption in fisheries governance, such as a strong link between the law enforcement agent and unscrupulous operators/traders (Fabinyi, 2007).

RESPONSE TO THE CHALLENGES AND RECOMMENDATION

The challenges mentioned above have been a long hindrance to the sustainability of Philippine fisheries and aquaculture. Pests and diseases in aquaculture, particularly in seaweed farming, must be given attention in future research like looking and further understanding the water parameters of the farm as well as the role of pathogenic microorganisms. Our previous paper (Tahiluddin and Terzi, 2021) reviewed the causes, occurrence, and some control measures of ice-ice disease of *Kappaphycus* and *Eucheuma* species may be beneficial to minimize this disease and can be used to further investigate for proper disease management. In general, biosecurity measures and aquatic disease surveillance must be imposed and enhanced to reduce pests and diseases in aquaculture. In addition, future researches may also focus on investigating the potential environmental-friendly and efficient ways of reducing, eliminating, or treating pests and diseases in aquaculture.

To monitor and maintain water quality, there should be a regular assessment or future researches of water quality, especially in aquaculture sites nationwide. In order to attain water quality standards, strict compliance with the Code of Good Aquaculture Practices must be imposed (Baldoza et al., 2020).

Although HABs monitoring in the Philippines is regularly monitored by the Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (BFAR), especially in the area where laboratory equipment is available, coverage areas should be expanded to cover more areas where shellfish farming is being practiced and monitoring and surveillance should be improved. The development of a rapid test for detecting HABs would also be helpful for fast detection, early

warnings, and avoidance of great losses both HABs-infested species as well as consumers' life. Likewise, researchers must consider and explore HABs through extensive research in many parts of the country.

The government must prioritize farmers and fishers in giving and providing assistance/support to improve the country's fisheries and aquaculture sectors. Overfishing, destructive and illegal fishing are all linked to weak enforcement of existing laws pertaining to proper utilization and management of Philippine fisheries resources. Hence, to boost fish production, there is a need for stronger enforcement measures to attain seafood self-sufficiency and sustainable fisheries in the country.

CONCLUSION

Philippine fisheries comprise three sectors; aquaculture, municipal fisheries, and commercial fisheries. Aquaculture consistently maintained high production for consecutive 5 years from 2014 to 2018, around 2.2 to 2.3 million MT, mainly from the mariculture of seaweeds, fishpond, and the fish cage of milkfish and tilapia. Municipal fisheries contributed nearly 1.1 to 1.2 million MT in the same years, primarily from big-eyed scad, Indian sardines, and frigate tuna. From about 1.1 million MT in 2014 to about 950 000 MT, commercial fisheries production gradually decreased, which may be due to overexploitation. Skipjack, Indian sardines, and yellowfin tuna are the major species from the commercial sector. The fisheries sector provides both foreign exchange and employment to the country despite the existing challenges.

REFERENCES

- Acosta, B.O. & Gupta, M.V. (2010).** The genetic improvement of farmed tilapias project: Impact and lessons learned. In: Success stories in Asian aquaculture (pp. 149-171). Springer, Dordrecht. DOI: [10.1007/978-90-481-3087-0_8](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3087-0_8)
- Aguirre, J.N. (2019).** USAid: 70% of Philippine fishing grounds overfished. SunStar Iloilo. Retrieved from: <https://www.sunstar.com.ph/article/1812928/ILOILO/Local-News/USAid-70-of-Philippine-fishing-grounds-overfished>
- Aich, N., Paul, A., Choudhury, T. G. & Saha, H. (2021).** Tilapia Lake Virus (TiLV) disease: Current status of understanding. *Aquaculture and Fisheries*.
- Ajik, J. O., Ajik, M. N. H., & Tahiluddin, A. B. (2021).** Population density, distribution, and species composition of sea cucumbers in Pagasinan tidal flat, Bongao, Tawi-Tawi, Philippines. *The Philippine Journal of Fisheries*, 28(2), 133-139.
- Alejandro, M.B. (2019).** Re-establishing the sea cucumber resources in the Philippines: The

- Masinloc experience. *Fish for the People*, **17**(2), 35-41.
- Arceo, H.O., Cabasan, J.P., Luciano, R.M.A., Heyres, L.J.D., Mamauag, S.S. & Aliño, P.M. (2020).** Estimating the potential fisheries production of three offshore reefs in the West Philippine Sea, Philippines. *Philippine Journal of Science*, **149**, 647-658.
- Aypa, S.M. & Bacongus, S.R. (2000).** Philippines: mangrove-friendly aquaculture. In: Primavera, J.H., Garcia, L.M.B., Castañón, M.T., Surtida, M.B. (Eds.), *Mangrove-friendly aquaculture: Proceedings of the workshop on mangrove-friendly aquaculture organized by the SEAFDEC Aquaculture Department, January 11-15, 1999, Iloilo City, Philippines*. pp. 41-56.
- Bagarinao, T. (1998).** Historical and current trends in milkfish farming in the Philippines. In: *Tropical mariculture* (pp. 381-422). Academic Press. DOI: [10.1016/b978-012210845-7/50012-x](https://doi.org/10.1016/b978-012210845-7/50012-x)
- Baldoza, B. J. S., Montojo, U. M., Perelonia, K. B., Benitez, K. C. D., Cambia, F. D. & Garcia, L. C. (2020).** Status of Water Quality in Fishponds Surrounding Manila Bay. *The Philippine Journal of Fisheries*, **27**(2), 111-118.
- Barut, N.C., Santos, M.D. & Garces, L.R. (1997).** Overview of Philippine marine fisheries. In: DA-BFAR (Department of Agriculture-Bureau of Fisheries and Aquatic Resources) (Ed.), *Status and management of tropical coastal fisheries in Asia*. pp. 10-71.
- BFAR. (2021).** Red Tide. Retrieved from: <https://www.bfar.da.gov.ph/redtideinfo.jsp>
- BFAR. (2020).** Counting the cost of illegal, unreported and unregulated fishing in the Philippines. Retrieved from: <https://www.bfar.da.gov.ph/files/img/photos/CountingtheCostExecSummaryFINAL.pdf>
- BFAR. (2019).** Philippine fisheries profile 2018. PCA Compound, Elliptical Road, Quezon City Philippines.
- BFAR. (2010).** Fisheries commodity road map: Seaweeds. PCA BLDG., Elliptical Road, Diliman, Quezon City Philippines.
- BFAR. (2000).** 1995 Philippine fisheries profile. PCA Compound, Elliptical Road, Quezon City Philippines.
- Camacho, A. S. (1999).** Major issues, policies and strategies on fisheries. *Transactions of the National Academy of Science and Technology*, **21**, 120-148.
- Carpenter, K.E. & Springer, V.G. (2005).** The center of the center of marine shore fish biodiversity: The Philippine islands. *Environmental Biology of Fishes*, **72**, 467-480. DOI: [10.1007/s10641-004-3154-4](https://doi.org/10.1007/s10641-004-3154-4)
- Cruz, R. A. L., Kumar, V. & Ragaza, J. A. (2019).** Some Current Trends and Challenges in Philippine Aquaculture, with an Emphasis on Synergies with Biodiversity Initiative. *World Aquaculture*.
- El-Sayed, A.F.M. (2019).** Tilapia culture: Second edition. Academic Press. DOI: [10.1016/C2017-0-04085-5](https://doi.org/10.1016/C2017-0-04085-5)
- Erdmann, M., Pet-Soede, C. & Cabanban, A. (2000).** Destructive fishing practices. In *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia*.
- Espenilla, J. J. F. (2020).** Philippines: Illegal fishing during lockdown: Response options under Philippine Law. *Asia-Pacific Journal of Ocean Law and Policy*, **5**(2), 360-363.
- Dalzell, P. & Ganaden, R. (1987).** The overfishing of small pelagic fish stocks in the Philippines. *RAPA Rep*, **10**, 249-256.
- De Vera-Ruiz, E. (2021).** Fish Kill: Why do they occur? Manila Bulletin. Retrieved from: <https://mb.com.ph/2021/01/06/fish-kill/>
- Duremdez, R. C. & Lio-Po, G. D. (1988).** Isolation and identification of *Pseudomonas fluorescens* from hatchery-reared tilapia fry (*Oreochromis niloticus* Linnaeus). *SEAFDEC Asian Aquaculture*, **10**(2), 9.
- Fabinyi, M. (2007).** Illegal fishing and masculinity in the Philippines: A look at the Calamianes Islands in Palawan. *Philippine studies*, **55**(4), 509-529.
- Faisan, J. P., Luhan, M. R. J., Sibonga, R. C., Mateo, J. P., Ferriols, V. M. E. N., Brakel, J. & Hurtado, A. Q. (2021).** Preliminary survey of pests and diseases of eucheumatoid seaweed farms in the Philippines. *Journal of Applied Phycology*, 1-15.
- FAO. (2020).** The state of world fisheries and aquaculture 2020. Sustainability in action., FAO.
- Gaerlan, R.S., Buccat, F.G. & Ragutero, F. (2018).** A Review on the status of small pelagic fish resources in the Lingayen Gulf for the year 2009-2013. *The Philippine Journal of Fisheries*, **25**, 1-13. DOI: [10.31398/tjpf/25.1.2017c0001](https://doi.org/10.31398/tjpf/25.1.2017c0001)
- Guerrero, R.D. (2019).** Farmed tilapia production in the Philippines is declining: What has happened and what can be done. *Philippine Journal of Science*, **148**(2), 11-15.
- Guerrero, R.D. (1979).** Cage culture of tilapia in the Philippines. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. Philippines | Tel.
- Hays, L. (2020).** Aquaculture in the Philippines: The Top 10 Diseases Shrimp Farmers Should Be Aware Of. Retrieved from: <https://www.qb-labs.com/blog/2020/05/25/top-10-diseases-shrimp-farmers-should-be-aware-of>
- Hurtado, A.Q. (2003).** Farming the seaweed *Kappaphycus*. SEAFDEC Asian Aquaculture.
- Jontila, J. B. S., Balisco, R. A. T. & Batin, G. T. (2017).** Species composition, density and distribution of sea cucumbers (Holothuroidea) at Arreceffi Island, Honda Bay, Palawan, Philippines. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, **37**, 21-29.
- Israel, D. C. & Banzon, C. P. (1997).** *Overfishing in the Philippine commercial marine fisheries sector* (No. 1997-01). PIDS Discussion Paper Series
- Largo, D. B., Fukami, K., Nishijima, T. & Ohno, M. (1995a).** Laboratory-induced development of the ice-ice disease of the farmed red algae

- Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma denticulatum* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 7(6), 539-543. DOI: 10.1007/BF00003940
- Largo, D.B., Fukami, K. & Nishijima, T. (1995b).** Occasional pathogenic bacteria promoting ice-ice disease in the carrageenan-producing red algae *Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma denticulatum* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 7(6), 545-554. DOI: 10.1007/Bf00003941
- Legario, F.S., Choresca Jr, C.H., Turnbull, J.F. & Crumlish, M. (2020).** Isolation and molecular characterization of streptococcal species recovered from clinical infections in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Philippines. *Journal of Fish Diseases*, 43(11), 1431-1442. <https://doi.org/10.1111/jfd.13247>
- Limbauan, J. (2018).** Pathogenicity and antimicrobial susceptibility of bacteria isolated from kidney, liver, and brain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocked in intensive cage farming systems in Taal Lake, Batangas. [M.S. Thesis] De La Salle University, Philippines. Retrieved from https://animorepository.dlsu.edu.ph/etd_masteral/5536
- Luna, C.X., Silvestre, G.T., Green, S.J., Carreon III, M.F. & White, A. (2004).** Profiling the status of marine fisheries. In: DA-BFAR (Department of Agriculture-Bureau of Fisheries and Aquatic Resources). In Turbulent Seas: The Status of Philippines Marine Fisheries. Coastal Resource Management Project, Cebu City, Philippines, p. 378.
- Mendoza, W.G., Montaño, N.E., Ganzon-Fortes, E.T. & Villanueva, R.D. (2002).** Chemical and gelling profile of ice-ice infected carrageenan from *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty "sacol" strain (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 14(5), 409-418.
- Muallil, R.N., Mamauag, S.S., Cababaro, J.T., Arceo, H.O. & Aliño, P.M. (2014).** Catch trends in Philippine small-scale fisheries over the last five decades: The fishers perspectives. *Marine Policy*, 47, 110-117. DOI: 10.1016/j.marpol.2014.02.008
- Mundo, R.dl.Cd, Cabungcal, R.M. & Fontanilla, Z.T. (2002).** Status of *Kappaphycus* and *Caulerpa* farming in Palawan. In: A.Q. Hurtado, N.G. Guanzon, Jr., T.R. de Castro-Mallare, & M.R.J. Luhan (Eds.) Proceedings of the National Seaweed Planning Workshop held on August 2-3, 2001, SEAFDEC Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo. (pp. 5-7). Tigbauan, Iloilo: SEAFDEC Aquaculture Department.
- Mutia, M.T.M., Magistrado, M.L. & Fermaran, M.J.L. (2020).** Gender participation in the fisheries sector of Lake Taal. *The Philippine Journal of Fisheries*, 27(2), 30-54. DOI: 10.31398/tjpf/27.2.2018A0001
- Nepomuceno, L.T., Bacordo, R.S., Camu, D.G.Y. & Ramiscal, R.V. (2020).** Abundance, distribution, and diversity of tuna larvae (Family Scombridae) in the Philippine waters. *The Philippine Journal of Fisheries*, 27(2), 231-237. DOI: 10.31398/tjpf/27.2.2019-0010
- OIE. (2017).** Immediate notifications and follow-ups. Tilapia lake virus, the Philippines. Retrieved from https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/R_evie_wrepo_rt/Revie_w?page_refer=MapFuIIEventReport&reportid=25278.
- Olavides, R.D.D., Edullantes, C.M.A. & Menez, M.A.J. (2010).** Assessment of the sea cucumber resource and fishery in the Bolinao-Anda reef system. *Science Diliman*, 22(2).
- PSA. (2019).** Fisheries statistics of the Philippines 2016-2018. PSA CVEA Building, East Avenue, Diliman Quezon City, Philippines.
- Querijero, B.L. & Mercurio, A.L. (2016).** Water quality in aquaculture and non-aquaculture sites in Taal Lake, Batangas, Philippines. *Journal of Experimental Biology and Agriculture Sciences*, 4, 109-115.
- Reyes, A.T., Fajardo, L.J. & Abando, A.K.Y. (2019).** Antibiotic susceptibility of *Streptococcus agalactiae* isolated from Tilapia pond sediment in Lubao, Pampanga, Philippines. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(2-s), 370-375.
- Romana-Eguia, M.R.R., Eguia, R.V. & Pakingking Jr., R.V. (2020).** Tilapia culture: The basics. Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Romero, J.B. (2002).** Seaweed farming in the Sulu archipelago. In: A.Q. Hurtado, N.G. Guanzon, Jr., T.R. de Castro-Mallare, & M.R.J. Luhan (Eds.) Proceedings of the National Seaweed Planning Workshop Held on August 2-3, 2001, SEAFDEC Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo. (Pp. 15-21). Tigbauan, Iloilo : SEAFDEC Aquaculture Department.
- Rosario, W.R. & Lopez, N.A. (2005).** Status of *P. vannamei* aquaculture in the Philippines. In: Regional technical consultation on the aquaculture of *P. vannamei* and other exotic shrimps in Southeast Asia, Manila, Philippines (pp. 62-68). Tigbauan, Iloilo, Philippines : SEAFDEC Aquaculture Department.
- Rosario, W.R. & Tayamen, M. (2007).** Giant freshwater prawn farming in the Philippines. In: M. R. R. Eguia & M. L. C. Aralar (Comps.), Recent developments in the genetic improvement of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium* sp.) (pp. 57-62). Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Sabdani, S.H. (2002).** Status of seaweed industry in the Autonomous Region for Muslim Mindanao. In: A.Q. Hurtado, N.G. Guanzon, Jr., T.R. de Castro-Mallare & M.R.J. Luhan (Eds.) Proceedings of the national seaweed planning workshop held on August 2-3, 2001, SEAFDEC Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo. (pp. 15-21).

- Tigbauan, Iloilo: SEAFDEC Aquaculture Department.
- Samonte, G.P.B. (2017).** Economics of *Kappaphycus* spp. seaweed farming with special reference to the Central Philippines. In: Tropical seaweed farming trends, problems and opportunities.
- Santos, M.D., Barut, N.C. & Bayate, A. (2017).** National stock assessment program: The Philippine capture fisheries atlas. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources - National Fisheries Research and Development Institute. Quezon City, Philippines.
- Silva, P.C., Menez, E.G. & Moe, R.L. (1987).** Catalog of the benthic marine algae of the Philippines. *Smithson Contributions in Marine Science*. DOI: [10.5479/si.1943667x.27.1](https://doi.org/10.5479/si.1943667x.27.1)
- Smith, I.R. & Pullin, R.S.V. (1984).** Tilapia production booms in the Philippines. *ICLARM Newsl*, 7(1), 7-9.
- Solis, M. J. L., Draeger, S. & dela Cruz, T. E. E. (2010).** Marine-derived fungi from *Kappaphycus alvarezii* and *K. striatum* as potential causative agents of ice-ice disease in farmed seaweeds. *Botanica Marina*, 53(6), 587-594. DOI: [10.1515/Bot.2010.071](https://doi.org/10.1515/Bot.2010.071)
- Sumagaysay-chavoso, N. (2003).** Milkfish grow-out culture in ponds. *SEAFDEC Asian Aquaculture*, 25(3), 22.
- Tahiluddin, A.B. & Terzi, E. (2021).** Ice-ice disease in commercially cultivated seaweeds *Kappaphycus* spp. and *Eucheuma* spp.: A review on the causes, occurrence, and control measures. *Marine Science and Technology Bulletin*, 10(3), 234-243.
- Toledo, S. (2021).** Overfishing blamed for rotting sardines in Bicol. Philippine News Agency. Retrieved from: <https://www.pna.gov.ph/articles/1141904>
- Trono, G.C. & Largo, D.B. (2019).** The seaweed resources of the Philippines *Botanica Marina*, 62(5), 483-498.
- Ward, G. M., Faisan Jr, J. P., Cottier-Cook, E. J., Gachon, C., Hurtado, A. Q., Lim, P. E., Matoju, I., Msuya, F. E., Bass, D. & Brodie, J. (2020).** A review of reported seaweed diseases and pests in aquaculture in Asia. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(4), 815-828. DOI: [10.1111/jwas.12649](https://doi.org/10.1111/jwas.12649)
- Yambot, A.V. (1998).** Isolation of *Aeromonas hydrophila* from *Oreochromis niloticus* during fish disease outbreaks in the Philippines. *Asian Fisheries Science*, 10, 347-354.
- Yap, W.G., Villaluz, A.C., Soriano, M.G.G., Santos, M.N., Yap, W.G. & Villaluz, A.C. (2007).** Milkfish production and processing technologies in the Philippines milkfish production and processing technologies in the Philippines. Milkfish Proj. Publ. Ser. No. 2 96.



Etnobotanik Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma: Rize Kentsel Açık Yeşil Alanlar Örneği

Erdi EKREN^{1*} Ömer Lütfü ÇORBACI²

^{1*} Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

² Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: 31.05.2021

Kabul Tarihi: 05.08.2021

Basım Tarihi: 31.12.2021

Atf yapmak için: Ekren, E. & Çorbacı, Ö.L. (2021). Etnobotanik Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma: Rize Kentsel Açık Yeşil Alanlar Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 487-497.

How to cite: Ekren, E. & Çorbacı, Ö.L. (2021). A Study on Ethnobotanical Possibility of Uses: The Example of Rize Urban Open Green Spaces. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 487-497.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-1223-3568>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-8763-3163>

***Sorumlu yazarın:**

Erdi EKREN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
Kahramanmaraş, Türkiye
✉: ekren@ksu.edu.tr

Öz: İnsanlık tarihi kadar eskiye dayanan bitki-insan ilişkileri yüzyıllar boyunca nesilden nesile aktararak günümüze kadar ulaşmıştır. İnsanlar ile bitkiler arasındaki ilişkileri bütün yönleriyle ele alan etnobotanik bilimi de bu konuda çok önemli bir role sahiptir. Etnobotanik kavramı kısaca "bitkilerin yerel halk tarafından kullanımı" olarak ifade edilebilir. Etnobotanik çalışmalar; yerel halkların kültürlerinin korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına, biyolojik çeşitliliğin korunmasına, kırsal kalkınmaya destek olunmasına, nadir, endemik ve nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin tespit edilerek bu türlerin korunması için gerekli verilerin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Çalışma kapsamında Rize kentsel açık yeşil alanlarında etnobotanik kullanım olanaklarına sahip toplam 160 farklı bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu bitkiler tıbbi, gıda ve diğer amaçlarla (mobilyacılık, yakacak odun, boyar madde, güzel koku amaçlı vb.) kullanımları bakımından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, 160 bitkiden; 155 tanesi tıbbi amaçlı kullanım, 116 tanesi gıda amaçlı kullanım, 111 tanesi ise hem tıbbi hem de gıda amaçlı kullanım, 96 tanesinin ise diğer amaçlarla kullanım olanaklarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda Rize ilinin etnobotanik kullanım olanakları açısından çok önemli bir potansiyele sahip olduğu ortaya konmuştur. Sahip olunan bu zenginliğin yöre insanına doğru bir şekilde tanıtılması bitki çeşitliliğinin sürdürülebilirliğini sağlamanın yanı sıra ilin kalkınmasında da önemli bir rol üstlenecektir.

Anahtar kelimeler: Etnobotanik, kentsel açık yeşil alanlar, Rize.

A Study on Ethnobotanical Possibility of Uses: The Example of Rize Urban Open Green Spaces

Abstract: Plant-human relations, which date back to the history of humanity, have been transferred from generation to generation for centuries and have reached the present day. Ethnobotany science, which deals with all aspects of the relationships between humans and plants, plays a very important role in this regard. The concept of ethnobotany can be briefly expressed as "the use of plants by the local people". Ethnobotanical studies; It helps to protect the cultures of local peoples and transfer them to future generations, protect biodiversity, support rural development, identify rare, endemic and endangered species and provide necessary data for the protection of these species. Within the scope of the study, a total of 160 different plant taxa with ethnobotanical usage opportunities were determined in the urban open green areas of Rize. These plants have been evaluated in terms of their use for medicinal, food and other purposes (furniture, firewood, dyestuff, fragrance, etc.). As a result of this evaluation, from 160 plants; It was determined that 155 of them were for medical use, 116 were for food use, 111 were for both medical and food use, and 96 were for other purposes. In this context, it has been revealed that the province of Rize has a very important potential in terms of ethnobotanical use possibilities. The accurate introduction of this wealth to the local people will play an important role in the development of the province as well as ensuring the sustainability of plant diversity.

***Corresponding author's:**

Erdi EKREN
Kahramanmaraş Sütçü İmam University,
Faculty of Forestry, Department of Landscape
Architecture, Kahramanmaraş, Turkey
✉: ekren@ksu.edu.tr

Keywords: Ethnobotany, urban open green areas, Rize.

GİRİŞ

Etnobotanik kavramı, Yunanca halk anlamına gelen “ethnos” kelimesi ile bitki anlamına gelen “botanikos” kelimelerinden türemiş ve ilk kez J.W. Harshberger tarafından 1895 yılında kullanılmıştır (Albayrak, 2019). Kısaca “bitkilerin yerel halk tarafından kullanımı” olarak ifade edilebilecek olan etnobotanik kavramı daha geniş bir ifadeyle; “Bir yörede yaşayan halkın çevresinde bulunan bitkilerden çeşitli gereksinimlerini karşılamak üzere yararlanma bilgisi ve o bitkiler üzerine etkileri” şeklinde tanımlanmaktadır (Saraç vd., 2013).

Bitkiler sahip oldukları; form, doku, koku, mevsimsel renklenme (çiçek, yaprak, meyve, dal-sürgün), zamansal değişim (büyüme, yaprak dökme) gibi özellikleri ile duyularımıza hitap ederek yaşadığımız dış mekânlardan hoşnut olmamıza katkı sağlarken fonksiyonel açıdan da dinamik ve daha yaşanılabilir mekânlar oluşturmaktadır (Sarı & Kardeş, 2018). Bitkilerden faydalanma yolları değişik kültürlere göre farklılıklar gösterse de, insanlar tarih boyunca bitkileri; besin, ısınma, savunma, hissettiği duyguları dışa vurma ve en önemlisi şifa bulma gibi çeşitli amaçlarla kullanmışlardır. Etnobotanik bilim dalının ortaya çıkmasında da tıbbi bitkilerin yüzyıllardan beri çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılması önemli rol oynamıştır (Kendir & Güvenç, 2010; Yıldız vd., 2010a). Tıbbi bitkiler konusunda en eski kaynak olarak nitelendirilen ve adını belgeyi dünyaya duyuran isim olan George Maurice Ebers’ten alan “Ebers Tıp Papirüsü” belgesinin M.Ö. 1550’li yıllara ait olduğu düşünülmektedir. Bu belgede; hastalığın çeşidi, gerekli olan ilaç miktarı ve ilacın hazırlanışını içeren 811 reçete bulunmaktadır (Karamanoğlu, 1977). Tıp biliminin ilerlemesiyle tedavi amaçlı kullanılan bitkiler sentetik ilaçların temelini oluşturmuş ancak bu ilaçların faydalarının yanı sıra yan etkilerinin de ortaya çıkması (Kızıllı, 2008) ayrıca “doğaya dönüş” akımının bütün dünyada yaygınlaşmasıyla halk ilaçlarına olan ilgi artmaktadır (Sadıkoğlu, 1998; Tarakçı Eren vd., 2021; Yıldız vd., 2010b).

Etnobotanik çalışmalar; insanların bitkilerle olan ilişkisini ortaya koymasının yanı sıra biyolojik çeşitliliğin korunması, kırsal kalkınmaya destek olma, nadir, endemik ve nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin tespit edilerek bu türlerin korunması için gerekli önlemlerin alınması konusunda ihtiyaç duyulan verilerin sağlanması adına oldukça önemlidir (Baytop, 1999; Kendir ve Güvenç, 2010).

Ülkemiz; Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan fitocoğrafik bölgeleri ve bu bölgelerin geçiş zonlarını barındırması, çeşitli coğrafi ve iklim özelliklerine sahip olması gibi nedenlerle önemli bir flora çeşitliliğine sahiptir. Ülkemizdeki toplam bitki taksonu sayısı 11.707’dir. Bu bitkilerden 3.649 tanesi endemiktir. Ayrıca, endemizm

oranı da %31,82’dir (Güner vd., 2012). Ülkemiz sahip olduğu endemizm oranı ile bu konuda Avrupa’nın en zengin ülkelerinden biridir (Yılmaz vd., 2019). Zengin floristik çeşitliliğimiz ve halk kültürümüzün birleşmesi sonucu etnobotanik açıdan da önemli bir bilgi hazinemiz bulunmaktadır (Tarakçı Eren & Düzenli, 2017). Bu kapsamda ülkemizde yapılmış etnobotanik çalışmalarına genel bir bakış ve arşiv niteliği taşıyan çalışmada Sadıkoğlu (1998), 1928-1997 yılları arasında etnobotanik ile ilgili 765 adet çalışma tespit ederken, Kendir ve Güvenç (2010) ise 1998-2008 yıllarını kapsayan çalışmalarında 91 etnobotanik çalışmayı değerlendirerek özetlemiştir.

Artan nüfus baskısı, kentleşme ve son zamanlarda dünyanın birçok bölgesinde hissedilen iklim değişikliğine bağlı olarak küresel ısınma ve kuraklık beraberinde çevre sorunlarını da getirmektedir (Bayramoğlu ve Ercan Oğuztürk, 2020). Kentleşmenin beraberinde birçok çevre sorununu ortaya çıkardığı Rize ili doğal yapısından kaynaklanan zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Anşin (1980) Rize ilinde 222’si endemik olmak üzere 2239 takson saptandığını belirtmiştir. Çorbacı vd., (2020) ise Rize ili kentsel açık yeşil alanlarında 305 farklı taksonun bulunduğunu tespit etmişlerdir. Rize ili sahip olduğu bu bitkisel çeşitlilik kapsamında önemli bir etnobotanik kullanım potansiyelini de barındırmaktadır. Rize ili bütünü değerlendirildiğinde arazi kullanımının en yoğun olduğu alan 570 hektar ile kent merkezidir (Yüksek, 2017). Bu çalışma, Rize kentsel açık yeşil alanlarında kullanılan bitkilerin etnobotanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu kapsamda bitkilerin; tıbbi, gıda ve diğer amaçlarla faydalanılan kısımlarının, kullanım amaçlarının ve yöntemlerinin belirlenmesi ve kayıt altına alınması hedeflenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Araştırmanın ana materyalini Rize kentsel açık yeşil alanlarındaki mevcut bitki varlığı oluşturmaktadır. Bu alanlarda bitki varlığını oluşturan ve etnobotanik kullanım olanaklarına sahip olduğu tespit edilen tüm ağaç, ağaççık, çalı ve yer örtücü bitkiler çalışma kapsamında yer almıştır. Aynı zamanda araştırmanın ana konusunu oluşturan bitkilerin etnobotanik kullanım özelliklerine yönelik literatür de araştırma materyali olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen kentsel açık ve yeşil alanlar Tablo 1’de verilmiştir. Bu alanların belirlenmesinde, alanlar içerisinde etnobotanik kullanım olanakları sunan bitkilerin bulunması ve takson sayılarının çok olması dikkate alınmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen kentsel açık ve yeşil alanların konumları ise Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma kapsamına alınan kentsel açık ve yeşil alanlar.
Table 1. Urban open and green areas included in the study.

Kısaltma	Parkın Adı	Takson Sayısı
A	15 Temmuz Demokrasi Parkı	35
B	28 Ağustos Fetih Parkı	29
C	Isırlık Tabiat Parkı	64
D	Kale Parkı	10
E	RTEÜ Zihni Derin Yerleşkesi	116
F	Sahil Camii Parkı	11
G	Sahil Parkı/Mesut Yılmaz Parkı	87
H	Tuzcuoğlu Memiş Ağa Parkı	19
I	Ziraat Botanik Parkı	125

RTEÜ: Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamına alınan kentsel açık ve yeşil alanlarda etnobotanik kullanım olanaklarına sahip bitkiler ve bu bitkilerin; tıbbi amaçlı kullanılan kısımları, tıbbi amaçlı kullanışları, gıda amaçlı kullanılan kısımları, gıda amaçlı kullanışları ve diğer amaçlarla (mobilyacılık, yakacak odun, boyar madde, güzel koku amaçlı vb.) kullanımları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çalışma kapsamında tespit edilen bitki taksonları ve etnobotanik kullanım olanakları (Duke vd., 2002; Caballero vd., 2003; Türkan vd., 2006; Bulut, 2008; Koyuncu vd. 2009; Mete, 2009; Deniz vd., 2011; Altay & Karahan, 2012; Saraç vd., 2013; Gül, 2014; Korkmaz & Karakurt, 2014; Korkmaz & Alpaslan, 2015; Mustafa vd., 2015; Kocabaş & Gedik, 2016; Lall, 2018; Surat, 2020).

Table 2. Plant taxa detected within the scope of the study and their ethnobotanical use possibilities.

Latince Adı	Tıbbi Kısmı	Tıbbi Amaçlı Kullanışı	Gıda Kısmı	Gıda Amaçlı Kullanışı	Diğer Kullanımları	Bulunduğu Bölge
İBRELİ AĞAÇLAR VE AĞAÇCIKLAR						
<i>Abies concolor</i> (Gord. & Glen.) Lindl.	1, 12	Romatizma, akciğer hastalıkları, deri hastalıkları tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	Yılbaşı ağacı olarak kullanılabilir.	I
<i>Abies nordmanniana</i> (Stev.) Spach. subsp. <i>nordmanniana</i>	1, 9	Mikropları temizleyici ve öldürücü, romatizmayı iyileştirici, idrar söktürücü, balgam söktürücü, damar bütücü, yara iyileştirici olarak kullanılabilir.	-	-	Çelenk düzenleme ve ev gereçleri yapımında kullanılabilir.	B
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Kuntze	1, 7, 12	Varis, solunum yolu enfeksiyonları, yorgunluk, anemi tedavisinde kullanılabilir.	10	Tohumu pişirilerek yenilir.	-	I
<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Carr. ‘Glauc’	7	Kabuğundan elde edilen yağ ağrı kesici, antiseptik, rahatlatıcı ve muhtelif deri hastalıkları tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Yağı böcek uzaklaştırıcı olarak kullanılabilir.	E, I
<i>Cedrus deodara</i> (Roxb.) G. Don	1, 7	Hazımsızlık, deri hastalıkları, ateş, romatizma, kanser, felç epilepsi tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu mobilya yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	B, C, E, F, G, I
<i>Cedrus libani</i> A.Rich.	1, 6, 9	Nasır tedavisi, akne, dermatit, egzama, nezle, bronşit, artrit, romatizma, sistit ve mantar hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu mobilya yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	B, C, F
<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. ex L.f.) D.Don	12	Bel soğukluğu tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu mobilya yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	B, C, E, G, I
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	9	Öksürük tedavisinde kullanılabilir.	15	Çayı yapılabilir.	Reçinesi güzel koku vermek ve güvelerden korumak amaçları ile odunu ise mobilya yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	A, C, F, G, I
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	-	-	6	Niştastası yapılabilir.	-	A, E, I
<i>Ginkgo biloba</i> L.	1	Antioksidan, psikiyatrik bozukluklar, dolaşım ve kalp sağlığı, beyin fonksiyonları, göz sağlığı ve hafıza kaybı tedavisinde kullanılabilir.	10	Kavrulup yenilir.	-	E, I
<i>Juniperus virginiana</i> L.	1	Öksürük, soğuk algınlığı tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	Odunundan elde edilen yağ güvelerden koruyucu olarak, odunu ise mobilya ve kalem yapımında kullanılabilir.	G
<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.	4	Solunum yolu, deri, kas-iskelet sistemi bozukluklarının tedavisinde kullanılabilir.	4	Çayı yapılabilir.	Odunu mobilyacılıkta kullanılabilir.	C, E, G, I
<i>Pinus brutia</i> Ten.	2, 12	Çiçek tozları suyla karıştırılıp içilerek hemoroit tedavisinde, reçinesi mide ülseri ve ayak çatlak-yarıklarının tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu inşaatçılıkta ve kapı-pencere yapımında, oklava ve merdane yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	I
<i>Pinus griffithii</i> (Hook.f.) Parl.	12	Saç derisinde oluşan kepek, sinüzit, egzama ve başgıcıklık güçlendirme tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Reçine keman yaylarında, mühür mumu ve vernik yapımında kullanılabilir.	E
<i>Pinus nigra</i> Lamb.	9	Guatr tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu mobilya yapımında, yakacak olarak, oklava ve merdane yapımında kullanılabilir.	G
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	12	Solunum yolu ve idrar yolları enfeksiyonlarında, öksürük, soğuk algınlığı, grip, ciltte oluşan yara, yanık, iltihap, çiban tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu yakacak olarak kullanılabilir.	B, E, G



Şekil 1. Çalışma alanlarının konumu (URL 1).

Figure 1. Location of study areas.

Tablo 2’de bitkilerin tıbbi ve gıda amaçlı kullanılan kısımları şu şekilde numaralandırılmıştır; 1: yaprak, 2: çiçek, 3: meyve, 4: sürgün, 5: dal, 6: gövde, 7: kabuk, 8: kök, 9: kozalak, 10: tohum, 11: tomurcuk, 12: reçine, 13: yalancı meyve, 14: meyve sapı, 15: olgunlaşmamış kozalak, 16: özsuğu, 17: soğan, 18: toprak üstü kısımları, 19: egzokarp, 20: balsam. Bitki taksonlarının buldukları bölgeler ise Tablo 1’e göre verilmiştir. İlgili başlık altında kullanım olanağı sunmayan bitkiler ise (-) işareti ile belirtilmiştir.

Tablo 2. Devamı.

Table 2. Continuing.

<i>Pinus pinea</i> L.	10	Boronşit, verem, akciğer ve kalp hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir.	10	Tohumu yenilebilir. Pastacılıkta ve yemeklerde kullanılabilir. Çamfıstığı yağı yemek yağı olarak kullanılabilir.	Odunu yakacak olarak kullanılabilir. Kozalakları süs olarak kullanılabilir.	C, E, G, I
<i>Pinus sylvestris</i> L.	16	Solunum yolu hastalıkları, tüberküloz, mide ağrısı tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu yakacak olarak, kozalaklar dekoratif amaçlı süs eşyası, sepet vb. yapımında kullanılabilir.	C, I
<i>Taxus baccata</i> L.	1	Kanser tedavisinde kullanılabilir.	13	Yalancı meyvelerin etli kısmı yenilebilir fakat çekirdek kısmı zehirli olduğu için dikkat edilmelidir.	Odunu mobilyacılıkta, lambri, oymacılık, tornacılık ve yay yapımında kullanılabilir.	C, E
<i>Thuja orientalis</i> (L.) Franco	10	Ağız ve diş sağlığı tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Genç sürgünleri boya elde etmede odunu ise tütüsü olarak kullanılabilir.	E, F, G, I
İBRELİ ÇALILAR						
<i>Juniperus communis</i> L. 'Hibernica'	10	İdrar yolları iltihabı, egzama ve romatizma tedavisinde kullanılabilir. İştah açma, şekeri düşürme ve ağz kokusunu önlemede kullanılabilir.	-	-	Odunu mobilyacılıkta kullanılabilir.	C, E, F, G
GENİŞ YAPRAKLI AĞAÇLAR VE AĞAÇCIKLAR						
<i>Acer palmatum</i> Thunb. 'Atropurpureum'	6	Bağışıklık sistemini güçlendirmede ve idrar yolu tedavisinde kullanılabilir.	16	Pastacılıkta, meyve salatalarında, dondurmacılıkta, yemekler ile çay ve kahvede tatlandırıcı olarak kullanılabilir.	Odunu yakacak olarak kullanılabilir.	E, I
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	El ayak şişmesi, varis, hemoroit ve nefes darlığı tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Çayı yapılabilir.	-	C, G
* <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	1	İshal ve dizanteri tedavisinde kullanılabilir. Çayı kabız edici olarak kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	Odunu mobilya yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	E, G, I
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	18	Hemoroit ve mide ağrısı tedavisinin yanı sıra yara temizleme ve kan durdurma amacıyla da kullanılabilir.	-	-	Yaprığı yem olarak kullanılabilir. Odunu kalp tahtası, sandık ve dolap yapımında kullanılabilir.	E
<i>Amygdalus orientalis</i> Millier	-	-	3	Meyveleri yenilebilir.	-	E
<i>Arbutus unedo</i> L.	1, 3, 6, 8	Gastrointestinal rahatsızlıklar, ürolojik problemler, dermatolojik problemler, kardiyovasküler uygulama, böbrek hastalıkları, hipertansiyon, kalp hastalıkları, diyabet, ishal tedavilerinde ve idrar söktürücü olarak kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir, reçel ve pekmez yapılabilir.	Gövdesi baston yapımında kullanılabilir.	A, C
<i>Betula pendula</i> Roth	1, 7, 11	İltihap giderici, safra söktürücü, terletici, idrar arttırıcı, gut, romatizma, böbrek taşı, egzama ve sef ile cilt ve deri hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir. Saç dökülmesini engellemede ve kepeğe karşı kullanılabilir.	1, 7, 16	Yapraklarından çay yapılabilir. Kabuk çorba ya da ekmeğin yapımında kullanılabilir. Özsuyu tatlıdır ve çiğ ya da pişirilerek tüketilebilir.	Odunu mobilya ve ayakkabı yapımının yanı sıra yakacak olarak kullanılabilir. Genç dalları sepet ve keçi tasması yapımında, yaprakları ise kıyafet ve yün boyamak için kullanılabilir. Reçinesi böcek kovucu olarak kullanılabilir.	E, G
<i>Camellia japonica</i> L.	2, 10	Yanık tedavisinde kullanılır. Tohumlarından elde edilen yağ saç bakımında kullanılabilir.	1, 2, 10	Tohumdan yemeklik bir yağ elde edilebilir. Çiçekler yemeklerde kullanılabilir. Yapraklarından çay yapılabilir.	-	I
<i>Carpinus betulus</i> Mill.	1	Kanama durdurucu ve yara iyileştirmede kullanılabilir. Ayrıca yapraklarından damıtılan su göz losyonu olarak kullanılabilir.	-	-	Odunu kazma ve kürek sapı yapımında kullanılır. Kabağundan sarı boya elde edilebilir.	C, G
<i>Castanea sativa</i> Mill.	1, 2, 3, 7	Tansiyon düşürücü, soğuk algınlığı, mide rahatsızlıkları, öksürük, kanamayı kontrol etmede, yaraların iyileşmesine yardımcı olmakta ve ishale karşı kullanılabilir.	2, 10	Tohumu yenilebilir. Çiçekleri bal hammaddesi içerir.	Odunu ve sürgünü mobilyacılıkta, kerestecilikte, sepet ve sandalye iskeleti yapımında kullanılabilir.	C, I
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	1, 3, 7	Kabuğu sindirimi artırır ve metabolizmayı geliştirir, böbrek hastalıkları, boğmaca, sıtma, astım, bronşit, öksürük, kanser hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	C
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	3	Kansızlık, grip, farengit, soğuk algınlığı, astım-bronşit, ishal kesici, kemik erimesi ve böbrek sancısı tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Pekmez ve reçel yapılabilir.	-	E
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	1, 2	Çiçekler antiseptik olarak, yaprakları ise sıtma ve ishal tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Çiçekleri ve yaprakları tüketilebilir.	Odunu mobilyacılıkta kullanılabilir.	C, E, I
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Presl.	1, 2, 5, 8	Kalp rahatsızlıkları, zatürre gibi solunum şikâyetleri, enfeksiyonlar, ishal ve histeri, böbrek, mantar, hemoroit, sindirim, diş, öksürük, soğuk algınlığı, uçuk tedavisinde kullanılabilir.	1, 4	Yapraklar baharat olarak kullanılabilir. Genç sürgünler pişirilerek yenilebilir.	Yaprakları hayvan yemi olarak kullanılabilir.	F
<i>Cornus florida</i> L.	2, 5, 8	Sıtma, ishal, ses kısıklığı, kızamık, mide yıkama tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu mobilyacılıkta kullanılabilir. Kökünden kırmızı boya elde edilebilir. Soyulan dalları diş fırçası olarak kullanılabilir.	E
<i>Cornus mas</i> L.	3	İshal, bağırsak rahatsızlıkları, safrayı kesmede ve ateş düşürmede kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Marmelat ve reçel yapımında kullanılabilir.	Çekirdeklerinden mürekkep yapılabilir.	C, I
<i>Corylus avellana</i> L.	1, 8, 10	Romatizma, siyatik, diş ağrısı, müshil, ateş düşürücü, hafıza güçlendirme, uykusuzluk, bağışıklık ve şeker hastalığı tedavisinde kullanılabilir.	10	Tohumu çerez olarak yenilebilir. Pasta, baklava, ekmeğin vb. yapımında kullanılabilir.	Odunu yakacak ve herak olarak kullanılır. Sürgün ve yaprakları sepet ve sandalye yapımı, ahırların tabanına sermede kullanılır.	C, E
<i>Crataegus crus-galli</i> Mill.	2, 3	Yüksek tansiyon ve zayıf kalp tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir.	-	E

Table 2. Devamı.

Table 2. Continuing.

<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	1, 3, 8, 10	Kabızlık, ishal, uçuk, rinit, öksürük, yara iyileşmesi, dizanteri, boğaz ağrısı, sinirlilik, dizüri, uykusuzluk, öksürük, soğuk karın krampları, ishal, ateş, diyabet, idrar komplikasyonları, solunum bozuklukları, ülser ve hemoliz tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir.	-	E, G
<i>Diospyros kaki</i> Thunb.	3	Kabızlık, hemoroit, ishal, bronşit, öksürük, kolesterol ve hipertansiyon tedavisinde kullanılabilir.	3, 10	Meyveleri yenilir. Pekmez, marmelat ve reçel yapımında kullanılabilir. Kavrulmuş tohumları kahve yerine kullanılabilir.	Oduyu mobilyacılıkta kullanılır. Meyvelerden elde edilen tanen, bira yapımında, ayrıca boyamada ve ahşap koruyucu olarak kullanılabilir.	B, C, I
<i>Elaeagnus x ebbingei</i> Door.	2	İdrar söktürücü, ateş düşürücü olmasının yanı sıra kanser tedavisinde kullanılabilir.	2, 3	Meyveleri yenilir. Çiçekleri bal hammaddesi içerir.	-	C
<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	1, 2, 3	İdrar söktürücü, ateş düşürücü olmasının yanı sıra kanser tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Çiçekleri bal hammaddesi içerir.	Oduyu mobilyacılıkta, kereste ve yakacak olarak kullanılabilir.	C
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	1, 3	Romatizma, öksürük ve balgam tedavisinde kullanılabilir. Nefes açıcı olarak yararlanabilir.	3	Meyveleri yenilir. Çiçekleri bal hammaddesi içerir.	-	B, C, E, F, G, I
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.	1, 5	Soğuk algınlığı, öksürük, göğüs enfeksiyonları, ateş düşürme ve sinüzit tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Oduyu yakacak olarak kullanılır. Bataklık alanların kurutulmasında ve sivrisinekleri uzaklaştırılmasında da kullanılabilir.	C, G
<i>Fagus sylvatica</i> L. 'Atropurpurea'	7, 10	Bronşit, astım ve cilt temizliği tedavisinde kullanılabilir.	7, 10	Tohumundan yağ elde edilebilir ve meyveleri yenilir. Çiçekleri bal hammaddesi içerir. Kaynatılarak içilebilir.	Oduyu mobilyacılıkta, kereste, oyuncak üretiminde ve yakacak olarak kullanılabilir.	G
<i>Feijoa sellowiana</i> Berg.	18	Sindirim rahatsızlıkları, ishal, diş ağrıları, öksürük, şeker, yüksek tansiyon, kalp, dizanteri tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir.	-	I
<i>Ficus carica</i> L.	1, 3	Sigil, diş ağrısı, mayasıl, hemoroit, ve eklem ağrıları tedavisinde kullanılabilir. Anne sütü artırıcı olarak da yararlanabilir.	3	Meyveleri yenilir. Marmelat, reçel ve hoşaf yapımında kullanılabilir.	-	C, E, G, I
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	1, 6, 7	Migren, kabızlık, romatizma ve böbrek kumlarını düşürme tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Oduyu mobilyacılıkta, kereste, tekne yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	B, C, G, I
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	3	Diyabet, karaciğer ve alkol bağımlılığı tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir.	Oduyu kereste ve yakacak olarak kullanılabilir.	C
<i>Juglans regia</i> L.	1, 3, 10, 19	Şeker, kolesterol düşürücü, yaraları temizleme, kurt düşürücü, incinme sonucu oluşan ağrı, saç dökülmesi, sivilce ve astım tedavisinde kullanılabilir.	10	Tohumu çerez olarak yenilir. Pasta, baklava, ekmek vb. yapımında kullanılabilir.	Oduyu mobilyacılıkta, kereste, tekne yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir. Güvelerden korunma amacı ile de kullanılabilir.	B, C
<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	2, 3	Romatizma hastalıkları, bağırsak, böbrek rahatsızlığı, deri hastalıkları, ateş düşürücü, öksürük kesici, idrar söktürücü, yangı giderici amaçlarla tedavilerde kullanılabilir.	1, 3, 4	Pişirilerek tüketilebilir.	-	C
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	1, 2, 7	Kanama durdurucu, ateş düşürücü ve müşil olarak kullanılabilir.	2	Çayı yapılabilir.	-	A, C, E, G, I
<i>Laurus nobilis</i> L.	1, 10	Kolesterol düşürücü, grip, nezle, soğuk algınlığı, diş ağrısı, hazmi kolaylaştırma, romatizma ağrısı, kabızlık, sindirim bozuklukları, göz hastalıkları ve ağrı tedavilerinde kullanılabilir. Saç bakımında kullanılabilir.	1, 3	Çayı ve yağ yapılabılır, yemek ve salatalara katılabilir.	Oduyu kereste ve yakacak olarak kullanılır. Parfüm, losyon ve sabun yapımında kullanılabilir.	A, C, E, I
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	3	İdrar söktürücü olarak kullanılabilir.	-	-	Yapraklarından boyar madde elde edilebilir.	B, C, E, F, H, I
<i>Liquidambar orientalis</i> Mill.	12	Deri hastalıkları, mide ülseri ve yanık yaraları tedavisinde kullanılabilir.	1	Taze yaprakları yemek yapımında kullanılabilir.	Kabuğu tütüsü olarak kullanılabilir.	C, H, I
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	20	Ateş düşürücü ve yatıştırıcı olarak kullanılabilir.	-	-	Oduyu mobilyacılıkta, kereste ve yakacak olarak kullanılabilir.	E, H, I
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	7	Kalp tedavisinde kullanılabilir.	7, 8	Tatlandırıcı olarak kullanılabilir.	Oduyu mobilyacılıkta kullanılır.	E
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	7	Bağırsak solucanları ve romatizma tedavisinde kullanılabilir.	7	Çayı yapılabilir.	Oduyu mobilyacılıkta kullanılır.	A, B, C, D, E, G, H, I
<i>Malus floribunda</i> Siebold ex Van Houtte	3	Akciğer, pankreas ve prostat kanseri riskini azaltır, alzheimer, diş ve bağırsak tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir, marmelat ve reçel yapılabilir.	Oduyu yakacak olarak kullanılır.	G
<i>Melia azedarach</i> L.	1	Sedef hastalığı tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	Meyveleri tespah yapımında kullanılır.	C
<i>Mespilus germanica</i> L.	7	Grip ve böbrek taşı tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Hoşaf ve reçel yapılabilir.	Oduyu yakacak olarak kullanılır.	E
<i>Morus nigra</i> L. 'Pendula'	1, 3	Kanser, kan şekeri düşürücü, ağız yaraları, idrar söktürücü, sindirim, kansızlık ve halsizlik tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Pekmez, marmelat ve reçel yapılabilir.	Kemençe yapımında kullanılır.	D, E, G, I
<i>Olea europaea</i> L.	1, 3	Kanser, beyin, göz, yangı, osteoporoz, sindirim, yara iyileştirme, tansiyon ve şişlik tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Yağı elde edilebilir.	Oduyu mobilyacılıkta, kereste ve yakacak olarak kullanılabilir.	A, B, I
<i>Paulownia tomentosa</i> Steud.	6	Tıbbi kömür (aktif kömür) olarak kullanılabilir.	-	-	Oduyu mobilyacılıkta, kereste ve yakacak olarak kullanılır. Kurşun kalem yapımında ve hayvan yemi olarak kullanılabilir.	G
<i>Platanus orientalis</i> L.	1, 3	Kemik, romatizma, prostat, böbrek taşı, ishal, yanık, saç, iltihap ve bel fitiği tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	Oduyu mobilyacılıkta, kereste ve yakacak olarak kullanılır.	C, D, G, H
<i>Populus nigra</i> L.	11, 5, 7	Hemoroit, diş, romatizma ve kabızlık tedavisinde kullanılabilir.	1, 7	Çayı yapılabilir.	Oduyu mobilyacılıkta, kömür elde etmede, kereste ve yakacak olarak kullanılabilir.	G, I

Tablo 2. Devamı.
Table 2. Continuing.

<i>Prunus armeniaca</i> L.	3, 10	Mide ve bağırsakların tedavisinde kullanılabilir.	3, 10	Meyveleri yenilebilir. Marmelat ve reçel yapılabilir. Tohumu kırılarak yenilir.	-	E	
<i>Prunus avium</i> L.	3, 14	Kan temizleyici, cilt lekeleri, mide yaraları, zayıflama, damar sertliği, romatizma tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Marmelat ve reçel yapılabilir.	Odunu mobilyacılıkta ve yakacak olarak kullanılabilir.	C, G, I	
<i>Prunus cerasus</i> L.	3, 14	Gözü kuvvetlendirir, İdrar, göz ve şeker tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Marmelat ve reçel yapılabilir.	Meyve ve yapraklarından boya elde edilebilir.	E	
<i>Prunus domestica</i> L.	3	Mide ve bağırsakların tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir.	Kabuktan sarı boya elde edilebilir.	E, G, I	
<i>Prunus laurocerasus</i> L.	1, 10	Şeker hastalığı, ülser, böbrek rahatsızlıkları, öksürük, spazm, incinme sonucu oluşan ağrı ve yanık tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Marmelat ve reçel yapılabilir.	Yapraklardan boya elde edilebilir.	A, B, C, D, E, F, G, H, I	
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	1, 10	Sindirim sistemi, ödem, gastrit, boğmaca, öksürük ve bronşit tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Marmelat ve reçel yapılabilir.	Yapraklarından yeşil meyvelerden gri boya elde edilir. Yaprakları koku giderici olarak kullanılabilir.	G	
<i>Punica granatum</i> L.	2, 3	Şeker, tansiyon, kabızlık, başgıçıklık sistemi ve ağız yaraları tedavisinde kullanılabilir.	10	Tohumları direkt olarak yenilebilir. Ya da suyu çıkartılıp nar ekşisi olarak salatalara lezzet verici olarak kullanılabilir.	Sirke, boya, mürekkep ve kolonya yapımında kullanılır.	C, E, G	
<i>Pyrus communis</i> L.	3	Sindirim sistemi, ödem, gastrit, boğmaca, öksürük ve bronşit tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Pekmez, marmelat ve reçel yapılabilir.	Odunu mobilyacılıkta ve yakacak olarak kullanılabilir.	C, E, G	
<i>Quercus robur</i> L.	7	Burun tıkanıklığı açıcı ve kanama durdurucu olarak kullanılabilir. Ayrıca, bağırsak problemleri, dizanteri, aralıklı ateş ve kanamaların tedavisinde de kullanılabilir.	10	Tohumlar pişirilerek tüketilebilir. Ekmek yapımında tahıllarla karıştırılabilir.	Odunu mobilyacılıkta, kereste, travers, elektrik direkleri, çit, tekne yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	C	
<i>Quercus rubra</i> L.	7	Bağırsak problemlerinin tedavisinde kullanılabilir.	10	Tohumlar pişirilerek tüketilebilir.	Odunu mobilyacılıkta, kereste, travers, elektrik direkleri, çit, tekne yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	E	
* <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	2	Sakinleştiricidir, kabız ve safra tedavisinde kullanılabilir.	2	Çiçekleri bal hammaddesi içerir.	Odunu mobilyacılıkta, kasa yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	C, E, G, I	
<i>Salix babylonica</i> L.	1, 7	Romatizma ve ateş düşürme tedavisinde kullanılabilir.	7	Ekmek yapımında tahıl ununa ilave edilebilir.	Odunu arıcılıkta, mobilyacılıkta, sepet yapımında, ambalaj, tarım aletlerinde, lif levha, kontrplak ve maden direği yapımında kullanılır.	B, C, D, E, G	
<i>Salix caprea</i> L.	1, 7	Ateş düşürücü, romatizma ve dişeti iltihapları tedavisinde kullanılabilir.	4, 7	İç kabuk ve genç sürgünler çiğ ya da pişirilerek tüketilebilir. İç kabuk kurutulup öğütülerek ekmek yapımında kullanılabilir.	Süpürge ve sepet yapımında kullanılır.	C, E	
<i>Salix nigra</i> Marshall	7	Bel soğukluğu, yumurtalık ağrıları, romatizma, artrit, gut, otoimmün hastalıkların enflamatuvar evreleri, ishal, dizanteri, ateşli hastalıklar, nevrjji ve baş ağrısının tedavisinde kullanılabilir.	1, 7	Kabuk ve yaprak yenilebilir.	Mobilyacılıkta, kapı, kutu, varil, barut ve sepet yapımında kullanılır.	G	
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	1, 3, 7	Bağışıklık sistemi, cilt, tansiyon, kan şekeri ve idrar söktürücü tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyve yenilebilir.	Kabukları, tabaklamada ve kumaş boyamada kullanılır.	E	
<i>Tamarix tetrandra</i> Pallas	5, 7	İç kanama, yara ve iltihap giderme, ishal ve dizanteri tedavisinde kullanılabilir.	2, 6, 7	Çayı yapılabilir.	Dalları süpürge yapımında kullanılır.	I	
<i>Tilia rubra</i> DC.	1, 2	İdrar arttırıcı, terletici, göğüs yumuşatıcı, öksürük, astım, mide, bağırsak yumuşatıcı, iltihaplı yara, nezle ve grip tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Çayı yapılabilir.	Odunu mobilyacılıkta, kereste, ambalaj yapımında ve yakacak olarak kullanılabilir.	B, G	
<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.	1, 3	Öksürük, bronşit, nezle, bağırsak iltihabı ve tansiyon tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir.	Odunu kereste ve yakacak olarak kullanılabilir.	E	
GENİŞ YAPRAKLI ÇALILAR							
<i>Berberis vulgaris</i> L.	1, 3, 7, 8	Soğuk algınlığı, sindirim bozuklukları, diş, ağız içi yaralanmaları, dizanteri, safra, iştahsızlık ve ateş düşürme tedavilerinde kullanılabilir.	3	Meyveler yenilebilir. Çay, şurup, marmelat ve reçel yapılabilir.	-	G	
** <i>Camellia sinensis</i> L.	1	İshal, kanser ve idrar hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	Toprak üstü kısımlarından süpürge yapılabilir.	A, E, G, H, I	
<i>Cestrum elegans</i> (Brongn.) Schtdl.	2	Astım tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	-	I	
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	1	Baş ağrısı, uykusuzluk, soğuk algınlığı tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	-	I	
<i>Clerodendrum bungei</i> Steud.	1, 2, 3	Tümör, rahim sarkması, baş ağrısı, baş dönmesi ve çiban tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	I	
<i>Cornus sanguinea</i> L.	3, 10	Ateş düşürme tedavisinde kullanılabilir.	3	Marmelat ve reçel yapılabilir.	Tohumlar sabun yapımında kullanılır. Meyvelerinden boya elde edilebilir. Genç gövdeler sepet yapımında kullanılır. Odun kömürü ve ok sapı yapılabilir.	C	
<i>Daphne odora</i> Thunb.	1, 2, 6	Sirt ağrısı, kas ağrısı, boğaz ağrısı, cilt hastalıkları ve görme bozuklukları tedavilerinde kullanılabilir.	-	-	Çiçekler koku amaçlı kullanılır.	A, E, I	
<i>Datura stramonium</i> L.	1	Astım, öksürük, kramp, ruhsal hastalıklar, sinir hastalıkları ve felç tedavilerinde kullanılabilir.	-	-	-	H	
<i>Elaeagnus pungens</i> Thunb. 'Maculata Aurea'	1, 6	Astım, öksürük, ishal ve hemoroit tedavisinde kullanılabilir.	3, 10	Meyve ve tohumları çiğ ya da pişirilerek yenilebilir. Meyvelerinden şerbet yapılabilir.	Macun yapımı ve ağız gargarası amaçlarıyla kullanılabilir.	D	
<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	6, 7	İdrar söktürücü ve tonik olarak kullanılabilir.	1	Yaprakları kaynatılarak tüketilebilir.	Yaprakları gıda boyası olarak kullanılır.	E, G, I	
<i>Gardenia jasminoides</i> J.Ellis	3	Ateş düşürme tedavisinde kullanılabilir.	2	Çiçekleri yenilebilir.	-	A, C, E, G, I	

Tablo 2. Devamı.

Table 2. Continuing.

<i>Geranium sanguineum</i> L.	2	İdrar söktürme, ödem atılması, bağırsak rahatsızlığı, ağrı tedavisi, kan şekeri dengeleme, boğaz tahrişi ve kanamaların durdurulması, kulak ve diş ağrısı, cilt ve mortuk tedavilerinde kullanılabilir.	1	Yaprakları ezilerek, yağı çıkarılarak ve su içerisinde haşlanarak kullanılabilir.	-	H	
<i>Hibiscus syriacus</i> L.	1	İdrar ve balgam söktürme, parazit dökme, ateş düşürme, mide ağrısı ve dizanteri tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Genç yapraklar ve çiçekler çiğ ya da pişirilerek tüketilebilir. Çiçek ve yapraklarından çay elde edilebilir.	Yapraklarından saç şampuanı, çiçeklerinden boya elde edilebilir.	B, C, E, G, I	
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	1	Kan şekeri düşürme tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir. Tatlandırıcı olarak kullanılabilir.	-	B, C, E, G, H, I	
<i>Ilex aquifolium</i> L.	3	Meyveler kusturucudur. İdrar ve balgam söktürme, ateş düşürme ve müşil tedavisinde kullanılabilir.	1, 3	Çayı yapılabilir. Meyveleri kahve ikamesi olarak tüketilebilir.	İnek ve koyunlar için kış yemi olarak kullanılabilir.	C, E	
<i>Jasminum fruticans</i> L.	2	Baş ağrısı, farenjit, idrar söktürme ve kurt düşürme tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Dalları süpürge yapımında kullanılabilir.	C, E, I	
<i>Keria japonica</i> (L.) DC	2	Öksürük ve kadın hastalıkları tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	C, I	
<i>Lantana camara</i> L.	1, 2	Astm, sıtma, kabakulak, bel ağrısı ve ateş düşürme tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	-	A, G, I	
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	2	Psikolojik rahatsızlıkların tedavisinde kullanılabilir.	2	Çayı ve yağı yapılabilir.	-	A, E, G, I	
<i>Lycium barbarum</i> L.	3	Böbrek ve karaciğer tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyve yapılabilir.	-	E	
<i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt.	3	İştah ve halsizlik kaybını gidermede kullanılabilir.	3	Çiğ veya pişmiş kullanılabilir.	-	B	
<i>Nerium oleander</i> L.	1	İdrar söktürme ve kalp kuvvetlendirme amacıyla kullanılabilir.	-	-	-	A, B, C, E, G, I	
<i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	8	Verem, boğaz ağrısı, kanamayı durdurma, boğmaca, öksürük, sara, sinir yatıştırma, gut ve kramp tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	-	A, I	
<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.	8	Böbrek taşı düşürme tedavisinde kullanılabilir.	3	Reçeli ve marmeladı yapılabilir.	-	B, G	
<i>Rhododendron ponticum</i> L.	18	Baş ağrısı ve egzama tedavisinde kullanılabilir.	2	Çiçekleri bal hammaddesi içerir.	Sandalye iskeleti yapılabilir.	A, E, G, I	
<i>Ribes orientale</i> Desf.	3	Bağırsak tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyvesi yenilir.	-	E	
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	1, 2, 5	İdrar söktürme, hazımsızlık ve tansiyon tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Çayı yapılabilir. Baharat olarak kullanılabilir.	-	A, C, E, G, I	
<i>Spartium junceum</i> L.	1, 2	Böbrek ve safrakesesi taşlarını düşürme, idrar ve balgam söktürme, kabızlık, romatizma, kalp hastalıkları ve mesane hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Gövdesi süpürge yapımında kullanılabilir.	E	
<i>Stevia rebaudiana</i> (Bert.)	1	Antihipertansiyon ve antihiperlipsemi tedavisinde kullanılabilir.	1	Doğal tatlandırıcı olarak kullanılabilir.	-	E, I	
<i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench	1, 7, 8	Göz tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Odunu ok şaftı yapımında kullanılabilir. Meyvesi balık yemi, ilaç, sabun ve el losyonu yapımında kullanılabilir.	C	
<i>Syringa vulgaris</i> L.	2, 7	Ateş, romatizma ve siyatik tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	G, I	
<i>Teucrium fruticans</i> L.	1	Gut ve karaciğer tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	I	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	3	Şeker hastalığı ve bronşit tedavisinde kullanılabilir.	3	Reçel, marmelat ve komposto yapılabilir.	-	C, E	
<i>Viburnum opulus</i> L.	3, 7	Böbrek taşı düşürme, idrar söktürme, idrar yolu iltihabı, şeker hastalığı, prostat, kramp, kas gerginlikleri ve menstrüal sancı tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Reçel, marmelat ve komposto yapılabilir.	-	C, G	
TURUNÇGİLLER							
<i>Citrus bergamia</i> Risso	3	Kan şekeri, kolesterol, kemik ve kilo verme tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	I	
<i>Citrus japonica</i> var. <i>margarita</i> (Lour.) Guillamin	3	Sindirim sistemi, bağırsak sistemi, deri, grip, soğuk algınlığı, akciğer ve stres tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	Odunu kaşık ve tütsü yapımında kullanılabilir. Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	A, E, G, I	
<i>Citrus limon</i> L. Bum.	3	Kanser, kilo verme, nezle, grip, soğuk algınlığı, kolesterol ve damar tıkanıklığı tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	Odunu kaşık ve tütsü yapımında kullanılabilir. Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	A, E, G, I	
<i>Citrus reticulata</i> L.	2, 3	Spazm, mide hastalıkları, damar sertleşmesi, soğuk algınlığı, cilt, safra, karaciğer, şeker hastalığı ve zayıflama tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	Odunu kaşık ve tütsü yapımında kullanılabilir. Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	A, E, I	
<i>Citrus sinensis</i> L.	3	Kabızlık tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	Odunu kaşık ve tütsü yapımında kullanılabilir. Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	A, E, I	
PALMIYELER							
<i>Chamaerops excelsa</i> Thunb. (syn. <i>Trachycarpus fortunei</i> (Hook.) H.Wendl.)	3, 8	Burun kanaması, hematemez, dışkıda kan, metroraji, bel soğukluğu ve diğer zührevi hastalıkların tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Halat, çuval ve diğer kaba kumaş yapımında kullanılabilir.	H, I	
<i>Phoenix canariensis</i> Hort.	-	-	3	Meyveleri yenilir.	-	G, I	
<i>Washingtonia filifera</i> (Linden ex André) H.Wendl. ex de Bary	-	-	3	Meyveleri yenilir.	Yaprakları sandalet, çatı ve sepet yapmak için kullanılabilir. Gövde pişirme kapları yapmak için kullanılabilir.	B, G, H	
SUKKULENTLER							
<i>Agave americana</i> L.	1, 8, 16	İshal, dizanteri, saç, diş, idrar söktürme ve bağırsak tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Tekstil ve elyaf yapımında kullanılabilir.	E, I	

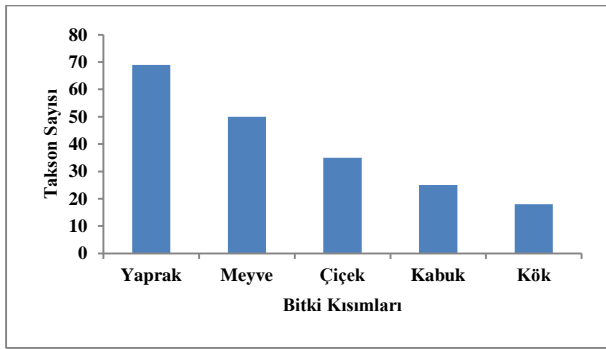
Table 2. Devamı.
Table 2. Continuing.

<i>Aloe barbadensis</i> Mill.	1	Göz hastalıkları, dalak, karaciğer, yanık, egzama, kutanöz laşmanyazis ve deri bozuklukları tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	E, I
<i>Opuntia ficus indica</i> (L.) Mill.	-	-	3	Meyveleri yenilebilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	-	I
YER ÖRTÜCÜLER						
<i>Acanthus mollis</i> L.	1, 2	Karaciğer, mide, ağrı kesici ve yara tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Çayı yapılabilir.	-	I
<i>Allium sativum</i> L.	17	Tansiyon, yılan ve böcek ısırıkları, parazitler, kronik öksürük ve bulaşıcı hastalıklar ile çıban tedavisinde kullanılabilir.	17	Soğanları yenilebilir.	-	E
<i>Calendula officinalis</i> L.	2	Karaciğer, safra kesesi, mide rahatsızlıkları, gastrit, ülser, sedef, egzama, mantar, yara ve iltihap tedavisinde kullanılabilir.	2	Çayı yapılabilir. Çiçekleri yenilebilir. Baharat olarak kullanılabilir.	Boya elde edilebilir.	A
<i>Lilium candidum</i> L.	3, 8	Burun kanaması, hematemez, dışkıda kan, metroraji, bel soğukluğu ve diğer zührevi hastalıkların tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Halat, çuval ve diğer kaba kumaş yapımında kullanılabilir.	E
<i>Narcissus pseudonarcissus</i> L.	17	Yanık, yara, histeri ve epilepsi tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	E, I
<i>Nepeta x faassenii</i> Bergmans ex Stearn	1, 2	Yılan ve akrep sokması, kalp, karaciğer ve böbrek hastalıkları tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Çayı yapılabilir.	-	A, E
<i>Ophiopogon japonicus</i> (Thunb.)	8	Akciğer ve mide hastalıkları ile ağız yaraları tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	E, G, I
<i>Pelargonium peltatum</i> Ait.	8	Solunum yolu hastalıkları tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	A, E, I
<i>Phytolacca americana</i> L.	1, 3	Ağrı azaltma tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	I
<i>Primula vulgaris</i> Huds.	1, 8	Öksürük tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	A, E, G
	üstü kısımları					
<i>Ruscus colchicus</i> Yeo	8	Bağırsak tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	I
<i>Salvia officinalis</i> L.	1, 2	Bronşit, ülser, gut, romatizma, iltihaplanma, baş dönmesi, titreme, felç ve ishal tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	-	A, E
<i>Santolina chamaecyparissus</i> L.	1, 2	Spazm çözme ve adet tedavisinde kullanılabilir.	1	Yaprakları yemeklere katılabilir.	Dezenfektan yapımında	A, E, H, I
<i>Solanum nigrum</i> L.	1, 3	Ağrı azaltma tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	I
<i>Tagetes patula</i> L.	1, 2	İştahsızlık, gaz, mide ağrısı, kolik, bağırsak kurtları, dizanteri, kadın hastalıkları, öksürük, soğuk algınlığı, kabakulak, göz ve ülser tedavisinde kullanılabilir.	2	Yiyecek ve içeceklerde hoş koku bileşeni olarak kullanılabilir.	Çiçekleri sivrisinek kovucu olarak kullanılabilir.	A, E, I
<i>Thymus serpyllum</i> L.	1, 2	Astım, boğaz ağrısı, sıtma, epilepsi, sakinleştirici, ishal önleyici, kan dolaşımı, romatizma, adet bozukluğu ve yara tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir. Yaprakları yemeklere katılabilir.	-	A
<i>Viola odorata</i> Linn.	18	Boğaz iltihabı, öksürük, baş ağrısı, soğuk algınlığı ve bronşit tedavisinde kullanılabilir.	1, 2, 11	Yaprakları, çiçekleri veya tomurcukları yemeklere katılabilir.	Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	E, I
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) K. Spreng	18	Çıban, yanık, gut, iltihap, böcek ısırığı, romatizma, yara, astım, soğuk algınlığı, grip, baş ağrısı, mide ekşimesi, enfeksiyon, kısırlık, solunum problemleri ve boğaz ağrısı tedavisinde kullanılabilir.	8	Nişasta yapımında kullanılabilir.	-	E, I
SARILICI VE TIRMANICILAR						
<i>Actinidia deliciosa</i> (A Chev) Liang et Ferguson 'Hayward'	3, 8	Hepatit, ödem, romatizma, mide kanseri, meme kanseri, dişeti iltihabı, doğal kan inceltici, idrar yolu, karaciğer, idrar söktürücü ve ateş düşürme tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	-	E, I
<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.	8	Terleme ve yara tedavisinde kullanılabilir.	-	-	-	B, E, I
<i>Hedera helix</i> L.	1	Mide ağrısı ve yanık tedavisinde kullanılabilir.	-	-	Yaprağı sandalye yapımında kullanılabilir.	E, I
<i>Lonicera caprifolium</i> L.	1, 2, 3, 10	Bağırsak, mide, spazm çözme, yumuşatma, balgam ve idrar söktürme tedavisinde kullanılabilir.	2, 3	Meyveleri az miktarda yenilebilir. Çayı yapılabilir.	Çiçekler koku amaçlı kullanılabilir.	E, G, I
<i>Passiflora edulis</i> Sims	1	Uykusuzluk, epilepsi, ülser ve hemoroit tedavisinde kullanılabilir.	3	Pastacılıkta ve yemeklerde kullanılabilir.	-	I
<i>Polygonum perfoliatum</i> L.	18	İdrar söktürme, sırt ağrısı, kan dolaşımı, dizanteri, enterit, çıbanlar ve apseler, zehirli yılan ısırıkları, hematüri, bulanık idrar ve travmatik yaralanma tedavisinde kullanılabilir.	1, 10	Genç yaprakları ve sürgünleri yenilebilir.	Elyaf ve halat yapımında kullanılabilir.	E, I
<i>Rubus fruticosus</i> L.	18	Diyabet ve kanser tedavisinde kullanılabilir.	3	Meyveleri yenilebilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	-	G
<i>Rubus idaeus</i> L.	18	Kanser ve egzama tedavisinde kullanılabilir.	3, 4	Meyveleri yenilebilir. Meyve suyu, reçel ve marmelat yapılabilir.	-	G
<i>Trachelospermum jasminoides</i> (Lindl.) Lem.	18	Romatizma, boğaz ağrısı, çıban ve apselerin tedavisinde kullanılabilir.	2	Sıcak içeceklerle tat katıcı olarak eklenebilir.	-	A, E, G, I
<i>Wisteria sinensis</i> Sweet.	1, 2	Safra, mide kanseri ve meme kanseri tedavisinde kullanılabilir.	1, 2	Yapraklar ve çiçekler çay ikamesi olarak kullanılabilir.	-	B, C, E, G, I
<i>Vinca major</i> L.	18	Kanser, idrar söktürme, tansiyon, iştah açma, mikrop öldürme, hafıza güçlendirme, baş ağrısı ve baş dönmesi tedavisinde kullanılabilir.	1	Çayı yapılabilir.	-	A, E, G, I
<i>Vitis vinifera</i> L.	1, 3	Hafızayı güçlendirme, kanser, karaciğer, akciğer, başışıklık sistemi, migren, demans, astım, ağız ülseri ve kansızlık tedavisinde kullanılabilir.	1, 3	Meyveleri yenilebilir. Meyve suyu, pekmez, şarap, komposto, reçel ve marmelat yapılabilir. Yaprağından sarma yapılabilir.	-	B, E, F, G, H, I

Önemli Not: Tablodaki ifadelerin tümü etnobotanik kullanım olanaklarıdır. Kesinlikle modern tıbbın tavsiiyeleri değildir.

Çalışma alanlarında etnobotanik kullanım olanaklarına sahip toplam 160 farklı bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu bitkilerin 155 tanesi (%97) tıbbi amaçlı kullanım, 116 (%73) tanesi gıda amaçlı kullanım, 111 (%69) tanesi ise hem tıbbi hem de gıda amaçlı kullanım özelliklerine sahiptir. Ayrıca çalışma alanındaki bitkilerin diğer kullanım alanları (mobilyacılık, yakacak odun, boyar madde, güzel koku amaçlı vb.) incelediğinde, 96 (%60) tanesinin farklı kullanım olanaklarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

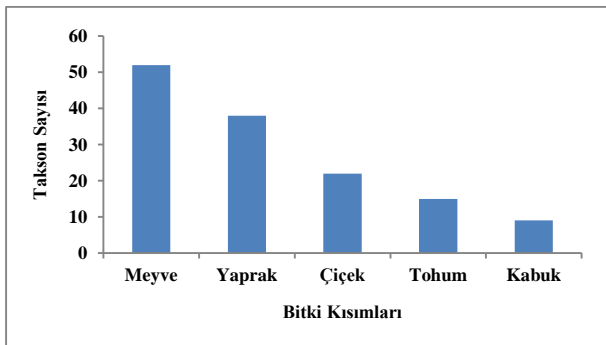
Şekil 2'de görüldüğü üzere tıbbi amaçlı kullanım olanaklarına sahip 155 bitkinin en çok kullanılan kısımları incelendiğinde bu bitkilerden; 69'unun (%45) yapraklarının, 50'sinin (%32) meyvesinin, 35'inin (%23) çiçeğinin, 25'inin kabuğunun (%16) ve 18'inin (%12) kökünün kullanılabilirliği tespit edilmiştir.



Şekil 2. Tıbbi amaçlı kullanım olanaklarına sahip bitkilerin en çok kullanılan kısımları.

Figure 2. The most used parts of plants with medicinal uses.

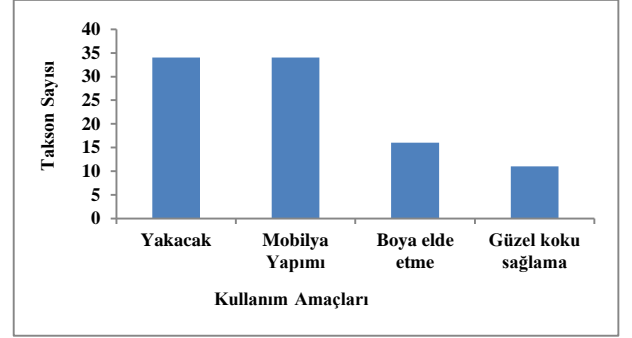
Şekil 3'te görüldüğü üzere gıda amaçlı kullanım olanaklarına sahip 116 bitkinin en çok kullanılan kısımları incelendiğinde bu bitkilerden; 52'sinin (%45) meyvelerinin, 38'inin (%33) yapraklarının, 22'sinin (%19) çiçeğinin, 15'inin (%13) tohumunun ve 9'unun (%8) kabuğunun kullanılabilirliği tespit edilmiştir.



Şekil 3. Gıda amaçlı kullanım olanaklarına sahip bitkilerin en çok kullanılan kısımları.

Figure 3. The most used parts of plants with food uses.

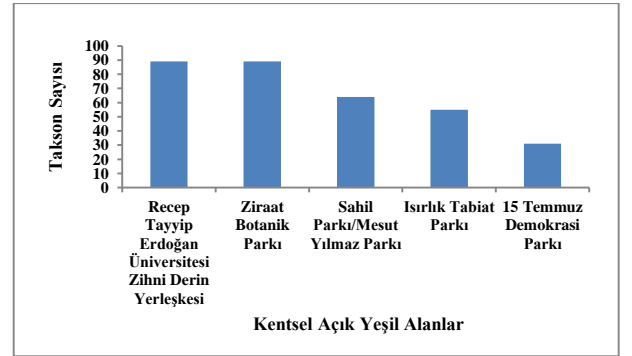
Şekil 4'te görüldüğü üzere diğer amaçlarla kullanılabilir 105 bitki incelendiğinde bu bitkilerden; 34'ünün (%37) yakacak, 34'ünün (%36) mobilya yapımı, 16'sının (%16) boya elde etme ve 11'sinin (%11) güzel koku sağlama amaçlarıyla kullanılabilirliği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Farklı kullanım olanaklarına sahip bitkilerin en çok hangi amaçlarla kullanılabilirleri.

Figure 4. Plants with different usage possibilities can be used most for which purposes.

Şekil 5'te görüldüğü üzere etnobotanik kullanım olanaklarına sahip bitkilerin en çok bulunduğu kentsel açık yeşil alanlar incelendiğinde bu bitkilerden; 89'unun (%56) Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesi'nde, 89'unun (%56) Ziraat Botanik Parkı'nda, 64'ünün (%40) Sahil Parkı/Mesut Yılmaz Parkı'nda, 55'inin (%34) Isırlık Tabiat Parkı'nda, 31'inin (%19) 15 Temmuz Demokrasi Parkı'nda bulunduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Etnobotanik kullanım olanaklarına sahip bitkilerin en çok bulunduğu kentsel açık yeşil alanlar.

Figure 5. Urban open green areas with the highest number of plants with ethnobotanical use possibilities.

TARTIŞMA VE SONUÇ

İnsanlık tarihi kadar eskiye dayanan bitki-insan ilişkileri yüzyıllar boyunca nesilden nesile aktararak günümüze kadar ulaşmıştır. İnsanlar ile bitkiler arasındaki ilişkileri bütün yönleriyle ele alan etnobotanik bilimi de bu konuda çok önemli bir role sahiptir. Bu bilim sayesinde, bitkilerin birçok farklı kullanımlarıyla (tıbbi, gıda, mobilyacılık, yakacak odun, boyar madde, güzel koku amaçlı vb.) ilgili bilgiler ortaya çıkmakta ve kayıt altına alınmaktadır. Bu sayede yerel halkların kültürlerinin korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına, biyolojik çeşitliliğin korunmasına, kırsal kalkınmaya destek olunmasına, nadir, endemik ve nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin tespit edilerek bu türlerin korunması için gerekli verilerin sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Baytop, 1999; Kendir & Güvenç, 2010).

Doğal yapısından kaynaklanan zengin bir bitki örtüsüne sahip olan Rize ili bu kapsamda önemli bir etnobotanik kullanım potansiyelini de barındırmaktadır. Rize kentsel açık yeşil alanlarında kullanılan bitkilerin etnobotanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada, 160 farklı bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu bitkilerin 155 tanesinin tıbbi amaçlı kullanım, 116 tanesinin gıda amaçlı kullanım, 111 tanesinin ise hem tıbbi hem de gıda amaçlı kullanım özelliklerine, 96 tanesinin de farklı kullanım (mobilyacılık, yakacak odun, boyar madde, güzel koku amaçlı vb.) olanaklarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında etnobotanik kullanım olanakları paylaşılan bitkiler arasında Rize kenti ile özdeşleşen aynı zamanda doğal bir takson olan *Prunus laurocerasus* L. (Karayemiş/Laz Kirazı) bitkisinin önemli tıbbi ve gıda amaçlı kullanım olanaklarının olduğu görülmüştür. Rize kenti açık yeşil alanlarında sıkça tercih edilen ve kente kimlik kazandıran bir takson olan karayemiş bitkisinin (Karaşah & Sarı, 2018) sahip olduğu bu özelliklerin yerel kültürün devamlılığı açısından gelecek nesillere aktarılması oldukça önemlidir.

Sonuç olarak, ülkemiz sahip olduğu zengin flora çeşitliliği sayesinde etnobotanik çalışmalar için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde yerel halk ile bitkiler arasındaki ilişki daha bilinçli bir şekilde gelişim göstererek kayıt altına alınabilecektir. Rize ili özelinde de bitkilerin etnobotanik kullanım olanaklarının yöre insanına tanıtılması sahip olunan zengin bitki çeşitliliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasının yanı sıra ilin kalkınmasında da önemli bir rol üstlenecektir.

KAYNAKLAR

- Albayrak, N.B. (2019).** Orhaneli ve Büyükorhan (Bursa) ilçelerinde etnobotanik bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, 204 s.
- Altay, V. & Karahan, F. (2012).** Tayfur Sökmen kampüsü (Antakya-Hatay) ve çevresinde bulunan bitkiler üzerine etnobotanik bir araştırma. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(7), 13-28.
- Anşin, R. (1980).** *Doğu Karadeniz Bölgesi florası ve asal vejetasyon tiplerinin floristik içerikleri*. Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon, Türkiye.
- Bayramoğlu, E. & Ercan Oğuztürk, G. (2020).** Kurakçıl peyzaj açısından Rize sahil parkının incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 10(21), 13-24.
- Baytop, T. (1999).** *Türkiye’de bitkiler ile tedavi (geçmişte ve bugün)*. Nobel Tıp Kitabevleri, 480, İstanbul.
- Bulut, G. (2008).** *Bayramiç (Çanakkale) yöresinde etnobotanik araştırmalar*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Caballero, B., Trugo, L.C. & Finglas, P.M. (2003).** *Encyclopedia of food sciences and nutrition, academic press*, 6406, Massachusetts.
- Çorbacı, Ö.L., Abay, G., Oğuztürk, T. & Üçok, M. (2020).** Kentsel rekreasyonel alanlardaki bitki varlığı; Rize örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 16(2), 16-44.
- Deniz, L., Serteser, A. & Kargoğlu, M. (2011).** Uşak Üniversitesi ve yakın çevresindeki bazı bitkilerin mahalli adları ve etnobotanik özellikleri. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 57-72.
- Duke, J. A., Bogenschutz-Godwin, M.J., Duccellar, J. & Duke, P.A.K. (2002).** *Handbook of medicinal herbs*, 2nd Edn., CRC Press, 893, New York.
- Gül, V. (2014).** Rize yöresine ait tıbbi ve aromatik bitkilere genel bir bakış. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Dergisi*, 4(4), 97-107.
- 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.
- Karamanoğlu, K. (1977).** *Farmasötik botanik*. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı Sayı:44, Ankara.
- Karaşah, B. & Sarı, D. (2018).** Kent kimliğinde etkili bir bileşen: doğal bitkiler. *Social Sciences Studies Journal*, 4(26), 5539-5545.
- Kendir, G. & Güvenç, A. (2010).** Etnobotanik ve Türkiye’de yapılmış etnobotanik çalışmalara genel bir bakış. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 30(1), 49-80.
- Kızıllarslan, Ç. (2008).** *İzmit Körfezi’nin güney kesiminde etnobotanik bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmasötik Botanik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, 291 s.
- Kocabaş, Y.Z. & Gedik, O. (2016).** Kahramanmaraş il merkezi semt pazarlarında satılan bitkiler hakkında etnobotanik araştırmalar. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Dergisi*, 6(4), 41-50.
- Korkmaz, M. & Alpaslan, Z. (2015).** Ergan Dağı (Erzincan-Türkiye)’nin etnobotanik özellikleri. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 1(3), 1-31.
- Korkmaz, M. & Karakurt, E. (2014).** Kelkit (Gümüşhane) aktarlarında satılan tıbbi bitkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(3), 60-80.
- Koyuncu, O., Yaylacı, Ö.K. & Tokur, S. (2009).** Geyve (Sakarya) ve çevresinin etnobotanik açıdan incelenmesi. *OT Sistematik Botanik Dergisi*, 16(1), 123-142.
- Lall, N. (2018).** *Medicinal plants for holistic health and well-being*, Academic Press, 330, Massachusetts.
- Mete, O. (2009).** *Kabalıcı şifalı bitkiler ansiklopedisi*, Kabalcı Yayınları, 856, İstanbul.
- Mustafa, B., Hajdari, A., Pieroni, A., Pulaj, B., Koro, X. & Quave, C. (2015).** A cross-cultural comparison of folk plant uses among Albanians, Bosniaks, Gorani and Turks living in south Kosovo. *Journal*

of *Ethnobiology and Ethnomedicine*, **11**(39). DOI: [10.1186/s13002-015-0023-5](https://doi.org/10.1186/s13002-015-0023-5)

- Sadıkoğlu, N. (1998).** *Cumhuriyet dönemi Türk etnobotanik araştırmalar arşivi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmasötik Botanik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.
- Saraç, D.U., Özkan, Z.C. & Akbulut, S. (2013).** Rize ilinin etnobotanik özellikleri. *Biological Diversity and Conservation*, **6**(3), 57-66.
- Sarı, D. & Karaşah, B. (2018).** Bitkilendirme tasarımı öğeleri, ilkeleri ve yaklaşımlarının peyzaj tasarımı uygulamalarında tercih edilirliliği üzerine bir araştırma, *MEGARON*, **13**(3), 470-479.
- Surat, H. (2020).** Artvin'de doğal olarak yetişen bazı tıbbi-aromatik ve ekonomik değere sahip odunsu bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanım alanlarının değerlendirilmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, **13**(74), 240-248.
- Tarakçı Eren, E., Düzenli, T. & Alpak, E.M. (2021).** The intended use of plants in campus open green spaces. In: Rangelov, B., Berdenov, Z.G. & Efe, R. (Ed), *Developments in engineering and architecture*, 76-88p, St. Kliment Ohridski University Press, Sofija, Sofija, Bulgaria.
- Tarakçı Eren, E. & Düzenli, T. (2017).** Determination of the visual preference levels and perceptual differences in the appearance of certain taxa in different seasons, *Fresenius Environmental Bulletin*, **26**(12B), 8304-8315.
- Türkan, Ş., Malyer, H., Özaydın, S. & Tümen, G. (2006).** Ordu ili ve çevresinde yetişen bazı bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **10**(2): 162-166.
- URL-1. Google Earth. (2021).** Erişim tarihi: 19.01.2021, <http://earth.google.com/web/>.
- Yaldız, G., Yüksek, T. & Şekeroğlu, N. (2010a).** Rize ili orman ve kıyı köylülerinin kalkındırılmasında tıbbi ve aromatik bitkilerin önemi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, Türkiye, 1176-1186.
- Yaldız, G., Yüksek, T. & Şekeroğlu, N. (2010b).** Rize ili florasında bulunan tıbbi ve aromatic bitkiler ve kullanım alanları. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, Türkiye, 1100-1114.
- Yılmaz, K.T., Alphan, H. & Gülçin, D. (2019).** Assessing degree of landscape naturalness in a Mediterranean coastal environment threatened by human activities. *Journal of Urban Planning and Development*, **145**(2), 05019004.
- Yüksek, T. (2017).** Rize ili arazi kullanım durumu, bazı ormancılık çalışmaları ve yağışların zamansal dağılımının genel bir değerlendirmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, **2**(3), 59-66.



Oreochromis niloticus'da Böbrek ve Kas Dokularında Çinko Oksit Nanopartikülleri ve Çinko Sülfatın Birikimi ^[*]

Onur ÜNAL^{1*} Ferit KARGIN²

¹Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Adana, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Adana, Türkiye

Geliş Tarihi: 01.07.2021

Kabul Tarihi: 31.10.2021

Basım Tarihi: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Ünal, O. & Kargin, F. (2021). *Oreochromis niloticus*'da Böbrek ve Kas Dokularında Çinko Oksit Nanopartikülleri ve Çinko Sülfatın Birikimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 498-505.

How to cite: Ünal, O. & Kargin, F. (2021). Accumulation of Zinc Oxide Nanoparticles and Zinc Sulphate in Kidney and Muscle Tissues in *Oreochromis niloticus*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 498-505.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-8475-1295>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4325-5689>

***Sorumlu yazarın:**

Ferit KARGIN
Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat
Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Adana, Türkiye
✉: fkargin@cu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada ZnO NP ve ZnSO₄'ün etkisine bırakılan *Oreochromis niloticus*'un böbrek ve kas dokularında çinko birikimi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Balıklar 0,5, 2,5 ve 5,0 mg/L ZnO NP ve ZnSO₄'ün ortam derişimlerine 3 ve 15 günlük sürelerle bırakılarak dokularındaki çinko birikimi Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntemlerle saptanmıştır. Bu çalışmada ZnO NP ve ZnSO₄'ün etkisine bırakılan balıkların dokularında çinkonun birikimi ortamdaki Zn derişimi ve sürenin artmasıyla arttığı tespit edilmiştir. Denenen tüm şartlarda ZnO NP'lerin etkisine bırakılan balıkların dokusundaki çinko birikimi, ZnSO₄'ün etkisine bırakılan balıklara oranla daha düşük düzeyde olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Birikim, çinko, nanopartikül, *Oreochromis niloticus*.

Accumulation of Zinc Oxide Nanoparticles and Zinc Sulphate in Kidney and Muscle Tissues in *Oreochromis niloticus*

***Corresponding author's:**

Ferit KARGIN
Cukurova University, Faculty of Arts and
Sciences, Department of Biology, Adana,
Turkey
✉: fkargin@cu.edu.tr

Abstract: In this study, zinc accumulation in kidney and muscle tissues of *Oreochromis niloticus* were investigated in both ZnO NP and ZnSO₄. The fish were exposed to 0.5, 2.5 and 5.0 mg/L ZnO NP and ZnSO₄ for 3 and 15 days. Levels of zinc in various tissues was measured by Atomic Absorbtion Spectrophotometric Methods. In this study, zinc accumulations in the tissues after to ZnO NP and ZnSO₄ for 3 and 15 days increased with increasing concentrations of Zn and time in the medium. It was found that the zinc accumulation in the tissue of fish exposed to ZnO NPs in all tested conditions was lower than those of fish exposed to ZnSO₄.

Keywords: Accumulation, nanoparticles, *Oreochromis niloticus*, zinc.

GİRİŞ

Son zamanlarda, hızlı endüstriyel ve tarımsal ilerlemenin bir sonucu olarak çeşitli organik ve inorganik maddelerden kaynaklanan çevre kirliliği büyük dikkat çekmiştir (Akkan vd., 2018; Işık & Akkan, 2021, Polat & Akkan, 2016). Madencilik, sanayi ve tarımsal faaliyetler, suda metal konsantrasyonlarının artışına neden olmakta bu da subletal konsantrasyonlarda bile su ortamında zararlı

etkiler oluşturmaktadır (Sorensen, 1991). Ağır metaller, toksik oluşları, yüksek kalıcılığı, biyolojik olarak parçalanabilmelerinin zor olması ve organizmalarda biyo-birikimleri nedeniyle su ortamının ciddi kirletici maddeleri olarak kabul edilirler. Ağır metaller, kemikli balıkların önemli osmoregülasyon sistemlerinde iyon taşınımını engellemekte, solungaç, beyin ve böbrek gibi çeşitli

^[*] Bu çalışma, yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis.

organlara yapısal hasar verebilmektedirler (Thaker vd., 1996).

Çinko endüstrinin birçok alanında ve tarımda gübrenin yapısında kullanılan önemli bir metaldir. Çinkonun tatlı su habitatlarında yaklaşık 4,50-20 g/l'lik konsantrasyonlarda olduğu bildirilmiştir (Adhikari vd., 2009). Çinko doğada en çok bulunan geçiş metallerinden biridir ve tüm canlı dokularının temel bir bileşenidir.

Metal oksit nanopartikülleri (NP), çeşitli ticari ürünlerde uygulanan en çok kullanılan mühendislik NP'leri arasındadır ve bu da potansiyel olarak insan ve çevre sağlığında olumsuz etkiler oluşturması endişelerine yol açmaktadır (Aschberger vd., 2011). NP'lerin benzersiz özellikleri, küçük boyutlu olmaları ve parçacıkların geniş yüzey alanından kaynaklanır, böylece elektronik, sağlık, kozmetik, teknoloji ve mühendislik endüstrilerindeki çok çeşitli yeni uygulamalar onları çekici kılmaktadır (Lecoanet & Wiesner 2004; Sun vd., 2005). Metal oksit NP'lerinin kullanımının artması, bu parçacıkların su ortamına bırakılmasına neden olmaktadır.

Çinko oksit nanopartikülleri (ZnO NP) tipik metal oksit NP'lerdir ve yüksek stabilite, antikorozyon ve fotokatalitik özelliklerinden ötürü plastikler, seramik, cam, çimento, kauçuk, yağlayıcılar, boyalar, pigmentler, gıdalar (Zn besin kaynağı), ve piller de geniş bir şekilde kullanılmaktadır (Osmond & McCall, 2010). ZnO NP'ler zehirli ve biyokimyasal değişen özelliklerinden dolayı, su ortamında bulunan en zararlı nano ürünlerden biri olarak sınıflandırılırlar (Kahru & Dubourguier, 2010; Li vd., 2011; Zhu vd. 2008).

Balıklarda biyoakümülyasyon süreçlerini etkileyen faktörler; metal türleri, balık türleri ve doku tipleri olduğu belirlenmiştir (Lu vd., 2017). Temel olarak balıklar, metalleri iki alım yoluyla alır: sindirim sistemi ve solungaç yüzeyi (Turkmen vd., 2009). Daha sonra metaller kan yoluyla karaciğer ve böbrek gibi diğer hedef organlara aktarılır (Nabavi vd., 2012).

NP'ler oksidatif hasar ve histopatolojik değişiklikler oluşturan etkilerinden sonra balıkların vücutlarındaki farklı dokularında birikebilir ve dağılırlar. Balık dokularında metal oksit NP dağılımı üzerine süre ve derişime bağlı etkiler ilgili şimdye kadar çok az çalışma bulunmaktadır. Metal bazlı ve metal oksit esaslı NP'lerde toksisite, NP'lerin küçük boyut ve dolayısıyla yüksek yüzey aktivitesi ile ilgili spesifik özelliklerden kaynaklanırken, etkileri ve birikimler, metal iyonlarının serbest bırakılmasıyla daha da artabildiği belirtilmiştir (Auffan vd., 2009).

Bu çalışmada çinko oksit nanopartiküllerinin ve çinko sülfatın farklı derişim ve sürelerinin etkisinde *Oreochromis niloticus*'un, böbrek ve kas dokularında çinko birikiminin karşılaştırmalı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çukurova Üniversitesi Su ürünleri Fakültesinden alınan *O. niloticus* balıkları Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Ekofizyoloji laboratuvarına getirilmiş ve her biri 40x120x40 cm boyutlarındaki stok akvaryumlar içerisinde 2 ay süreyle laboratuvar ortam koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. Bu süre sonunda deneyde kullanılan balıklar 18,50±1,32 cm boy ve 90,25 ± 4,55 g ağırlığa ulaşmışlardır. Yerel Etik Kurulu ilkelerine uyulmuştur.

Deneyler 25±1°C sıcaklıkta yürütülmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde 12 saat aydınlanma, 12 saat karanlık periyodu uygulanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının % 2'i kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmişlerdir. Deney süresince adsorbsiyon ve evaporasyon gibi nedenlerle çinko çözeltileri her gün taze olarak hazırlanan stok çözeltilerinden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiştir.

Deneyler için ZnO NP her gün taze stok solüsyon şeklinde hazırlanmıştır. Stok solüsyonda ultra saf su (18 MΩ/cm) kullanılarak vorteks ile 6 saat karıştırılarak çözüldürülmüştür. Örneklerin NP boyutu ve yüzey yükünün belirlenmesi için analizi yapılmış ve karakteristik özellikleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile stok solüsyon ve yüksek doz ZnO.NP 5,0 mg/L etkisindeki akvaryum çözeltilerinden belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. ZnO NP'nin taramalı elektron mikroskop (SEM) ölçüm sonuçları

Table 1. Scanning electron microscope (SEM) measurement results of ZnO NP

Partikül karakterleri	Metod	Mili-Q Saf Su	Çeşme Suyu
Büyükölç (nm)	TEM	<100nm*	
Partikül Büyükölç Ayrımı (nm)	SEM	85,5±7.3	11±8,7

*sigma aldrich katalogundaki ZnO.NP değeri

Deneylerde 40X120X40 cm. boyutlarında olan 7 cam akvaryum kullanılmıştır. Her bir akvaryuma 12 balık konulmuş, toplamda 84 balık kullanılmıştır. Birinci seride bu akvaryumlardan üçüne 120'şer litre 0,5, 2,5 ve 5,0 mg/L ZnO NP çözeltileri, ikinci serideki akvaryumlardan üçüne ZnSO₄'un 0,5, 2,5 ve 5,0 mg/L lik çözeltilerinden 120'şer litre konulmuştur. Yedinci akvaryuma ise metal içermeyen çeşme suyu konulup kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Deneyler üç tekrarlı olarak yürütülmüştür ve her tekrarda iki balık kullanılmıştır. Deney çözeltilerinin hazırlanmasında çinko sülfat (Sigma Aldrich, ZnSO₄:5H₂O) ve çinko oksit nanopartikülü (Sigma-Aldrich; ZnO; partikül boyutu <100nm) kullanılmıştır

Belirlenen her sürenin sonunda balıklar çeşme suyu ile iyice yıkanmış ve kurutma kâğıdı ile yüzeylerinde

bulunan su damlacıkları alınmıştır. Balıklarda böbrek ve kas dokuları disekte edilmiştir.

Çinko analizleri için dokular petri kabına aktararak etüvde 150°C de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda kuru ağırlıkları belirlenen dokular deney tüplerine aktararak 2 mL nitrik asit (Merck, %65, d:1,40) ve 1 mL perklorik asit (Merck, %60, d:1,53) eklenerek 3 saat süreyle yakılmıştır. Yakım işlemi tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış, saf su ile 5 mL ye tamamlanarak çinko analizi için hazır hale getirilmiştir. Dokulardaki çinko analizi Perkin Elmer marka Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile yapılmıştır.

Deneylerden elde edilen verilerin istatistik analizleri “Regresyon analizi” ve “Student-Newman Keul’s Test (SNK)” testleri SPSS 21 paket programı uygulanarak yapılmıştır.

BULGULAR

Bu çalışmada; ZnO NP ve ZnSO₄ etkisine 3 ve 15 gün sürelerle bırakılan *O. niloticus*’un böbrek ve kas dokularında çinko birikiminin belirlenmesi araştırılmıştır.

Böbrek dokusunda ZnO NP etkisindeki Zn birikimi tüm derişim ve sürelerde kontrole oranla artış göstermiştir (Çizelge 2; P<0,05). Her iki etki süresinde derişimdeki artışa paralel olarak çinko birikiminin artış gösterdiği ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (P<0,05). En yüksek çinko birikimi her iki etki süresinde de 5,0 mg/L’lik derişimde olduğu belirlenmiştir (P<0,05).

ZnSO₄ etkisinde böbrek dokusundaki Zn birikimi, tüm derişim ve sürelerde kontrole oranla arttığı belirlenmiştir (P<0,05). 3 ve 15 günlük etki süresinde derişimler arasında çinko birikimi bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. 5,0 mg/L’lik derişimde 0,5 ve 2,5 mg/L’lik derişimlere oranla birikimin daha fazla olduğu saptanmıştır (P<0,05). Denenen tüm derişimlerde ZnSO₄ etkisinde böbrek dokusundaki Zn birikimi ZnO NP etkisinde kalanlara oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Belirli bir ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla ZnO NP etkisinde kalan balıkların böbrek dokusunda Zn birikiminin arttığı belirlenmiştir. (Çizelge 2; SNK; P<0,05). 0,5 mg/L ZnSO₄ etkisinde 3. güne oranla 15. günde böbrek dokusunda çinko birikiminin arttığı belirlenmiştir.

ZnO NP ve ZnSO₄ böbrek çinko dokusundaki birikimleri kıyaslandığında, 0,5 mg/L’lik derişimde 3 ve 15. günlerde herhangi bir farklılık gözlenmezken (Şekil 1; P>0,05), 2,5 ve 5,0 mg/L’lik derişimde 3 günlük etki süresinde Zn SO₄’ün etkisinde kalan balıkların böbrek dokusundaki birikim ZnO NP’ün etkisinde kalan

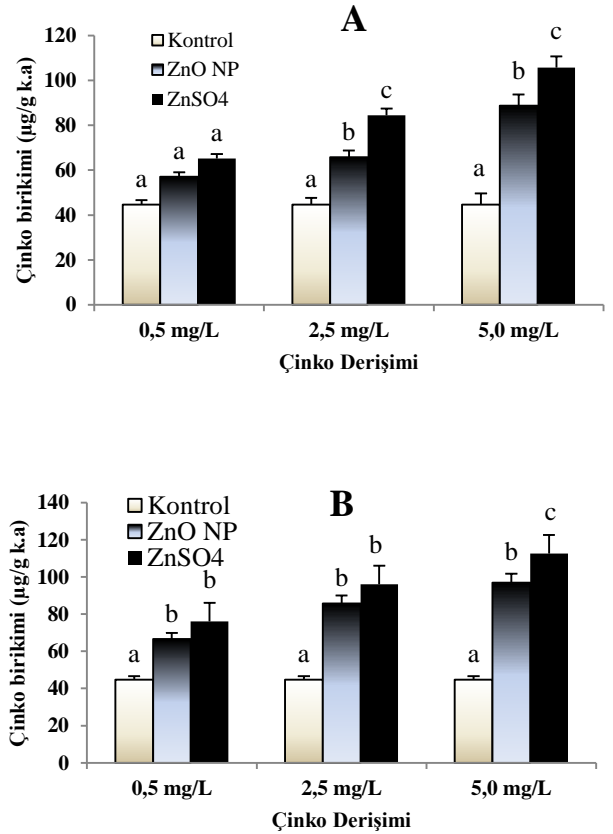
balıklardaki çinko birikimine oranla daha fazla olmuştur (P<0,05). 5,0 mg/L’lik derişimde 15 günlük etki süresinde Zn SO₄’deki birikim ZnO NP’deki çinko birikimine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (P<0,05).

Çizelge 2. ZnO NP ve ZnSO₄’ün etkisine bırakılan *O. niloticus*’da böbrek dokusunda çinko birikimi (µg/g k.a.).

Table 2. Zinc accumulation in kidney tissue in *O. niloticus* exposed to ZnO NP and ZnSO₄ (µg /g k.a.).

Derişim (mg/L)	Süre (Gün)	
	3	15
Kontrol	44,71±2,90 ax	44,71±2,90 ax
0,5 ZnO NP	57,10±1,63 bx	66,55±3,17 by
2,5 ZnO NP	65,77±0,27 cx	85,71±12,30 cy
5,0 ZnO NP	88,72±4,71 dx	96,91±6,32 cy
Kontrol	44,71±2,90 ax	44,71±2,90 ax
0,5 ZnSO ₄	65,17±7,34 bx	76,17±3,32 by
2,5 ZnSO ₄	84,46±11,92 cx	96,06±4,68 cx
5,0 ZnSO ₄	105,67±0,57 dx	112,6±0,88 dx

SNK; a, b, c ve d harfleri derişimler arası x ve y harfleri ise süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistiksel ayrım vardır (P < 0,05). $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata



Şekil 1. ZnO NP ve ZnSO₄’ün etkisine 3 (A) ve 15 (B) günlük sürelerle bırakılan *O. niloticus*’un böbrek dokusunda çinko birikiminin karşılaştırılması (µg Zn/g k.a.). Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistiksel ayrım vardır (P < 0,05).

Figure 1. Comparison of zinc accumulation in kidney tissue of *O. niloticus* exposed to the effects of ZnO NP and ZnSO₄ for 3 (A) and 15 (B) days (µg Zn/g k.a.). There is statistical distinction (P < 0,05) between different letters.

Denenen tüm derişim ve sürelerde ZnNP etkisine bırakılan balıkların kas dokusunda Zn birikimi kontrole oranla artış göstermiştir (Çizelge 3; P<0,05). Her iki etki

süresinde de ZnO NP ortam derişimindeki artışa paralel olarak kas dokusu çinko birikiminin önemli artış gösterdiği ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Derişimleri kıyasladığımızda her iki etki süresinde de en yüksek çinko birikiminin 5,0 mg/L ZnO NP ortam derişiminde olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Kas dokusu Zn birikimi, denenen her iki sürede ve tüm ZnSO₄ derişimlerinde kontrole oranla artış gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). 3 ve 15 günlük etki sürelerinde derişim artışına paralel olarak çinko birikiminin arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Çalışılan her iki sürede de 5,0 mg/L'lik derişimin etkisinde kalan balıklardaki çinko birikiminin diğer derişimlerin etkisinde kalanlara oranla daha fazla olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Denenen tüm derişimlerde ZnSO₄ etkisinde kas dokusundaki Zn birikimi ZnO NP etkisindeki balıklara oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Belirli bir ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla hem ZnO NP ve hemde ZnSO₄ etkisinde kalan balıkların kas dokusunda Zn birikiminin arttığı ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. (Çizelge 4.4; SNK; $P>0,05$).

Çizelge 3. ZnO NP ve ZnSO₄'ün etkisine bırakılan *O. niloticus*'da kas dokusunda çinko birikimi ($\mu\text{g/g k.a.}$).

Table 3. Zinc accumulation in muscle tissue in *O. niloticus* exposed to ZnO NP and ZnSO₄ ($\mu\text{g k.a.}$).

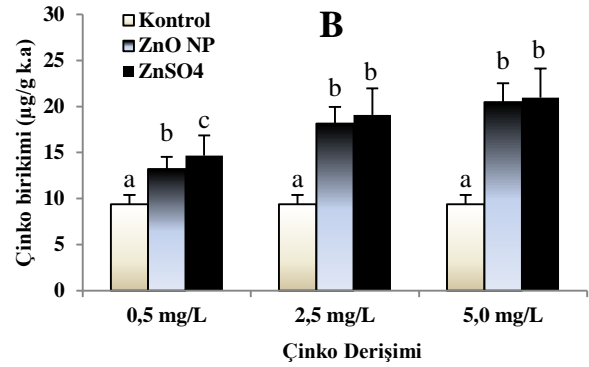
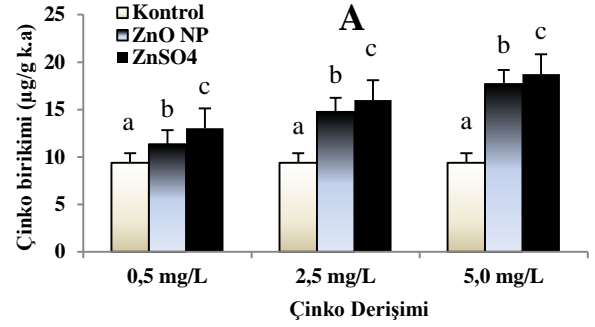
Derişim (mg/L)	Süre (Gün)			
	3		15	
Kontrol	9,39±0,17	ax	9,39±0,17	ax
0,5 ZnO NP	11,34±0,29	bx	13,04±0,43	by
2,5 ZnO NP	14,75±0,16	cx	15,99±0,18	cx
5,0 ZnO NP	17,69±0,34	dx	18,73±0,59	dx
Kontrol	9,39±0,17	ax	9,39±0,17	ax
0,5 ZnSO ₄	13,20±0,28	bx	14,67±0,18	bx
2,5 ZnSO ₄	18,13±0,83	cx	19,09±0,38	cx
5,0 ZnSO ₄	20,48±0,12	dx	20,97±0,46	dx

SNK; a, b, c ve d harfler derişimler arası x ve y harfleri ise süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0,05$). $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

ZnO NP ve ZnSO₄ kas dokusundaki çinko birikimleri kıyaslandığında, 3. günde denenen tüm derişimlerde ZnSO₄'ün etkisinde kalan balıkların kas dokusundaki birikim ZnO NP'ün etkisinde kalan balıklardaki çinko birikimine oranla daha fazla olduğu ve istatistiksel olarak ayrım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 2). 15 günlük etki süresinde denenen tüm derişimlerde Zn SO₄ ile ZnO NP çinko birikimi bakımından bir istatistik ayrım göstermemiştir ($P>0,05$).

3 ve 15 günlük süreler sonunda hem ZnO NP ve hem de ZnSO₄'ün belirli bir ortam derişimi dikkate alındığında çinko birikimi bakımından dokular arasında da önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Çinko birikimi en fazla böbrek dokusunda olmuş, bunu kas dokusu izlemiştir. 15 günlük süre sonunda hem ZnO NP ve hem de ZnSO₄'ün 5,0 mg/L ortam derişiminin etkisindeki balıkların böbrek

dokusundaki çinko birikimi, kas dokusundaki birikimin yaklaşık olarak 3 katı kadar olduğu saptanmıştır.



Şekil 2. ZnO NP ve ZnSO₄'ün etkisine 3 (A) ve 15 (B) günlük sürelerle bırakılan *O. niloticus*'un kas dokusunda çinko birikiminin karşılaştırılması ($\mu\text{g Zn/g k.a.}$). Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0,05$).

Figure 2. Comparison of zinc accumulation in muscle tissue of *O. niloticus* exposed to the effects of ZnO NP and ZnSO₄ for 3 (A) and 15 (B) days ($\mu\text{g Zn/g k.a.}$). There is statistical distinction ($P < 0,05$) between different letters.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Ağır metaller su ortamında çok düşük düzeylerde bulunurlar. Eser düzeylerde hemen tüm su organizmalarının gereksinim gösterdiği çinko yüksek derişimlerde ise toksik etki yapmaktadır (Kargın & Erdem, 1992). Tüm nanopartiküller çok küçük bir boyuta ($<0,1 \mu\text{m}$ çapında) sahip olduğundan, kolayca çevreyi kirletirler ve insanlar ve su organizmaları için bir tehlike oluşturabilirler (Griffitt vd., 2007; Lanone vd., 2009). Bystrzejewska vd., (2009), Nanopartiküllerin membranlara bağlanabileceğini ve hücrel fonksiyonları bozabileceğini veya bu nanopartiküllerin depolanarak hücrel fonksiyonları bozabileceğini belirtmişlerdir. ZnO NP, solungaç epiteli boyunca hücrenin içine taşınabilir, dolaşım sistemine girdikten sonra, ZnO NP hayvanın vücudu boyunca dağılıbilir ve diğer organlarda veya dokularda toksisiteye neden olabilir (Dieni vd., 2014). ZnO NP'in üç farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *Cyprinus carpio*'da ZnO

NP'in balıklarda ölümüne neden olmadığı, bu da, ZnO NP'nun sazanlar için ölümcül veya toksik olmadığını göstermektedir (Hao & Chen, 2012). Bu çalışmada deneylerin sona erdirildiği 15 günlük süre içerisinde denenen tüm ZnO NP ve ZnSO₄'ün ortam derişimlerinde balıklarda ölüm gözlenmemiştir. Zebra balıklarında (*Danio rerio*) 50mg/L TiO₂ NP ölçülebilir bir etki ve mortalite gözlenmezken, derişim artışıyla 300 mg/L'de mortalite gözlenmiştir (Xiong vd., 2011). Çalışmamızda en yüksek ortam derişimi olan 5,0 mg/L ZnO NP ve ZnSO₄'da ölüm gözlenmemiş olması ZnO NP ve ZnSO₄ metallerinin toksisitesinin düşük olması ve balıkların metali vücuttan atma kapasitesinin iyi olmasından kaynaklanmaktadır.

Balıklar, su ortamlarının kalitesini ve kirleticilerin etkilerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılırlar. Balıklardaki fizyolojik değişiklikler, çevresel kirlenmenin biyolojik belirleyicileri olarak hizmet eder ve toksikolojik çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır (Poopal vd., 2017). Metal oksit nanopartiküller ve diğer metaller, balıklarda solungaç epiteli, sindirim sistemi ve deri olmak üzere üç bölgeden alınarak kan dolaşımıyla iç dokulara ulaşabilmekte ve bu dokularda birikebilmektedir (Handy vd., 2008; Hao vd., 2013). ZnO NP'leri, daha küçük boyutlu olmaları nedeniyle bağırsak duvarı boyunca daha kolay nüfuz eder ve kan dolaşımı ve difüzyon yoluyla diğer dokulara taşınır (Hao vd., 2013). Balıklar, metalleri buldukları ortamdan absorbe edebilir ve daha sonra çeşitli dokularında ortamda bulunan düzeyin üzerinde önemli miktarlarda biriktirebilirler (Abdel-Khalek 2015).

Bu çalışmada ZnO NP ve ZnSO₄ etkisine bırakılan *Oreochromis niloticus*'un böbrek ve kas dokularındaki çinko düzeyleri ortam derişimine ve süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Balık dokularındaki metal birikiminin, metallerin ve metal oksit nanopartiküllerinin derişimine, etkide kalınan süreye, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve balıkların metabolizmasına bağlı olarak değişiklik gösterebildiği belirtilmektedir (Heath, 1995; Mansouri vd., 2016). Zn, Cd ve Zn+Cd karışımlarının etkisine 28 gün süreyle bırakılan *O. niloticus*'un farklı dokularındaki metal birikimi denenen tüm ortam derişimlerinde süre ve derişim artışıyla önemli bir şekilde artış gösterdiği saptanmıştır (Fırat vd., 2009). 20 gün süreyle CuO NP'nin farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *C. carpio*'da karaciğer, solungaç ve kas dokularında bakır birikimi derişim artışına bağlı olarak önemli bir düzeyde artış göstermiştir (Mansouri vd., 2016).

Bu çalışmada tüm ZnO NP ve ZnSO₄ ortam derişimlerinin etkisinde ve denenen sürelerde *O. niloticus*'da çinko birikiminin kas dokusuna oranla böbrek dokusunda daha fazla birikmiştir. Ağır metaller ve metal oksit nanopartiküllerin genelde böbrek, karaciğer ve solungaç gibi metaller için hedef olan dokularda daha fazla birikmektedirler. Bu dokular, metal ve metal oksit

nanopartiküllerin alınımı, depolanması ve detoksifikasyon süreçlerinde önemli rol oynamaktadır ve metallohoneinler genelde bu dokularda oluşmaktadır (Palaniappan & Karthikeyan 2009). Doku metabolizmasındaki farklılıklar metal birikiminde önemli rol oynar. Karaciğer ve böbrek gibi metabolik olarak aktif dokuların daha yüksek değerlerde metal biriktirme eğilimine sahiptirler (Uysal vd., 2008).

Balıkların böbrekleri en fazla oranda kan alan bir dokudur; bu nedenle böbrek lezyonları çevre kirliliğinin iyi bir göstergesi olarak kabul edilir (Abdel- Khalek vd., 2015). Böbrek, su ve elektrolit dengesinde ve istikrarlı bir iç ortamın sürdürülmesinde de önemli bir rol oynamaktadır (Palaniappan vd., 2009). Böbrek, metal aksiyonlarına karşı koruyucu görev yapan metallothionein (MT) üretebilen yüksek metabolik aktif bir organdır (Cicik vd., 2004). Böbrek, atılım ve osmoregülasyonun temel bir organı olarak kabul edilir ve yüksek kan sağlama nedeniyle toksik maddelere karşı oldukça hassastır ve işlevi homeostazisi sürdürmektir (Shobana vd., 2018). Kemikli balıkların böbreklerinde metallerin birikimi hem alımın hem de eliminasyon oranlarına bağlıdır. Cu böbrek tiyonin sentezi bağlı olarak böbrek dokusunda önemli bir birikim göstermiştir (Isani vd., 2013). Böbrekler, NP'ler biriktiren önemli bir organ olduğu bilinmektedir ve sıçan organlarında karaciğerden daha yüksek kontaminasyon konsantrasyonları gösterdikleri belirtilmiştir (Loeschner vd., 2011).

Pb'nin etkisine farklı sürelerle bırakılan *Prochilodus lineatus* Pb düzeyleri, 6 saatlik maruz kalmanın ardından (böbrek> solungaçlar> karaciğer> kan> kas) şeklinde olup, diğer tüm deney sürelerinde de aynı kalmıştır. Pb etkisinin ilk saatlerinde, Pb'yi en yüksek miktarda biriktiren organ, toksik maddelerin atılmasında önemli bir rol oynayan böbrek dokusu olduğu belirtilmiştir (Riberio vd., 2014). Kadmiyumun farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *Ictalurus punctatus* balıklarında böbrek ve karaciğerinde kadmiyum birikmiş ve böbrek dokusunda kadmiyum birikiminin daha yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır. Bu organlarda biriken kadmiyum miktarı etkide kalma süresinin artışıyla artmıştır. (Smith vd., 1976). CuO NP ve CuSO₄'ın etkisine bırakılan *Oncorhynchus mykiss* böbrek dokusunda tiyonin sentezine bağlı olarak önemli düzeyde bakır birikimi olduğu saptanmıştır (Isani vd., 2013). Ag NP farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *Labeo rohita*'da Ag birikimi en fazla böbrek dokusunda olmuş, bunu karaciğer ve solungaç dokusu izlemiştir. Araştırmacılar balıkların dokularında gümüşün biyobirikiminin büyük olasılıkla Ag NP'lerin alımından ve serbest bırakılan gümüş iyonlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Joo vd., 2013). *O. niloticus* ile yapılan bu çalışmada denenen tüm ZnO NP ve ZnSO₄ ortam derişimlerinde böbrek dokusu Zn

birikimi kas dokusuna oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Derişim artışına ve sürenin uzamasına bağlı olarak çinko birikimindeki artışı daha fazla olmuştur. Hem ZnO NP ve hem de ZnSO₄'ün etkisinde 15 günlük sürede ortam derişimindeki 10 katlık bir artış böbrek dokusundaki çinko birikiminde yaklaşık 1,5 katlık bir artışa neden olmuştur. Böbrek dokusunda çinko birikiminin yüksek olması, bu dokuda metallothioneninlerin sentezlenmesi ve çinkonun atılımından sorumlu bir doku olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Balıklarda kas dokusu metal biriktirmede karaciğer, böbrek ve solungaç gibi aktif metabolik doku olmadığından fazla miktarda metal biriktirmemektedirler ve toksikolojik etkiye maruz kalmada hedef doku değildirler. Bu nedenle, balıklardaki kaslar, su kirliliğinin gösterge doku olarak kabul edilmemektedirler. Balık kasları yenilebilir başlıca kısımlardır; ancak kaslar, ağır metallerin diğer dokulara oranla biriktirildiği dokular değildirler (Kargın & Erdem, 1992; Uysal vd., 2008). Kim vd., (2011), kas dokusunda metallerin birikimi ancak karaciğerin depolama kapasitesine aşması durumunda olabileceğini belirtmişlerdir.

Riberio vd., (2014) Pb'nin etkisine farklı sürelerle bıraktıkları *P. lineatus* kurşun birikiminin diğer dokulara oranla (böbrek, karaciğer ve solungaç) kas dokusunda daha az olduğunu belirtmişlerdir. *Paralichthys olivaceus*'da Cu birikimi ile ilgili yapılan bir çalışmada diğer dokulara oranla kas dokusunda bakır birikiminin düşük olduğu saptanmıştır (Kim vd., 2011). 10 ve 20 gün lük sürelerle CuO NP etkisine bırakılan *C. carpio*'da kas dokusunda Cu birikimi karaciğer ve solungaç dokularına oranla daha düşük olduğu belirtilmiştir. (Mansouri vd., 2016). Bu dokudaki düşük NP konsantrasyonları, solungaç, böbrek ve karaciğer gibi diğer dokularla karşılaştırıldığında kas dokusunun daha düşük metabolik aktivitesi ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir. (Squadrone vd., 2013). Bu çalışmada denenen tüm ZnO NP ve ZnSO₄ derişimlerinde ve sürelerde *O. niloticus*'da kas dokusu Zn birikiminin diğer dokulara oranla çok daha az olduğu saptanmıştır. Kas dokusunda Zn birikiminin düşük düzeyde olması, kas dokusunun metaller ve nanopartiküller için depolama ve hedef doku olmaması nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada böbrek dokusunda denenen tüm ortam derişimlerinde ve çalışılan her iki sürede ZnSO₄ etkisindeki *O. niloticus*'da çinko birikimi ZnO NP etkisindeki balıklara oranla daha fazla olduğu saptanmıştır. Kas dokusunda 3 günlük sürede tüm ortam derişimlerinde çinko birikimi ZnSO₄ etkisindeki balıklarda ZnO NP etkisindeki balıklara oranla daha fazla olurken, 15 günlük sürede ise çinko birikimi bakımından her iki çinko forumu arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Metal forumları arasındaki bu farklılık diğer bir ifadeyle ZnO

NP'lerin etkisindeki balıkların dokularında çinko birikiminin ZnSO₄'a göre daha az olması, ZnO NP'lerin suda asılı kalması ve ZnSO₄ kadar iyi çözünmemesi nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi (BAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: FYL-2019-12481).

KAYNAKLAR

- Abdel-Khalek, A.A., Kadry, M.A.M., Badran, S.R. & Marie, M.S. (2015).** Comparative Toxicity of Copper Oxide Bulk and Nano Particles in Nile Tilapia; *Oreochromis niloticus*: Biochemical and Oxidative Stress. *Journal of Basic and Applied Biology*, **72**, 43-57. DOI: [10.1016/j.jobaz.2015.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2015.04.001)
- Adhikari, S., Ghosh, L., Rai, S.P. & Ayyappan, S. (2009).** Metal concentrations in water, sediment, and fish from sewage-fed aquaculture ponds of Kolkata, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, **159**, 217-230. DOI: [10.1007/s10661-008-0624-8](https://doi.org/10.1007/s10661-008-0624-8)
- Akkan, T., Yazicioglu, O., Yazici, R. & Yilmaz, M. (2018).** Assessment of irrigation water quality of Turkey using multivariate statistical techniques and water quality index: Siddıklı Dam Lake. *Desalination and Water Treatment*, **115**, 261-270.
- Aschberger, K.Micheletti, C. Sokull-Kluttgen, B. & Christensen, F.M. (2011).** Analysis of currently available data for characterising the risk of engineered nanoma-terials to the environment and human health-lessons learned fromfourcase studies. *Environment International*, **37**(6), 1143-1156. DOI: [10.1016/j.envint.2011.02.005](https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.02.005)
- Auffan, M., Rose, J., Wiesner, M.R. & Bottero, J.Y. (2009).** Chemical stability of metallic nanoparticles: a parameter controlling their potential cellular toxicity in vitro. *Environmental Pollution*, **157**(4), 1127-1133. DOI: [10.1016/j.envpol.2008.10.002](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.10.002)
- Bystrzejewska-Piotrowska, G., Golimowski, J. & Urban, P.L. (2009).** Nanoparticles: Their Potential Toxicity, Waste and Environmental Management. *Waste Management*, **29**, 2587-2595. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.001>
- Cicik, B, Ay, O. & Karayakar, F (2004).** Effects of lead and cadmium interactions on the metal accumulation in tissue and organs of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **72**, 141-148.
- Dieni, C.A., Callaghan, N.I., Gormley, P.T., Alison Butler, K., M. & MacCormack, T.J. (2014).** Physiological hepatic response to zinc oxide nanoparticle exposure in the white sucker,

- Catostomus commersonii. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, **162**, 51-61.
- Firat, O., Çoğun, H. Y., Aslanyavrusu, S. & Kargin, F., (2009).** Antioxidant Responses and Metal Accumulation in Tissues of *Oreochromis niloticus* under Zn, Cd and Zn+Cd Exposures. *Journal of Applied Toxicology*, **29**, 295-301.
- Griffitt, R.J., Weil, R., Hyndman, K.A., Denslow, N.D., Powers, K., Taylor, D. & Barber, D.S. (2007).** Exposure to Copper Nanoparticles Causes Gill Injury and Acute Lethality in Zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Science & Technology*, **41**, 8178-8186.
- Handy, R.D., Kammer, F.V.D., Lead, J.R., Hassellöv, M., Owen, R. & Crane, M. (2008).** The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. *Ecotoxicology*, **17**, 287-314.
- Hao, L. & Chen, L. (2012).** Oxidative stress responses in different organs of carp (*Cyprinus carpio*) with exposure to ZnO nanoparticles. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **80**, 103-110.
- Hao, L., Chen, L., Hao, J. & Zhong, N. (2013).** Bioaccumulation and Sub-Acute Toxicity of Zinc Oxide Nanoparticles in Juvenile Carp (*Cyprinus carpio*): A Comparative Study with Its Bulk Counterparts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **91**, 52-60. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2013.01.007](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.01.007)
- Heath, A. G. (1995).** Water Pollution and Fish Physiology. Levis, CRC Press. Boca Raton, FL.
- Isani, G., Falcioni, M.L., Barucca, G., Sekar, D., Andreani, G., Carpena, E. & Falcioni, G. (2013)** Comparative toxicity of CuO nanoparticles and CuSO₄ in rainbow trout. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **97**, 40-46. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2013.07.001](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.07.001)
- Işık, H. & Akkan, T. (2021).** The Global Problem of the Antibiotic and Heavy Metal Resistance in Aquatic Resources, An examination of Gelevera Creek (Giresun), Turkey. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, **6**(3), 382-389. DOI: [10.35229/jaes.960110](https://doi.org/10.35229/jaes.960110)
- Joo, H.S., Kalbassi, M.R., Yu, I.J., Lee, J.H. & Johar, S.A. (2013).** Bioaccumulation of silver nanoparticles in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), influence of concentration and salinity. *Aquatic Toxicology*, **140**, 141:398-406. DOI: [10.1016/j.aquat.2013.07.003](https://doi.org/10.1016/j.aquat.2013.07.003)
- Kahru, A. & Dubourguier, H.C. (2010).** From Ecotoxicology to Nanoecotoxicology. *Toxicology*, **269**, 105-119
- Kargin, F. & Erdem, C. (1992).** Bakır-Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın Karaciğer, solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. *Doğa-Tr. J. Zool.*, **16**, 343-348.
- Kim, S.G., Jang, S.W., Lee, Y.J. & Kim, S.S. (2011).** Cu accumulation and elimination in the tissues of the olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Aquat. Sci.*, **14**, 210-217.
- Lecoanet, H.F. & Wiesner, M.R. (2004).** Velocity effects on fullerene and oxide nanoparticle deposition in porous media. *Environ. Sci. Technol.*, **38**, 4377-4382.
- Li, L.Z., Zhou, D.M., Peijnenburg, W.J.G.M., Gested, C.A.M. & Jin, S.Y. (2011).** Toxicity of zinc oxide nanoparticles in the earth worm, Eisenia fetida and subcellular fractionation of Zn. *Environ. Int.*, **37**, 1098-1104.
- Loeschner, K., Hadrup, N., Qvortrup, K., Larsen, A., Gao, X., Vogel, U., Mortensen, A., Lam, H.R. & Larsen, E.H. (2011).** Distribution of silver in rats following 28 days of repeated oral exposure to silver nanoparticles or silver acetate. *Particle and Fibre Toxicology*, **8**, 1-14. DOI: [10.1186/1743-8977-8-18](https://doi.org/10.1186/1743-8977-8-18)
- Lu, L., Liu, G., Wang, J. & Yuan Liu, Y. (2017).** Accumulation and health risk assessment of trace elements in *Carassius auratus gibelio* from subsidence pools in the Huainan coalfield in China. *Environmental Monitoring and Assessment*, **189**, 479-495. DOI: [10.1007/s10661-017-6178-x](https://doi.org/10.1007/s10661-017-6178-x)
- Mansouri, B., Maleki, A., Davari, B., Johari, S.A., Shahmoradi, B., Mohammadi, E. & Shahsavari, S. (2016).** Histopathological Effects Following Short-Term Coexposure of *Cyprinus carpio* to Nanoparticles of TiO₂ and CuO. *Environmental Monitoring & Assessment*, **188**(575), 5-12. DOI: [10.1007/s10661-016-5579-6](https://doi.org/10.1007/s10661-016-5579-6)
- Nabavi, S.F., Nabavi, S.M., Latifi, A.M., Eslami, S. & Ebrahimzadeh, M.A. (2012).** Determination of trace elements level of pikeperch collected from the Caspian Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **88**, 401-405.
- Osmond, M.J. & McCall, M.J. (2010).** Zinc oxide nanoparticles in modern sunscreens: an analysis of potential exposure and hazard. *Nanotoxicology*, **4**, 15-41.
- Palaniappan, P.L.R.M. & Karthikeyan, S. (2009).** Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish *Cirrhinus mrigala* individually and in binary solutions with nickel. *J. Environ. Sci.*, **21**, 229-236
- Polat, N. & Akkan, T. (2016).** Assessment of heavy metal and detergent pollution in Giresun Coastal Zone, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **25**(8), 2884-2890.
- Poopal, R.K., Ramesh, M., Maruthappan, V. & Babu Rajendran, R. (2017).** Potential effects of low molecular weight phthalate esters (C₁₆H₂₂O₄ and C₁₂H₁₄O₄) on the freshwater fish *Cyprinus carpio*. *Toxicology Research*, **6**(4), 505-520. DOI: [10.1039/c7tx00084g](https://doi.org/10.1039/c7tx00084g)
- Ribeiro, A.M., Risso, W.E., Fernandes, M.N. & Martinez, C.B.R. (2014).** Lead accumulation and its effects on the branchial physiology of *Prochilodus lineatus*. *Fish Physiol. Biochem.*, **40**, 645-657.
- Shobana, C., Rangasamy, B., Poopal, R.K., Renuka, S. & Ramesh, M. (2018).** Green synthesis of silver

nanoparticles using Piper nigrum: tissue-specific bioaccumulation, histopathology, and oxidative stress responses in Indian major carp *Labeo rohita*. *Environmental Science and Pollution Research*, **25**, 11812-11832. DOI: [10.1007/s11356-018-1454-z](https://doi.org/10.1007/s11356-018-1454-z)

- Smith, B.P., Hejtmancik, E. & Camp, B.J. (1976).** Acute Effects of Cadmium on *Ictalurus punctatus* (Catfish). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **15**, 271-277.
- Sorensen, E.M. (1991).** Metal poisoning in fish. CRC Press, Boca Raton, FL
- Squadrone, S., Prearo, M., Brizio, P., Gavinelli, S., Pellegrino, M., Scanzia, T., Guarise, S., Bendetto, A. & Abete, M.C. (2013).** Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gills of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian Rivers. *Chemosphere*, **90**, 358-365.
- Sun, O., Wang, Q., Jena, P. & Kawazoe, Y. (2005).** Clustering of Ti on a C-60 surface and its effect on hydrogen storage. *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 14582-14583.
- Thaker, J., Chhaya, J., Nuzhat, S., Mittal, R., Mansuri, A.P. & Kundu, R. (1996).** Effects of chromium(VI) on some ion-dependent ATPases in gills, kidney and intestine of a coastal teleost *Periophthalmus Apes*. *Toxicology*, **112**, 237-244.
- Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Tore, Y. & Ates, A. (2009).** Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chem.*, **113**, 233-237.
- Uysal, K., Emre, Y. & Köse, E. (2008).** The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). *Microchemical Journal*, **90**(1), 67-70. DOI: [10.1016/j.microc.2008.03.005](https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.03.005)
- Xiong, D., Fang, T., Yu, L., Sima, X. & Zhu, W. (2011).** Effects of Nano-Scale TiO₂, ZnO and Their Bulk Counterparts on Zebrafish: Acute Toxicity, Oxidative Stress and Oxidative Damage. *Science of the Total Environment*, **409**(8), 1444-1452. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2011.01.015](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.01.015)
- Zhu, M.T., Feng, W.Y., Wang, B., Wang, T.C., Gu, Y.Q., Wang, M., Wang, Y., Ouyang, H., Zhao, Y.L. & Chai, Z.F. (2008).** Comparative study of pulmonary responses to nano and submicron-sized ferric oxide in rats. *Toxicology*, **247**, 102-111.



Antimicrobial Resistance and Diversity of *Lactococcus garvieae* by Genomic Approaches

Salih KUMRU*

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Rize, 53100, Turkey

Geliş/Received: 28.07.2021

Kabul/Accepted: 04.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Kumru, S. (2021). Antimicrobial Resistance and Diversity of *Lactococcus garvieae* by Genomic Approaches. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 506-513.

Atf yapmak için: Kumru, S. (2021). *Lactococcus garvieae*'nin Genomik Yaklaşımlarla Çeşitliliği ve Antimikrobiyal Direnci. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 506-513.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-2309-3110>

*Corresponding author's:

Salih KUMRU

Recep Tayyip Erdogan University,

Faculty of Fisheries, Rize, 53100, Turkey

✉: salih.kumru@erdogan.edu.tr

Abstract: *Lactococcus garvieae* is the Gram-positive cocci bacteria known as the causative agent of infectious systemic disease. It causes fatal hemorrhagic septicemia in mainly cultured fish species, animals, and humans worldwide. Comparative genome analyses provide valuable information about genome identification and unique genomic features. In this study, the available *L. garvieae* genomes are evaluated by comparative genomics approaches. The results indicated that there are four distinct genetic groups of *L. garvieae* based on the Average Nucleotide Identity (ANI) value. The phylogenetic tree that was produced using the 16S rRNA sequence has similar genetic variances with the publicly available *L. garvieae* genome data on NCBI and supports the ANI value. *In silico* analysis of antimicrobial resistance revealed that each *L. garvieae* genome groups have unique antimicrobial resistance class genes, even though, all genomes have a common antibiotic-resistant class. Analyzing results of the antimicrobial resistance supports the *L. garvieae* genetic variations. This extensively comparative approach will provide new insights into the understanding of *L. garvieae* genomic diversity and antimicrobial resistance

Keywords: Antibiotic resistance, comparative genomics, *Lactococcus garvieae*, phylogenetic tree.

Lactococcus garvieae'nin Genomik Yaklaşımlarla Çeşitliliği ve Antimikrobiyal Direnci

Öz: *Lactococcus garvieae*, bulaşıcı sistemik hastalığın etkeni olarak bilinen Gram pozitif kok bir bakteridir. Dünya çapında ağırlıklı olarak yetiştiriciliği yapılan balık türlerinde, hayvanlarda ve insanlarda ölümcül hemorajik sepsisemiye neden olmaktadır. Karşılaştırmalı genom analizleri, genomların tanımlanması ve benzersiz genomik özellikler hakkında bilgiler sağlarlar. Bu çalışmada, mevcut *L. garvieae* genomları karşılaştırmalı genomik yaklaşımlarla değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Ortalama Nükleotid Kimliği (ANI) değerine dayalı olarak *L. garvieae*'nin dört farklı genetik gruba sahip olduğunu göstermektedir. Filogenetik ağaç, 16S rRNA genom bölgesi dizisi kullanılarak üretilmiş, NCBI üzerindeki halka açık *L. garvieae* genom verileriyle benzer genetik farklılıklara sahip olarak belirlenmiş ve ANI değerini desteklemiş olacak şekilde oluşmuştur. Yapılan antimikrobiyal dirençli genlerin *in silico* analizi ile tüm genomların ortak antimikrobiyal dirençli gen sınıfına sahip olmasına rağmen, her *L. garvieae* genom grubunun benzersiz antimikrobiyal direnç sınıfı genlerine sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapılan antimikrobiyal direnç analiz sonuçları, *L. garvieae* genetik varyasyonlarını desteklemektedir. Bu kapsamlı karşılaştırmalı genom analizi yaklaşımı, *L. garvieae*'nin genomik çeşitliliği ve antimikrobiyal direncin anlaşılmasına yönelik yeni anlayışlar ortaya koymaktadır.

*Sorumlu yazar:

Salih KUMRU

Recep Tayyip Erdogan Üniversitesi, Su

Ürünleri Fakültesi, 53100, Rize, Türkiye.

✉: salih.kumru@erdogan.edu.tr

Anahtar kelimeler: Antibiyotik direnci, karşılaştırmalı genomik, *Lactococcus garvieae*, filogenetik ağaç.

INTRODUCTION

Lactococcus garvieae is the Gram-positive cocci bacteria that were previously considered part of the *Streptococcus* genus. It is the causative agent of Lactococcosis, which is known as an infectious systemic disease (Vendrell, 2006; Varsha, 2016). *L. garvieae* was firstly isolated from cows with mastitis and later characterized phenotypically and genetically as *L. garvieae* (Teixeira, 1996). “*Lactococcus*” genus has substantial importance to dairy and farm industry; it was reported that *L. garvieae* was isolated from goat cheese, raw cow milk, poultry, pork meat, and beef (Gibello, 2016; Sahu, 2019). In the 1950s, *L. garvieae* was determined on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms in Japan as well (Hoshina, 1958). It is a well-known pathogen for aquatic animals like fish, crustaceans, and mollusks; it has mainly devastated the cultured salmonid species and other fish species such as yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) and grey mullet (*Mugil cephalus*) (Vendrell, 2006). Likewise, in different countries, human infections have been stated due to *L. garvieae* by ingestion of raw seafood, and *L. garvieae* has been isolated from human skin ulcer, blood, and urine (Vela, 2000; Wang, 2007; Wilbring, 2011). Thus, *L. garvieae* should be considered as a potential zoonotic agent because of causing disease in humans and different animals (Vela, 2000; Kawanishi, 2006; Tsai, 2013).

Even though first *L. garvieae* cases had been reported earlier, the *L. garvieae* strain 21881 genome, isolated from humans, was firstly sequenced and released in 2011 (Aguado-Urda, 2011). Recently, fish, humans, animals, and environmental isolate *L. garvieae* genomes have been released on the National Center for Biotechnology Information (NCBI). Comparative analysis of whole genomes makes available valuable information to identify unique genomic features (Zhang et al., 2014; de Vries et al., 2017). Thus, the availability of several *L. garvieae* genomes, isolated from different sources and locations, provides an excellent opportunity to determine genome features and biological structures (Morita, 2011).

Marker genes' phylogenetic inference are mainly used for microbial taxonomy activities and classification; on the other hand, with the improved whole genome sequencing technology, the genomic sequence has been suggested for species identification and antimicrobial susceptibility testing (Ellington, 2017; Tsai, 2019) Identification of predicted antibiotic-resistant elements has important to understand the control/treatment of infection. In this study, 29 *L. garvieae* genomes that were publicly available on NCBI as of February 2020 are evaluated. Even though there are valuable studies on antibiotic-resistant elements of *L. garvieae*, this is the first report of an extensive genomic approach on all *L. garvieae* strains. This study provides new insights into the

understanding of *L. garvieae*' genomic variations and antibiotic resistance elements.

MATERIAL AND METHODS

Bacterial genomes and annotation: *Lactococcus garvieae* genomes' data were obtained from the National Center for Biotechnology Information (NCBI). 29 genomes have been reported as *L. garvieae* (as of 02/02/2020). NCBI Prokaryotic Genomes Automatic Annotation Pipeline (PGAAP) and Rapid Annotation using Subsystem Technology (RAST) annotation pipeline were used to conduct genome analysis (Angiuoli, 2008; Overbeek, 2014)

The average nucleotide identity (ANI) value and phylogenetic tree analysis: To show the genetic similarity between genomes, the Average Nucleotide Identity (ANI) value (Goris, 2007) was calculated by using ANI calculator software (Rodriguez-R, 2016; Yoon, 2017) with default features. Based on genomic BLAST of the 29 *L. garvieae* genomes, a dendrogram was obtained from the NCBI genome database. In addition, MEGA X (Kumar, 2018) was used to construct a phylogenetic tree with 16S rRNA region by using the neighbor-joining method (Saitou, 1987). The 16S rRNA sequence of *L. garvieae* genomes was downloaded from NCBI. *L. garvieae* strain UBA5784 and strain UBA11300 genomes do not include the 16S rRNA sequence region, so they are missing in constructed 16S rRNA phylogenetic tree.

Antimicrobial resistant elements: Antibiotic-resistant elements of 29 *L. garvieae* genomes were identified by using ARG-ANNOT (Antibiotic Resistance Gene-Annotation) (Gupta, 2014) with uploading annotated protein files. Duplicates were removed. A cutoff E value of 10^{-20} was considered important (Kumru, 2020; Tekedar, 2019).

RESULTS

Genome features: *Lactococcus garvieae* genomes are used in this study, and their features are listed in Table 1. Genome sizes of *L. garvieae* strains range between 1.950 Mb to 2.239 Mb, and G+C ratios are from 37.7% to 38.9%.

The average nucleotide identity (ANI) value and phylogenetic tree analysis: The ANI values between the 29 *L. garvieae* genomes are listed in Table 2. Based on ANI value, there are four different genetic groups. In the first group, ANI values between strains KS1546, 21881, M14, TB25, Lg-ilsanpaik-gs201105, MGYG-HGUT-00230, PAQ102015-99, and 8831 are bigger than 97%. In the second group, ANI values between strains 122061 and I113 are bigger than 97%. In the third group, ANI values between strains RTCLI04, M79, LG9, UNIUD074, UBA5784,

Table 3. Antibiotic resistance class and genes of *Lactococcus garvieae* genomes. AGly: Aminoglycosides, Bla: Beta-lactamases, Fcd: Fusidic acid resistance, Flq: Fluoroquinolones, MLS: Macrolide-Lincosamide-Streptogramin, Gly: Glycopeptides, Oxxzn: Oxazolidinones, Phe: Phenicol, Tet: Tetracyclines, Sul: Sulfonamides, and Tmt: Trimethoprim. Pen_Ecoli*: Penicillin_Binding Protein Ecoli. Red color indicated the absence genes; green color indicated the presence genes in the genome.

Antibiotic Resistance		<i>Lactococcus garvieae</i> KS1546	<i>Lactococcus garvieae</i> 21881	<i>Lactococcus garvieae</i> M14	<i>Lactococcus garvieae</i> TB25	<i>Lactococcus garvieae</i> Lg-ilsampaik-gs201105	<i>Lactococcus garvieae</i> MGYG-HGUT-00230	<i>Lactococcus garvieae</i> PAQ102015-99	<i>Lactococcus garvieae</i> 8831	<i>Lactococcus garvieae</i> 122061	<i>Lactococcus garvieae</i> 1113	<i>Lactococcus garvieae</i> RTCl04	<i>Lactococcus garvieae</i> M79	<i>Lactococcus garvieae</i> LG9	<i>Lactococcus garvieae</i> UNIU074	<i>Lactococcus garvieae</i> UBA5784	<i>Lactococcus garvieae</i> IPLA 31405	<i>Lactococcus garvieae</i> UBA11300	<i>Lactococcus garvieae</i> Tac2	<i>Lactococcus garvieae</i> ATCC 49156	<i>Lactococcus garvieae</i> ATCC 49156 acyDj	<i>Lactococcus garvieae</i> ATCC 49156 acpMN	<i>Lactococcus garvieae</i> JJJN1	<i>Lactococcus garvieae</i> Lg2	<i>Lactococcus garvieae</i> DSM 20684	<i>Lactococcus garvieae</i> NBRC 100934	<i>Lactococcus garvieae</i> CCUG 32208T	<i>Lactococcus garvieae</i> TRF1	<i>Lactococcus garvieae</i> A1	<i>Lactococcus garvieae</i> DCC43
Classes	Genes																													
AGly	apH-Stph																													
	aac6-Aph2																													
	ant6-la																													
	spw																													
Bla	AmpC1_Ecoli																													
	PBP1a																													
	PBP1b																													
	penA																													
	Pen_Ecoli *																													
Fcd	fusB																													
	fusD																													
Flq	norA																													
Gly	vanRc4																													
	vanR-C																													
	vanR-Pt																													
	vanYF-Pp																													
	vanS-F																													
	vanZ-A																													
	vanS-L																													
	vanS-M																													
	vanL																													
	vanR-B																													
	vanRc3																													
	vanR-F																													
	vanR-M																													
	vanS-D																													
	vanTr-L																													
	vanY-B																													
vanR-A																														
vanS-Pt																														
MLS	cfr(A)																													
	erm(36)																													
	Lmr(B)																													
	mph(D)																													
	lmr(A)																													
	lsa(A)																													
	mef(A)																													
	ole(C)																													
	cfr(B)																													
	erm(32)																													
	erm(K)																													
	mef(B)																													
	msr(C)																													
vgb(B)																														
Mupirocin	mupB																													
Oxxzn	OptrA																													
Phe	bcr1																													
	catQ																													
	catA1																													
	catA3																													
	cmlV																													
Rif	arr2																													
	arr5																													
Sul	sul4																													
Tet	otrA																													
	tetB-P																													
	tetM																													
	Tet(58)																													
	tetS																													
	otrB																													
	tet(32)																													
	tet(38)																													
	tet(42)																													
Tet(60)																														
Tmt	tetT																													
	dfrE																													

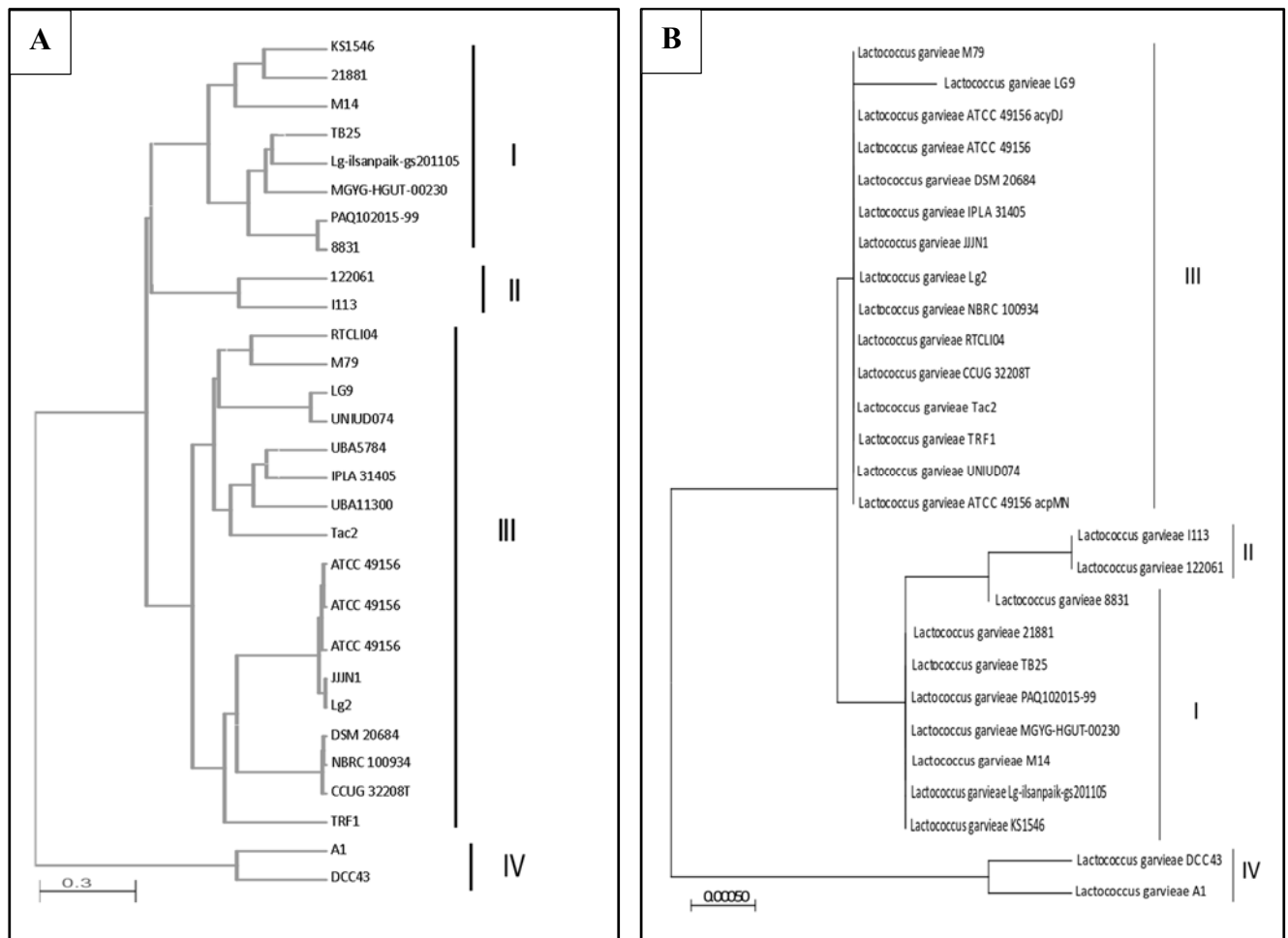


Figure 1. Phylogenetic tree of *Lactococcus garvieae* genomes obtained from NCBI (A) and created with 16S rRNA sequence by using MEGA X and the neighbor-joining method (B).

DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study, as reported *L. garvieae* genomes were evaluated by comparative genomics approaches. This is the first extensive assessment of 29 whole *L. garvieae* genomes that were isolated from 9 different locations and 13 different sources (Table 1).

Multi-locus sequence typing (MLST) and 16S rRNA gene sequence have been actively used in prokaryotic microorganism's classification, but using only 16S rRNA gene sequence cannot show differentiation of some species because of 16S rRNA gene sequence similarities (>99%). Thus, ANI value has been advised for prokaryotic organisms' classification and phylogenetic analysis (Maiden, 2006; Figueras, 2014; Kim, 2014). For the same species, the ANI value should be considered higher than 95% (Goris, 2007). For identification of *L. garvieae*, API 32 strep kit, MALDI-TOF, 16S rRNA PCR, and BD Automated Phoenix System have been used (Malek, 2019). By increasing the availability of next-generation sequencing technology, species identification might be possible with genomic sequence (Ellington, 2017). It was reported that pig, cow,

and trout isolate *L. garvieae* strains showed a genetic variation by PFGE analysis (Tejedor, 2011). In addition, it was recently reported that local fish and human isolate *L. garvieae* had the six novel sequence types by MLST (Lin, 2020). The *L. garvieae* genomes' phylogenetic tree was obtained from NCBI, and built the phylogenetic tree by using the 16S rRNA gene sequence (Figure 1). The ANI values between all the *L. garvieae* genomes were identified (Table 2). The results indicated that the phylogenetic tree of *L. garvieae* obtained from NCBI and ANI values correlate very well. The generated phylogenetic tree by using 16S rRNA sequence and ANI values correlate as well. The results supported previous studies and showed that there is four distinct *L. garvieae* genetic groups. *L. garvieae* genetic groups 1 closes to genetic group 2 with 92% ANI value and group 1 and 3 are closer by 94% ANI value. The ANI values between genetic group 4 and others are nearly 81%. In addition, groups include sub-groups as well. Group 2 and 4 have only two genomes each, so more genomes need for understanding sub-group variations. Consequently, it seems that there should be considered reclassification of *L. garvieae* species based on ANI value.

To treat infectious diseases, antimicrobials have been used, but bacteria may develop antimicrobial resistance by mediating horizontal mobile gene transfer or chromosomal acquisitions that make them non-sensitive to convinced antimicrobial treatments (Holmes, 2016; Nguyen, 2018). It was reported that *L. garvieae* strains are confirmed or predicted to resistant different antibiotics including tetracycline, clindamycin, lincomycin, streptomycin, trimethoprim, nalidixic acid, rifampin, sulfamethoxazole, tobramycin, penicillin, oxacillin, sulfamethoxazole/trimethoprim, erythromycin, beta-lactam, vancomycin, nitrofurantoin, sulfonamide, and fluoroquinolone (Walther, 2008; Ture, 2015; Meyburgh, 2017; Eraclio, 2018; Balta and Dengiz Balta, 2019; Shahi, 2020). In this study, 66 proteins in 13 antimicrobial resistances' classes were predicted in the assessed *L. garvieae* genomes (Table 3). There are four distinct genomic groups of *L. garvieae*, and the results showed that there are variations in the encoded antimicrobial-resistant elements between *L. garvieae* genomes group. Increased antimicrobial-resistance causes the limitation on helpful choices for infectious treatment. Thus, detecting antibiotic resistance related gene distribution is necessary to develop control strategies against *L. garvieae* pathogens.

In conclusion, this study will provide valuable information about the *L. garvieae* genomes' features by genomics approaches. Based on the ANI value between all *L. garvieae* genomes and phylogenetic trees will expand our awareness of *L. garvieae* strains situation in taxonomic groups because there are four different genetic groups and subgroups. Even though all *L. garvieae* groups have common antibiotic resistance elements, the *L. garvieae* groups and subgroups show variation by encoding antibiotic-resistant elements. Thus, this genomic approach of *L. garvieae* is crucial and provides valuable knowledge for further studies to understand the *L. garvieae* genomes variation and antibiotic resistance elements.

Funding information

This research did not receive any grant from a specific funding agency.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Faculty of Fisheries, Recep Tayyip Erdogan University, Rize, 53100, Turkey.

Conflicts of interest

The author state there are no conflicts of interest.

REFERENCES

- Aguado-Urda, M., Lopez-Campos, G.H., Blanco, M.M., Fernandez-Garayzabal, J.F., Cutuli, M.T., Aspiroz, C., Lopez-Alonso, V. & Gibello, A. (2011).** Genome sequence of *Lactococcus garvieae* 21881, isolated in a case of human septicemia. *J. Bacteriol.*, *193*(15), 4033-4034. DOI: [10.1128/JB.05090-11](https://doi.org/10.1128/JB.05090-11)
- Angiuoli, S.V., Gussman, A., Klimke, W., Cochrane, G., Field, D., Garrity, G., Kodira, C.D., Kyrpides, N., Madupu, R., Markowitz, V., Tatusova, T., Thomson, N., & White, O. (2008).** Toward an online repository of Standard Operating Procedures (SOPs) for (meta)genomic annotation. *OMICS*, *12*(2), 137-141. DOI: [10.1089/omi.2008.0017](https://doi.org/10.1089/omi.2008.0017)
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2019).** The isolation of *Lactococcus garvieae* from eyes of diseased rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with exophthalmia. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, *4*(1), 27-33. DOI: [10.35229/jaes.527258](https://doi.org/10.35229/jaes.527258)
- de Vries, R.P., Riley, R., Wiebenga, A., Aguilar-Osorio, G., Amillis, S., Uchima, C.A. & Grigoriev, I.V. (2017).** Comparative genomics reveals high biological diversity and specific adaptations in the industrially and medically important fungal genus *Aspergillus*. *Genome Biology*, *18*(1), 28. DOI: [10.1186/s13059-017-1151-0](https://doi.org/10.1186/s13059-017-1151-0)
- Ellington, M.J., Ekelund, O., Aarestrup, F.M., Canton, R., Doumith, M., Giske, C., Grundman, H., Hasman, H., Holden, M.T.G., Hopkins, K.L., Iredell, J., Kahlmeter, G., Koser, C.U., MacGowan, A., Mevius, D., Mulvey, M., Naas, T., Peto, T., Rolain, J.M., Samuelsen, O. & Woodford, N. (2017).** The role of whole genome sequencing in antimicrobial susceptibility testing of bacteria: report from the EUCAST Subcommittee. *Clin. Microbiol. Infect.*, *23*(1), 2-22. DOI: [10.1016/j.cmi.2016.11.012](https://doi.org/10.1016/j.cmi.2016.11.012)
- Eraclio, G., Ricci, G., Quattrini, M., Moroni, P. & Fortina, M.G. (2018).** Detection of virulence-related genes in *Lactococcus garvieae* and their expression in response to different conditions. *Folia Microbiologica*, *63*(3), 291-298. DOI: [10.1007/s12223-017-0566-z](https://doi.org/10.1007/s12223-017-0566-z)
- Figueras, M.J., Beaz-Hidalgo, R., Hossain, M.J. & Liles, M.R. (2014).** Taxonomic affiliation of new genomes should be verified using average nucleotide identity and multilocus phylogenetic analysis. *Genome Announcements*, *2*(6). DOI: [10.1128/genomeA.00927-14](https://doi.org/10.1128/genomeA.00927-14)
- Gibello, A., Galan-Sanchez, F., Blanco, M.M., Rodriguez-Iglesias, M., Dominguez, L. & Fernandez-Garayzabal, J.F. (2016).** The zoonotic potential of *Lactococcus garvieae*: An overview on microbiology, epidemiology, virulence factors and relationship with its

- presence in foods. *Res. Vet. Sci.*, **109**, 59-70. DOI: [10.1016/j.rvsc.2016.09.010](https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.09.010)
- Goris, J., Konstantinidis, K.T., Klappenbach, J.A., Coenye, T., Vandamme, P. & Tiedje, J.M. (2007). DNA-DNA hybridization values and their relationship to whole-genome sequence similarities. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **57**(Pt 1), 81-91. DOI: [10.1099/ijs.0.64483-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.64483-0)
- Gupta, S.K., Padmanabhan, B.R., Diene, S.M., Lopez-Rojas, R., Kempf, M., Landraud, L. & Rolain, J.M. (2014). ARG-ANNOT, a new bioinformatic tool to discover antibiotic resistance genes in bacterial genomes. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, **58**(1), 212-220. DOI: [10.1128/AAC.01310-13](https://doi.org/10.1128/AAC.01310-13)
- Holmes, A.H., Moore, L.S.P., Sundsfjord, A., Steinbakk, M., Regmi, S., Karkey, A., Guerin, P.J. & Piddock, L.J.V. (2016). Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance. *Lancet*, **387**(10014), 176-187. DOI: [10.1016/S0140-6736\(15\)00473-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00473-0)
- Hoshina, T., Sano, T. & Morimoto, Y. (1958). A Streptococcus pathogenic to fish. *J. Tokio Univ. Fish*, **44**, 57-58.
- Kawanishi, M., Yoshida, T., Yagashiro, S., Kijima, M., Yagyu, K., Nakai, T., Murakami, M., Morita, H. & Suzuki, S. (2006). Differences between *Lactococcus garvieae* isolated from the genus *Seriola* in Japan and those isolated from other animals (trout, terrestrial animals from Europe) with regard to pathogenicity, phage susceptibility and genetic characterization. *J. Appl. Microbiol.*, **101**(2), 496-504. DOI: [10.1111/j.1365-2672.2006.02951.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02951.x)
- Kim, M., Oh, H.S., Park, S.C. & Chun, J. (2014). Towards a taxonomic coherence between average nucleotide identity and 16S rRNA gene sequence similarity for species demarcation of prokaryotes. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **64**(Pt 2), 346-351. DOI: [10.1099/ijs.0.059774-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.059774-0)
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. & Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Mol. Biol. Evol.*, **35**(6), 1547-1549. DOI: [10.1093/molbev/msy096](https://doi.org/10.1093/molbev/msy096)
- Kumru, S., Tekedar, H.C., Blom, J., Lawrence, M.L. & Karsi, A. (2020). Genomic diversity in flavobacterial pathogens of aquatic origin. *Microb. Pathog.*, **142**, 104053. DOI: [10.1016/j.micpath.2020.104053](https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104053)
- Lin, Y.S., Kweh, K.H., Koh, T.H., Lau, Q.C. & Abdul Rahman, N.B. (2020). Genomic analysis of *Lactococcus garvieae* isolates. *Pathology*, **52**(6), 700-707. DOI: [10.1016/j.pathol.2020.06.009](https://doi.org/10.1016/j.pathol.2020.06.009)
- Maiden, M.C. (2006). Multilocus sequence typing of bacteria. *Annu. Rev. Microbiol.*, **60**, 561-588. DOI: [10.1146/annurev.micro.59.030804.121325](https://doi.org/10.1146/annurev.micro.59.030804.121325)
- Malek, A., De la Hoz, A., Gomez-Villegas, S.I., Nowbakht, C. & Arias, C.A. (2019). *Lactococcus garvieae*, an unusual pathogen in infective endocarditis: case report and review of the literature. *BMC Infect. Dis.*, **19**(1), 301. DOI: [10.1186/s12879-019-3912-8](https://doi.org/10.1186/s12879-019-3912-8)
- Meyburgh, C.M., Bragg, R.R. & Boucher, C.E. (2017). *Lactococcus garvieae*: an emerging bacterial pathogen of fish. *Dis. Aquat. Organ.*, **123**(1), 67-79. DOI: [10.3354/dao03083](https://doi.org/10.3354/dao03083)
- Morita, H., Toh, H., Oshima, K., Yoshizaki, M., Kawanishi, M., Nakaya, K., Suzuki, T., Miyauchi, E., Ishii, Y., Tanabe, S., Murakami, M. & Hattori, M. (2011). Complete genome sequence and comparative analysis of the fish pathogen *Lactococcus garvieae*. *PLoS One*, **6**(8), e23184. DOI: [10.1371/journal.pone.0023184](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023184)
- Nguyen, M., Brettin, T., Long, S.W., Musser, J.M., Olsen, R.J., Olson, R., Shukla, M., Stevens, R.L., Xia, F., Yoo, H. & Davis, J.J. (2018). Developing an in silico minimum inhibitory concentration panel test for *Klebsiella pneumoniae*. *Sci. Rep.*, **8**(1), 421. DOI: [10.1038/s41598-017-18972-w](https://doi.org/10.1038/s41598-017-18972-w)
- Overbeek, R., Olson, R., Pusch, G.D., Olsen, G.J., Davis, J.J., Disz, T., Edwards, R.A., Gerdes, S., Parrello, B., Shukla, M., Vonstein, V., Wattam, A.R., Xia, F. & Stevens, R. (2014). The SEED and the Rapid Annotation of microbial genomes using Subsystems Technology (RAST). *Nucleic Acids Research*, **42**, 206-214.
- Rodriguez-R, L.M. & Konstantinidis, K.T. (2016). The enveomics collection: a toolbox for specialized analyses of microbial genomes and metagenomes. *PeerJ Preprints*, **4**(e1900v1). DOI: [10.7287/peerj.preprints.1900v1](https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1900v1)
- Sahu, K.K., Sherif, A.A., Syed, M.P., Rajendran, A., Mishra, A.K. & Davaro, R. (2019). A rare cause of sepsis: *Lactococcus garvieae*. *QJM*, **112**(6), 447-448. DOI: [10.1093/qjmed/hcz078](https://doi.org/10.1093/qjmed/hcz078)
- Saitou, N. & Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.*, **4**(4), 406-425. DOI: [10.1093/oxfordjournals.molbev.a040454](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040454)
- Shahi, N. & Mallik, S.K. (2020). Emerging bacterial fish pathogen *Lactococcus garvieae* RTCLI04, isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Genomic features and comparative genomics. *Microb. Pathog.*, 104368. DOI: [10.1016/j.micpath.2020.104368](https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104368)
- Teixeira, L.M., Merquior, V.L., Vianni, M.C., Carvalho, M.G., Fracalanza, S.E., Steigerwalt, A.G., Brenner, D.J. & Facklam, R.R. (1996). Phenotypic and genotypic characterization of atypical *Lactococcus garvieae* strains isolated from water buffalos with subclinical mastitis and confirmation of *L. garvieae* as a senior subjective synonym of *Enterococcus seriolicida*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **46**(3), 664-668. DOI: [10.1099/00207713-46-3-664](https://doi.org/10.1099/00207713-46-3-664)
- Tejedor, J. L., Vela, A.I., Gibello, A., Casamayor, A., Dominguez, L. & Fernandez-Garayzabal, J.F. (2011). A genetic comparison of pig, cow and trout isolates of *Lactococcus garvieae* by PFGE

- analysis. *Lett Appl Microbiol*, **53**(6), 614-619. DOI: [10.1111/j.1472-765X.2011.03153.x](https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011.03153.x)
- Tekedar, H.C., Kumru, S., Blom, J., Perkins, A. D., Griffin, M. J., Abdelhamed, H. & Lawrence, M.L. (2019).** Comparative genomics of *Aeromonas veronii*: Identification of a pathotype impacting aquaculture globally. *PLoS One*, **14**(8), e0221018. DOI: [10.1371/journal.pone.0221018](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221018)
- Tsai, M.A., Wang, P.C., Yoshida, T., Liaw, L.L. & Chen, S.C. (2013).** Development of a sensitive and specific LAMP PCR assay for detection of fish pathogen *Lactococcus garvieae*. *Dis. Aquat. Organ.*, **102**(3), 225-235. DOI: [10.3354/dao02546](https://doi.org/10.3354/dao02546)
- Tsai, M.H., Liu, Y.Y., Soo, V.W. & Chen, C.C. (2019).** A New Genome-to-Genome Comparison Approach for Large-Scale Revisiting of Current Microbial Taxonomy. *Microorganisms*, **7**(6). DOI: [10.3390/microorganisms7060161](https://doi.org/10.3390/microorganisms7060161)
- Ture, M. & Boran, H. (2015).** Phenotypic and genotypic antimicrobial resistance of *Lactococcus* sp, strains isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, **59**(1), 37-42. DOI: [10.1515/bvip-2015-0006](https://doi.org/10.1515/bvip-2015-0006)
- Varsha, K.K. & Nampoothiri, K.M. (2016).** *Lactococcus garvieae* subsp. *bovis* subsp. nov., lactic acid bacteria isolated from wild gaur (*Bos gaurus*) dung, and description of *Lactococcus garvieae* subsp. *garvieae* subsp. nov. *Int. J Syst. Evol. Microbiol.*, **66**(10), 3805-3809. DOI: [10.1099/ijsem.0.001268](https://doi.org/10.1099/ijsem.0.001268)
- Vela, A.I., Vazquez, J., Gibello, A., Blanco, M.M., Moreno, M.A., Liebana, P., Albendea, C., Alcala, B., Mendez, A., Dominguez, L. & Fernandez-Garayzabal, J.F. (2000).** Phenotypic and genetic characterization of *Lactococcus garvieae* isolated in Spain from lactococcosis outbreaks and comparison with isolates of other countries and sources. *J. Clin. Microbiol.*, **38**(10), 3791-3795. DOI: [10.1128/JCM.38.10.3791-3795.2000](https://doi.org/10.1128/JCM.38.10.3791-3795.2000)
- Vendrell, D., Balcazar, J.L., Ruiz-Zarzuola, I., de Blas, I., Girones, O. & Muzquiz, J.L. (2006).** *Lactococcus garvieae* in fish: a review. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.*, **29**(4), 177-198. DOI: [10.1016/j.cimid.2006.06.003](https://doi.org/10.1016/j.cimid.2006.06.003)
- Walther, C., Rossano, A., Thomann, A. & Perreten, V. (2008).** Antibiotic resistance in *Lactococcus* species from bovine milk: presence of a mutated multidrug transporter *mdt(A)* gene in susceptible *Lactococcus garvieae* strains. *Vet. Microbiol.*, **131**(3-4), 348-357. DOI: [10.1016/j.vetmic.2008.03.008](https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.03.008)
- Wang, C.Y., Shie, H.S., Chen, S.C., Huang, J.P., Hsieh, I.C., Wen, M.S., Lin, F.C. & Wu, D. (2007).** *Lactococcus garvieae* infections in humans: possible association with aquaculture outbreaks. *Int. J. Clin. Pract.*, **61**(1), 68-73. DOI: [10.1111/j.1742-1241.2006.00855.x](https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2006.00855.x)
- Wilbring, M., Alexiou, K., Reichenspurner, H., Matschke, K. & Tugtekin, S.M. (2011).** *Lactococcus garvieae* causing zoonotic prosthetic valve endocarditis. *Clin Res Cardiol*, **100**(6), 545-546. DOI: [10.1007/s00392-011-0286-3](https://doi.org/10.1007/s00392-011-0286-3)
- Yoon, S.H., Ha, S.M., Lim, J., Kwon, S. & Chun, J. (2017).** A large-scale evaluation of algorithms to calculate average nucleotide identity. *Antonie Van Leeuwenhoek*, **110**(10), 1281-1286. DOI: [10.1007/s10482-017-0844-4](https://doi.org/10.1007/s10482-017-0844-4)
- Zhang, G., Li, C., Li, Q., Li, B., Larkin, D. M., Lee, C. & Wang, J. (2014).** Comparative genomics reveals insights into avian genome evolution and adaptation. *Science*, **346**(6215), 1311-1320. DOI: [10.1126/science.1251385](https://doi.org/10.1126/science.1251385)



Comparison to Toxic Effects of Copper Oxide Nanoparticles and Copper Sulphate on Some Serum Parameters and Enzyme Activities of *Oreochromis niloticus*

Mustafa TUNÇSOY* Cahit ERDEM

Çukurova University, Faculty of Science and Letters, Biology Department, Adana/Turkey.

Geliş/Received: 28.08.2021

Kabul/Accepted: 10.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Tunçsoy, M. & Erdem, C. (2021). Comparison to Toxic Effects of Copper Oxide Nanoparticles and Copper Sulphate on Some Serum Parameters and Enzyme Activities of *Oreochromis niloticus*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 514-521.

Atf yapmak için: Tunçsoy, M. & Erdem, C. (2021). Bakır oksit nanopartikülleri ve Bakır sülfatın *Oreochromis niloticus* 'da Serum Parametreleri ve Serum Enzim Aktiviteleri Üzerine Toksik Etkilerinin Karşılaştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 514-521.

*id: <https://orcid.org/0000-0001-7306-0539>
id: <https://orcid.org/0000-0002-8093-553X>

*Corresponding author's:

Mustafa TUNÇSOY
Çukurova University, Faculty of Science and Letters, Biology Department, Adana/Turkey.
✉: mustafa_tuncsoy@hotmail.com

Abstract: Today, human effects due to industrial development and population increase caused water ecosystems to be polluted by various pollutant such as heavy metals. Serum biochemical parameters are widely used in blood analysis and these parameters are suitable indicators for monitoring physiological changes in fish. Hence, the aim of present study to the effects of waterborne copper on serum glucose, total protein, albumin and triglyceride levels and serum cholinesterase (ChE), aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP) and lactate dehydrogenase (LDH) activities of *O. niloticus* were determined after exposing the fish to 10, 50 and 100 µg/L copper applied as CuO nanoparticles (CuO NPs) and CuSO₄ over 1, 7 and 15 days.

No mortality was observed during the experiments. Serum glucose and albumin levels increased while serum total protein, cholesterol and triglyceride levels decreased compared to control at the end of the 15th day. There was also a decrease in serum ChE activity whereas serum AST, ALT, ALP and LDH activities increased. Overall, CuSO₄ and CuO NPs had similar effects in serum parameters of *O. niloticus*.

Keywords: *O. niloticus*, Copper oxide nanoparticles, Copper sulphate, Serum parameters.

Bakır oksit nanopartikülleri ve Bakır sülfatın *Oreochromis niloticus* 'da Serum Parametreleri ve Serum Enzim Aktiviteleri Üzerine Toksik Etkilerinin Karşılaştırılması

Öz: Günümüzde endüstriyel gelişmeler ve nüfus artışına bağlı insan etkileri su ekosistemlerinin ağır metaller gibi çeşitli kirlenmeler tarafından kirlenmesine neden olmuştur. Serum biyokimyasal parametreleri kan analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu parametreler balıklarda fizyolojik değişikliklerin izlenmesi için uygun belirteçlerdir. Bu çalışmada 10, 50 ve 100 µg/L CuO nanopartikülleri (CuO NP) ve bakır sülfatın (CuSO₄) 1, 7 ve 15 günlük sürelerle etkisinde *O. niloticus* 'da serum glikoz, total protein, albumin, kolesterol ve trigliserit düzeyleri ile serum Kolinesteraz (ChE), Aspartat aminotransferaz (AST), Alanin aminotransferaz (ALT), Alkalen fosfataz (ALP) ve Laktat dehidrojenaz (LDH) enzim aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Deney süresince tüm derişimlerde herhangi bir mortalite gözlenmemiştir. 15 günlük deney süresi sonunda her iki uygulamada da serum glikoz ve albümin düzeyleri artış gösterirken, serum total protein, kolesterol ve trigliserit düzeylerinde azalış gösterdiği belirlenmiştir. Serum enzim aktivitelerinde ise ChE aktivitesi azalma gösterirken, serum AST, ALT, ALP ve LDH aktiviteleri deney süresi sonunda artış göstermiştir. Sonuç olarak *O. niloticus* serum parametreleri üzerine toksik etkileri karşılaştırıldığında her iki uygulamanın da benzer etkiler gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *O. niloticus*, Bakır oksit nanopartikülleri, Bakır sülfat, Serum parametreleri.

INTRODUCTION

Small amounts of heavy metals enter aquatic environments by volcanic activities, floods and erosion. These natural gradual entries do not impose any danger to

aquatic biota due to various adaptive mechanisms. Severe increases observed in the amount of heavy metals entering these habitats mainly due to anthropogenic activities, however, result in serious environmental and human health problems (De et al., 2010; Jorgensen, 2010). In recent years,

the rapid development in industry and agriculture and population growth in the industry cause the aquatic environment to be polluted by various water pollutants especially heavy metals (Wang et al., 2013; Ji et al., 2015).

In recent years, the production of nanomaterials has been increasing in industrial areas, in addition to this, there has been an increase in the widespread use of various uses, especially in the fields of biomedical and biotechnology (Gomes et al., 2013). Considering their chemical composition, the most important of the nanoparticles are carbon based - and metal oxides (Klaine et al., 2008; Bhatt & Tripathi, 2011). As a result of the increasing use of metal oxide nanoparticles, these particles reach aquatic environments via after disposal of NP-containing products and the effluent of wastewater treatment plants and application of biosolids to soil, or leachates from landfills (Tolaymat et al., 2017; Bundschuh et al., 2018). In recent years, toxicological research has focused on metal oxide nanoparticles from these type of nanoparticles. (Ringwood et al., 2010; Buffet et al., 2011).

Hematological and biochemical parameters are widely used in blood analysis and these parameters are suitable indicators for monitoring physiological changes in fish. Serum biochemical analysis provides information about internal organs, electrolytes, proteins, nutritional and metabolic parameters (Newman et al., 1997).

O. niloticus, which is used as a material in the research, is a tropical fish, and it is widely cultivated in culture conditions since it is consumed as a protein source. The reason why their cultivation in culture conditions is widespread is that they are highly resistant to temperature and salinity changes in tropics and subtropics, have a short food chain, adapt in a short time to intensive stocking, and are suitable for maintenance and nutrition under culture conditions. (Tunçsoy & Erdem, 2018). It is also important to know whether different forms of metal have different effects on biological functions of fish. Hence the present study was undertaken to compare the toxic effects of CuO nanoparticles and CuSO₄ on some serum parameters and serum enzymes of *O. niloticus*

MATERIAL AND METHOD

Commercially available CuO nanopowder (Sigma-Aldrich; particle size <50nm) and CuSO₄ (Sigma Aldrich; CuSO₄·5H₂O) were used in the experiment. Solutions were replaced daily by serial dilutions of freshly prepared 100 ppm stock solutions of the metal. Before each renewal CuO solution was sonicated for 30 min (Ultrasonic bath 230V, 200 W, 45kHz frequency) before each renewal to break down the size of aggregates. Results of characterization of CuO nanoparticles are given Tunçsoy and Erdem, (2018).

O. niloticus was obtained from the rearing pools of Fisheries Faculty, Çukurova University, Adana, Turkey. The mean length and weight of fish were 20.50±1.50 cm and 170.95±5.21 g respectively. Fish were adapted to laboratory conditions for one month in glass aquaria 40x120x40 cm in height. Experiments were run in triplicate being one fish in each replicate, hence nine fish were placed into each aquarium totaling to 63 fish (n = 63). The same sized seven aquaria were used in the experiments. The first six aquarium was filled with 120 L of 10, 50, 100 µg Cu/L as a Cu NPs and 10, 50, 100 µg Cu/L as a CuSO₄ solution whereas the seventh one was filled with the same amount of copper free tap water and used as control. Some physical and chemical properties of experimental water are given Tunçsoy and Erdem, (2018).

Fish were fed once a day with readymade fish feed (Pınar, Pellet No: 2) at amounts of 2% of total biomass and 12h/12h light/dark illumination regime was adopted. Three fish were removed from each aquarium at the end of exposure period and were anesthetized with MS222. They were then washed with tap water and dried with Whatman filter papers. Blood samples to be used for determining sera parameters were obtained by cutting caudal peduncle vertically. They were transferred to anticoagulant free centrifuge tubes and centrifuged at 4000 rpm for 10 minutes (Nuve NF400). Sera samples were then transferred to sera tubes and analyzed using a Beckman Coulter LH 750 auto-analyzer.

RESULTS AND DISCUSSION

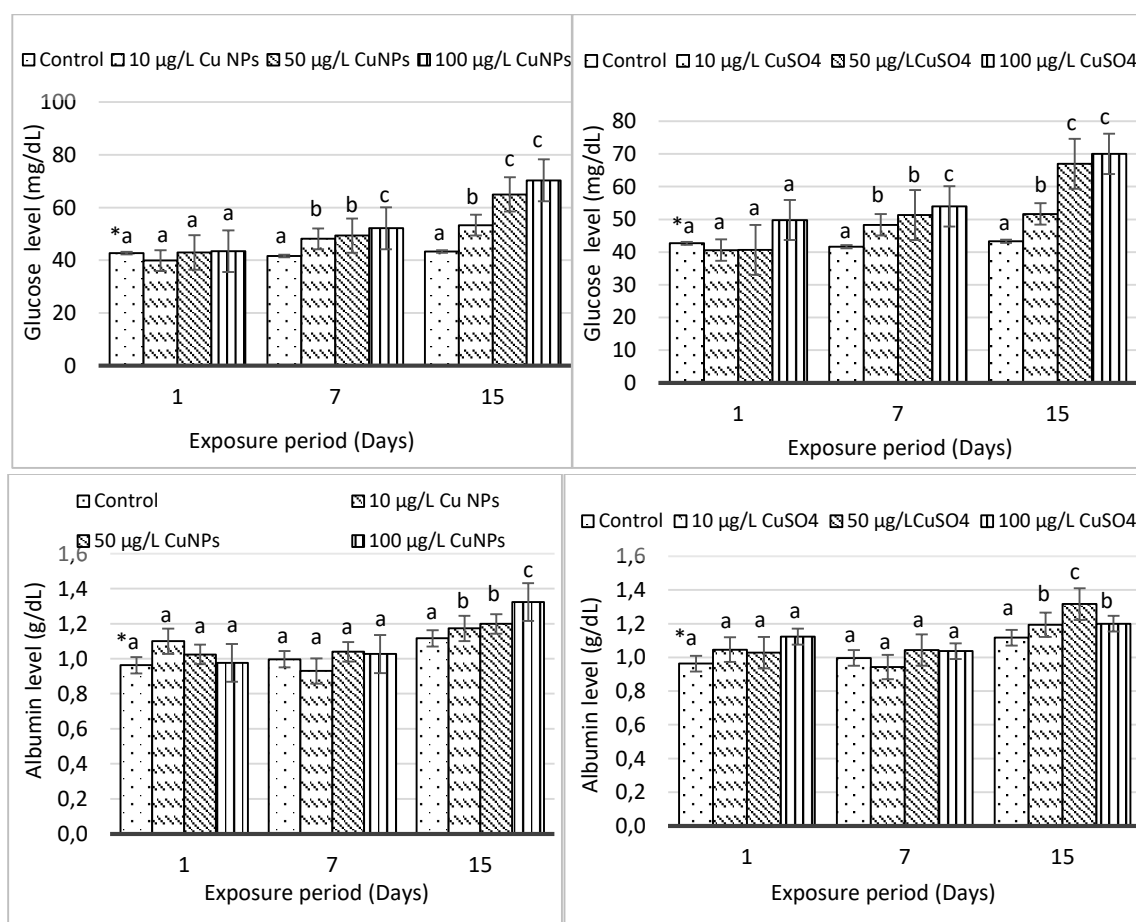
No mortality was observed in experiment. Stress factors such as metal effects cause changes in carbohydrate metabolism by increasing the release of hormones such as cortisol, epinephrine and catecholamine (Vosyliene, 1999). It is stated that the heavy metal effect causes stress in fish, the energy requirement increases under stress conditions and as a result, it stimulates the release of these hormones and causes glycogenesis and mobilization of muscle and liver glycogen (Brown, 1993; Tunçsoy et al., 2016). Many studies have shown that serum glucose levels increase in the case of stress caused by metal effects. (Iwama et al., 1999; Cıçık & Engin, 2005; Ramesh, 2007). Determination of serum total protein level is used as an indicator of liver damage and is a parameter related to the nutritional status of fish and is used as a marker of xenobiotic-induced stress. Total protein and cholesterol are markers of nutritional status in the organism (Yang & Chen, 2003). The main function of triglycerides is to store and supply cellular energy. It also shows the feeding status of fish.

Table 1. Effects of various NPs and Cu on blood serum parameters in different fish species.

Tablo 1. Farklı nanopartiküllerin ve bakırın çeşitli balık türlerinde serum parametreleri üzerine etkileri.

Species	NPs Type	Effects	Reference
<i>C. carpio</i>	CuO NPs	Both metals cause histopathological anomalies in the gill and liver tissue.	Mansouri et al., 2016
	TiO ₂ NPs		
	Cu NPs	Serum triglyceride level increased under the effect of 25 ppm Cu NP on the 3 rd days of exposure compared to the control. Serum cholesterol level increased on the 14th day under the effect of 0.25 ppm Cu NP and on the 14th day under the effect of 25 ppm Cu NP compared to the control.	Mazandarini & Hoseini 2015
<i>Salmo trutta</i>	Ti NPs	Serum glucose level and AST, ALT ve ALP activities increased, cholesterol and total protein levels unchanged.	Tunçsoy & Duran, 2020
	Cu NPs	Serum AST and ALT activities increased.	Hoseini et al., 2016
<i>Salmo trutta</i>	CuSO ₄	Serum glucose and cortisol levels increased	Nemcsok & Hughes, 1988
<i>C. gariepinus</i>	Ti NPs	Serum AST, ALT, ALP, LDH, glucose and albumin increased while serum Na ⁺ , K ⁺ and Cl ⁻ , total protein, cholesterol, ChE and triglyceride decreased.	Tunçsoy, 2021
<i>Rhamdia quelen</i>	CuSO ₄	Serum glucose level increased, while total protein level decreased.	Pretto et al., 2014
<i>O. mykiss</i>	CuCl ₂	Serum cholesterol levels decreased	Heydarnejad et al., 2013
<i>O. niloticus</i>	CuO NPs	Serum glucose level and serum AST, ALT and ALP activities increased, while serum total protein, total lipid, albumin and globulin levels decreased.	Abdel-Khalek et al., 2015
	CuSO ₄	ALP activity increased.	Palandökenlier & Kargın, 2019
	Zn NPs	Serum triglyceride levels increased, whereas cholesterol levels decreased. There was no changed serum glucose and total protein levels.	Chen et al., 2004
	CuO NPs	Serum AST, ALT and ALP levels dose-dependent increased.	Abdel-Latif et al., 2021
<i>Salmo trutta caspius</i>	ZnO NPs	Serum AST, ALT and ALP activities increased, while serum total protein and albumin levels decreased compared to control.	Abdel-Daim et al., 2019
	CuO NPs	Although serum AST, ALP and LDH activities increased after 96 hours, ALT activity increased after 28 days of exposure.	Kaviani et al., 2019

In this study, serum glucose levels increased with increasing Cu concentrations and periods in *O. niloticus* exposed to both CuO nanoparticles and CuSO₄ (Fig 1; P<0.05). The increase in serum glucose can be explained by the increase in glycogenolysis due to the increased energy demand under the influence of metal stress. Copper increased serum albumin levels in *O. niloticus* after 15 days of exposure, both in metal form (Fig 1; P<0.05). This may be due to the increased synthesis of metal-binding proteins to provide more binding sites. In *O. niloticus*, serum total protein levels also decreased after 7 days of exposure to CuO NPs and after 15 days of exposure to CuSO₄ (Fig. 1; P<0.05), which may result from inhibition of serum protein synthesis due to metal-induced liver injury at prolonged exposures. Serum cholesterol and triglyceride levels of *O. niloticus* also decreased 15 days after exposure to CuO NPs and CuSO₄ (Fig 1; P<0.05). The reduction of total serum cholesterol under the influence of copper may be partly the result of liver damage, the use of cholesterol in the synthesis of corticosteroid hormones, or gluconeogenesis. The decrease in serum triglyceride was probably due to meeting energy needs from non-glycogen sources via gluconeogenesis.



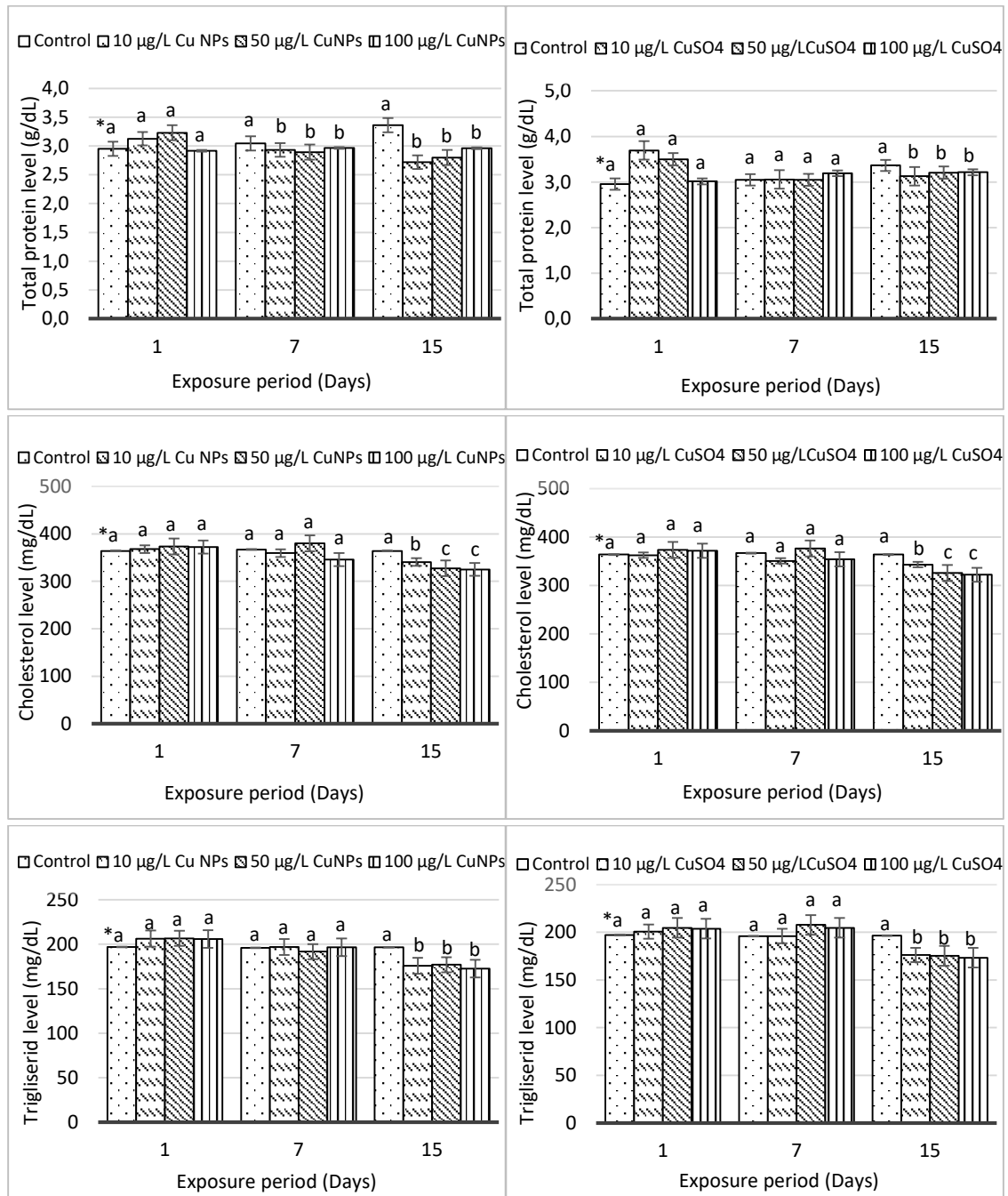


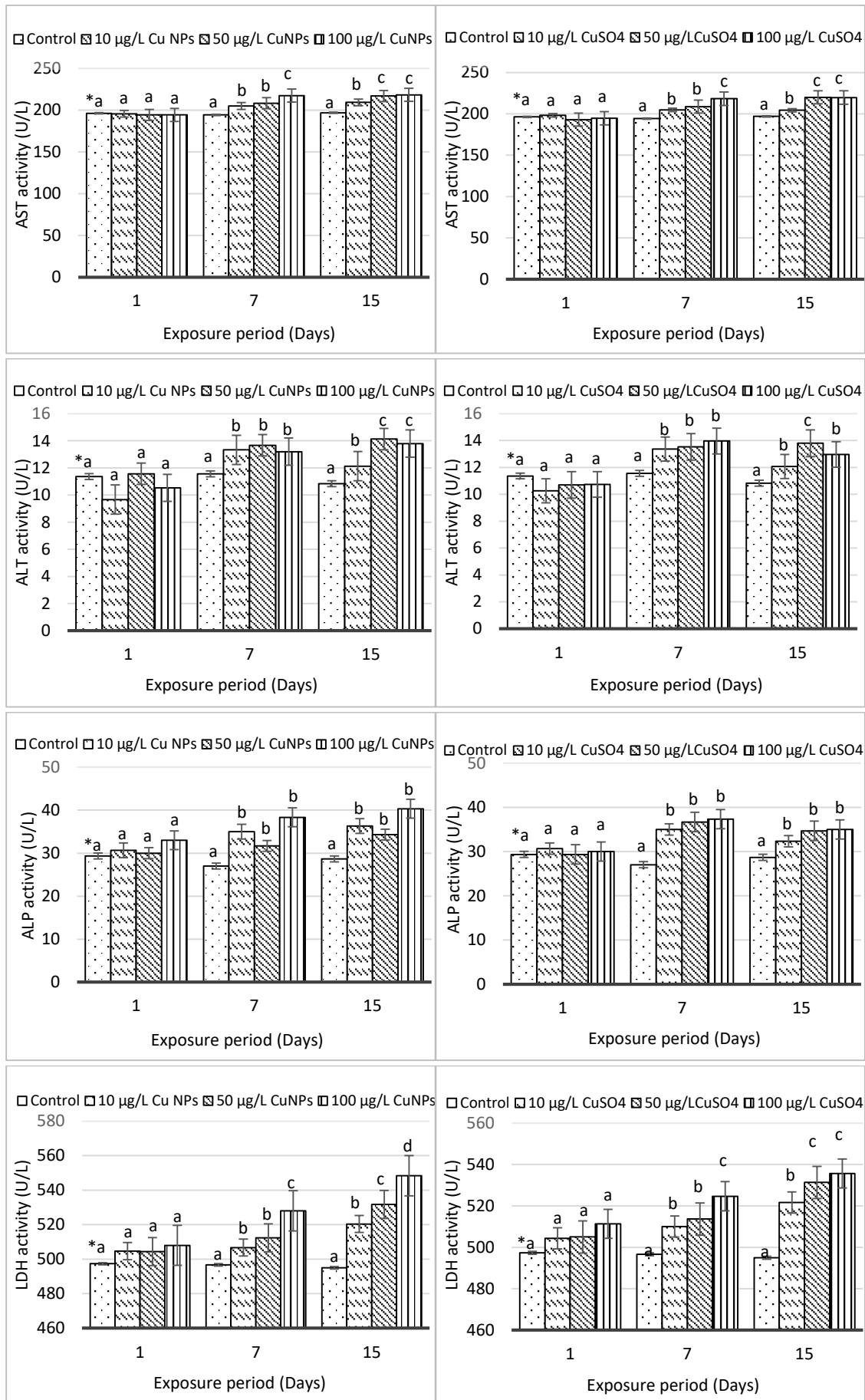
Figure 1. Influence of Cu NPs and CuSO₄ on serum parameters of *O. niloticus*.

*=SNK; Letters a, b and c show differences among concentrations. Data shown with different letters are significant at the P<0.05 level.

Serum enzymes such as ChE, AST, ALT, ALP and LDH are used as sensitive biomarkers to determine the effects of contaminants for aquatic organisms (Levesque et al., 2002; Nel et al., 2009). ChE hydrolyze acetyl choline and other choline-esters. AST and ALT play roles in amino acid metabolism and their increased levels in serum indicate mainly liver, kidney and gill damages (Hoseini et al., 2012). Any damage to liver and kidney tissues increases the level of serum ALP (Karan et al., 1998; Jiraungkoorskul et al., 2003). LDH is an enzyme that catalysis reversible oxidation of lactate to pyruvate and

LDH level increase at any tissue damage (Yousef et al., 2007).

In the present study, AST, ALT, ALP and LDH activities increased compared to control after 7 and 15 days and ChE activity decreased after 15 days of exposure to both forms of metal in *O. niloticus*. These variations in enzyme activities became more pronounced with increasing concentrations of copper and exposure periods (Fig 3; P<0.05). Excess energy used under the effect of copper might be compensated from non-carbohydrate sources and the increase in serum enzyme levels might be attributed to damages in liver and kidney tissues.



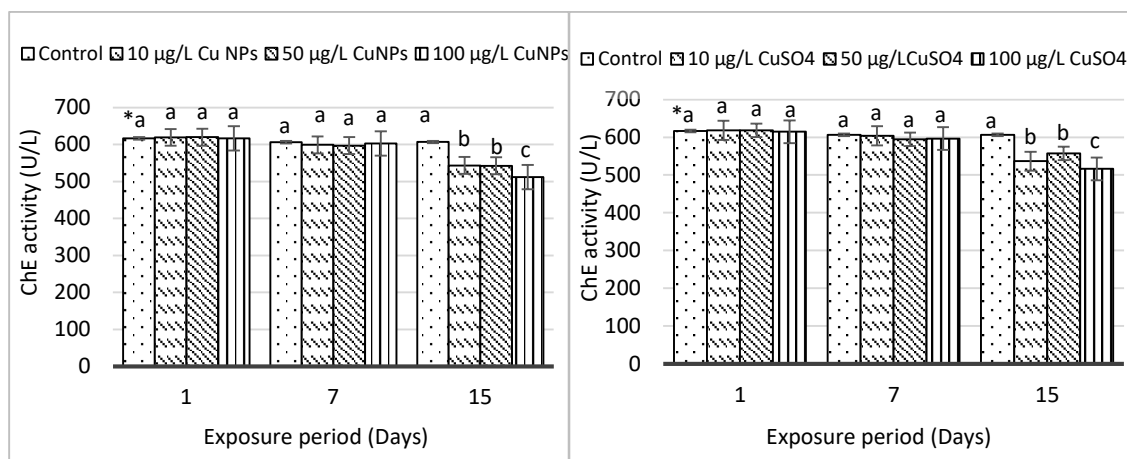


Figure 2. Influence of Cu NPs and CuSO₄ on serum enzyme activities in *O. niloticus*.

* See Fig. 1 for abbreviations

CONCLUSION

Studying sera biochemical parameters are not only the indicators of physiological stress responses but also can be used as indicators of heavy metal toxicity and these parameters also provide information concerning target organ toxicity. Our results indicate that exposure to the influence of Cu NPs and CuSO₄, serum glucose level increased at 7 and 15 days and serum albumin level increased compared to control at 15 days, while serum total protein, cholesterol and triglyceride levels decreased compared to control after 15 days of exposure. Also, influence of Cu NPs and CuSO₄, serum ChE activity decreased compared to the control at the end of the 15 days, while serum AST, ALT, ALP and LDH activities increased compared to the control. Overall, CuSO₄ and CuO NPs had similar effects in serum parameters of *O. niloticus*. Periodic determination of physiological and biochemical changes together with the metal concentrations that are consumed as food and accumulated in the tissues of an economically important species as a result of the increasing amounts of heavy metal pollution caused by the increase of technological developments and industrial wastes is of great importance in terms of the structural integrity of the ecosystem, both human health and economic is important. It was concluded that changes in serum parameters studied under the effect of two forms of copper in *O. niloticus* can be used as copper pollution indicators in freshwater habitats.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was produced from PhD thesis and supported by University of Çukurova, Scientific Research Projects Coordination Unit and The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK). We also thanks to Prof.Dr. Maria João Bebianno, Asst.Prof.Dr. Margarida Ribau Teixeira, Dr. Tânia Gomes and Vânia Sousa.

REFERENCES

- Abdel-Daim, M.M., Eissa, I.A., Abdeen, A., Abdel-Latif, H.M., Ismail, M., Dawood, M.A. & Hassan, A.M. (2019).** Lycopene and resveratrol ameliorate zinc oxide nanoparticles-induced oxidative stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, **69**, 44-50.
- Abdel-Latif, H.M.R., Dawood, M.A.O., Mahmoud, S.F., Shukry, M., Noreldin, A.E., Ghetas, H.A. & Khallaf, M.A. (2021).** Copper oxide nanoparticles alter serum biochemical indices, induce histopathological alterations, and modulate transcription of cytokines, *hsp70*, and oxidative stress genes in *Oreochromis niloticus*. *Animals*, **11**(3), 652.
- Abdel-Khalek, A.A., Kadry, M.A.M., Badran, S.R. & Marie, M.S. (2015).** Comparative toxicity of copper oxide bulk and nano particles in Nile Tilapia; *Oreochromis niloticus*: Biochemical and oxidative stress. *J. Basic Appl. Biol.*, **72**, 43-57.
- Bhatt, I. & Tripathi, B.N. (2011).** Interaction of engineered nanoparticles with various components of the environment and possible strategies for their risk assessment. *Chemosphere*, **82**(3), 308-317.
- Brown, J.A. (1993).** *Endocrine Responses to Environmental Pollutants*. In: Rankin, J.C., Jensen, F.B. (eds.) *Fish Ecophysiology*. Chapman and Hall, London, UK, s. 276-296.
- Buffet, P.E., Tankoua, O.F., Pan, J.F., Berhanu, D., Herrenknecht, C., Poirier, L., Amiard-Triquet, C., Amiard, J.C., Bérard, J.B., Risso, C., Guibolini, M., Roméo, M., Reip, P., Valsami-Jones, E. & Mouneyrac, C. (2011).** Behavioural and biochemical responses of two marine invertebrates *Scrobicularia plana* and *Hediste diversicolor* to copper oxide nanoparticles. *Chemosphere*, **84**, 166-174.
- Bundschuh, M., Filser, J., Lüderwald, S., McKee, M.S., Metreveli, G., Schaumann, G.E., Schulz, R. & Wagner, S. (2018).** Nanoparticles in the

- environment: where do we come from, where do we go to? *Environ. Sci. Eur.*, **30**(1), 6.
- Chen, C.Y., Wooster, G.A. & Bowser, P.R. (2004).** Comparative blood chemistry and histopathology of tilapia infected with *Vibrio vulnificus* or *Streptococcus iniae* or exposed to carbon tetrachloride, gentamicin or copper sulphate. *Aquaculture*, **239**, 421-443.
- Cicik, B. & Engin, K. (2005).** The effects of cadmium on levels of glucose in serum and glycogen reserves in the liver and muscle tissues of *Cyprinus carpio* (L., 1758). *Turk J. Vet. Anim. Sci.*, **29**, 113-117.
- De, T.K., De, M., Das, S., Ray, R. & Ghosh, P.B. (2010).** Level of Heavy Metals in Some Edible Marine Fishes of Mangrove Dominated Tropical Estuarine Areas of Hooghly River, North East Coast of Bay of Bengal, India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **85**, 385-390.
- Gomes, T., Pereira, C.G., Cardoso, C. & Bebianno, M.J. (2013).** Differential Protein Expression in Mussels *Mytilus galloprovincialis* Exposed to Nano and Ionic Ag. *Aquat. Toxicol.*, **136**(137), 79-90.
- Heydarnejad, M.S., Khosravian-Hemami, M., Nematollahi, A. & Rahnama, S. (2013).** Effects of copper at sublethal concentrations on growth and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Int. Rev. Hydrobiol.*, **98**, 71-79.
- Hoseini, S.M., Hosseini, S.A. & Soudagar, M. (2012).** Dietary Tryptophan Changes Serum Stress Markers, Enzyme Activity, and Ions Concentration of Wild Common Carp *Cyprinus carpio* Exposed to Ambient Copper. *Fish Physiol. Biochem.*, **38**(5), 1419-1426.
- Hoseini, S.M., Hedayati, A., Taheri Mirghaed, A. & Ghelichpour, M. (2016).** Toxic Effects of Copper Sulfate and Copper Nanoparticles on Minerals, Enzymes, Thyroid Hormones and Protein Fractions of Plasma and Histopathology in Common Carp *Cyprinus carpio*. *Experiment. Toxicol. Pathol.*, **68**(9), 493-503.
- Iwama, G.K., Vijayan, M.M., Forsyth, R.B. & Ackerman, P.A. (1999).** Heat Shock Proteins and Physiological Stress in Fish. *Am. Zool.*, **39**, 901-909.
- Jiraungkoorskul, W., Upatham, E.S., Kruatrachue, M., Shaphong, S., Vichasri-Grams, S. & Pokethitiyook, P. (2003).** Biochemical and histopathological effects of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environ. Toxicol.*, **18**, 260-267.
- Ji, C.L., Wang, Q., Wu, H.F., Tan, Q.G. & Wang, W.X. (2015).** A Metabolomic investigation of the effects of metal pollution in oysters *Crassostrea hongkongensis*. *Mar. Pollut. Bull.*, **90**, 21-222
- Jorgensen, S.W. (2010).** *A Derivative of Encyclopedia of Ecology. In: Ecotoxicology.* Academic Press, London, pp. 390.
- Karan, V., Vitorović, S., Tutundžić, V. & Poleksić, V. (1998).** Functional enzymes activity and gill histology of carp after copper sulfate exposure and recovery. *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, **40**(1), 49-55.
- Kaviani, E., Naeemi, A. & Salehzadeh, A. (2019).** Influence of copper oxide nanoparticle on hematology and plasma bio-chemistry of Caspian trout (*Salmo trutta caspius*), following acute and chronic exposure. *Poll.*, **5**, 225-234.
- Klaine, S.J., Alvarez, P.J.J., Batley, G.E., Fernandes, T.F., Handy, R.D., Lyon, D.Y., Mahendra, S., McLaughlin, M.J. & Lead, J.R. (2008).** Nanomaterials in the environment: Behavior, fate, bioavailability and effects. *Environ. Toxicol. Chem.*, **27**(9), 1825-1851.
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.G.C. & Hontela, A. (2002).** Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquat. Toxicol.*, **60**, 257-267.
- Mansouri, B., Maleki, A., Davari, B., Johari, S.A., Shahmoradi, B., Mohammadi, E. & Shahsavari, S. (2016).** Histopathological effects following short-term coexposure of *Cyprinus carpio* to nanoparticles of TiO₂ and CuO. *Environ. Monit. Assess.*, **188**(575), 5-12.
- Mazandarini, M. & Hoseini, S.M. (2015).** Anaemia and plasma lipid profile in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient copper sulphate and nano-scale copper oxide. *Aquac. Res.*, 1-9.
- Nel, A.E., Madler, L., Velegol, D., Xia, T., Hoek, E.M., Somasundaran, P., Klaessig, F., Castranova, V. & Thompson, M. (2009).** Understanding biophysicochemical interactions at the nanobio interface. *Nat. Mater.*, **8**, 543-557.
- Nemcsok, J. & Hughes, G.M. (1988)** The effect of copper sulphate on some biochemical parameters of rainbow trout. *Environ. Poll.*, **49**, 77-85
- Newman, S.H., Piatt, J.F. & White, J. (1997).** Hematological and plasma biochemical reference ranges of Alaskan seabirds: Their ecological significance and clinical importance. *Colon Waterbirds*, **20**(3), 492-504.
- Palandökenlier, E. & Kargin, F. (2019).** The effects of zinc oxide nanoparticles and zinc sulphate on some biochemical parameters in blood tissue of *Oreochromis niloticus*. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **4**(3), 447-453.
- Pretto, A., Loro, V.L., Silva, V.M.M., Salbego, J., de Menezes, C.C. & Souza, C.F. (2014).** Exposure to sublethal concentrations of copper changes biochemistry parameters in silver catfish, *Rhamdia quelen*. (Quoy & Gaimard, 1824). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 392-399
- Ramesh, M., Senthil Kumaran, S., Kavith, C., Saravanan, M. & Mustafa, A. (2007).** Primary stress responses of common carp, *Cyprinus carpio* exposed to copper toxicity. *Acta Ichthyol. Piscat.*, **37**, 81-85.
- Ringwood, A.H., McCarthy, M., Bates, T.C. & Carroll, D.L. (2010).** The effects of silver nanoparticles on

oyster embryos. *Mar. Environ. Res.*, **69**(1), 549-551.

- Tolaymat, T., El Badawy, A., Genaidy, A., Abdelraheem, W. & Sequeira, R. (2017).** Analysis of metallic and metal oxide nanomaterial environmental emissions. *J. Clean. Prod.*, **143**, 401-412.
- Tunçsoy, M., Duran, S., Yesilbudak, B., Ay, O., Cicik, B. & Erdem, C. (2016).** Short term effects of zinc on some sera biochemical parameters and on tissue accumulation of *Clarias gariepinus*. *Fresen. Environ. Bull.*, **25**(2), 658-664.
- Tunçsoy, M. & Erdem, C. (2018).** Copper accumulation in tissues of *Oreochromis niloticus* exposed to copper oxide nanoparticles and copper sulphate with their effect on antioxidant enzyme activities in liver. *Water Air Soil Poll.*, **229**(269), 1-10.
- Tunçsoy, M. & Duran, S. (2020).** Acute toxicity of titanium dioxide nanoparticles on some serum parameters and enzyme activities of *Cyprinus carpio*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **5**(4), 704-710.
- Tunçsoy, M. (2021).** Impacts of titanium dioxide nanoparticles on serum parameters and enzyme activities of *Clarias gariepinus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **106**(4), 629-636.
- Vosyliene, M.Z. (1999).** The effect of heavy metals on hematological indices. *Acta Zool. Litv. Hydrobiol.*, **9**, 76-82.
- Wang, S.L., Xu, X.R., Sun, Y.X., Liu, J.L. & Li, H.B. (2013).** Heavy metal pollution in coastal areas of south china: A review. *Mar. Pollut. Bull.*, **76**(1-2), 7-15.
- Yang, J.L. & Chen, H.C. (2003).** Effects of gallium on common carp (*Cyprinus carpio*): acute test, serum biochemistry, and erythrocyte morphology. *Chemosphere*, **53**, 877-882.
- Yousef, M.I., Awad, T.I., Elhag, F.A. & Khaled, F.A. (2007).** Study of the protective effect of ascorbic acid against the toxicity of stannous chloride on oxidative damage, antioxidant enzymes and biochemical parameters in rabbits. *Toxicology*, **235**, 194-202.



The Fish Fauna of Kuzgun Dam Lake and Its Drainages (Erzurum, Turkey)

Esra BAYÇELEBİ¹ Davut TURAN^{1*}

¹Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, 53100 Rize, Turkey

Geliş/Received: 01.09.2021

Kabul/Accepted: 04.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Bayçelebi, E. & Turan, D. (2020). The Fish Fauna of Kuzgun Dam Lake and Its Drainages (Erzurum, Turkey). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 522-525.

Atf yapmak için: Bayçelebi, E. & Turan, D. (2020). Kuzgun Baraj Gölü ve Drenajlarının Balık Faunası (Erzurum, Türkiye). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 522-525.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-9586-6223>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-6868-5091>

*Corresponding author's:

Davut TURAN
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of
Fisheries and Aquatic Sciences, 53100 Rize,
Turkey
✉: dvturan@yahoo.com

Abstract: This study was carried out to determine the fish fauna of Kuzgun Dam Lake drainages. Fishes were caught by electro-fishing equipment, cast and gill nets. After anaesthesia, fish specimens were fixed in 4% formaldehyde and transferred to the laboratory for further identification. With this study eight species (*Barbus lacerta*, *Capoeta damascina*, *Alburnus sellal*, *Alburnoides velioglui*, *Squalius semae*, *Oxynoemacheilus araxensis*, *O. bergianus* and *Salmo euphrataeus*) belonging to four families (Cyprinidae, Leuciscidae, Nemachelidae and Salmonidae) were determined.

Keywords: Anatolia, euphrates river, ichthyofauna, taxonomy.

Kuzgun Baraj Gölü ve Drenajlarının Balık Faunası (Erzurum, Türkiye)

*Sorumlu yazar:
Davut TURAN
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su
Ürünleri Fakültesi, 53100 Rize, Turkey
✉: dvturan@yahoo.com

Öz: Bu çalışma Kuzgun Baraj Gölü ve drenajlarının balık faunasını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Balık örnekleri elektroşok cihazı, serpm ve uzatma ağıları ile toplanmış, anestezi yapıldıktan sonra balıklar %4'lük formaldehit çözeltisinde fikse edilmiş ve tür tasnifleri için laboratuvara transfer edilmiştir. Bu çalışma ile 4 familyaya (Cyprinidae, Leuciscidae, Nemachelidae ve Salmonidae) ait sekiz tür (*Barbus lacerta*, *Capoeta damascina*, *Alburnus sellal*, *Alburnoides velioglui*, *Squalius semae*, *Oxynoemacheilus araxensis*, *O. bergianus* and *Salmo euphrataeus*) tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Anadolu, fırat nehri, ihtiyofauna, taksonomi.

INTRODUCTION

The Euphrates River is the longest river in Southwest Asia. It is a transboundary river, which originates from eastern Anatolia, then through into Syria and then Iraq flows into the Persian Gulf Basin (Kaya et al., 2016). The main sources of the river are Murat River (originating from Ağrı-Diyadin) and Karasu River (originating from Erzurum-Dumludağ). These rivers merge within the borders of Elazığ, then flows to the Euphrates River. The most important tributaries of the Euphrates in Turkey are Murat, Karasu, Tohma, Göksu, and Munzur rivers. A number of studies have been conducted on ichthyodiversity in the Euphrates River in Turkey. For example: Turan et al., (2014) revised the genus of *Alburnoides* and described three new species; Yıldırım

et al., (2015) studied on fishes in the Keban Dam Lake and recorded 28 species; Turan et al., (2017) described a new species (*Squalius semae*) of chub from the Karasu River; Koyun et al., (2018) revealed fish fauna of Göynük Stream and recorded 21 species; Freyhof et al., (2019) reviewed the *Oxynoemacheilus* Tigris group and described two new species from the Euphrates drainage; Kaya et al., (2020) described *Paracobitis salihiae* from the Göksu River; Turan et al., (2021) described a new trout (*Salmo fahrettini*) from the Karasu River.

There are many dams on the Euphrates, one of them is Kuzgun Dam, which was built on the stream Sırlı in Erzurum (eastern part of Turkey) between 1985-1996 for irrigation and energy generation. The present study aimed

[¹] This study was produced from the master thesis.

to determine the latest status of the fish fauna in the Kuzgun Dam Lake drainages.

MATERIAL AND METHOD

Fishes were caught by Samus 1000 pulsed DC electro-fishing equipment, cast and gill nets. After anaesthesia, fish specimens were fixed in 4% formaldehyde and transferred to the laboratory for further identification. We followed Kottelat and Freyhof, (2007) to identify species, Van der Laan et al., (2015) to arrange species in families. All species were arranged alphabetically within their own families. The species photos were shown in Figs 1–8. The global conservation status of the species is provided by International Union for Conservation of Nature (IUCN 2021).

RESULTS

A total of 8 fish species belonging to 4 families were recognized. The most species-rich family in the area is Leuciscidae (3 species), followed by Cyprinidae (2), Nemachelidae (2) and Salmonidae (1).

Family: Cyprinidae

Barbus lacerta Heckel, 1843



Figure 1. *Barbus lacerta*, Stream Sırlı

Locality: Sırlı Stream.

Type locality: Qweik River near Aleppo, Syria.

IUCN status: Least concern (LC).

Endemism status: Non-endemic.

Distribution in the area: Euphrates and Tigris River drainages.

Capoeta damascina (Valenciennes, 1842)



Figure 2. *Capoeta damascina*, Stream Sırlı.

Locality: Sırlı and Ağırıcık streams.

Type locality: Damascus, Syria.

IUCN status: Least concern (LC).

Endemism status: Non-endemic.

Distributed area: Orontes, Qweik, Euphrates, Seyhan and Ceyhan River drainages. It also distributions in coastal streams Turkey to the Eastern Mediterranean (Alwan, 2010; Kaya et al., 2016, 2019; Bayçelebi, 2020).

Family: Leuciscidae

Alburnus sellal Heckel, 1843



Figure 3. *Alburnus sellal*, Kuzgun Dam Lake drainage.

Locality: Kuzgun Dam Lake, Sırlı and Ağırıcık streams.

Type locality: Qweik River, Aleppo, Syria.

IUCN status: Least concern (LC).

Endemism status: Non-endemic.

Distributed area: Euphrates, Tigris and Qweik River drainages (an uppermost drainage of Ceyhan River) (Bayçelebi, 2020).

Alburnoides velioglui Turan, Kaya, Ekmekçi & Doğan, 2014



Figure 4. *Alburnoides velioglui*, Kuzgun Dam Lake Drainage.

Locality: Sırlı Stream.

Type locality: Stream Sırlı, Erzurum, Euphrates River

IUCN status: Not Evaluated (NE).

Endemism status: Endemic.

Distributed area: Uppermost of Euphrates River drainage in Turkey (Turan et al., 2014).

Squalius semae Turan, Kottelat & Bayçelebi, 2017



Figure 5. *Squalius semae*, Kuzgun Dam Lake Drainage.

Locality: Kuzgun Dam Lake and Sırlı Stream.

Type locality: Stream Serçeme (Erzurum) Euphrates River.

IUCN status: Not Evaluated (NE).

Endemism status: Endemic.

Distributed area: Streams Sırlı, Toprakkale and Serçeme Pülümür and Murat River (northeastern drainage of Euphrates River) in Turkey (Turan et al., 2017).

Family: Nemacheilidae

***Oxynoemacheilus araxensis* (Bănărescu & Nalbant, 1978)**



Figure 6. *Oxynoemacheilus araxensis*, Kuzgun Dam Lake Drainage.

Locality: Ağarcık Stream.

Type locality: Kandili Karasu, Euphrates River, Turkey.

IUCN status: Data Deficient (DD).

Endemism status: Endemic.

Distributed area: Stream Karasu, upper Euphrates River drainage.

***Oxynoemacheilus bergianus* (Derjavin, 1934)**



Figure 7. *Oxynoemacheilus bergianus*, Kuzgun Dam Lake Drainage.

Locality: Ağarcık Stream.

Type locality: Kisum village, Shah-rud River Iran

IUCN status: Least concern (LC).

Endemism status: Non-endemic.

Distributed area: Tigris and Euphrates River drainages, as well as in Caspian Sea basin (Freyhof et al. 2019)

Family: Salmonidae

***Salmo euphrataeus* Turan, Kottelat & Engin, 2014**

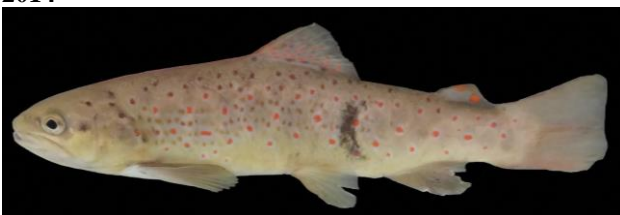


Figure 8. *Salmo euphrataeus*, Kuzgun Dam Lake Drainage.

Locality: Sırlı and Ağarcık streams.

Type locality: Stream Kuzgun (Erzurum) Euphrates River drainage.

IUCN status: Not Evaluated (NE).

Endemism status: Endemic.

Distributed area: Upper Euphrates River drainage.

DISCUSSION AND CONCLUSION

A total of eight fish species were identified from the Kuzgun Dam Lake and its drainages. Among these species, *Salmo euphrataeus*, *Alburnoides velioglui* and *Oxynoemacheilus araxensis* were first described from this reservoir and its drainages. In this respect, the fish fauna of this dam lake and its drainages are important for aquatic biodiversity. It is recommended by us that the fish fauna of these dams and their drainage should be strictly protected at the ecosystem level. As a result, this study revealed the latest status of the fish fauna in the Kuzgun Dam Lake drainages.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Cüneyt Kaya (Rize) for field studies.

REFERENCES

- Alwan, N., Esmaceli, H.R. & Krupp, F. (2016). Molecular phylogeny and zoogeography of the *Capoeta damascina* species complex (Pisces: Teleostei: Cyprinidae). *Plos One*, *11*, 1-25.
- Freyhof, J., Kaya, C., Turan, D. & Geiger, M. (2019). Review of the *Oxynoemacheilus tigris* group with the description of two new species from the Euphrates drainage (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa*, *4612*(1), 29-57.
- IUCN [International Union for the Conservation of Nature] (2021). IUCN Red List of threatened species. Version 2014.3. <http://www.iucnredlist.org> [August 2021]
- Kaya, C., Turan, D. & Ünlü, E. (2016). The latest status and distribution of fishes in upper tigris river and two new records for Turkish freshwaters. *Turkish Journal of Fisheries And Aquatic Sciences*, *16*, 545-562.
- Kaya, C. (2019). *Taxonomic revision of the species belong to genus Capoeta distributed in Turkey*. PhD Thesis. Recep Tayyip Erdogan University, Institute of Science and Technology, Rize, Turkey, 126 pp.
- Kaya, C., Turan, D., Kalaycı, G., Bayçelebi, E. & Freyhof, J. (2020). The westernmost known population of *Paracobitis* (Teleostei, Nemacheilidae), with the description of a new species from the Euphrates River in southern Anatolia. *Zootaxa*, *4838*(4), 525-534.

-
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007).** *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, 646 pp.
- Koyun, M., Gül, B. & Korkut, N. (2018).** Göynük çayı (Bingöl) balık faunası. *Commagene Journal of Biology*, 2(1), 39-47.
- Turan, D., Kaya, C. Ekmekçi, F.G. & Doğan, E. (2014).** Three new species of *Alburnoides* (Teleostei: Cyprinidae) from Euphrates River, Eastern Anatolia, Turkey. *Zootaxa*, 3754(2), 101-116.
- 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(1), 33-42.
- Turan, D., Kalaycı, G., Bektaş, Y., Kaya, C., Bayçelebi, E. (2020).** A new species of trout from the northern drainages of Euphrates River, Turkey (Salmoniformes: Salmonidae). *Journal of Fish Biology*, 96(6), 1291–1545.
- Van der Laan, R. (2017).** *Freshwater Fish List. 23rd edition*, ISSN: 2468-9157, Almere, The Netherlands, 997 pp.
- Yıldırım, T., Şen, D., Eroğlu, M., Çoban, M., Demiroğlu, F., Gündüz, F., Arca, S., Demir, T., Gürçay, S., Uslu, A. & Canpolat, İ. (2015).** Keban baraj gölü balık faunası, Elazığ, Türkiye. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 27(1), 57-69.



Rize Taşlıdere Havzasında Heyelan Kontrolü: Örnek Olay İncelemesi, Kireçhane ve Kırklartepe Yöreleri

Veli SÜME^{*1*} Turan YÜKSEK² Ayberk KAYA³

^{*1,3}Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye.

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye.

Geliş Tarihi: 13.09.2021

Kabul Tarihi: 27.10.2021

Basım Tarihi: 31.12.2021

Atıf yapmak için: SÜme, V., Yüksek T. & Kaya, A. (2021). Rize Taşlıdere Havzasında Heyelan Kontrolü: Örnek Olay İncelemesi, Kireçhane ve Kırklartepe Yöreleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 526-531.

How to cite: SÜme, V., Yüksek T. & Kaya, A. (2021). Landslide control in Rize Taşlıdere basin: Case Studies from Kireçhane and Kırklartepe Areas. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 526-531.

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-8251-2461>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-2964-1760>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-7278-333X>

*Sorumlu yazar:
Veli SÜME
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye
✉: veli.sume@erdogan.edu.tr

Öz: Rize ilindeki orman tahribatı ve arazinin koruma-kullanma tekniği dikkate alınmadan kullanılması il genelindeki heyelan riskini artırmaktadır. Bu çalışmanın amacı Rize Taşlıdere Havzası, Kireçhane ve Kırklartepe yöreleri heyelan kontrolü amaçlı örnek olay incelemesidir. Bu amaçla araştırma alanı yükselti kademelerine ayrılmış, her bir katmanda toprak penetrasyon direnci ve nem içeriği ile 2. yükselti katmanında birikimli infiltrasyon ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca katmanlarda 0-10 ve 10-30 cm derinliklerinden toprak örnekleri alınarak laboratuvara gönderilmiştir. Laboratuvarında tekstür ve suya dayanıklı (SDA) analizleri yapılmıştır. Ortalama değerlere göre araştırma sahasındaki zemin biriminin %60'ı yüksek plastisiteli kil, %40'ı ise düşük plastisiteli kil türündedir. Ortalama değerlere göre en yüksek su doygunluk değerine en yüksek kilin (%44,44), olduğu IV. yükselti kademesinde rastlanmıştır. Araştırma alanı III. yükselti kademesinde ölçülen birikimli infiltrasyon kapasitesindeki değişimin zamana göre $R^2 = 0,988$ ile $y = -0,0098x^2 + 2,5x + 18,03$ şeklinde ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Yükselti kademelerine göre en düşük penetrasyon direncine (0.03 mPa) I. yükselti kademesinde ve 8 cm toprak derinliğinde, en yüksek penetrasyon direncine (0.112 mPa) IV. yükselti kademesinde ve 30 cm toprak derinliğinde rastlanmıştır. Suya dayanıklı agregat (SDA) değerlerine bakıldığında en yüksek değere I. yükselti kademesinin alt topraklarında, en düşük değere ise II. yükselti kademesinin üst topraklarında rastlanmıştır. Koruma-kullanma dengesine uygun toprak yönetim modelinin oluşturulması araştırma alanı topraklarının heyelan oluşturma riskini azaltabilir.

Anahtar kelimeler: Heyelan, infiltrasyon, kireçhane, SDA, SPR.

Landslide control in Rize Taşlıdere basin: Case Studies from Kireçhane and Kırklartepe Areas

Abstract: The deforestation in Rize province and the use of the land without considering the protection-use technique increase the risk of landslides throughout the province. The aim of this study is a case study for landslide control in Rize Taşlıdere Basin, Kireçhane and Kırklartepe regions. For this purpose, the research area was divided into elevation levels, soil penetration resistance and moisture content in each elevation steps, while cumulative infiltration measurements were made in the 2nd elevation. In addition, soil samples were taken at 0-10 cm and 10-30 cm depths. Texture and water resistance (SDA) analyzes were performed in the laboratory. According to the average values, 60% of the soil in the study area is clay with high plasticity and 40% is clay with low plasticity. The highest water saturation value was found at the IV altitude steps where the clay content was the highest (%44,44). The cumulative infiltration capacity measured at the altitude III has a relationship with $R^2=0.988$ and $y=-0.0098x^2+2.5x+18.03$ according to time. According to the elevation, the lowest penetration resistance (SPR) (0.03 mPa) was found at elevation-I and at 8 cm soil depth, while the highest penetration resistance (0.112 mPa) at the elevation- IV and at 30 cm soil depth. The highest water-resistant aggregate (WSA) content was measured at 10-30 cm soil depth in the elevation-I, while the lowest WSA measured at 0-10 cm soil depth in the elevation-II. Establishing a soil management model suitable for the protection-use balance can reduce the risk of landslide formation in the research area.

*Corresponding author:
Veli SÜME
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of
Engineering and Architecture, Department of
Civil Engineering, Rize, Turkey
✉: veli.sume@erdogan.edu.tr

Keywords: Infiltration, kireçhane, landslide, SPR, WSA.

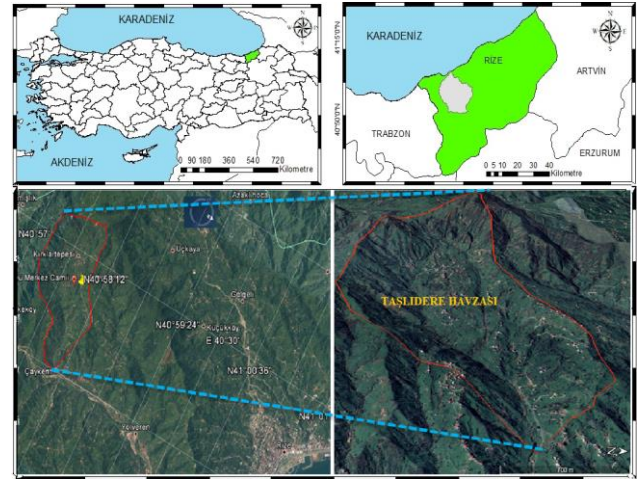
GİRİŞ

Heyelanlar genellikle kalın toprak veya yıpranmış kaya içeren dağlık ve tepelik alanlarda ve nemli bölgelerin üzerindeki volkanik arazilerde meydana gelmektedir. Volkanik arazilerde hidrotermal alterasyon süreçlerinden etkilenen volkanik ana kayalar üzerindeki dağ topografyasının zayıflaması nedeniyle meydana gelmektedir. Hidrotermal alterasyon alanında meydana gelen heyelanlar, şişen kil minerali içeren hidrotermal alterasyon tipleri, eğimi açısı ve kaya örtüsünden de etkilenebilmektedir (Maeda vd., 2012). Geçmişten günümüze kadar devam eden hidrotermal alterasyon süreci topraktaki kil miktarının artmasına neden olmaktadır. Kil minerallerinin yüksek yüzdesi, ana kayanın mukavemetini önemli ölçüde azaltmakta ve şev yenilmesini kolaylaştırmakta ve heyelan oluşumunun hızlandırmaktadır (Regmi vd., 2013). Arazilerin sahip olduğu riskli morfolojik özelliklerin yanı sıra ormanların tahrip edilmesi ve arazi kullanımında yapılan yanlış uygulamalar ülkemizin en yağışlı ili olan Rize'deki arazilerin heyelan duyarlılığını daha da artırmaktadır. Oysaki orman ekosistemi Rize gibi jeolojik olarak heyelana uygun yamaçların yoğun olarak bulunduğu yerlerdeki arazilerde statik dengenin oluşmasına katkı sağlamakta, yamacın hidrolik ve hidrolojik yapısının koruyarak suyun yamaç üzerinde heyelan oluşturma olasılığını azaltmaktadır. Toprak koruma yeteneği yüksek olan bitki örtüsünün tahrip edilerek toprak koruma yeteneği az olan bitkilerin, örneğin çay, alana getirilmesi sonucu heyelan olasılığı artmaktadır (Yüksek, 2011). Rize ilinde yapılan araştırmalarda kızılğaç baltalık ormanların tahrip edilerek çay tarımına dönüştürülmesi sonucu toprakların erozyon eğilim değerlerinin ve heyelan risklerinin arttığı ortaya konulmuştur (Yüksek & Kalay, 2002 ve 2004; Yüksek vd., 2004; Yüksek & Yüksek, 2009; Yüksek vd., 2009). Rize ilinde farklı zamanlarda meydana gelen heyelanların büyük çoğunluğu orman ekosisteminin ortadan kaldırılarak yerine çay plantasyonlarına dönüştürülen arazilerde meydana gelmiştir. Çay ekosisteminin toprak ve şev koruma yeteneğinin düşük olması, çay plantasyon alanlarındaki yağış akışı düzenleyen eğimli kanalların olmayışı veya önceden kullanılan drenaj kanallarının bakımlarının yapılmaması nedeniyle işlevselliğini kaybetmiş olması yamaç arazinin hidrolik yükünü ve buna bağlı olarak kayma riskini artırmaktadır (Yüksek & Yüksek, 2014).

Bu çalışmanın amacı Rize Taşlıdere Havzası, Kireçhane ve Kırklartepe yöreleri heyelan kontrolü amaçlı örnek olay incelemesidir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Alanının Tanıtımı: Araştırma alanı Eosen yaşlı, masif ve düzensiz tabakalı andezit-bazalt-lav ve piroklastik kayaların olduğu Kabaköy jeolojik formasyonu üzerindedir (Gattinger, 1962). Araştırma alanı Kireçhane havzası, Rize ilinin doğusunda yer alan Taşlıdere Havzasının bir alt havzası olup $40^{\circ} 52' 12'' - 40^{\circ} 58' 16''$ N enlemleri ve $40^{\circ} 29' 23'' - 40^{\circ} 32' 00''$ E boylamları arasındadır (Yüksek & Yüksek, 2021) (Şekil 1). Havzadaki topoğrafik eğim $6-11^{\circ}$ (%10-20), $11-19^{\circ}$ (%20-35) ve $>19^{\circ}$ ($> \%35$) arasındadır. Eğimin üst sınırı ise $\%55$ 'tir. Araştırma alanı genelinde çay tarımı hakim durumdadır. Çay tarımı dışında küçük alanlarda ve çoğu evsel ihtiyacın karşılanması için fasulye, mısır, lahana, mandalina, elma ve armut yetiştirilmektedir.



Şekil 1. Taşlıdere ve Kireçhane Havzalarının konumunu gösteren uydu görüntüsü.

Figure 1. Satellite image showing the position of the Taşlıdere and Kireçhane basin.

Türkiye'nin en yağışlı ili olan Rize sınırları içerisinde yer alan Taşlıdere havzasındaki yıllık toplam yağış miktarı 2269 mm olup, yıl içerisinde en az yağış 341 mm ile İlkbahar mevsiminde, en fazla yağış 822 mm ile Sonbahar mevsiminde meydana gelmektedir. Havzada Sonbahar mevsiminde meydana gelen yağış miktarı Türkiye'nin yıllık toplam yağışından %22 daha fazladır. Havzadaki yıllık ortalama sıcaklık $14,2^{\circ}\text{C}$ 'dir (Yüksek, 2017).

Araştırma alanı Kireçhane havzası önce dört yükselti (150-350 m (I), 351-550 m (II), 551-750m (III) ve 751-1000 m (IV)) basamağına ayrılmıştır. Daha sonra bu yükselti basamaklarının her birinde toprak çukurlarının yerleri rastegele yöntemine göre belirlenmiş ve 0-10 ve 10-30 cm derinlik kademelerinden strüktür yapısı tahrip olmuş ve korunmuş toprak örnekleri alınarak bazı analizler için laboratuvarlara gönderilmiştir. Toprak sıkışması her bir

yükselti kademesinde rastgele seçilen 30 farklı noktada ve el ile bastırılarak kullanılan (handpushed) penetrometre ile 0-30 cm arasında 5 cm derinlik kademelerine yapılmıştır. Birikimli (cumulative) infiltrasyon arazi koşullarında 25 cm boy ve 20 cm çapındaki tek sindirli infiltrometre ile yapılmıştır. İnfiltrasyon silindiri toprak yüzeyinden yaklaşık 4 cm derine çakılmış ve içine su eklenerek zamana bağlı olarak (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 dakika) toprağa sızan su miktarı tespit edilmiş ve toprağa infiltre olan su hesaplanmıştır (Şekil 2).



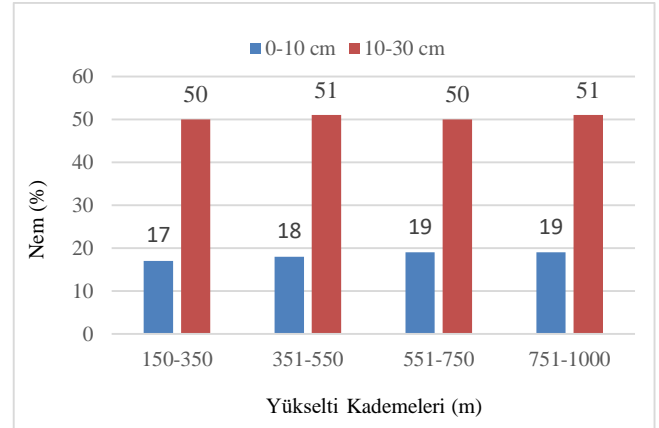
Şekil 2. Arazide toprak sıkışması ve infiltrasyon ölçümünün yapılması (Foto: Yüksek, 2017).

Figure 2. Soil compaction and infiltration measurement in the field (Foto: Yüksek, 2017).

Laboratuvar Analizleri: Toprak nemi arazi koşullarında dijital nem ölçer ile, laboratuvar koşullarında maksimum su tutma kapasitesi TS8333'e göre (Gülçür, 1974), tekstür analizi Bouyoucos metoduna (Bouyoucos, 1962) göre, suya dayanıklı agregat miktarı (SDA) (Kemper & Rosenau, 1986) yöntemine göre tespit edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

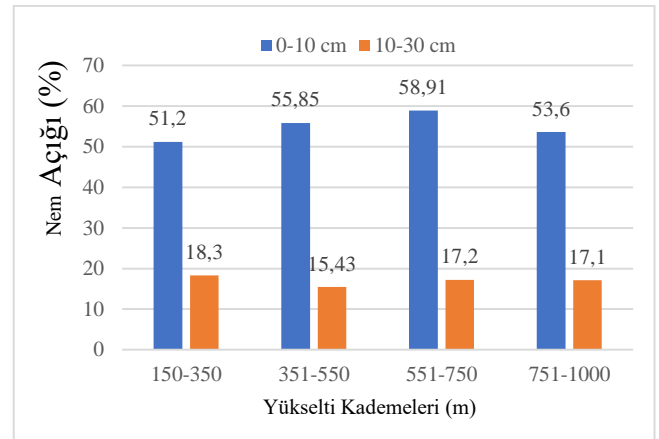
Araştırma alanı I. ve III. yükselti kademelerindeki zeminlerin düşük plastisiteli kil, II. ve IV. yükselti kademesindeki zemin biriminin yüksek plastisiteli kilden oluştuğu tespit edilmiştir. Ortalama değerlere göre araştırma sahasındaki zemin biriminin %60'ı yüksek plastisiteli kil, %40'ı ise düşük plastisiteli kil türündedir. Ortalama değerlere göre en yüksek su doygunluk değerine en yüksek kilin (%44,44), olduğu IV. yükselti kademesinde rastlanmıştır. Araştırma alanı killi balçık ve balçıklı kil tekstürdeki toprakların su tutma kapasitesi oldukça yüksektir. Arazide yapılan ölçümlere göre üst topraktaki (0-10 cm) nem değerleri I. yükselti kademesinde %17, II. yükselti kademesinde %18, III. ve IV. yükselti kademesinde ise %19 olarak tespit edilmiştir. Arazide yapılan ölçümlere göre alt toprak (10-30 cm) nem miktarı ise I., II., III. ve IV. yükselti kademelerinde sırasıyla %50, 51, 50, 51'dir (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanındaki nem değerlerinin yükselti ve toprak derinlik kademelerine göre değişimi.

Figure 3. The change of moisture content according to soil depth and elevation in the study area.

Araştırma alanı üst topraklarında en yüksek nem açığı %58,91 ile III. yükselti kademesinde, en düşük nem açığı ise %17,1 ile IV. yükselti kademesindedir. Alt topraklarda en yüksek nem açığı %18,3 ile I. yükselti kademesinde, en az nem açığı %17,1 ile IV. yükselti kademesinde rastlanmıştır (Şekil 4).



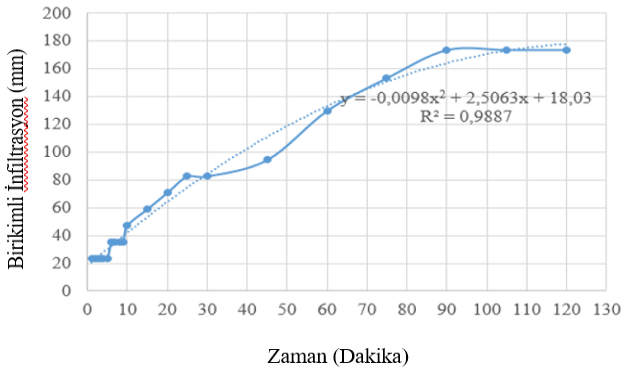
Şekil 4. Araştırma topraklarındaki maksimum nem açığının (%) yükselti kademelerine göre değişimi

Figure 4. Variation of the maximum moisture deficit (%) in the research soils according to the altitude levels

İlgili değerlerden de görüleceği üzere alt toprakların nem açığı %20'nin altındadır. Bir diğer ifade ile alt toprakların su doygunluğu %80 düzeyindedir. Alt toprakların büyük bir kısmı sürekli su ile doymuş halde olduğu için şiddetli bir yağıştan sonra alt toprak doygunluğu kısa sürede gerçekleşebilmektedir. Yağışın devamında üst topraklarda hızla doymuş hale gelmekte ve fazla yağış arazi üzerinde yüzeysel akışa geçmektedir. Arazi üzerinde yüzeysel akışa geçen su, yamaç eğimine, yamaç uzunluğuna, suyun hidrolik yüküne bağlı olarak çok güçlü bir kuvvet ile hareket ederek yamaç stabilitesinin bozulmasına ve heyelan oluşmasına neden olduğu söylenebilir. Toprakların su ile belli bir seviyede doymuş olması etkili bir yağıştan sonra alabileceği su miktarını

kısıtladığı belirtilmektedir (Çepel, 1995; Görecelioğlu, 2003; Yüksek vd.,2009).

Araştırma alanı III. yükselti kademesinde ölçülen birikimli infiltrasyon değeri ilk 30 dakikada 80 mm iken, 60. dakikada 130 mm, 120 dakika sonra ise 173 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 5). İnfiltrasyon kapasitesi 90. dakikaya kadar doğrusal bir şekilde artmış, daha sonra kısmen azalarak yatay harekete geçmiştir. İnfiltrasyon kapasitesindeki değişim $R^2 = 0,988$ ile $y = -0,0098x^2 + 2,5x + 18,03$ şeklinde formüle edilmiştir. Şekil 5'ten görüleceği üzere 2 saat içinde toprağa infiltre olabilecek maksimum su miktarı 180 mm'dir. Bunun üzerindeki yağışın tamamı yüzeysel akışa geçmekte ve heyelan oluşumuna neden olabilmektedir. İki yağış arasında toprakta tutulan suyun miktarı arttıkça birikimli infiltrasyon miktarı azalacak ve bunun sonucunda daha fazla su yüzeysel akışa geçerek heyelan riskini arttıracaktır. Yağışlı mevsimlerde yağış nedeniyle emiş azalır, zemin yüzeyine paralel kırılma yüzeyleri olan öteleme hareketi şeklinde kırılmaya yol açtığı belirtilmektedir (Üyetürk vd., 2020).



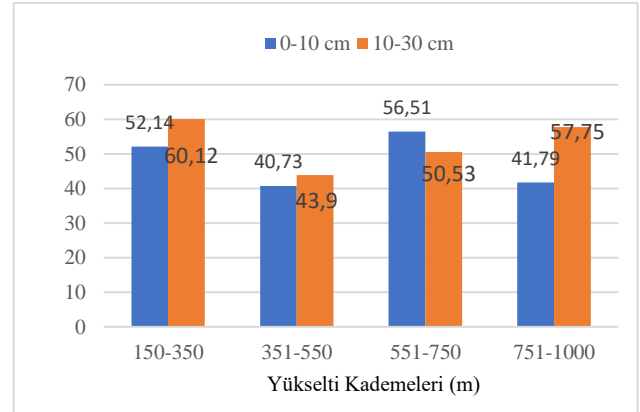
Şekil 5. Araştırma sahası II. yükselti kademesindeki birikimli infiltrasyon (mm/dak)

Figure 5. Cumulative infiltration at elevation level-II (mm/min) in the study area

Araştırma sahası tüm yükselti kademelerinde topraklardaki sıkışma değerleri toprak derinliğine bağlı olarak artmaktadır. Yükselti kademelerine göre en düşük penetrasyon direncine (0.03 mPa) I. yükselti kademesinde ve 8 cm toprak derinliğinde, en yüksek penetrasyon direncine (0.112 mPa) IV. yükselti kademesinde ve 30 cm toprak derinliğinde rastlanmıştır. Toprak derinliğine göre penetrasyon değerlerinin artması suyun toprak içindeki perkolasyon ve hidrolik iletkenlik değerlerinin azalmasına ve daha kolay yüzeysel akışa geçmesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda toprakların heyelana uğrama riski artmaktadır.

Suya dayanıklı agregat (SDA) değerlerine bakıldığında en yüksek değere I. yükselti kademesinin alt topraklarında, en düşük değere ise II. yükselti kademesinin üst topraklarında rastlanılmıştır. II. yükselti kademesindeki toprakların her iki derinlik kademesindeki (0-10 cm ve 10-

30 cm) suya dayanıklı agregatların (SDA) değeri kritik seviyenin altındadır (Şekil 6).



Şekil 6. Suya dayanıklı agregat (SDA) (%) değerlerinin yükselti kademelerine göre değişimi

Figure 6. Variation of water resistant aggregate (SDA) (%) content according to elevation.

Arazinin zemin yapısı ile birlikte toprakların su ile tamamen doymun halde olması ve bozulan agregat yapısı nedeniyle heyelan duyarlılığının arttığı belirtilmektedir (Yüksek, 2009; Yüksek & Yüksek, 2009). Nitekim Yüksek (2009) tarafından çay topraklarında yapılan bir çalışmada SDA değerlerinin azalması ile toprakların kayma riskinin arttığı ortaya konulmuştur. Bu sorunun çözümlenebilmesi için havza genelinde yağış-akış ilişkisinin doğru bir şekilde planlanması ve yönetilmesi gerekir. Bu amaçla yüzeysel akışa geçebilecek fazla suyu yan derelere aktarabilecek drenaj kanallarının oluşturulması kayma tehlikesini büyük oranda azaltabilir. Yine havza topraklarının agregat stabilitesi güçlendirilerek heyelan oluşma riski azaltılabilir. Toprak agregat yapısının güçlendirilmesi için çay tarımında uygulanan ve toprak agregat yapısını bozan kimyasal gübrenin ivedilikle kullanımına son verilmeli bunun yerine doğal gübrelere (fermente olmuş hayvan gübrelere, solucan gübresi, yeşil gübre vb) kullanılması teşvik edilmelidir (Şekil 7).

Arazi yetenek sınıfları dikkate alındığında Kireçhane havzasındaki arazilerin büyük kısmı III+IV+VI sınıf arazi niteliğindedir. Tarımsal arazi varlığının kısıtlı olduğu havzadaki ana geçim kaynağı çay tarımına bağlı faaliyetlerdir. Çay tarımının kızılağaç baltalık işletmelerine kıyasla daha yüksek bir getiriye sahip olması nedeniyle havza içindeki ormanlık alanlar azalırken; çay tarım alanları hızla genişlemektedir (Şekil 7).

Bir yandan arazi tahribatı, diğer yandan toprak koruma ilkeleri dikkate alınmadan yürütülen çay tarımı faaliyetleri Kireçhane havzası arazi stabilitesinin dengesini bozmaya devam etmektedir. Buna ilaveten küresel iklim değişimi ve havza genelindeki yağışın yıllara göre artmaya devam etmesi ve buna bağlı olarak daha fazla yüzeysel akışın oluşmasına ve arazi stabilitesinin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Havza genelindeki yıllık

yüzeysel akışa geçen su miktarı 1551 mm/m² dir. En fazla yüzeysel akış 540 mm ile sonbahar mevsiminde, en az yüzeysel akış 237 mm ile ilkbahar mevsiminde meydana gelmektedir. 403 hektarlık havzada yıllık yüzeysel akış miktarı 6,25 milyon m³'tür. İlgili değerlerden de görüleceği üzere havzada çok ciddi seviyede bir yüzeysel akış meydana gelmektedir.



Şekil 7. Kireçhane havzasında Orman tahribatı, arazi dönüştürme ve yeni çay plantasyon kurulumu (Foto: Yüksek, 2017).
Figure 7. Deforestation, land conversion and new tea plantation establishment in Kireçhane watershed (Photo: Yüksek, 2017).

Diğer önemli bir husus havza içindeki bina ve yol yoğunluğunun artması şev heyelan duyarlılığının artmasına neden olmaktadır. Havza genelinde yapılan yollara ait drenaj kanallarının olmaması nedeniyle şiddetli yağışlarda sonra yüzeysel akışa geçen su, yol aksını drenaj kanalı olarak kullanmakta ve daha hızlı bir yüzeysel akış oluşmasına ve ardından sel ve heyelan oluşmasına neden olmaktadır. Nitekim Karslı vd., (2009) Rize ili Ardeşen ilçesinde yaptıkları araştırmada bitki örtüsü, arazi eğimi, yol ve bina yoğunluğunun artması ile heyelanın arttığı tespit etmişlerdir.

Havzadaki heyelan riskinin azaltılması için koruma-kullanma dengesine uygun arazi yönetim planının yapılması ve ivedilikle uygulamaya geçirilmesi gerekir. Arazi planlama ve yönetiminin mutlaka havza karakteristiklerini esas alan ve bütüncül havza ilkelerine göre yapılması gerekir. Havza karakteristiklerini dikkate alan bütüncül havza planlama ve yönetim modellerinin sel-heyelan risklerinin önlenmesi için önemli ve gerekli olduğu pek çok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir (Yüksek vd., 2019; Yüksek vd., 2020; Özçelik vd., 2021).

KAYNAKLAR

Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, **54**, 464-465.

- Çepel, N. (1998).** *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi. Yayın No. 3518, Orman Fakültesi Yayın No. 399, İstanbul İstanbul.
- Karslı, F., Atasoy, M., Yalçın, A., Reis, S., Demir, O. & Gökçeoğlu, C. (2009).** Effects of land-use changes on landslides in a landslide-prone area (Ardeşen, Rize, NE Turkey). *Environmental Monitoring Assessment*, **156**, 241-255.
- Gattinger, T. (1962).** Explanatory text of the geological map of Turkey, Trabzon. Ankara: MTA Publications.
- Görcelioğlu, E. (2003).** *Sel ve Çığ Kontrolü*. İ.Ü Yayın No:4415, O.F Yayın No:473, İstanbul.
- Gülçür, F. (1974).** *Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları*. Kutulmuş Matbaası, İstanbul Üniversitesi. Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No. 201, İstanbul.
- Maeda, H., Sasaki, T., Furuta, K., Takashima, K., Umemura, A. & Kohno, M. (2012).** Relationship between landslides, geologic structures, and hydrothermal alteration zones in the Oheki-sawa-Shikerebembetsugawa landslide area, Hokkaido, Japan. *J. Earth Sci. Eng.*, **2**, 317-327.
- Özçelik, A.E., Yüksek, T., Yüksek, F. & Verep, B. (2021).** Havza ve arazi karakteristiklerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla değerlendirilmesi: Pazar Hemşin deresi havzası örneği. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Dergisi*, **6**(2), 252-260.
- Kemper WD, Rosenau RC (1986).** Aggregate stability and size distribution. In: Klute A. (Editor), *Methods of Soil Analysis*. Part I, Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9 (2nd ed)., 425-442. Soil Sci. Soc. Ame. Madison, USA.
- Regmi, A.D., Yoshida, K., Dhital, M.R. & Devkota, K. (2013).** Effect of rock weathering, clay mineralogy, and geological structures in the formation of large landslide, a case study from Dumre Besi landslide, Lesser Himalaya Nepal. *Landslide*, **10**, 1-13.
- Üyetürk, C.E., Huvaj, N., Bayraktaroğlu, H. & Hüseyinpaşaoğlu, M. (2020).** Geotechnical characteristics of residual soils in rainfall-triggered landslides in Rize, Turkey. *Engineering Geology*, **264**, 1053182, 1-12.
- Yüksek, T., (2011).** Rize yöresinde yanlış arazi kullanımı ve neden olduğu çevresel sorunlar. *Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelan ve Taşkın Sempozyumu*, 10-11 Şubat, 2011, Trabzon. <http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/1-4-rize-y%C3%B6resinde-yanl%C4%B1%C5%9F-arazi-kullan%C4%B1m%C4%B1-ve-neden->

- oldu% C4% 9Fu-% C3% A7evresel-sorunlar---yrd-do% C3% A7-dr-turan-y% C3% B Cksek.pdf?sfvrsn=2. (20 Ekim 2017).
- Yüksek, T., Kalay, H.Z. & Yüksek, F. (2004).** Pazar Deresi Havzasında Arazi Kullanım Problemleri. *SDU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(3), 121-127.
- Yüksek, T. & Kalay, H.Z. (2002).** Kızılağaç baltalık büklerinin çay tarımına dönüştürülmesi sonucu toprakların bazı özelliklerinde meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması. *II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 15-18 Mayıs, 2002, Artvin, Türkiye*, Cilt II, 780-789.
- Yüksek, T., Kalay, H.Z., & Yüksek, F. (2004).** Comparison of some soil properties between maize cultivation areas and adjacent Alder [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner subsp. barbata (C.A.Meyer) yalt] stands in Kesikköprü Village, Pazar in Turkey. *International Soil Congress on Natural Resource Management for Sustainable Development, June 7-10, 2004, Erzurum-Turkey*, C1, 1-8 pp.
- Yüksek, T. & Yüksek, F. (2009).** Clear-cutting effects of Alder (*Alnus glutinosa* L. subsp. barbata) coppice on surface soil properties and aboveground herbaceous plant biomass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(15), 2562-2578.
- Yüksek, T., Göl, C., Yüksek, F. & Yüksel, E.E. (2009).** The effects of land-use changes on soil properties: the conversion of alder coppice to tea plantations in the humid northern Blacksea region. *African Journal of Agricultural Research*, 4(7), 665-674.
- Yüksek, T. (2009).** Effects of land use management on surface soil properties, erosion indices and green tea yield in humid Blacksea region. *Fresenius Environmental Bulletin (FEB)*, 18(5b), 848-857.
- Yüksek, T., Yüksek, F., (2014).** Rize yöresinde arazi kullanımı ve bazı iklim elemanlarında meydana gelen zamansal değişimler ile sel-heyelan olayları arasındaki ilişkiler. *I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu 10-12 Eylül, 2014, Çankırı, Türkiye*, 564-572.
- Yüksek, T. (2017).** Rize ili arazi kullanım durumu, bazı ormancılık çalışmaları ve yağışların zamansal dağılımının genel bir değerlendirilmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 59-66.
- Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2019).** Çağlayan havzasının (Fındıklı-Rize) bazı havza karakteristiklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Dergisi*, 4(3), 532-538.
- Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2020).** Fırtına havzasının bazı havza karakteristikleri ile arazilerin fizyografik özelliklere göre dağılımlarının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Dergisi*, 5(3), 439-449.
- Yüksek, T. & Yüksek, F. (2021).** Effects of altitude, aspect, and soil depth on carbon stocks and properties of soils in a tea plantation in the humid Black Sea region. *Land Degradation & Development*, 32(15), 4267-4276.



Balıklardan İzole Edilen Bazı Bakteriyel Patojenlere Karşı Tannik Asitin Antibakteriyel Etkisinin Belirlenmesi^[*]

Fikri BALTA^{1*} Neşe TEKİN²

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Hastalıklar Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 05.10.2021

Kabul/Accepted: 30.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Balta, F. & Tekin, N. (2021). Balıklardan izole edilen bazı bakteriyel patojenlere karşı tannik asitin antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 532-539.

How to cite: Balta, F. & Tekin, N. (2021). Determination of antibacterial effect of tannic acid against some bacterial pathogens isolated from fish. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 532-539.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-1823-5823>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-9734-9871>

****Sorumlu yazarın:**

Fikri BALTA
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su
Ürünleri Fakültesi, Hastalıklar Anabilim Dalı,
Fener Mah. 53100/Rize, Türkiye
✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, bitkilerden doğal ekstraksiyon işlemiyle elde edilen ve su ürünleri yetiştiriciliğinde tatlandırıcı yem katkı maddesi olarak kullanılan Silvafeed TSP'nin (tannik asit) *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens*, *Yersinia ruckeri*, *Vibrio anguillarum* ve *Escherichia coli*'ye (ATCC 25922) karşı antimikrobiyal etkinliği agar well difüzyon ve minimal inhibisyon konsantrasyon testi (MİK) ile araştırıldı. Agar well difüzyon testinde, *A. hydrophila*, *E. coli* ve *Y. ruckeri* izolatlarının 12,5 µg/ml'nin üzerindeki konsantrasyonlara duyarlı iken, *P. fluorescens* ve *V. anguillarum* izolatlarının 6,25 µg/ml'nin üzerindeki tannik asit konsantrasyonlarına hassas olduğu belirlendi. Disk difüzyon testinde *P. fluorescens*'in gentamisin ve doksisisiklin hariç çalışmada kullanılan diğer antimikrobiyel ajanlara karşı dirençli olduğu, *A. hydrophila*, *E. coli*, *V. anguillarum* ve *Y. ruckeri*'nin ise ampisilin hariç çalışmada kullanılan diğer antibiyotiklere karşı hassas olduğu tespit edildi. Bu çalışmada, *P. fluorescens* izolatının florfenikol (FFC)'ün 200 µg/ml hariç bütün konsantrasyonları ve *E. coli* izolatının sadece FFC'nin 3,125 µg/ml konsantrasyonuna dirençli olduğu tespit edildi. Fakat, doksisisiklinin beş bakteri izolatına karşı duyarlı olduğu belirlendi. Tannik asitin 6,25 µg/ml konsantrasyonuna *P. fluorescens* ve *V. anguillarum* dirençli iken, 12,5 µg/ml konsantrasyonu ise *E. coli*, *A. hydrophila* ve *Y. ruckeri*'nin dirençli olduğu belirlendi. Tannik asitin MİK değeri; *E. coli* için 187,5 µg/ml, *A. hydrophila* için 250 µg/ml, *P. fluorescens* için 31,25 µg/ml, *V. anguillarum* 375 µg/ml ve *Y. ruckeri* için 125 µg/ml olarak belirlendi. *P. fluorescens* izolatı için florfenikolün MİK değerleri belirlenemezken; *E. coli*, *A. hydrophila*, *V. anguillarum* ve *Y. ruckeri* için sırasıyla, 25 µg/ml, 12,5 µg/ml, 12,5 µg/ml ve 50 µg/ml olduğu belirlendi.

Anahtar kelimeler: Akuakültür, antimikrobiyal hassasiyet, MİK, tannik asit, tedavi.

Determination of Antibacterial Effect of Tannic Acid Against Some Bacterial Pathogens Isolated from Fish

Abstract: In this study, the antimicrobial activity was investigated Silvafeed TSP (tannic acid) obtained by natural extraction from plants and used as a flavoring feed additive in aquaculture, against *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens*, *Yersinia ruckeri*, *Vibrio anguillarum* and *Escherichia coli* (ATCC 25922). For this purpose, agar well diffusion and minimal inhibition concentration (MIC) tests were used. In the agar well diffusion test, it was determined that *A. hydrophila*, *E. coli* and *Y. ruckeri* isolates were sensitive to concentrations above 12,5 µg/ml, while *P. fluorescens* and *V. anguillarum* isolates were sensitive to tannic acid concentrations above 6,25 µg/ml. In the disc diffusion test, it was determined that *P. fluorescens* was resistant to other antimicrobial agents used in the study except gentamicin and doxycycline, and *A. hydrophila*, *E. coli*, *V. anguillarum* and *Y. ruckeri* were sensitive to other antibiotics used in the study except ampicillin. In this study, it was determined that the *P. fluorescens* isolate was resistant to all concentrations of florfenicol (FFC) except 200 µg/ml and the *E. coli* isolate was resistant only to the 3.125 µg/ml concentration of FFC. However, doxycycline concentrations were determined to be sensitive to five bacterial isolates. It was determined that *P. fluorescens* and *V. anguillarum* were resistant to the 6.25 µg/ml concentration, while *E. coli*, *A. hydrophila* and *Y. ruckeri* were resistant to the 12.5 µg/ml concentration of tannic acid. The MIC values of tannic acid for *E. coli*, *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *V. anguillarum* and *Y. ruckeri* were determined as 187,5 µg/ml, 250 µg/ml, 31.25 µg/ml, 375 µg/ml and 125 µg/ml, respectively. While MIC values of florfenicol could not be determined for *P. fluorescens* isolate; It was determined as 25 µg/ml, 12.5 µg/ml, 12.5 µg/ml and 50 µg/ml for *E. coli*, *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *V. anguillarum* and *Y. ruckeri*, respectively.

***Corresponding author's:**

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty
of Fisheries, Department of Diseases, Fener
Mah. 53100/Rize, Turkey
✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Keywords: Antimicrobial susceptibility, aquaculture, MIC, tannic acid, treatment.

[*] Bu çalışma, Neşe TEKİN'in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by Neşe TEKİN.

GİRİŞ

İntensif gökkuşağı alabalık yetiştiriciliğinde artan tüketici taleplerini karşılamak için her geçen gün üretimdeki artışa bağlı olarak balık hastalık sorunları ile sıklıkla karşılaşmaktadır. Gökkuşağı alabalık yetiştiriciliğinde havuzlarda aşırı stok yoğunluğu bakteriyel balık hastalıklarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu hastalıkların erken teşhisinin ve tedavisinin yapılmaması durumu, toplu ölümler görülebilmekte ve bu nedenle işletmelerde ekonomik yönden büyük kayıpların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Bu durum akuakültürde sürdürülebilir üretimi önemli ölçüde etkilemektedir. Balıklardan görülen bakteriyel hastalıkların tedavisi genellikle, antibiyogram test sonuçlarına göre yapılmaktadır. Test sonucuna göre en etkili ve ucuz olan antibiyotik tercih edilmektedir. Son yıllarda; akuakültürde kullanılan antibiyotiklere karşı kazanılan direnci ve insan sağlığı açısından antibiyotik kalıntı problemlerini ortadan kaldırmak amacıyla organik balık yetiştiriciliğinde alternatif olarak kullanılabilir doğal bitkisel kökenli (kestane ağacı) bir yem katkı maddesi olan silvafeed (tannik asit) kullanılması düşünülmüştür. Silvafeed ekşimsi tatta, kahverengi renkte, toz formunda, minimum %75 polifenol içeriğine sahip olan ve maksimum %8 rutubet stoklanmış bir tanen (tannik asit) bileşimidir (http, 2021).

Tanenlerin (tannik asitler), antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antiviral, antioksidan ve antiparazitik aktiviteler gibi önemli biyolojik özelliklere sahip suda çözünebilir polifenolik bileşikler grubu kimyasal maddeler olduğu rapor edilmiştir (Pérez-Fonseca vd., 2016). Tanenlerin çeşitli bitkilerin kabukları, meyveleri, yaprakları ve kökleri gibi farklı kısımlarında yaygın olarak buldukları bildirilmiştir (EL-Hefny vd., 2017). Tanenlerin hidrolize olabilen ve kondanse (yoğunlaştırılmış) olabilen iki farklı tipleri bulunmaktadır. Tanenlerin başlıca görevlerinin proteinleri ve diğer makromolekülleri bağlama ve çökeltme olduğu bildirilmiştir (Brooker vd., 1994). Mide-bağırsak sistemi bakterilerinin tanenleri ve tannik asit-protein komplekslerini parçalayabildikleri veya tolere edebildikleri rapor edilmiştir. Ayrıca, hidrolize olabilen tanenlerin (tannik asit), hayvanlar ve rumen mikroorganizmaları için toksik etki meydana getirdiği bildirilmiştir (Brooker vd., 1994; Salem vd., 2010; Bae vd., 1993). Tanenlerin inhibitör etkisinin bakterilerin hücre duvarında fonksiyon bozukluğu meydana getirmesine, enzim aktivitesini azaltılmasına, metal iyonları (demirle şelasyon oluşturarak) ve minerallerin yokluğuna bağlı olarak gösterdiği bildirilmiştir (Goel vd., 2005; Cipriano-Salazara vd., 2018).

Bu çalışmada, Karadeniz bölgesindeki gökkuşağı alabalığı üretim çiftliklerinde hastalık epizootilerinde en çok rastlanılan ve izole edilen Gram negatif bakterilerden olan *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *Y. ruckeri* ve *V. anguillarum* izolatlarına karşı silvafeed'in (tannik asit) antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERIAL AND METHOD

Silvafeed TSP (Tannik Asit), Doksisisiklin ve Florfenikol Stok Solüsyonlarının Hazırlanması: Bu çalışmada kullanılan Silvafeed TSP, Profeed Gıda ve Kim. Mad. San. Tic. Ltd. Şti. şirketinden ücretsiz olarak temin edildi. Silvafeed TSP, bitkilerden doğal ekstraksiyon işlemleri kullanılarak elde edilen suda çözünür toz şeklindeki ticari bir üründür. Silvafeed'in antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi amacıyla öncelikle, 0,2 ve 0,3gr Silvafeed 100 ml saf suda ayrı ayrı çözdürülerek stok solüsyonları hazırlandı. Hazırlanmış olan bu stok solüsyonlarından 20 ml cam şişeler içerisinde 2 katlı ve 10 katlı dilüsyonları hazırlanarak çalışmada test edilecek konsantrasyonlar hazırlandı. Doksisisiklin (Medox %50 Toz-Medicated) ve florfenikol'ün (Florfish %50 Toz-Medicated) her birinden 0,4'er gr tartıldı. Balon jodede (100 ml) %2'lik 0,1M HCl içeren metanol çözeltisinde manyetik bir bar yardımıyla manyetik karıştırıcıda homojen hale getirildi. Hazırlanan stok solüsyonları steril 0,45 µm'lik membran flitre (Merck-Millipore) yardımı ile steril edildi. Tannik asit'in (0,2 gr'dan hazırlanmış) dilüsyonları ve konsantrasyonları Tablo 1'de verildi.

Tablo 1. Tannik asitin iki katlı seri dilüsyonlarının konsantrasyonları.

Table 1. Concentrations of two-fold serial dilutions of tannic acid.

Tüpler	Tannik asitin iki katlı seri dilüsyonları	Konsantrasyonu
1.	1 ml → 2 mg (=2000 µg)	2000 µg TA
2.	1 ml 2000 µg TA + 1 ml steril su	1000 µg TA
3.	1 ml 1000 µg TA + 1 ml steril su	500 µg TA
4.	1 ml 500 µg TA + 1 ml steril su	250 µg TA
5.	1 ml 250 µg TA + 1 ml steril su	125 µg TA
6.	1 ml 125 µg TA + 1 ml steril su	62,5 µg TA
7.	1 ml 62,5 µg TA + 1 ml steril su	31,25 µg TA
8.	1 ml 31,25 µg TA + 1 ml steril su	15,625 µg TA
9.	1 ml 15,625 µg TA + 1 ml steril su	7,8125 µg TA
10.	1 ml 7,8125 µg TA + 1 ml steril su	3,90625 µg TA
11.	0,1 M HCl içeren metanol	Kontrol

Hazırlanan stok 0,4 gr %50'lik florfenikol ve 0,4 gr %50'lik doksisisiklin antibiyotik çözeltileri %50'lik olduğu için 1 ml'sinde 2 mg (= 2000 µg) etken madde bulunmaktadır. Florfenikol ve doksisisiklinin iki katlı seri dilüsyonlarının konsantrasyonları aşağıdaki gibi hesaplandı ve Tablo 2'de verildi.

Tablo 2. Florfenikol ve doksisisiklinin iki katlı seri dilüsyonlarının konsantrasyonları.**Table 2.** Concentrations of serial two-fold dilutions of florfenicol and doxycycline.

Tüpler	DO ve FFC'ün iki katlı seri dilüsyonları	Konsantrasyonu
1.	1 ml → 1 mg (=2000 µg)	2000 µg
2.	1 ml 2000 µg + 1 ml steril su	1000 µg
3.	1 ml 100 µg + 1 ml steril su	500 µg
4.	1 ml 500 µg + 1 ml steril su	250 µg
5.	1 ml 250 µg + 1 ml steril su	125 µg
6.	1 ml 125 µg + 1 ml steril su	62,5 µg
7.	1 ml 62,5 µg + 1 ml steril su	31,25 µg
8.	1 ml 31,25 µg + 1 ml steril su	15,625 µg
9.	1 ml 15,625 µg + 1 ml steril su	7,8125 µg
10.	1 ml 7,8125 µg + 1 ml steril su	3,90625 µg
11.	0,1 M HCl içeren metanol + 1 ml steril su	Kontrol

Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar:

Çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki gökkuşağı alabalığı çiftliklerinden daha önceki çalışmalarda izole ve identifiye edilmiş olan *A. hydrophila*, *P. fluorescens* (P73), *V. anguillarum* (V976) ve *Y. ruckeri* izolatları kullanıldı (Balta vd., 2010; Balta, 2016; Balta & Dengiz Balta, 2016; Balta & Dengiz Balta, 2017; Kacar & Balta, 2017, Balta, 2020). Tüm izolatlar kullanılmaya kadar -80°C'de %1,5 gliserol içeren besi yerinde muhafaza edildi. Ayrıca, Silvafeed'in etkinliğinin belirlenmesi amacıyla *E. coli* (ATCC 25922) suşu kullanıldı. Çalışmada test edilen bakteri izolatları ve kökenleri Tablo 3'de verildi.

Tablo 3. Bakteri türleri ve kökenleri.**Table 3.** Bacteria species and origins.

No	Bakteri Türü	Köken
1	<i>E. coli</i>	ATCC 25922
2	<i>A. hydrophila</i>	Alabalık-Rize
3	<i>P. fluorescens</i>	Alabalık-Rize
4	<i>V. anguillarum</i>	Alabalık-Rize
5	<i>Y. ruckeri</i>	Alabalık-Trabzon

Agar Well Difüzyon Testi: Silvafeed TSP, doksosillin ve florfenikol'ün antimikrobiyal duyarlılığının belirlenmesinde Arret vd., 1971'de kullanıldığı metot modifiye edilerek kullanıldı (Balta, 1999; Balta & Çağırğan, 2007; Balta & Çağırğan, 2010). Bu amaçla Antibiyotik Medium No: 2 yerine Mueller Hinton Agar (MHA-Merck) kullanıldı. *E. coli*, *A. hydrophila*, *P. fluorescens* ve *Y. ruckeri* mikroorganizmaları için normal MHA ve *V. anguillarum* için ise tuzlu MHA kullanıldı. Hazırlanan besi yerleri üzerine steril porselen boncuklar kullanılarak kuyucuklar açıldı. Daha sonra mikroorganizmaların bir gecelik taze kültürlerinden fizyolojik tuzlu su (%0,9 NaCl) içerisine McFarland 0,5'e göre süspansiyonları hazırlandı. Hazırlanmış olan süspansiyonlardan 1'er ml alınarak besiyerlerine yayma tarzında ekimleri yapıldı. Daha önceden hazırlanan stok tannik asit, doksisisiklin ve florfenikol solüsyonlarından hazırlanan farklı konsantrasyondaki dilüsyonların her birinden otomatik pipet yardımı ile 100 µl alınarak 3'er paralel olmak üzere kuyucuklara ilave edildi. Kontrol olarak 1 kısım metanol (%2'lik 0,1M HCl içeren) + 1 kısım steril saf su içeren dilüsyondan 3 paralel olmak üzere

100 µl miktarında kuyucuklara ilave edildi. Farklı konsantrasyonlardaki tannik asit, doksisisiklin ve florfenikol ilave edilmiş 6 kuyucuklu besiyerleri 25°C'de 18 saat inkübasyona bırakıldı. Bu inkübasyonun sonrasında her bir kuyucuğun etrafında oluşan bakterinin üremediği zon çapları dijital kompas yardımı ile ölçülerek değerlendirildi.

Disk Difüzyon Testi: Mikroorganizmaların antibiyotik duyarlılıklarının belirlenmesinde Kirby-Bauer disk difüzyon (1959-1960) yöntemi kullanıldı. Bu amaçla çalışmada kullanılan her bir bakteri izolatın ve standart suşun bir gecelik subkültürleri FTS içerisine alınarak yoğunlukları Mc Farland No 0,5'e göre ayarlandı. Daha sonra hazırlanmış olan bakteriyel süspansiyonlardan 0.1 ml alınarak MHA'ya ekildi. Ekim sonrası petripler 30 dk oda sıcaklığında bırakıldı ve bu süre sonunda agar yüzeyine antibiyotik diskleri yerleştirildi. Çalışmada ampisilin (10 µg), gentamisin (10 µg), doksisisiklin (30 µg), enrofloksasin (5 µg), oksitetrasiklin (30 µg) sulfamethoksazol (100 µg) ve trimetoprim/sulfamethakzol (1.25/23.75 µg) olmak üzere 8 farklı antibiyotik diski (Bioanalyse) kullanıldı. Antibiyotik diskleri yerleştirilen petripler 25°C'de 18 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonrası antibiyotik diskleri etrafında oluşan bakterinin üremediği inhibisyon zon çapları dijital kumpas yardımı ile ölçüldü (NCCLS, 1993).

Minimal İnhibe Edici Konsantrasyonun (MİK)

Belirlemesi: Testte kullanılacak tannik asit ve florfenikol'ün stok çözeltisi hazırlanırken 100'er ml %2'lik HCl (Merck) içeren metanol solüsyonu kullanıldı. Hassas terazide 0,2 ve 0,3 gr tannik asit ve 0,4 gr florfenikol tartılarak 100 ml'lik balonjojede %2'lik 0,1M HCl içeren metanol çözeltisinde çözdürüldü. Stok solüsyonlar steril 20 ml şişelere 5'er ml olarak bölündü. *E. coli*, *A. hydrophila*, *P. fluorescens* ve *Y. ruckeri* TSB'de ve *V. anguillarum* %1,5 tuz ilave edilmiş TSB'de 25°C'de 18 saat inkübe edilerek üretildi. Üretilen kültürden kontrol grubu hariç her bir tüpe 10 µl (10⁸ cfu/ml) eklendi. Tüpler 25°C'de 24 saat inkübe edildi. Tannik asit ve florfenikol her bir konsantrasyonu için iki tüp paralel olarak çalışıldı. Bakterilerin üremediği tüplerdeki kimyasal maddenin en düşük konsantrasyon MİK değeri olarak kabul edildi (Beşe, 1989).

Önceden steril edilen tannik asit stok solüsyonu Mueller Hinton Broth'da (MHB) iki katlı seri dilüsyonları gerçekleştirildi. Mueller Hinton Broth'da tannik asit MİK değerlerini belirlemek için hazırlanan iki katlı seri dilüsyonların farklı konsantrasyonları Tablo 4'de verildi.

Florfenikol 1 ml'sinde 2000 µg olduğu için ilk önce 10 katlı dilüsyonu yapılarak içindeki etken madde miktarı 200 µg'a düşürüldü. Mueller Hinton Broth'da florfenikolün MİK değerlerini belirlemek için hazırlanan iki katlı seri dilüsyonların farklı konsantrasyonları Tablo 5'de verildi.

Tablo 4. MİK değerleri için tannik asitin farklı konsantrasyonları.
Table 4. Different concentrations of tannic acid for MIC values.

Tüpler	Tannik asit iki katlı seri dilüsyonları	Konsantrasyonu
1.	1 ml MHB + 1 ml (3000 µg TA)	1500 µg
2.	1 ml MHB + 1 ml (2000 µg TA)	1000 µg
3.	1 ml MHB + 1 ml (1500 µg TA)	750 µg
4.	1 ml MHB + 1 ml (1000 µg TA)	500 µg
5.	1 ml MHB + 1 ml (750 µg TA)	375 µg
6.	1 ml MHB + 1 ml (500 µg TA)	250 µg
7.	1 ml MHB + 1 ml (375 µg TA)	187,5 µg
8.	1 ml MHB + 1 ml (250 µg TA)	125 µg
9.	1 ml MHB + 1 ml (187,5 µg TA)	93,75 µg
10.	1 ml MHB + 1 ml (125 µg TA)	62,5 µg
11.	1 ml MHB + 1 ml (62,5 µg TA)	31,25 µg
12.	1 ml MHB + 1 ml (46, 875 µg TA)	23,44 µg
13.	1 ml MHB + 1 ml (31,25 µg TA)	15,625 µg
14.	1 ml MHB + %2 HCl içeren metanol	Kontrol

Tablo 5. MİK değerleri için florfenikolün farklı konsantrasyonları.
Table 5. Different concentrations of florfenicol for MIC values.

Tüpler	Florfenikolün iki katlı seri dilüsyonları	Konsantrasyon
1.	1 ml MHB + 1 ml (200 µg FFC)	100 µg
2.	1 ml MHB + 1 ml (100 µg FFC)	50 µg
3.	1 ml MHB + 1 ml (50 µg FFC)	25 µg
4.	1 ml MHB + 1 ml (25 µg FFC)	12,5 µg
5.	1 ml MHB + 1 ml (12,5 µg FFC)	6,25 µg
6.	1 ml MHB + 1 ml (6,25 µg FFC)	3,125 µg
7.	1 ml MHB + 1 ml (3,125 µg FFC)	1,5625 µg
8.	1 ml MHB + 1 ml (1,5625 µg FFC)	0,78125 µg
9.	1 ml MHB + 1 ml (0,78125 µg FFC)	0,390625 µg
10.	1 ml MHB + 1 ml %2'lik HCl metanol	Kontrol

BULGULAR

Çalışmada dört balık patojeni ve bir standart suşun, silvafed TSPve sekiz farklı antibiyotiğe karşı hassasiyeti belirlendi. Ayrıca, beş bakterinin tannik asit ve florfenikol karşı MİK değerleri tespit edildi. Agar well difüzyon testinde doksisisiklin'in tüm konsantrasyonlarının test mikroorganizmalarına karşı duyarlı bulunması nedeni ile doksisisiklin'in MİK testi yapılmadı.

Agar Well Difüzyon Testi: Tannik asitin farklı konsantrasyonlardaki dilüsyonlarının test mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal etkinliği Mueller Hinton Agarda açılan kuyucukların etrafında oluşan zon çaplarının dijital kompas yardımı ile ölçülmesi ile gerçekleştirildi. Tannik asitin 25 µg/ml ve üzerindeki konsantrasyonlarının *E. coli*, *A. hydrophila* ve *Y. ruckeri* izolatlarına karşı duyarlı olduğu tespit edildi. *P. fluorescens* ve *V. anguillarum*'un ise tannik asitin 12,5 µg/ml ve üzerindeki konsantrasyonlarına karşı duyarlı olduğu tespit edildi (Tablo 6).

Agar well difüzyon testi ile *P. fluorescens* izolatının florfenikolün 200 µg/ml hariç bütün konsantrasyonlarına ve *E. coli* ATCC 25922 suşunun sadece florfenikol'ün 3,125 µg/ml konsantrasyonuna dirençli olduğu tespit edildi. Diğer bakteri türlerinin hepsinin florfenikol'ün farklı konsantrasyonlarındaki dilüsyonlarına karşı hassas olduğu tespit edildi (Tablo 6). Agar well difüzyon testi ile doksisisiklin'in tüm konsantrasyonlarına karşı test mikroorganizmalarının hassas olduğu saptandı (Tablo 6).

Tablo 6. Agar well difüzyon testi ile test mikroorganizmalarına karşı tannik asit, florfenikol ve doksisisiklinin etkinliklerinin karşılaştırılması.
Table 6. Comparison of the efficacy of tannic acid, florfenicol and doxycycline against test microorganisms by agar well diffusion test.

Kimyasallar	Konsantrasyon	Bakteri izolatları				
		<i>E. coli</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>P-73</i>	<i>V-976</i>	<i>Y. ruckeri</i>
TA	200 µg	H	H	H	H	H
FFC	200 µg	H	H	H	H	H
DO	200 µg	H	H	H	H	H
TA	100 µg	H	H	H	H	H
FFC	100 µg	H	H	D	H	H
DO	100 µg	H	H	H	H	H
TA	50 µg	H	H	H	H	H
FFC	50 µg	H	H	D	H	H
DO	50 µg	H	H	H	H	H
TA	25 µg	H	H	H	H	H
FFC	25 µg	H	H	D	H	H
DO	25 µg	H	H	H	H	H
TA	12,5 µg	D	D	H	H	D
FFC	12,5 µg	H	H	D	H	H
DO	12,5 µg	H	H	H	H	H
TA	6,25 µg	D	D	D	D	D
FFC	6,25 µg	H	H	D	H	H
DO	6,25 µg	H	H	H	H	H
TA	3,125 µg	D	D	D	D	D
FFC	3,125 µg	D	H	D	H	H
DO	3,125 µg	H	H	H	H	H
Kontrol	0 µg	D	D	D	D	D

D: Dirençli (Resistant), H: Hassas (Sensitive).

Tablo 7. Farklı antibiyotiklerin zon çapı standartları.
Table 7. Zone diameter standards of different antibiotics.

Antimikrobiyal ajanlar	Ölçülen inhibisyon zon çapı (mm)			
	D	OH	H	Literatür
AM-10 µg	≤ 13	14-16	≥ 17	CLSI, 2014
CN-10 µg	≤ 12	13-14	≥ 15	CLSI, 2014
DO-30 µg	≤ 10	11-13	≥ 14	CLSI, 2013
ENR-5 µg	≤ 16	17-20	≥ 21	CLSI, 2014
FFC-30 µg	≤ 14	15-18	≥ 19	CLSI, 2014
T-30 µg	≤ 14	15-18	≥ 19	CLSI, 2014
SMZ-100 µg	≤ 12	13-16	≥ 17	CLSI, 2014
SXT-25 µg	≤ 10	11-15	≥ 16	CLSI, 2014

AM: Ampisilin, CN: Gentamisin, DO: Doksisisiklin, ENR: Enrofloksasin, FFC: Florfenikol, T: Oksitetrasiklin, SMZ: Sulfametoksazol, SXT: Trimethoprim/Sulfametoksazol, D: Dirençli, OH: Orta Hassas, H: Hassas.

AM: Ampiciline, CN: Gentamicin, DO: Doxycycline, ENR: Enrofloxacin, FFC: Florfenicol, T: Oxytetracycline, SMZ: Sulphamethazole, SXT: Trimethoprim/Sulfamethoxazole, D: Resistant, OH: Intermediate, H: Sensitive.

Agar Disk Difüzyon Testi: Test mikroorganizmalarına karşı sekiz farklı antibiyotiklerin disk difüzyon testi kullanılarak yapılan antimikrobiyal duyarlılık testi sonucu ölçülen zon çaplarına ait değerler Tablo 7'de verilen standart zon çapı değerleri ile karşılaştırılarak mikroorganizmaların antimikrobiyal hassasiyetleri belirlendi. Çalışmada kullanılan bakterilerden *P. fluorescens*'in gentamisin ve doksisisiklin hariç çalışmada kullanılan diğer antimikrobiyallerin hepsine dirençli olduğu, *A. hydrophila*, *E. coli*, *V. anguillarum* ve *Y. ruckeri*'nin ise ampisilin hariç diğer antibiyotiklere karşı duyarlı olduğu tespit edildi. Test mikroorganizmalarının sekiz antibiyotiğe karşı hassasiyet değerleri Tablo 8'da verildi.

Tablo 8. Test mikroorganizmalarına karşı sekiz antibiyotiklerin antimikrobiyal hassasiyeti.
Table 8. Antimicrobial susceptibility of eight antibiotics against test microorganisms.

Antibiyotik Diskler	Bakteri izolatları				
	<i>E. coli</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>P-73</i>	<i>V-976</i>	<i>Y. ruckeri</i>
AM (10 µg)	D	D	D	D	D
CN (10 µg)	H	H	H	H	H
DO (30 µg)	H	H	H	H	H
ENR (5 µg)	H	H	D	H	H
FFC (30 µg)	H	H	D	H	H
OTC (30 µg)	H	H	D	H	H
SMZ (100 µg)	H	H	D	H	H
STX (25 µg)	H	H	D	H	H

AM: Ampisilin, CN: Gentamisin, DO: Doksisisiklin, ENR: Enrofloksasin, FFC: Florfenikol, T: Oksitetrasiklin, SMZ: Sulfametoksazol, SXT: Trimethoprim/Sulfametoksazol, D: Dirençli, OH: Orta Hassas, H: Hassas.

AM: Ampiciline, CN: Gentamicin, DO: Doxycycline, ENR: Enrofloxacin, FFC: Florfenicol, T: Oxytetracycline, SMZ: Sulphamethazole, SXT: Trimethoprim/Sulfamethoxazole, D: Resistant, OH: Intermediate, H: Sensitive

Minimal İnhibe Edici Konsantrasyon (MİK)

Belirlenmesi: Bu çalışmada MHB'da iki katlı dilüsyon yöntemi ile hazırlanan tannik asitin (0,2 ve 0,3 gr stok) farklı konsantrasyonlarına karşı beş farklı bakteri izolatlarının MİK değerine araştırıldı. *A. hydrophila*'nın minimal inhibe edici konsantrasyonu (MİK) 187,5 µg/ml konsantrasyonda üremenin meydana gelmesine karşın 250 µg/ml konsantrasyona sahip tüplerde üremenin olmadığı gözlenmiştir. Tannik asitin ilave edilmiş MHB tüplerinde *A. hydrophila*'nın üremediği ilk tüp olarak değerlendirildiğinde 250 µg/ml MİK değeri olarak kabul edilmiştir. Test sonucu yapılan değerlendirmede *E. coli* ve *Y. ruckeri* edilmiş farklı konsantrasyonlarda tannik asit için MİK değerinin sırasıyla, 187,5 µg/ml ve 125 µg/ml konsantrasyonlara sahip tüpte olduğu tespit edildi. Tannik asitin MİK değeri *P. fluorescens* için 31,25 µg/ml ve *V. anguillarum* için ise 375 µg/ml konsantrasyona sahip tüpte olarak tespit edildi (Tablo 9).

Tablo 9. Beş farklı bakteri izolatlarına karşı tannik asitin oluşturduğu MİK değerleri.

Table 9. MIC values of tannic acid against five different bacterial isolates.

Silvafeed	Konsantrasyon	Bakteri izolatları				
		<i>E. coli</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>P-73</i>	<i>V-976</i>	<i>Y. Ruckeri</i>
TA	3000 µg	-	-	-	-	-
TA	1500 µg	-	-	-	-	-
TA	1000 µg	-	-	-	-	-
TA	750 µg	-	-	-	-	-
TA	500 µg	-	-	-	-	-
TA	375 µg	-	-	-	-	-
TA	250 µg	-	-	-	+	-
TA	187,5 µg	-	+	-	+	-
TA	125 µg	+	+	-	+	-
TA	93,75 µg	+	+	-	+	+
TA	62,5 µg	+	+	-	+	+
TA	46,875 µg	+	+	-	+	+
TA	31,25 µg	+	+	-	+	+
TA	23,44 µg	+	+	+	+	+
TA	15,625 µg	+	+	+	+	+
TA	Kontrol	+	+	+	+	+

+: Bakteriyel üremenin var, -: There is bacterial growth, -: Bakteriyel üremenin yok, -: There is no bacterial growth.

Beş farklı bakteri türü izolatlarına karşı florfenikolün MHB'da iki katlı seyreltilerek hazırlanan dilüsyonları ile yapılan test sonucunda edilen MİK değerleri belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda florfenikol içeren tüplere *E. coli* ilave edildiğinde MİK değerinin 25 µg/ml olduğu tespit edildi. *A. hydrophila* ilave edilen tüplerden florfenikol'ün MİK değeri 12,5 µg/ml yoğunluğundaki tüpte meydan geldiği tespit edildi. Florfenikolün farklı konsantrasyonlarındaki dilüsyonlarına *P. fluorescens* izolatı ilave edilmiş tüplerin hepsinde üreme meydana geldiği için MİK değeri tespit edilemedi. Florfenikolün farklı konsantrasyonlarındaki tüplerine *V. anguillarum* ilave edildiğinde üremenin olmadığı 12,5 µg/ml yoğunluğundaki ilk tüp MİK değeri olarak belirlendi. Farklı konsantrasyondaki florfenikol içeren tüplere *Y. ruckeri* ilave edildiğinde 50 µg/ml içeren üreme olmadığı ilk tüp MİK değeri olarak tespit edildi. Beş farklı bakteri izolatına karşı florfenikolün iki katlı dilüsyonlarının oluşturduğu MİK değerlerine ait veriler Tablo 10'de sunulmuştur.

Tablo 10. Beş farklı bakteri izolatlarına karşı florfenikolün MİK değerleri.

Table 10. MIC values of florfenicol against five different bacterial isolates.

Kimyasal	Konsantrasyon	Bakteri izolatları				
		<i>E. coli</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>P-73</i>	<i>V-976</i>	<i>Y. ruckeri</i>
FFC	100 µg	-	-	+	-	-
FFC	50 µg	-	-	+	-	-
FFC	25 µg	-	-	+	-	+
FFC	12,5 µg	+	-	+	-	+
FFC	6,25 µg	+	+	+	+	+
FFC	3,125 µg	+	+	+	+	+
FFC	1,56 µg	+	+	+	+	+
FFC	0,78 µg	+	+	+	+	+
FFC	0,39 µg	+	+	+	+	+
Kontrol	0,00 µg	+	+	+	+	+

FFC: Florfenikol, +: Bakteriyel üreme var, -: Bakteriyel üreme yok. FFC: Florfenicol, +: There is bacterial growth, -: No bacterial grow

SONUÇ VE TARTIŞMA

Ülkemizde kültürü yapılan gökkuşuğu alabalık yavru ve porsiyonluk boydaki balıklarda özellikle su sıcaklığına bağlı olarak ortaya çıkan ve toplu ölümlere neden olan Gram negatif bakteriyel balık patojenlerinden; *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *Y. ruckeri* ve *V. anguillarum* tarafından meydana getirilen enfeksiyonların tedavisinde antibiyogram test sonuçlarına göre farklı antibiyotikler kullanılmaktadır (Cagırgan & Tanrikul, 1998; Balta vd., 2010; 2016; Balta & Dengiz Balta, 2016; 2017; 2019; Balta, 2020). Kültür balıkçılığında, hastalıkların tedavisinde gelişmiş güzel antibiyotik kullanımı bazı problemleri beraberinde getirmektedir. Antibiyotikler, uygun süre ve dozda kullanılmadığında bakterilerde bu antibiyotiklere karşı geçici (biyokimyasal) ve kalıcı (genetik) direnç şekillenmektedir. Bu durum daha sonra ortaya çıkan aynı enfeksiyonların tedavisinde başarısızlığa ve rezidü problemlerine neden olmaktadır (Cagırgan & Tanrikul, 1998; Balta, 1999; Balta & Çağırğan, 2007; Balta & Çağırğan, 2010; Balta, 2016; Balta & Dengiz Balta, 2019; Balta & Yılmaz, 2019; Onuk vd., 2015; 2017; Duman vd., 2017; Dinçtürk & Tanrikul, 2021). Tannik asit bitkilerin gövde, yaprak vs. gibi farklı bölgelerinden elde edilen polifenolik yapıda suda eriyen bir bileşiktir. Tanenlerin, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antiviral, antioksidan ve antiparazitik aktiviteler gibi önemli biyolojik özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir (Aydın & Üstün, 2007; Cipriano Salazara vd., 2018; Kaczmarek, 2020). Bitkilerden elde edilen tannik asit, doğal bir madde olması nedeni ile bakterilerin meydana getirdiği hastalıkların tedavisinde kullanımı bir ayrıcalıktır. Bu çalışmada, tannik asitin bakteriyel balık hastalıklarının hangisinin tedavisinde etkili olduğu belirlenmesi amaçlanmıştır. Tannik asitin balık patojenlerinin tedavisinde kullanılması, balık etinde kemoterapotik maddelerin kalıntı problemlerine neden olmaması, çevre kirliliği ve insan sağlığına olumlu etkilerinin yanı sıra yurt dışına balık ihracatını da kolaylaştıracaktır. Tannik asit, balık etinde rastlanılacak antibiyotik kalıntıları sonucu insanlarda oluşabilecek

kanserojenik ve mutajenik muhtemel etkilerin önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Karadeniz Bölgesindeki faaliyet gösteren balık çiftliklerindeki hasta balıkların iç organlarından izole edilen Gram negatif; *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *Y. ruckeri* ve *V. anguillarum*'a karşı, tannik asitin farklı düzeyde antimikrobiyel etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Tannik asitin balık patojenleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalarda tannik asitin antioksidan aktivitesi, bağırsak mikroflorası ve bağırsak hareketleri üzerine etkileri çalışılmıştır (Sell vd., 1985; Yılmaz & Romeo, 2004; Schiavone vd., 2008). Tannik asit'in yem katkı maddesi olarak lezzetlendirici özelliği sayesinde, kanatlılarda yem alımını artırdığı ve yem stresini düşürdüğü bildirilmiştir (Zaccarato vd., 2006; Schiavone vd., 2008). Rekabetçi dışlama mekanizması sayesinde mikroflora tercihini değiştirerek mikroflorayı dengelediği (Schiavone vd., 2008), patojen bakterilerin artmasını ve toksin oluşumunu baskıladığı için hayvan refahını artırdığı, üreme performansını artırdığı, antibiyotik kullanımını azalttığı, balık ölümlerini azalttığı ve büyüme performansını iyileştirici etkinliğe sahip olduğu bildirmiştir (Zaccarato vd., 2006; Zoccarato vd., 2008).

Kültür balıklarının, bitkilerden elde edilen chaga mantarı (*Inonotus obliquus*) ekstraktı ile beslenmesinin iştah artışına bağlı kilo artışı sağladığı, *V. harveyi* ile enfekte edilen balıklarda beyaz kan hücreleri ve kırmızı kan hücreleri seviyelerinin, hemoglobinin, hematokrit, lenfositlerin ve monositlerin önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Harikrishnan vd., 2012). *A. hydrophila*'ya karşı aşı geliştirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, yavru sazan balıklarına kutsal fesleğen (*Ocimum sanctum*) bitki ekstraktının düşük dozda (10 ppm) verildiğinde kontrol ve diğer deney gruplarına (20 ve 30 ppm) göre maksimum antikor yanıtı sağladığı ve daha fazla fagositik aktivite gösterdiğinin tespit edildiği rapor edilmiştir (Pavaraj vd., 2011). Üç farklı (*Crataegi fructus* (Cf), *Artemisia capillaries* ve *Cnidium officinale*) tıbbi bitkinin özütleri ve karışımlarının, kırmızı çipura (Mercan) larvalarında büyüme ve *V. anguillarum*'a karşı etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, bu bitki ekstraktları ile beslenen rotiferlerde *Vibrio* sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Cf özütü bulduran içerikler ile beslenen rotiferlerin diğer gruplara oranla istatistik olarak boylarının daha fazla büyüdüğü tespit edilmiştir. Aynı çalışmada Cf ve bu bitki karışımlarının metanol özütleri, *Aeromonas*, *Edwasiella*, *Photobacterium*, *Pseudomonas* ve *Vibrio* sp. cinsleri dahil, yedi bulaşıcı bakteri izolatının çoğalmasını engellediği bildirilmiştir. Bitki özütü karışımı ile beslenmiş rotiferlerin beslendiği larvaların hayatta kalma oranı *V. anguillarum* ile yapılan çelinç testinde kontrol grubuna göre oldukça yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, bitki özütü ile beslenen

rotiferlerin, çipura larvalarında büyüme ve *V. anguillarum*'a karşı direnci artırmak için faydalı olduğunu ve hastalığa dirençli yavrularının sürdürülebilir üretimi için yeni bir teknoloji sağladığını ortaya koymuşlardır (Takaoka vd., 2011). Yapılan bir başka çalışmada *A. hydrophila*, *A. salmonicida*, *A. bestiarum*, *A. sobria*, *Listonella anguillarum*, *L. garviae*, *P. fluorescens*, *P. anguilliseptica*, *Y. ruckeri* ve *V. salmoninarum* gibi önemli balık patojenlerine karşı Silvafeed TSP'nin 6 farklı konsantrasyonunun (%0,05, 0,01, 0,02, 0,04, 0,08 ve 0,1) Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi kullanılarak antimikrobiyal etkinliğinin test edildiği bildirilmiştir (Tanrıku & Dinçtürk, 2017). Silvafeed TSP'nin tüm konsantrasyonlarının *L. anguillarum* ve *Y. ruckeri*'ye karşı hassas olmasına karşın *L. garviae* ve *V. salmoninarum*'a dirençli olduğu rapor edilmiştir. *Aeromonas* türlerinin (*A. bestiarum*, %0,05 hariç) hassas olduğu, *P. fluorescens* ve *P. anguilliseptica* ilk iki konsantrasyonda (%0,05 ve 0,01) orta hassasiyette olmasına karşın diğer dört konsantrasyonlarda ise duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Tanrıku & Dinçtürk, 2017). Fitokimyasalların etkileri üzerine yapılan bir çalışmada oxytetracycline ve enrofloxacin antibiyotiklerinin *Y. ruckeri*'ye dirençli olduğunu bildirmesine rağmen, aynı çalışmada moringa (*Moringa oleifera*) ve üvez (*Sorbus domestica*) bitki ekstraktlarının sıvı ortamda (TSB) yapılan ölçümlerde, bakteri üremesini %40-50 oranında engellemesine karşın katı ortam (MHA) üzerindeki etkilerinin ise daha az olduğu rapor edilmiştir (Önal & Çevik, 2020). Bu çalışmanın sonuçları ile Tanrıku ve Dinçtürk (2017)'ün tannik asit üzerine yaptığı çalışmalar ile Önal ve Çevik (2020)'in fitokimyasalların etkileri üzerine yaptığı çalışmalarını bulguları ile paralellik göstermiştir.

Bu çalışma sonunda, bakteriyel balık patojenlerinin tedavisinde Gram negatif bakteriler karşı Silvafeed TSP etkili olabileceği ve hastalıkların tedavisinden çok yem katkısı olarak hastalık çıkmadan önce koruyucu amaçla yemlere katılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür.

ÖNERİLER

Bu çalışmada, Silvafeed TSP'nin balıklarda hastalık yapan, özellikle Gram negatif (*A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *V. anguillarum* ve *Y. ruckeri*) bakterilere karşı etkili olduğu için su ürünleri yetiştiriciliğinde, hastalık önleyici yem katkı maddesi olarak kullanılabilirliği kanısına varılmıştır. Balıklarda özellikle antibiyotiklere karşı direnç şekillenmiş tedavi edilemeyen (*P. fluorescens* vs) etkenlere karşı tannik asitin etkili olabileceği fakat daha fazla izolatın antibakteriyel etkinliğini belirlemek için yeni çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir. Bu çalışmada florfenikole karşı disk difüzyon yönteminde

dirençli olan *P. fluorescens* bakterisi izolatına karşı tannik asitin disk difüzyon yönteminde 125 µg/ml ve üzeri konsantrasyonların etkili olduğu, aynı bakteri için florfenikol'ün ise 200 µg/ml duyarlı olmasına karşın 100 µg/ml dirençli olduğu belirlenmiştir. Tannik asit'in MİK değeri 31,25 µg/ml olarak tespit edilmesine karşı florfenikol'ün hazırlanan en yüksek konsantrasyonda (100 µg/ml) bile MİK değeri tespit edilememiştir. Bu nedenle antibiyotiğe dirençli *P. fluorescens* karşı tannik asit daha ayrıntılı çalışmaları yapılması gerekmektedir. Ayrıca, tannik asidin yem katkı maddesi olarak farklı konsantrasyonlarda balık yemlerine karıştırılıp yedirme denemelerinin yapılarak büyüme performansları ve kan hücreleri üzerine etkilerinin çalışılması gerektiği düşünülmektedir. Balıklarda kullanılan antibiyotiklerin, akuatik ortamdaki bakterilerde dirençli suşların oluşmasına ve balık etinde kalıntı problemlerine neden olabileceği için bitkisel kaynaklı doğal bir madde olması nedeni ile tannik asit içerikli yem katkı maddelerin faydalı olacağı için balık yetiştiriciliğinde kullanılması tavsiye edilebilir. Bu nedenle bir sonraki çalışmada silvafed TSP'nin balık yedirme denemelerinin yapılacağı yeni bir çalışmanın yapılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tezi çalışması Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2019-994 nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aydın, S.A. & Üstün, F. (2007). Tanenler 1. Kimyasal yapıları, farmakolojik etkileri, analiz yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 33(1), 21-31.
- Bae, H.D., McAllister, T.A., Yanke, L.J., Cheng, K.J. & Muir, A.D. (1993). Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. *Applied and Environmental Microbiology*, 59, 2132-2138. DOI: 10.1128/aem.59.7.2132-2138.1993
- Balta, F. & Çağırğan, H. (2007). Levrek'lerde (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) sağaltım sonrası oksitetrasiklinin kas ve derideki rezidüsünün belirlenmesi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 24(1), 173-178.
- Balta, F. & Çağırğan, H. (2010). Oxytetracycline residues in cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758) tissues. *African Journal of Biotechnology*, 9(42), 7192-7196.
- Balta, F. & Dengiz Balta Z. (2019). The isolation of *Lactococcus garvieae* from eyes of diseased rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with exophthalmia. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(1), 27-33. DOI: 10.35229/jaes.527258
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2016). Deniz suyuna nakledilen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularında görülen vibrio enfeksiyonu ve tedavisi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 1(1), 14-20.
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2017). Doğu Karadeniz'de yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*)'ndan izole edilen *Vibrio anguillarum* suşlarının serotiplendirilmesi, genetik karakterizasyonu ve antimikrobiyal duyarlılığının belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 64, 321-328.
- Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2019). Preparation of O-antigen from *Yersinia ruckeri* serotype O1 and use in the slide agglutination test. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 4(3), 480-483. DOI: 10.35229/jaes.645416
- Balta, F. & Yılmaz, H. (2019). Kültür levreklerinde (*Dicentrarchus labrax*) *Vibrio parahaemolyticus* enfeksiyonu. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(2), 104-110. DOI: 10.35229/jaes.544439
- Balta, F. (1999). Levrek (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) balıklarında sağaltım sonrası oksitetrasiklin rezidüsünün belirlenmesi. Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 93s.
- 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. (2020). Fırtına Deresindeki gökkuşağı alabalık çiftliklerinde izole edilen *Aeromonas* spp. izolatlarının antimikrobiyel hassasiyetin belirlenmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 5(3), 397-407. DOI: 10.35229/jaes.785447
- Balta, F., Dengiz Balta, Z., Özgumus, O.B. & Çağırğan, H. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) çiftliklerinde *Yersinia ruckeri*'nin portörlük yönünden tetkiki ve antimikrobiyal direncin tespiti. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 72-76.
- Balta, F., Sandalli, C., Kayis, S. & Özgumus, 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. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 30(6), 211-219.
- Beşe, M. (1989). *Mikrobiyolojide Kullanılan Antibiyotik Duyarlılık ve Deneme Yöntemleri*. İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Yayınları, İstanbul, 133s.
- Brooker, J.D., O'Donovan, L.A., Skene, I., Clarke, K., Blackall, L. & Muslera, P. (1994). *Streptococcus caprinus* sp. nov., a tannin-resistant ruminal bacterium from feral goats. *Letters in Applied Microbiology*, 18, 313-318. DOI: 10.1111/j.1472-765X.1994.tb00877.x
- Çağırğan, H. & Tanrikul, T.T. (1998). Testing the effectiveness of a *Yersinia* vaccine in infected and chemically treated juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Ichthyology*, 14, 239-243.
- Cipriano Salazara, M., Rojas Hernández, S., Olivares Pérez, J., Jiménez Guillén, R., Cruz Lagunasc, B., Camacho Díaz, L.M. & Ugbogud, A E. (2018). Antibacterial activities of tannic acid against isolated ruminal bacteria from sheep. *Microbial Pathogenesis*, 117, 255-258. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.01.045
- CLSI. (2013). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Third Informational

- Supplement. CLSI document M100-S23. Vol. 33, No.1, Wayne, PA.
- CLSI. (2014).** Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. Twenty-Fourth Informational Supplement. Clinical Laboratory Standards Institute, Wayne, USA, M100-S24, 230.
- Dinçtürk, E. & Tanrıku, T.T. (2021).** *Yersinia ruckeri* and *Pseudomonas fluorescens* co-infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Aquaculture Research*, **52**(10), 4858-4866. DOI: [10.1111/are.15320](https://doi.org/10.1111/are.15320)
- Duman, M., Altun, S., Cengiz, M., Saticioglu, I.B., Buyukekiz, A.G. & Sahinturk, P. (2017).** Genotyping and antimicrobial resistance genes of *Yersinia ruckeri* isolates from rainbow trout farms. *Diseases of Aquatic Organisms*, **125**, 31-44. DOI: [10.3354/dao03132](https://doi.org/10.3354/dao03132)
- EL-Hefny, M., Ashmawy, N.A., Salem, M.Z.M. & Salem, A.Z.M. (2017).** Antibacterial activities of the phytochemicals-characterized extracts of *Callistemon viminalis*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Conyza dioscoridis* against the growth of some phytopathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis*, **113**, 348-356. DOI: [10.1016/j.micpath.2017.11.004](https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.11.004)
- Goel, G., Puniya, A.K. & Singh, K. (2005).** Tannic acid resistance in ruminal streptococcal isolates. *Journal of Basic Microbiology*, **45**, 243-245. DOI: [10.1002/jobm.200410517](https://doi.org/10.1002/jobm.200410517)
- Harikrishnan, R., Balasundaram, C. & Heo, M.S. (2012).** Effect of *Inonotus obliquus* enriched diet on hematology, immune response, and disease protection in kelp grouper, *Epinephelus bruneus* against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, **344-349**, 48-53. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2012.03.010](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.010)
- http-1. (2021).** Silvaeed TSP. Silvateam. Products and services, plant based extracts. <https://www.silvateam.com>
- 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**(12), 7506-7512.
- Kaczmarek, B. (2020).** Tannic acid with antiviral and antibacterial activity as a promising component of biomaterials-a minireview. *Materials*, **13**, 3224. DOI: [10.3390/ma13143224](https://doi.org/10.3390/ma13143224)
- NCLLS. (1993).** Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests. Approved standard. NCCLS document M2-A5. Wayne, Pa: National Committee for Clinical Laboratory Standards.
- Onuk, E.E., Çaycı, Y.T., Çoban, A.Y., Çiftci, A., Balta, F., Didinen, B.I., Pekmezci, G.Z., Altun, S., Ünlü, M.S. ve Deveci, A. (2015).** Türkiye’de su kaynaklı *Aeromonas* izolatlarında saptanan ilk QnrS gen Pozitifliği. *Mikrobiyoloji Bülteni*, **49**(1), 114-123.
- Onuk, E.E., Çaycı, Y.T., Çoban, A.Y., Çiftci, A., Balta, F., Didinen, B.I. ve Altun, S. (2017).** Balık ve yetiştirme suyu kökenli *Aeromonas* izolatlarının antimikrobiyal duyarlılıklarının saptanması. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, **64**(1), 69-73.
- Önalın, Ş. & Çevik, M. (2020).** Investigation of the effects of some phytochemicals on *Yersinia ruckeri* and antimicrobial resistance. *Brazilian Journal of Biology*, **80**(4), 934-942. DOI: [10.1590/1519-6984.234969](https://doi.org/10.1590/1519-6984.234969)
- Pavaraj, M., Balasubramanian, V., Baskaran, S. & Ramasamy, P. (2011).** Development of immunity by extract of medicinal plant *Ocimum sanctum* on common carp *Cyprinus carpio* (L.). *Research Journal of Immunology*, **4**(1), 12-18. DOI: [10.3923/rji.2011.12.18](https://doi.org/10.3923/rji.2011.12.18)
- Pérez-Fonseca, A., Alcalá-Canto, Y., Salem, A.Z.M. & Alberti-Navarro, A.B. (2016).** Anticoccidial efficacy of naringenin and a grapefruit peel extract in growing lambs naturally-infected with *Eimeria* spp. *Veterinary Parasitology*, **232**, 58-65. DOI: [10.1016/j.vetpar.2016.11.009](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.11.009)
- Salem, A.Z.M., Robinson, P.H., Lopez, S., Gohar, Y.M., Rojo, R. & Tinoco, J.L. (2010).** Sensitivity of sheep intestinal lactic acid bacteria to secondary compounds extracted from *Acacia saligna* leaves. *Animal Feed Science and Technology*, **161**, 85-93. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2010.08.003](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.08.003)
- Schiavone, A., Gua, K., Tassone, S., Gasco, Hernandez, E., Denti, R. & Zoccarato, I. (2008).** Effects of a natural extract of chestnut wood on digestibility, performance traits, and nitrogen balance of broiler chicks. *Poultry Science*, **87**(3), 521-527. DOI: [10.3382/ps.2007-00113](https://doi.org/10.3382/ps.2007-00113)
- Sell, D.R., Reed, W.M., Chrisman, C.L. & Rogler, J.C. (1985).** Mucin excretion and morphology of the intestinal tract as influenced by sorgunm tannins. *Nutrition Raports International*, **31**, 1369-1374.
- Spencer, C.M., Cal, Y., Martin, R., Gaffney, S.H., Goulding, P.N., Magnolato, D., Lilley, T.H. & Haslam, E. (1988).** Polyphenol complexation: some thoughts and observations. *Phytochemistry*, **27**, 2397-2409. DOI: [10.1016/0031-9422\(88\)87004-3](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)87004-3)
- Takaoka, O., Ji, S.C., Ishimaru, K., Lee, S.W., Jeong, G.S., Ito, J., Biswas, A. & Takii, K. (2011).** Effect of rotifer enrichment with herbal extracts on growth and resistance of red sea bream, *Pagrus major* (Temminck & Schlegel) larvae against *Vibrio anguillarum*. *Aquaculture Research*, **42**, 1824-1829. DOI: [10.1111/j.1365-2109.2010.02783.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02783.x)
- Tanrıku, T.T. & Dinçtürk, E. (2017).** Antibacterial susceptibility of hydrolysable tannins (Silvaeed TSP) against bacterial fish pathogens. *Aquaculture Europe 2017, October 17-20*, Dubrovnik, Croatia.
- Yılmaz, Y. & Romeo, T.T. (2004).** Major flavomolds in grapeseeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**(2), 255-260. DOI: [10.1021/jf030117h](https://doi.org/10.1021/jf030117h)
- Zoccarato, I., Gasco, L., Schiavone, A., Guo, K., Barge, P., Rotolo, L., Savarino, G. & Masoero, G. (2008).** Effect of extract of chestnut wood inclusion (ENC) in normal and low protein amino acid supplemented diets on heavy broiler rabbits. In *Proceedings of the 9th world rabbit congress* (pp. 873-877), 10-13 June 2008, Verona, Italy.
- Zoccarato, I., Schiavone, A., Tassone, S., Gasco, L. & Malfatto, V. (2006).** Study on the utilisation of a natural silvaeed in the nutrition of heavy chickens. *XII European Poultry Conference*, Verona, Italy



Şeker Pancarında Kullanılan İki Farklı Triazol Fungisidin Toprak Mikrobiyal Solunumuna Etkileri

Burak KOÇAK^{1*}, Şahin CENKSEVEN²

¹ Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Adana, Türkiye
² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana, Türkiye

Geliş/Received: 01.06.2021

Kabul/Accepted: 04.10.2021

Yayın/Puylished: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Koçak, B. & Cenkseven, Ş. (2021). Şeker pancarında kullanılan iki farklı triazol fungisidin toprak mikrobiyal solunumuna etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 540-547.

How to cite: Koçak, B. & Censeven, Ş. (2021). Effects of two different triazole fungicides used for sugar beet on soil microbial respiration. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 540-547.

* : <https://orcid.org/0000-0003-4144-6079>
 : <https://orcid.org/0000-0003-2330-8668>

***Sorumlu yazarın:**

Burak KOÇAK
Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat
Fakültesi Biyoloji Bölümü, Sarıçam, Adana,
Türkiye
✉: bkocak@cu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, şeker pancarı yetiştiriciliğinde kullanılan iki farklı fungisidin [Difenoconazole (D) ve Difenoconazole+Propiconazole (DP)] kısa dönemde toprakta mikrobiyal solunumuna olan toksisiteyi belirlenmiştir. Bu amaçla fungisitlerin tavsiye edilen tarla dozları (D1 için 30 ml/da ve DP1 için 50 ml/da) ile bu dozların 5 (D5 ve DP5) ve 10 katı (D10 ve DP10) daha önce pestisit uygulanmamış topraklara karıştırılmıştır. Toprak+fungisit karışımları sabit sıcaklık (28°C) ve nemde (tarla kapasitesinin %80'i kadar) 42 gün boyunca inkübe edilerek toprakların mikrobiyal solunumları belirlenmiştir. Her iki fungisit tüm dozları kontrole göre toprak mikrobiyal solunumunu tüm inkübasyon süresince anlamlı bir biçimde azaltmıştır (P<0,05). Genel olarak, difenoconazole'in tavsiye edilen dozu ile bu dozun 5 ve 10 katları arasındaki farkları ayrı ayrı istatistiksel olarak önemli iken (P<0,05) inkübasyonun 7. gününden itibaren DP1, DP5 ve DP10 uygulamaları arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Sonuçta her iki fungisit tüm dozlarının çalışmada kullanılan killi topraktaki mikroorganizma aktivitesini olumsuz etkilediği ve bu olumsuz etkinin Difenoconazole+Propiconazole uygulamasında, daha düşük seviyede olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: *Difenoconazole, kil, proiconazole, toprak biyolojik aktivitesi, toprak mikrobiyal solunumu.*

Effects of Two Different Triazole Fungicides Used for Sugar Beet on Soil Microbial Respiration

Abstract: In this study, toxicities of two different fungicides [Difenoconazole (D) and Difenoconazole+Propiconazole (DP)] for sugar beet on soil microbial respiration were determined for the short term. Recommended field doses of fungicides (30 ml/da for D1 and 50 ml/da for DP1) and their 5 (D5 and DP5) and 10 folds (D10 and DP10) were mixed with soils with no previous pesticide application for this purpose. Soil microbial respirations were determined by the incubation of soil+fungicide mixtures under constant temperature (28°C) and moisture (80% of soil field capacity) for 42 days. All doses of both two fungicides significantly reduced soil microbial respiration in the whole incubation period compared to control (P<0.05). In general, recommended field dose of difenoconazole had significant differences with its 5 folds and 10 folds, separately while differences between DP1, DP5 and DP10 were found nonsignificant from the beginning of 7th day. In conclusion, it may be suggested that all doses of both two fungicides had negative effects on microorganism activity in the clay soil that were used in this study and this negative effect was lower in the Difenoconazole+Propiconazole application.

***Corresponding author's:**

Burak KOÇAK
Cukurova University, Faculty of Arts and
Sciences, Department of Biology, Sarıçam,
Adana, Turkey
✉: bkocak@cu.edu.tr

Keywords: *Difenoconazole, clay, proiconazole, soil biological activity, soil microbial respiration.*

GİRİŞ

Entegre tarım yönetimi programlarında meydana gelebilecek kayıpları önlemek için pestisitler rutin olarak kullanılmaktadır (Aka Sağlıker & Şahin, 2018). Fungisitler, bir pestisit grubu olup temel olarak kök çürüklüğü, mildiyö ve külleme gibi fungal hastalıkların yok edilmesinde kullanılmaktadır (Carpinteiro vd., 2010). Pestisitler bitkilere uygulandığında çevrede değişimlere uğramaktadırlar. Bu kalıcı agrokimyasallar genelde hayvanlar ve insanları kapsayan hedef olmayan organizmalarda sağlık riskleri oluşturmaktadır (Wang vd., 2012).

Azoller bitkisel üretimde mantar enfeksiyonlarının kontrolünde yaygın olarak kullanılan çok yönlü fungisitlerdir. Buğday, arpa, çavdar, yulaf ve tritikale'ye etki eden temel hastalıklara karşı çok geniş bir etkinlik spektrumuna sahip olduğundan triazol fungisitler, bostancılık, tarla bitkileri, peyzaj kültürleri ve bağlar gibi tarımsal sistemlerde büyük bir oranda kullanılmaktadır (Godeau vd., 2021). Triazol fungisitlerinin küresel gıda güvenliğinde esansiyel bir rolü olduğu ve kullanımlarının daha da arttırılacağı öngörülmektedir (Godeau vd., 2021). Koruyucu ve iyileştirici etkilerinden dolayı triazol tabanlı formülasyonların Avrupa'da en yaygın olarak kullanılan bitki koruma ürünleri (tahıllarda, hububatlarda, meyvelerde ve sebzelere) olduğu bildirilmiştir (Jorgensen vd., 2018; Zubrod vd., 2019).

Difenoconazole geniş spektrumlu bir triazol fungisitidir (Wang vd., 2008). Sistemik bir sterol demetilasyon inhibitörü olan difenoconazole misel büyümesine müdahale etmekte, patojenlerin spor yoluyla çimlenmesini engellemekte ve nihai olarak fungal büyümeyi önlemektedir (Reuveni ve Sheglov, 2002; Hamada vd., 2011). Geniş spektrumlu tarımsal triazol fungisitleri olan difenoconazole ve propiconazole yaygın olarak arazide pek çok bitkiye etki eden fungal hastalıkların kontrol edilmesinde kullanılmaktadır (Munkvold vd., 2001; Gopinath vd., 2006). Bu iki fungisit, şeker pancarında toprak kökenli fungal hastalıklara karşı koruma amacıyla kullanıldığı bilinmektedir (Bolton vd., 2010). Bu fungisit karışımı 14 α -demetilaz aktivitesini inhibe ederek ergosterol biyosentezini engellemekte ve patojenik mantarların büyümesini önlemektedir (Hamada vd., 2011). Bu iki fungisit temel olarak arazide püskürtülmekte ve kalıntıları toprakta ve sucul ortamda sık olarak saptanmaktadır (Battaglin vd., 2011; Pan vd., 2019). Toprakta yıkandıktan sonra bu iki fungisit yüzey sularında farklı hedef olmayan sucul organizmalara olumsuz etkilere yol açtığı ifade edilmiştir (Mu vd., 2015; Dong vd., 2017).

Toprak mikroorganizmalarının en önemli görevlerinden birisi, temel olarak bitki ve hayvan

kalıntılarının ayrışmasıyla meydana gelen organik maddenin dönüşümünü sağlamaktır (Millard vd., 2010; Stefani vd., 2012; Acar vd., 2018). Toprak mikroorganizmaları bu ekosisteme ulaşan doğal ve sonradan eklenen substratları mineralize etmekte, bitki büyümesi için gerekli bitki besin elementlerinin salınımında rol oynamakta ve solunumları sonucunda ürün olarak CO₂ ortaya çıkartmaktadır (Dilly, 2001). Öte yandan, toprağa geçen herhangi bir kontaminant veya ksenobiyotik madde biyojeokimyasal süreçlerin bu doğal reaksiyonlarına müdahale edebilir ve bu olayın sonuçları çevre için olumlu olmayabilir. Pestisitler dahil bazı substratlar mikrobiyal aktiviteyi engelleyebileceği gibi teşvik de edebilmektedir (Nielsen ve Winding, 2002; Kocak & Darici, 2016). Toprak mikrobiyal solunumu, toprak mikroorganizmalarının önemli bir rol oynadığı organik madde döngüsünü yansıttığından dolayı en uygun biyosensörlerden birisi olarak kabul edilmekte (Luo & Zhou, 2006) ve pestisit kalıntılarının toprakların heterotrofik mikrobiyal aktivitesinde yol açtığı değişimleri ölçmek için kullanılmaktadır (Stefani vd., 2012).

Literatür verilerine göre, tavsiye edilen tarla dozlarında kullanıldıklarında triazol fungisitlerinin toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanabildiği ve mikrobiyal populasyonlar tarafından gıda kaynağı olarak kullanıldığı ifade edilmiştir (Roman vd., 2021). Ancak bu fungisitlerin yüksek dozlarının toplam mikrobiyal populasyon sayısını azalttığı ve bu populasyonun yapısını değiştirdiği bildirilmiştir (Roman vd., 2021). Triazol fungisitlerinin bakteriyel populasyonları etkilediği ancak bu etki mekanizmasının halen anlaşılamadığı belirtilmiştir (Roman vd., 2021).

Bu çalışmanın amacı, daha önce hiçbir fungisit uygulanmadığı doğal bir çam ormanından alınan bir toprağa difenoconazole (D) ve difenoconazole + propiconazole (DP) fungisit formülasyonlarının tavsiye edilen dozları (D1 ve DP1) ve bu dozun 5 (D5 ve D10) ve 10 (D10 ve DP10) katı karıştırıldıktan sonra sabit sıcaklık (28°C) ve nemde (tarla kapasitesinin %80'i oranında nemlendirerek) toprak mikrobiyal solunumuna olan etkilerini araştırmaktır.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Araştırma alanı Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Adana ili sınırları içerisinde olup Akdeniz İklimi'nin etkisi altındadır. Bu bölge kış ve ilkbahar mevsiminde bol miktarda yağış almaktadır (Çelik vd., 2018). Ancak Mayıs ve Kasım ayları arasındaki uzun yaz mevsiminde yağışlar çok azdır. Adana'nı uzun dönem yıllık yağış ve sıcaklık ortalaması (1927-2017) 645 mm ve

19,2°C olduğu bildirilmiştir (Çetin et al., 2018). Bu çalışmada materyal olarak kullanılan toprak Nisan 2018'de doğal bir çam ormanından (37°05'07" K, 35°29'09" D) alınmıştır. Toprağın yüzeyi iyice temizlendikten sonra 0-10 cm derinlikten örneklenmiş olup laboratuvar ortamında kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten elenmiştir. Alınan toprağa bu çalışmada kullanılan fungusitlerin daha önce uygulanmadığı bilinmektedir.

Metot: Toprağın bünye tipi hidrometre yöntemi ile, toprak pH'sı 1:2'lik toprak-su karışımında InoLab pH metresi ile (Jackson, 1958), kireç içeriği (%) Scheibler kalsimetresi ile (Bouyoucos, 1951), tarla kapasitesi (TK, %) 1/3 atmosferlik basınçlı vakum pompası ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993). Toprakların organik karbon içeriği (% C) Anne metodu ile ve toplam azot içeriği (% N) Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Duchaufour, 1970).

Bu çalışma için seçilen fungusitlerin etiketlerinde yazan etken maddeleri ve tarla dozları sırasıyla difenoconazole (D) için 250 g/l ve 30 ml/da ve difenoconazole + propiconazole (DP) için 150 g/l difenoconazole + 150 g/l propiconazole ve 50 ml/da şeklindedir. Bu iki fungusitin tavsiye edilen dozu (D1 ve DP1), bunun 5 (D5 ve D10) ve 10 (D10 ve DP10) katı kadar dozları, toprağa giriş derinliği 1 mm olduğu varsayılarak ve çalışmada alınan toprağın hacim ağırlığı 1,20 g/cm³ varsayılarak toprağa karıştırılmıştır. Toprağın mikrobiyal solunumunu ölçmek için 100 g toprak ve her iki fungusidin dozları 750 ml hacimli kavanozlarına konulduktan sonra tarla kapasitesinin %80'i oranında nemlendirdikten sonra 42 gün boyunca 28°C'de karanlıkta inkübe edilmiştir. Normal toprak solunumunu ölçmek için fungusit içermeyen toprak kontrol olarak kullanılmıştır. Mikrobiyal solunum sonucunda açığa çıkan CO₂'i tutabilmek için 0,5 M NaOH küçük beherlere konulup inkübasyon kavanozlarında toprağın üstüne yerleştirilmiştir. Üretilen CO₂'nin miktarı inkübasyonun 1., 4., 7., 14., 21., 28., 35. ve 42. günlerinde hidroklorik asitle titre edilerek belirlenmiştir (Alef, 1995). Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

İstatistiksel Analiz: Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS v20.0 paket istatistik programı kullanılmıştır. Her inkübasyon gününde iki fungusidin ayrı ayrı olarak, kontrol ile dozların aralarındaki farkın önemli olup olmadığı varyans analizi (One Way Anova) ve Tukey HSD testi ile belirlenmiştir (Kleinbaum vd., 1998). Elde edilen üç tekrarlı veriler tablo ve şekillerde ortalama±standart hata şeklinde ifade edilmiştir. Karşılaştırmalarda önem düzeyi P<0,05 olarak alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Adana'da doğal bir çam ormanından alınan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Toprak killi bünyeli olup hafif alkalidir. Toprağın kireç içeriği %1,16 iken tarla kapasitesi %36,09'dur. Toprağın organik karbon ve toplam azot içerikleri sırasıyla %1,37 ve % 0,092 olup C/N oranı 15,10'dur. Sağlıker & Darıcı (2005) Adana'da bir çam türünden aldıkları marn anamateryalli toprağın bünyesini tınlı, tarla kapasitesini %31,57, kireç içeriğini %23,24, organik karbon içeriğini %1,75, toplam azot içeriğini %0,11 ve C/N oranının 15,82 olduğunu belirlemişlerdir.

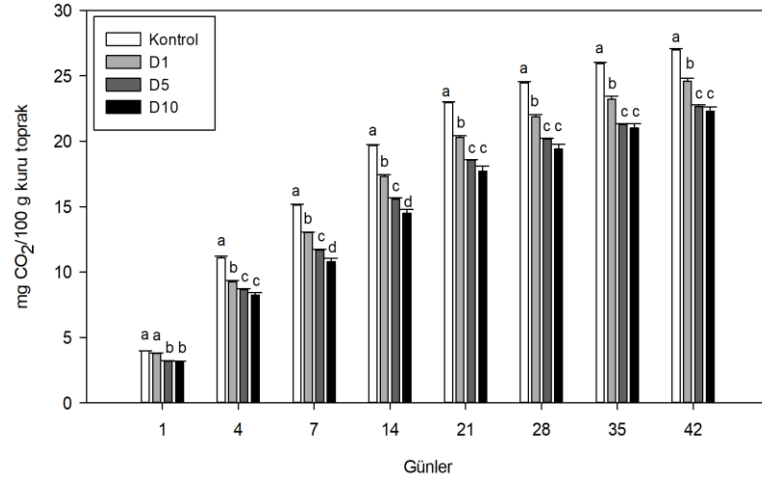
Tablo 1 Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.
Table 1 Some physical and chemical properties of soil.

Toprak Özellikleri	
Kil (%)	54,25 ± 1,56
Silt (%)	23,27 ± 0,71
Kum (%)	22,48 ± 0,86
Tekstür	Killi
pH	7,85 ± 0,01
CaCO ₃ (%)	1,16 ± 0,58
Tarla Kapasitesi (%)	36,09 ± 1,22
C (%)	1,37 ± 0,00
N (%)	0,092 ± 0,009
C/N	15,10 ± 1,28

Veriler aritmetik ortalama±standart hata şeklinde sunulmuştur (n=3).

Genel olarak, toprağa tavsiye edilen dozları ve bu dozların 5 ve 10 katları kadar karıştırılan difenoconazole (D1, D5 ve D10) ve difenoconazole + propiconazole (DP1, DP5 ve DP10) fungusit formülasyonları bütün inkübasyon günlerinde kontrole göre kümülatif toprak mikrobiyal solunumuna önemli bir biçimde azaltmıştır (Şekil 1 ve 2, P<0,05). Sadece inkübasyonun 1.gününde D1 ile kontrol arasındaki fark anlamlı değildir (Şekil 1, P>0,05).

Difenoconazole fungusit formülasyonu karıştırılan killi toprağın kümülatif mikrobiyal solunumları (mg CO₂/100 g kuru toprak) 42 günlük inkübasyon sonunda 22,30 (D10) ve 26,90 (Kontrol) arasındadır (Şekil 1). İnkübasyon süresince D1'in toprak mikrobiyal solunumunu kontrole göre minimum ve maksimum azalış yüzdeleri %4,96 (1. Gün) ve %16,52 (4.gün) olup bu iki doz arasındaki fark 1. gün hariç tüm inkübasyon günlerinde önemlidir (P<0,05). Minimum ve maksimum azalma yüzdeleri D5 için % 15,97 (42. gün) ve % 22,71 (7.gün) iken D10 için %17,31 (42. gün) ve % 28,62 (7.gün) olduğu belirlenmiştir. Tüm inkübasyon günlerinde D5 ve D10 dozlarının kontrol ile aralarındaki fark ayrı ayrı olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (P<0,05). D1 dozunun ayrı ayrı olarak D5 ve D10 dozlarıyla aralarındaki fark tüm inkübasyon günlerinde anlamlıdır (P<0,05). D5 ile D10 dozları arasındaki fark sadece 7. ve 14. günlerde anlamlıdır (P<0,05).



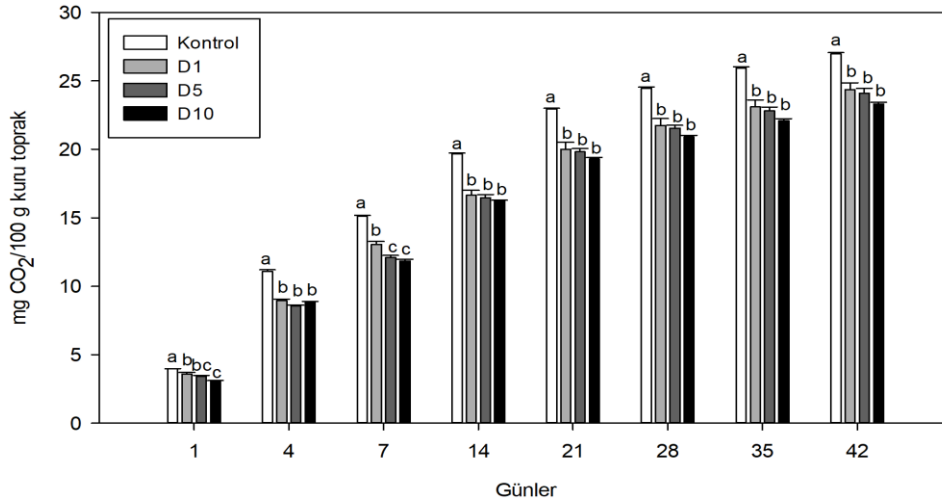
Şekil 1. Kontrolün, difenoconazole'nin tavsiye edilen tarla dozu (D1) ve bunun 5 (D5) ile 10 (D10) katı kadarının toprakta kümülatif mikrobiyal solunumları [(mg CO₂/100 g kuru toprak, ortalama±standart hata, n=3, "a, b, c ve d" harfleri kontrol ve fungisit uygulamaları arasındaki ayrımını göstermek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harfler, veriler arasındaki istatistiksel farkın önemli olduğunu göstermektedir (P<0,05)].

Figure 1. Cumulative soil microbial respirations of control, recommended field dose (D1), 5 (D5) folds and 10 (D10) folds of difeniconazole [(mg CO₂/100 g air dried soil, mean±standard error, n=3, "a, b, c and d" indicates the differences between control and fungicide applications. Different lowercase letters shows that the differences between data were significant (P<0.05)]

Difenoconazole'nin laboratuvarında kontrollü koşullarda (30°C ve su tutma kapasitesinin %60'ı oranında nemlendirerek) siltli tın bir toprağa 0,1 ve 1,0 mg/kg toprak dozlarında karıştırıldığında genel mikrobiyal aktiviteyi önemli bir biçimde arttırdığı bildirilmiştir (Thom vd., 1997). Laboratuvar ortamında (aerobik koşullarda, 25±2°C'de ve su tutma kapasitesinin %60'ı oranında nemlendirerek) difenoconazole'nin toprakta (%15,1 kum, %45,1 silt, %39,8 kil, % 2,16 organik madde ve pH 7,8) ayrışabildiği ve test edilen toprak matrislerinde stabil olduğu saptanmıştır (Dong vd., 2013). Buna karşın, difenoconazole'nin yüksek konsantrasyonlarının toprakta bakteriyel komünite çeşitliliğini azalttığı ve bu azalmanın doz arttıkça arttığı belirtilmiştir (Zhang vd., 2021). Buna ek olarak, toprağa karıştırılan biyokömürün difenoconazole'nin topraktaki kalıcılığını arttırdığı, biyokömür dozu arttıkça bitkinin difenoconazole alımının azaldığı ve biyokömürün toprağın kimyasal özelliklerini değiştirerek difenoconazole parçalayabilen bakterilere yardımcı olduğu ifade edilmiştir (Cheng vd., 2017). Difenoconazole'nin farklı dozları (0,44, 1,10, 1,46, 2,20, 4,40 ve 22,00 µg aktif madde/ g toprak) toprakta fungal popülasyonu ve solunumu önemli bir biçimde azalttığı, bakteri ve aktinomiset popülasyonları ile selülaz, ksilanaz ve proteaz aktivitelerini dozu arttıkça arttırdığı ve 0,44 µg dozunda toprak solunumunu arttırdığı bulunmuştur (Meenakshi vd., 2007). Buna zıt olarak, difenoconazole'nin 0,037, 0,075 ve 0,150 mg/kg toprak dozlarının laboratuvarında sabit ve yüksek sıcaklıkta (30°C) toprak mikrobiyotasının enzimatik aktivitesi (dehidrogenaz, üreaz, fosfataz ve proteaz) (Filimon vd., 2015) ile yüksek dozlarda toprağın azot döngüsünde rol oynayan aerobik, anaerobik ve denitrifikasyon bakterileri

topluluklarını azalttığı bulunmuştur (Filimon vd., 2018). 25 ml/da ve 50 ml/da dozlarında arazide uygulanan difenoconazole formülasyonunun (%25 emülsiyon konsantre) yarı ömrünün 4,68 ile 8,09 gün olduğu saptanmıştır (Mukhopadhyay vd., 2011). Thom vd., (1997) ve Dong vd., (2013) hariç yukarıda adı geçen çalışmalar mevcut çalışmayı desteklemekte olup difenoconazole formülasyonunun tüm dozları bu çalışmadaki killi toprağın mikrobiyal aktivitesini azalttığı ve bu azalmanın inkübasyon süresi arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Kümülatif toprak mikrobiyal solunumları (mg CO₂/100 g kuru toprak) 42 günlük inkübasyon sonunda difeniconazole + propiconazole için 23,32 (DP10) ile 26,97 (Kontrol) arasındadır (Şekil 2). Difenoconazole + propiconazole fungisit formülasyonunun tavsiye edilen tarla dozunun (DP1) toprak mikrobiyal solunumunu kontrole göre azalış yüzdeleri %9,64 (42. gün) ile %19,37 (4. Gün) arasında olup bu doz ile kontrol arasındaki fark tüm inkübasyon günlerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (P<0,05). DP5'in kontrole göre azalış yüzdeleri %10,66 (42.gün) ile % 23,01 (4.gün) olup bu iki doz arasındaki fark tüm inkübasyon günlerinde önemlidir (P<0,05). DP10'un kontrole göre azalış yüzdeleri %13,54 (42. Gün) ile %22,04 (1. Gün) olup bu iki doz arasındaki fark tüm inkübasyon günlerinden anlamlıdır (P<0,05). 42 günlük toprak mikrobiyal solunumunun kontrole göre ortalama azalma miktarları DP1 için %12,8, DP5 için %15,2 ve DP10 için %17,6 olduğu belirlenmiştir. Genel olarak inkübasyon süresince DP1, DP5 ve DP10 dozları arasındaki farkın anlamlı olmadığı bulunmuştur. Sadece inkübasyonun 1.gününde DP1 ile DP10 arasındaki fark ve 7. Gününde DP1 dozunun ayrı ayrı olarak DP5 ve DP10 dozlarıyla aralarındaki fark anlamlıdır (P<0,05).



Şekil 2. Kontrolün, difenoconazole + propiconazole'nin tavsiye edilen tarla dozu (DP1) ve bunun 5 (DP5) ile 10 (DP10) katı kadarının toprakta kümülatif mikrobiyal solunumları [(mg CO₂/100 g kuru toprak, ortalama±standart hata, n=3, "a, b ve c" harfleri kontrol ve fungusit uygulamaları arasındaki ayrımını göstermek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harfler, veriler arasındaki istatistiksel farkın önemli olduğunu göstermektedir (P<0,05)].

Figure 2. Cumulative soil microbial respirations of control, recommended field dose (DP1), 5 (DP5) folds and 10 (DP10) folds of difenoconazole + propiconazole. [(mg CO₂/100 g air dried soil, mean±standard error, n=3, "a, b and c" indicates the differences between control and fungicide applications. Different lowercase letters shows that the differences between data were significant (P<0.05)]

Literatürde difenoconazole ve propiconazole (DP) karışımının toprakta mikrobiyal aktiviteye olan etkileri konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. DP'nin toprakta adsorpsiyonunun, desorpsiyonunun ve hareketlerinin ana olarak toprak pH'ından etkilendiği ve her iki fungusitin ayrı ayrı olarak gösterdiği davranışların açık bir biçimde beraber iken değiştiği saptanmıştır (Wang vd., 2020). Buna karşın tek başına propiconazole'nin (250 g aktif madde/l) tavsiye edilen dozu uygulandığında toprak mikroorganizma sayılarını ve enzim aktivitelerini teşvik edici potansiyel bir ajan olduğu ve yüksek dozlarda mikrobiyal sayımların azaldığını bulmuşlardır (Satapute vd., 2019). Buna ek olarak, laboratuvar koşullarında 40 günlük inkübasyon sonucunda propiconazole'nin (25% emülsiyon konsantre) tek başına 1,0, 2,5 ve 5,0 kg/ha dozlarının yüksek kil içeren bir toprakta selüloz ve invertaz aktivitelerini artırdığını ve tavsiye edilen tarla dozu uygulandığında toprak mikrobiyal aktivitesinin arttığı sonucuna varmışlardır (Ramudu vd., 2011). Laboratuvar koşullarında propiconazole'nin tek başına düşük dozlarda uygulandığında toprak solunumunun arttığı ve çok yüksek ve tarımsal olarak gerçek olmayan dozlar uygulandığında bile toprak solunumunun 30 günlük inkübasyon periyodunda normale döndüğü belirlenmiştir (Elmholt, 1992). Başka bir çalışmada, propiconazole'nin 40 günlük inkübasyonda ilk hafta toprak bazal solunumunu artırdığı ve daha sonraki süreçte bunu inhibe etmediği ancak çalışılan 40 gün boyunca toprak mikroorganizmalarına olan toksik etkinin sürdüğünü bildirmişlerdir (Fernandez-Calvino vd., 2017). Bu çalışmada difenoconazole + propiconazole fungusit formülasyonunu tüm dozlarının tüm inkübasyon günlerinde toprak mikrobiyal solunumunu

önemli bir biçimde azalttığı ancak bu olumsuz etkinin difenoconazole formülasyonuna göre daha az olduğu söylenebilir.

SONUÇ

Fungisitlerin ve pestisitlerin yanlış ve yüksek dozlarda tarımda uygulanması dünya çapında bir endişeye yol açmaktadır. Karasal ekosistemlerde kimyasal kirliliğin yol açtığı çevresel değişimlerin izlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de heterotrofik toprak mikroorganizmalarının ürettiği karbondioksitin yani mikrobiyal solunumunun ölçülmesidir. Bu çalışmada, şeker pancarında mantar enfeksiyonlarına karşı kullanılan difenoconazole ve difenoconazole + propiconazole fungusit formülasyonlarının tavsiye edilen tarla dozları (30 ve 50 ml/da) ve bu dozun 5 ve 10 katı kadarı killi bir toprağa karıştırıldıktan sonra toprak mikrobiyal solunumunu 42 günlük inkübasyon süresince önemli bir biçimde azalttığı bulunmuştur. Buna ek olarak, difenoconazole + propiconazole fungusit formülasyonunun toprak mikrobiyal aktivitesine difenoconazole'e göre daha az olumsuz etki yaptığı söylenebilir. Bu çalışma baz alınarak gelecekteki çalışmalarda laboratuvar, sera ve tarla koşullarında aynı fungusitlerin farklı organik madde, tekstür ve pH'a sahip topraklara önerilen ve daha yüksek dozlarda uygulanarak topraktaki mikroorganizma aktivitesine etkilerinin daha geniş kapsamlı araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle bu iki fungusitin bitkisel üretimde üretici firmaların belirlediği dozların ve uygulama sıklıklarının değişmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aka, H., & Darıcı, C. (2005).** Carbon and nitrogen mineralization in carob soils with Kermes oak and Aleppo pine leaf litter. *European Journal of Soil Biology*, **41**(1-2), 31-38. DOI: [10.1016/j.ejsobi.2005.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.05.001)
- Acar, M., Çelik, İ., Gunal, H., Acir, N., Barut Bereket, Z. & Budak, M. (2018).** Tillage effects on soil organic carbon, microbial biomass carbon and beta-glucosidase enzyme activity in a typical haploxerert soil. *Scientific Papers-Series A-Agronomy*, **61**(1), 13-20.
- Aka Sağlıker, H. & Şahin, M. (2018).** The effects on soil carbon mineralization of different doses of epoxiconazole and carbendazim suspension used in wheat cultivation *Scholars Academic Journal of Biosciences*, **6**(3), 263-268. DOI: [10.21276/sajb.2018.6.3.5](https://doi.org/10.21276/sajb.2018.6.3.5)
- Alef, K. (1995).** Soil respiration. In K. Alef & P. Nannipieri (Ed), *Methods in Soil Microbiology and Biochemistry*, 214-219p,. San Diego: Academic Press Inc.
- Battaglin, W.A., Sandstrom, M.W., Kuivila, K.M., Kolpin, D.W. & Meyer, M.T. (2011).** Occurrence of azoxystrobin, propiconazole, and selected other fungicides in us streams, 2005-2006. *Water Air and Soil Pollution*, **218**(1-4), 307-322. DOI: [10.1007/s11270-010-0643-2](https://doi.org/10.1007/s11270-010-0643-2)
- Bolton, M.D., Panella, L., Campbell, L. & Khan, M.F. R. (2010).** Temperature, moisture, and fungicide effects in managing rhizoctonia root and crown rot of sugar beet. *Phytopathology*, **100**(7), 689-697. DOI: [10.1094/PHYTO-100-7-0689](https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-7-0689)
- Bouyoucos, G.S. (1951).** A recalibration of the hydrometer for mohing mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, **43**, 434-438.
- Carpinteiro, İ., Ramil, M., Rodriguez, İ. & Cela, R. (2010).** Determination of fungicides in wine by mixed-mode solid phase extraction and liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, **1217**(48), 7484-7492. DOI: [10.1016/j.chroma.2010.09.080](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.09.080)
- Çelik, İ., Gunal, H., Acar, M., Bereket Barut, Z., Acir, N. & Budak, M. (2018).** Long-term tillage induced changes in physical attributes of a clayey soil in eastern mediterranean region. *Sciend*, **1**(1), 32-39. DOI: [10.2478/alife-2018-0005](https://doi.org/10.2478/alife-2018-0005)
- Çetin, M., Aksoy, H., Önöz, B., Eriş D.E., Yüce M.İ., Selek, B., Aksu, H., Burgan H.İ., Eşit, M., Çavuş, Y. & Orta, S. (2018).** Deriving accumulated precipitation deficits from drought severityduration frequency curves: A case study in Adana province, Turkey. *1. International Congress on Agricultural Structures and Irrigation*, Antalya, Türkiye, 39-48.
- Cheng, J.Z., Lee, X.Q., Gao, W.C., Chen, Y., Pan, W.J. & Tang, Y. (2017).** Effect of biochar on the bioavailability of difenoconazole and microbial community composition in a pesticide-contaminated soil. *Applied Soil Ecology*, **121**, 185-192. DOI: [10.1016/j.apsoil.2017.10.009](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.009)
- Dilly, O. (2001).** Microbial respiratory quotient during basal metabolism and after glucose amendment in soils and litter. *Soil Biology & Biochemistry*, **33**(1), 117-127. DOI: [10.1016/S0038-0717\(00\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00123-1)
- Demiralay, İ. (1993).** *Toprak fiziksel analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum, 128p.
- Dong, F., Li, J., Chankvetadze, B., Cheng, Y., Xu, J., Liu, X., Li, Y., Chen, X., Bertucci, C., Tedesco, D., Zanasi, R. & Zheng, Y. (2013).** Chiral triazole fungicide difenoconazole: absolute stereochemistry, stereoselective bioactivity, aquatic toxicity, and environmental behavior in vegetables and soil. *Environmental Science & Technology*, **47**(7), 3386-3394. DOI: [10.1021/es304982m](https://doi.org/10.1021/es304982m)
- Dong, X., Zuo, Z., Guo, J., Li, H., Zhang, L., Chen, M., Yang, Z. & Wang, C. (2017).** Reproductive effects of life-cycle exposure to difenoconazole on female marine medaka (*Oryzias melastigma*). *Ecotoxicology*, **26**(6), 772-781. DOI: [10.1007/s10646-017-1808-1](https://doi.org/10.1007/s10646-017-1808-1)
- Duchaufour, P. (1970).** *Precis de Pedologie*. Masson et C1^e, Editeurs, Paris.
- Elmholt, S. (1992).** Effect of propiconazole on substrate amended soil respiration following laboratory and field application. *Pesticide Science*, **34**(2), 139-146. DOI: [10.1002/ps.2780340208](https://doi.org/10.1002/ps.2780340208)
- Fernandez-Calvino, D., Rousk, J., Baath, E., Bollmann, U.E., Bester, K. & Brandt, K.K. (2017).** Ecotoxicological assessment of propiconazole using soil bacterial and fungal growth assays. *Applied Soil Ecology*, **115**, 27-30. DOI: [10.1016/j.apsoil.2017.03.009](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.009)
- Filimon, M.N., Popescu, R., Verdes, D., Dumitrescu, G., Voia, O.S., Ahmadi, M. & Dronca, D. (2018).** The effects of difenoconazole treatment on microorganism from soil. *Revista De Chimie*, **69**(5), 1129-1133. <https://doi.org/10.37358/RC.18.5.6274>
- Filimon, M.N., Voia, S.O., Vladoiu, D.L., Isvoran, A. & Ostafe, V. (2015).** Temperature dependent effect of difenoconazole on enzymatic activity from soil.

- Journal of the Serbian Chemical Society*, **80**(9), 1127-1137. DOI: [10.2298/JSC141218030F](https://doi.org/10.2298/JSC141218030F)
- Godeau, C., Morin-Crini, N., Staelens, J.N., Martel, B., Rocchi, S., Chanet, G., Fourmentin, M. & Crini, G. (2021).** Adsorption of a triazole antifungal agent, difenoconazole, on soils from a cereal farm: Protective effect of hemp felt. *Environmental Technology & Innovation*, **22**, 101394. DOI: [10.1016/j.eti.2021.101394](https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101394)
- Gopinath, K., Radhakrishnan, N.V. & Jayaraj, J. (2006).** Effect of propiconazole and difenoconazole on the control of anthracnose of chilli fruits caused by *Colletotrichum capsici*. *Crop Protection*, **25**(9), 1024-1031. DOI: [10.1016/j.cropro.2006.02.001](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.02.001)
- Hamada, M.S., Yin, Y.N. & Ma, Z.H. (2011).** Sensitivity to iprodione, difenoconazole and fludioxonil of *Rhizoctonia cerealis* isolates collected from wheat in China. *Crop Protection*, **30**(8), 1028-1033. DOI: [10.1016/j.cropro.2011.04.004](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.04.004)
- Jackson, M.L. (1958).** *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 498p.
- Jorgensen, L.N., Matzen, N., Hansen, J. G., Semaskiene, R., Korbas, M., Danielewicz, J., Glazek, M., Maumene, C., Rodemann, B., Weigand, S., Hess, M., Blake, J., Clark, B., Kildea, S., Batailles, C., Ban, R., Havis, N. & Treikale, O. (2018).** Four azoles' profile in the control of *Septoria*, yellow rust and brown rust in wheat across Europe. *Crop Protection*, **105**, 16-27. DOI: [10.1016/j.cropro.2017.10.018](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.018)
- Kleinbaum, D.G., Kupper, L.L., Muller, K.E. & Nizam, A. (1998).** *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Duxbury Press, An Imprint of Brooks/Cole Publishing Company, California, USA, 718p.
- Kocak, B. & Darici, C. (2016).** Priming effects of leaves of *Laurus nobilis* L. and 1,8-cineole on carbon mineralization. *Chilean Journal of Agricultural Research*, **76**(1), 100-104. DOI: [10.4067/S0718-58392016000100014](https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000100014)
- Luo, Y. & Zhou, X. (2006).** Chapter 5 - controlling factors. In Y. Luo & X. Zhou (Eds.), *Soil respiration and the environment*, 79-105p, Burlington: Academic Press.
- Meenakshi, S.N., Jeyaramraja, P.R. & Manian, R. (2007).** Degradation of the fungicides, azoxystrobin and difenoconazole in soil and their influence on soil microbial activity. *Pest Technology*, **1**(2), 133-138.
- Millard, P., Midwood, A.J., Hunt, J.E., Barbour, M.M. & Whitehead, D. (2010).** Quantifying the contribution of soil organic matter turnover to forest soil respiration, using natural abundance delta C-13. *Soil Biology & Biochemistry*, **42**(6), 935-943. DOI: [10.1016/j.soilbio.2010.02.010](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.02.010)
- Mu, X., Wang, K., Chai, T., Zhu, L., Yang, Y., Zhang, J., Pang, S., Wang, C. & Li, X. (2015).** Sex specific response in cholesterol level in zebrafish (*Danio rerio*) after long-term exposure of difenoconazole. *Environmental Pollution*, **197**, 278-286. DOI: [10.1016/j.envpol.2014.11.019](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.11.019)
- Mukhopadhyay, S., Das, S., Bhattacharyya, A. & Pal, S. (2011).** Dissipation study of difenoconazole in/on chili fruit and soil in India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **87**(1), 54-57. DOI: [10.1007/s00128-011-0275-2](https://doi.org/10.1007/s00128-011-0275-2)
- Munkvold, G. P., Martinson, C.A., Shriver, J.M. & Dixon, P.M. (2001).** Probabilities for profitable fungicide use against gray leaf spot in hybrid maize. *Phytopathology*, **91**(5), 477-484. DOI: [10.1094/PHYTO.2001.91.5.477](https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.5.477)
- Nielsen, M.N. & Winding, A. (2002).** *Microorganisms as indicators of soil health*. Denmark: National Environmental Research Institute.
- Pan, L., Feng, X., Caob, M., Zhang, S., Huang, Y., Xua, T., Jing, J. & Zhang, H. (2019).** Determination and distribution of pesticides and antibiotics in agricultural soils from northern China. *Rsc Advances*, **9**(28), 15686-15693. DOI: [10.1039/C9RA00783K](https://doi.org/10.1039/C9RA00783K)
- Ramudu, A.C., Mohiddin, G.J., Srinivasulu, M., Madakka, M. & Rangaswamy, V. (2011).** Impact of fungicides chlorothalonil and propiconazole on microbial activities in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) soils. *International Scholarly Research Notices*, **2011**, 623404. DOI: [10.5402/2011/623404](https://doi.org/10.5402/2011/623404)
- Reuveni, M. & Sheglov, D. (2002).** Effects of azoxystrobin, difenoconazole, polyoxin B (polar) and trifloxystrobin on germination and growth of *Alternaria alternata* and decay in red delicious apple fruit. *Crop Protection*, **21**(10), 951-955. DOI: [10.1016/S0261-2194\(02\)00073-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00073-X)
- Roman, D.L., Voiculescu, D.I., Filip, M., Ostafe, V. & Isvoran, A. (2021).** Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil: a review. *Agriculture*, **11**(9), 893. DOI: [10.3390/agriculture11090893](https://doi.org/10.3390/agriculture11090893)
- Sağlıker, A. H. & Darici, C. (2005).** Doğu Akdeniz Bölgesinde iki farklı ana materyalde yetişen *Olea europaea* L., *Pinus brutia* Ten. ve *Pistacia terebinthus* L. topraklarında karbon mineralizasyonu. *Ekoloji*, **14**(54), 20-24.

- Satapute, P., Kamble, M.V., Adhikari, S.S. & Jogaiah, S. (2019).** Influence of triazole pesticides on tillage soil microbial populations and metabolic changes. *Science of the Total Environment*, **651**, 2334-2344. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.10.099](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.099)
- Stefani, A., Felicio, J.D., & de Andrea, M.M. (2012).** Comparative assessment of the effect of synthetic and natural fungicides on soil respiration. *Sensors*, **12**(3), 3243-3252. DOI: [10.3390/s120303243](https://doi.org/10.3390/s120303243)
- Thom, E., Ottow, J.C.G. & Benckiser, G. (1997).** Degradation of the fungicide difenoconazole in a silt loam soil as affected by pretreatment and organic amendment. *Environmental Pollution*, **96**(3), 409-414. DOI: [10.1016/s0269-7491\(97\)00037-7](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(97)00037-7)
- Wang, F.Y., Cao, D.T., Shi, L.H., He, S.H., Li, X., Fang, H. & Yu, Y.L. (2020).** Competitive adsorption and mobility of propiconazole and difenoconazole on five different soils. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **105**(6), 927-933. DOI: [10.1007/s00128-020-03034-1](https://doi.org/10.1007/s00128-020-03034-1)
- Wang, K., Wu, J. X. & Zhang, H.Y. (2012).** Dissipation of difenoconazole in rice, paddy soil, and paddy water under field conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **86**, 111-115. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2012.08.026](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.08.026)
- Wang, Z.H., Yang, T., Qin, D.M., Gong, Y. & Ji, Y. (2008).** Determination and dynamics of difenoconazole residues in Chinese cabbage and soil. *Chinese Chemical Letters*, **19**(8), 969-972. DOI: [10.1016/j.ccllet.2008.04.028](https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2008.04.028)
- Zhang, H.P., Song, J.J., Zhang, Z., Zhang, Q., Chen, S., Mei, J., Yu, Y. & Fang, H. (2021).** Exposure to fungicide difenoconazole reduces the soil bacterial community diversity and the co-occurrence network complexity. *Journal of Hazardous Materials*, **405**. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2020.124208](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124208)
- Zubrod, J.P., Bundschuh, M., Arts, G., Bruhl, C.A., Imfeld, G., Knabel, A., Payraudeau, S., Rasmussen, J.J., Rohr, J., Scharmüller, A., Smalling, K., Stehle, S., Schulz, R. & Schafer, R.B. (2019).** Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environmental Science & Technology*, **53**(7), 3347-3365. DOI: [10.1021/acs.est.8b04392](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04392)



Çukurova Üniversitesi Kampüsünde Yetişen *Pinus brutia* Ten. ve *Quercus coccifera* L. Türleri Altındaki Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi

Şahin CENKSEVEN¹ Burak KOÇAK^{2*}

¹ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana, Türkiye

² Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana, Türkiye

Geliş/Received: 01.06.2021

Kabul/Accepted: 08.10.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Cenkseven, Ş. & Koçak, B. (2021). Çukurova Üniversitesi Kampüsünde Yetişen *Pinus brutia* Ten. ve *Quercus coccifera* L. Türleri Altındaki Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 548-554.

How to cite: Cenkseven, Ş. & Koçak, B. (2021). Seasonal Variation of Soil Respiration under *Pinus brutia* Ten. and *Quercus coccifera* L. Species Growing in Cukurova University Campus. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 548-554.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2330-8668>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4144-6079>

***Sorumlu yazarın:**

Burak KOÇAK
Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat
Fakültesi Biyoloji Bölümü, Sarıçam, Adana,
Türkiye
✉: bkocak@cu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada Akdeniz iklimi etkisi altında bulunan ve en az 30 yaşında olan *Pinus brutia* Ten. (Kızılcçam, Pinaceae) ve *Quercus coccifera* L. (Kermes meşesi, Fagaceae) türleri altında topraktan atmosfere salınan CO₂'in mevsimsel değişimi izlenmiştir. Eylül 2016 ve Ağustos 2017 tarihleri arasında aylık toprak ve hava sıcaklıkları ile soda-lime yöntemiyle toprak solunumları belirlenmiştir. Ortalama günlük toprak solunumları (g CO₂/m²/gün) kızılcçamda 1,33 (Ocak) ile 12,33 (Ağustos) iken kermes meşesinde 1,29 (Ocak) ile 13,82 (Ağustos) arasında olup ortalama solunumları sırasıyla 7,03 ve 7,26 olarak belirlenmiştir. Mevsimsel olarak, her iki bitki türünün kış mevsimindeki toprak solunumları diğer mevsimlerden önemli bir biçimde düşük olup tüm aylarda bitkilerin toprak solunumları arasında önemli bir fark saptanmamıştır. Her iki bitki türünün toprak solunumları, toprak ve hava sıcaklıkları arasında önemli ve pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Sonuç olarak, araştırma alanında, artan toprak ve hava sıcaklığı ile topraktan CO₂ salımının artış gösterdiği ve genel olarak bir yıllık süreçte kızılcçam ve kermes meşesi türlerinin CO₂ salımları arasında önemli düzeyde farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kermes meşesi, kızılcçam, mineralizasyon, toprak karbonu, toprak solunumu.

Seasonal Variation of Soil Respiration under *Pinus brutia* Ten. and *Quercus coccifera* L. Species Growing in Cukurova University Campus

Abstract: In this study, seasonal variations of CO₂ released from soil to the atmosphere were monitored under at least 30 years old *Pinus brutia* Ten. (Calabrian pine, Pinaceae) and *Quercus coccifera* L. (Kermes oak, Fagaceae) species that grow under the effects of Mediterranean climate. Soil respirations with soda-lime method, soil and air temperatures were measured monthly between September 2016 and August 2017. Mean daily soil respirations (g CO₂/m²/day) ranged from 1.33 (January 2017) to 12.33 (August 2017) for calabrian pine and from 1.29 (January 2017) to 13.82 (August 2017) while mean respirations were found 7.03 and 7.26, respectively. Seasonally, soil respirations of both plant species in winter were significantly lower than other seasons while there were found no significant differences between all months in soil respirations. There was a significant and positive correlation between soil respirations, soil and air temperatures in both plant species. In conclusion, it was found that increasing soil and air temperatures increased with soil CO₂ release and there was generally no difference in CO₂ release between calabrian pine and kermes oaks in the study area for one year period.

***Corresponding author's:**

Burak KOÇAK
Cukurova University, Faculty of Arts and
Sciences, Department of Biology, Sarıçam,
Adana, Turkey
✉: bkocak@cu.edu.tr

Keywords: Calabrian pine, kermes oak, mineralization, soil carbon, soil respiration.

GİRİŞ

Bitki köklerinin ve onlarla ilişkili olan mikorizaların solunumlarını (ototrofik solunum) ve ölü örtü ve toprak organik maddesinin (TOM) ayrışmasını kapsayan toprak solunumu ormanlardaki karbon dengesinin önemli bir bileşeni olup özellikle Akdeniz iklimi altındaki orman ekosistemlerinde ekosistem solunumunun %60 ile %80'ine tekabül etmektedir (Karadere vd., 2019; Law vd., 2001; Matteucci vd., 2000). Bundan dolayı, iklim değişimine karşı orman ekosistemlerinin verdikleri cevabın tahmin edilmesinde ve küresel modelleme çalışmalarında orman-atmosfer etkileşimlerini ortaya koymak için toprak solunumlarının güvenilir ölçümlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Jenkinson vd., 1991).

Sıcaklık ve nem gibi farklı çevresel faktörlere karşı toprak solunumunun yüksek hassasiyet gösterdiği bilinmektedir (Matías vd., 2012). Bu yüzden topraktan atmosfere CO₂ salımını etkileyen temel faktörlerin toprak nemi ve sıcaklığı olduğu kabul edilmektedir (Curiel Yuste vd. 2004; Matías vd., 2012; Xu vd., 2004). Orman ekosistemlerinde organik maddenin ayrışmasını ve kök solunumunu önemli bir biçimde etkileyen faktörlerden birisi de nem ve sıcaklık arasındaki etkileşimdir (Curiel Yuste vd. 2004; Olajuyigbe vd. 2012).

Topraktan salınan CO₂'nin fosil yakıtların yakılmasıyla üretilenden 10 kat fazla olduğu tahmin edilmekte olup bu da yıllık 98±12 Pg C olduğu belirtilmiştir (Oertel vd., 2016). Bu katkıya rağmen, ekosistemler ve kontrol mekanizmaları arasındaki değişkenlik konusunda sınırlı bir bilgi olduğu bildirilmiştir (Bond-Lamberty & Thomson, 2010). Sabit tek bir alanda sabit değişkenlerle (vejetasyon, toprak tipi, iklim tarihçesi gibi) deneysel olarak ilişkiler belirlenmiş iken bu çalışmalarda genelde diğer alanlarla kıyaslanmadığı (Trumbore, 2006) ve modellemelerin mevsimsel değişimlerle geliştirildiği ancak bunun yıllık veya daha uzun süreçler için her zaman uygun olmadığı ifade edilmiştir (Scott-Denton vd., 2004). Bunun özellikle Akdeniz bölgesi gibi kuru alanlarda önemli olduğu (Scholes vd., 2009), bu bölgenin yaklaşık 2,75 milyon km²'lik bir alana sahip olduğu ve burada toprak karbonunun kaybolmasında en önemli süreçlerden birisinin toprak solunumu olduğu bildirilmiştir (Conant vd., 2000; Gonzalez-Ubierna & Lai, 2019).

Pinus cinsinin Türkiye'deki en önemli türlerinden olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten., Pinaceae) Doğu Akdeniz bölgesinin bir türü olup dünya üzerinde en geniş yayılışını Türkiye'de Akdeniz sahillerini baştan başa kapsayarak yapmaktadır (Sarıbaş & Ekici, 2004). Kızılçam, yayılış alanı, artım ve büyüme özellikleri, oluşturduğu ekonomik değer nedeniyle ülkemizin önemli asli orman ağacı türlerindedir. Genelde Doğu Akdeniz ülkelerinde yayılış

yapan kızılçam ana yayılışını Türkiye'de yaptığından, Türk kızılçamı (Turkish red pine) olarak da adlandırılmaktadır (Boydak vd., 2006). Ülkemizde kızılçam 3.207.914 ha'ı normal, 2.646.759 ha'ı bozuk olmak üzere toplamda 5.854.673 ha'lık bir alanı kaplamaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012).

Makilik alanlar 4,23 milyon hektar ile Türkiye'deki Akdeniz orman alanlarının önemli bir bölümünü meydana getirmektedir (Evrendilek & Doygun, 2000). Ülkemizde Akdeniz Bölgesi'nde maki bitki örtüsüne ait birçok meşe türü görülmesine karşın en fazla bulunan tür kermes meşesi (*Quercus coccifera* L., Fagaceae)'dir. Kermes meşesinin yayılış alanı kızılçamın yayılış alanlarıyla uyumludur. Hatta kızılçamın yayılış alanının da yer yer dışına çıkmaktadır. Bu durumun kermes meşesinin adaptasyonunun kızılçama göre daha yüksek olduğunu gösterdiği bildirilmiştir (Baştürk & Aladağ, 2009).

Bu çalışmada Akdeniz İklimi etkisi altındaki Çukurova Üniversitesi Kampüsü'nde (Adana, Türkiye) doğal olarak yetişen *Pinus brutia* Ten. (Kızılçam) ve *Quercus coccifera* L. (Kermes meşesi) türleri altında topraktan atmosfere salınan CO₂'in mevsimsel değişimi izlenmiştir. *Pinus brutia* Ten. türü altındaki toprak solunumunun *Quercus coccifera* L. türüne göre daha düşük olacağı ve toprak ve hava sıcaklıklarının bu türlerin toprak solunumlarına önemli bir etkisi olacağı hipotezleri kurulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Araştırma alanı, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Adana ili sınırları içerisinde 37° 3' 26" kuzey enlemleri ile 35° 21' 19" doğu boylamında yer alan Çukurova Üniversitesi kampüsüdür. Örneklik alan (yaklaşık 0.40 hektar) olarak Kampusun Çamlıtepe Lojmanlarının Güneyinde doğal olarak yetişen en az 30 yaşlı *Pinus brutia* Ten. (Kızılçam, Pinaceae) ve *Quercus coccifera* L. (Kermes meşesi, Fagaceae) toplulukları seçilmiştir. Örnek alanların seçiminde araştırılan ağaç topluluklarını en iyi şekilde temsil edebilecek bir bölge olmasına, ayrıca tamamen doğal ve insan tahribinden olabildiğince uzakta olmasına dikkat edilmiştir. Alanın hâkim ve karakteristik bitki türleri *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* olup yer yer *Olea europaea* var. *slyvestris*, *Calycotome villosa*, *Myrtus communis* subsp. *communis*, *Paliurus spina-christi* ve *Cistus creticus* türleri görülmektedir (Türkmen, 1987). Araştırma alanlarındaki kızılçamda ortalama çap 38,6 cm, ortalama boy 19,2 m iken meşede ortalama çap 16,1 cm, ortalama boy 6,2 m dir.

Bu ormanların sahip olduğu toprak grubu ise kahverengi orman toprağı olup bu gruba sahip alanın

büyüklüğü 250 hektar kadardır (Şensoy, 2008). Bu bölge Akdeniz iklimi etkisi altında olup 1927 ile 2017 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık ve yağış sırasıyla 19,2°C ve 645 mm'dir (Çetin vd., 2018).

Metot: Bu çalışmada kermes meşesi ve kızılçam türleri altından alınan toprağın yüzeyi iyice temizlendikten sonra 0-10 cm derinlikten örneklenmiş olup laboratuvar ortamında kurutulmuş ve 2 mm'lik eleklerle elenmiştir. Toprakların bünye tipi hidrometre yöntemi ile, toprak pH'sı 1:2'lik toprak-su karışımında InoLab pH metresi ile (Jackson, 1958), tarla kapasitesi (TK, %) 1/3 atmosferik basınçlı vakum pompası ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993). Toprakların organik karbon içeriği (% C) Anne metodu ile ve toplam azot içeriği (% N) Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Duchaufour, 1970).

Pinus brutia Ten. ve *Quercus coccifera* L. türlerinin toprak solunumları aylık olarak Eylül 2016 ve Ağustos 2017 ayları arasında soda-lime yöntemiyle belirlenmiştir (Edwards, 1982; Raich & Tufekcioglu, 2000). Toprak solunumları aynı ağaç türünün 3 farklı bireyi altından, 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için 13,8 cm yüksekliğe ve 11 cm çapa sahip silindirik kovalar kullanılmıştır (Barba vd., 2013; Farhate vd., 2018). Ölçüm kapları toprağın 1 cm derinliğine kadar dikkatli bir şekilde yerleştirilmiştir ve üzerine taş koyarak sabitlenmiştir. Kabın içinde kalan tüm canlı bitkiler yer üstü bitki solunumunu önlemek amacıyla kesilmiş ve ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Nem fazlalığını engellemek amacıyla tartılan soda-lime ölçümünden önce 24 saat boyunca fırında 105°C'de kurutulmuştur. Kurutulan soda-lime beherleri ağzı sıkıca kapatılarak arazide ölçüm kabının içerisine yerleştirilmiştir. Toprak sıcaklığı ölçüm gününün sabahında (09:00-11:00 saatleri arasında) ölçüm kabının yakınında 5 cm toprak derinliğinden ve hava sıcaklığı ağaçların taç altındaki sıcaklığı olarak ölçülmüştür. Kabın içerisinde solunum sonucu açığa çıkan CO₂ 6 cm yüksekliğinde ve 4,2 cm çapındaki beherlerde bulunan 10 g soda lime tarafından tutulmuştur. Araziden 24 saat sonra alınan soda-lime tekrar 24 saat boyunca 105°C'de fırında kurutulmuş ve tartılmış, sonra aşağıdaki formül vasıtasıyla solunum değerleri belirlenmiştir:

$$S = (SL \times 1,69) / (A \times Z)$$

S; Toprak solunumu (g/m²/gün), SL: Soda lime ağırlık artışı, 1,69: su düzeltme faktörü A: Yüzey alanı, Z: inkübasyon süresi (zaman; gün) (Edwards, 1982; Grogan, 1998).

İstatistiksel Analiz: Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS paket istatistik programı kullanılmıştır. Mevcut çalışmada elde edilen verilerin Kurtosis ve Skewness değerleri -1.5 ile +1.5 olduğu ve normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Türlerin aylık toprak solunumları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi için Student's T-Testi ve

toprak solunumlarının mevsimler arasındaki ilişkilerinin değerlendirilmesi için Tukey HSD (ANOVA) analiz yöntemi kullanılmıştır. Ağaçların toprak solunumları, toprak sıcaklıkları ve hava sıcaklıklarının aralarındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Ölçümler üç tekrarlı yapılmıştır. Elde edilen üç tekrarlı veriler şekillerde ortalama±standart hata şeklinde ifade edilmiştir. Karşılaştırmalarda önem düzeyi P < 0,05 olarak alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Topraklar kumlu tınlı bünyeli olup hafif baziktir. Toprakların tarla kapasiteleri, organik karbon ve toplam azot içerikleri *Pinus brutia* için %20,6, %2,23 ve %0,15 iken *Quercus coccifera* için %24,8, %2,28 ve %0,17 olarak belirlenmiştir. Aladağ (Adana-Türkiye) ilçesinde bulunan iğne yapraklı bir ormanda kızılçam toprağının kum, silt ve kil oranlarını sırasıyla %16, %21 ve %63 olarak, tarla kapasitesini %38,4, organik karbon içeriğini %3,76, toplam azot içeriğini %0,14 ve C/N oranını 27 olduğunu bulmuşlardır (Evrendilek vd., 2006). Çukurova Üniversitesi Kampüsü'nde yetişen kermes meşe toprağının kum, silt ve kil oranlarını %67,7, %23,9 ve %8,31 olarak, tarla kapasitesini %46,3, pH'sını 7,92, organik karbon içeriğini %4,41, toplam azot içeriğini %0,39 ve C/N oranını 11,2 olduğunu belirlemişlerdir (Aka ve Darıcı, 2006). Çalışmalardaki farklılıklar toprak örnekleme alanlarını farklı olmasından veya buna bağlı olarak toprağın ana kayasının farklı olmasından kaynaklanabilir.

Ortalama aylık toprak solunumları (g CO₂/m²/gün) kızılçamda 1,33 (Ocak 2017) ile 12,33 (Ağustos 2017) iken kermes meşesinde 1,29 (Ocak 2017) ile 13,82 (Ağustos 2017) arasında olduğu bulunmuştur (Şekil 1). Ortalama yıllık toprak solunumları (g CO₂/m²/gün) ise kızılçamda 7,03 ve kermes meşesinde 7,26 olarak belirlenmiştir. Berberoğlu vd. (2015), Yukarı Seyhan Havzası'nda (Adana-Türkiye) saf kızılçam ormanındaki toprak solunumunu 998±225 g C/m²/yıl olduğunu bulmuş olup mevcut çalışmadan düşüktür. Sakin vd. (2016), Şanlıurfa ilinin kuzeyinde bulunan ve piknik alanı olarak kullanılan bir kızılçam ormanında soda-lime yöntemiyle ölçtükleri toprak CO₂ çıkışını 2,51 ile 6,84 g/m²/gün olduğunu bulmuşlardır. Bunun sebebi ölçüm alanlarının farklı olmasından kaynaklanabilir. Her iki bitkide kış aylarındaki toprak solunumlarının diğer mevsim aylarından daha düşük olduğu bulunmuştur. Türlerin toprak solunumları arasındaki fark sadece Ağustos 2017'de önemlidir (P<0,05, Şekil 1). Son ve Kim, (1996), 40 yaşındaki *Pinus rigida* ağaçlarının toprak solunumlarının *Larix leptolepis* 'den önemli bir biçimde

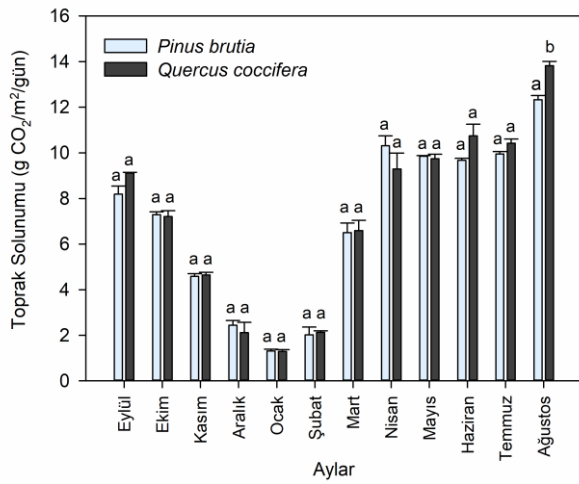
daha yüksek olduğunu ($P<0,01$) ifade etmişlerdir. İstanbul İlinde Belgrad Ormanlar'ında farklı ağaç türlerinde (meşe, göknar, ladin, karaçam ve sarıçam) altından topraktan CO_2 çıkışının mevsimsel değişimini belirlenmiş olup sırasıyla 0,97-5,12, 1,23-4,73, 0,86-5,09, 0,75-8,21 ve 0,75-6,52 g

CO_2 m²/gün olduğu saptamıştır (Akburak, 2008). En düşük ve en yüksek yıllık ortalama solunum değerinin sırasıyla meşe ve ladin türünde olduğu belirlenmiştir (Akburak, 2008).

Tablo 1. Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Parantez içinde gösterilen rakamlar standart hata değerleridir, n = 3, TK: Tarla kapasitesi)

Table 1. Some physical and chemical properties of the soils of study area (Numbers that shown in parentheses are the values of standard error, n=3, TK: field capacity)

	Kum	Silt	Kil	Tekstür tipi	pH	TK	C	N	C:N
	(%)	(%)	(%)			(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Pinus brutia</i>	50,37 (0,38)	38,6 (0,69)	11,03 (0,32)	Kumlu tın (SL)	7,91 (0,02)	20,6 (0,24)	2,23 (0,03)	0,15 (0,002)	14,8 (0,29)
<i>Quercus coccifera</i>	55,41 (0,60)	29,66 (0,75)	14,93 (0,17)		7,73 (0,05)	24,8 (0,35)	2,28 (0,02)	0,17 (0,006)	13,4 (0,52)



Şekil 1. *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının aylık toprak solunumları (n=3, a ve b harfleri bitkilerin toprak solunumları arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir).

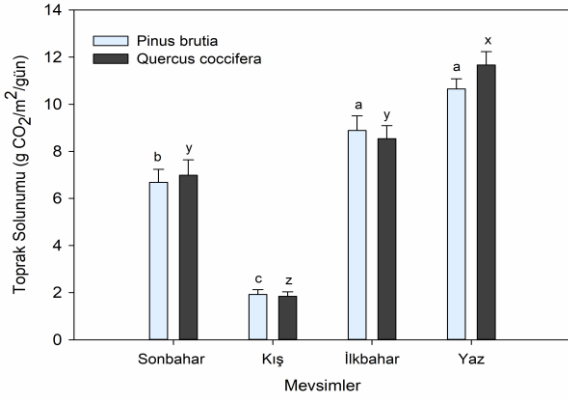
Figure 1. Monthly soil respirations of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (n=3, a and b indicate the significant difference between soil respirations of plants).

Bu çalışmada her iki bitkinin kış mevsimindeki toprak solunumları diğer mevsimlerden önemli bir biçimde düşüktür ($P<0,05$, Şekil 2). Kızılcıdamın toprak solunumlarında ilkbahar ve yaz mevsimleri sonbahar mevsiminden yüksek olup aralarındaki fark ayrı ayrı olarak anlamlıdır ($P<0,05$, Şekil 2). Kermes meşesinde sonbahar ve ilkbahar mevsimindeki toprak solunumları yaz mevsiminden düşük olup aralarındaki fark ayrı ayrı olarak anlamlıdır ($P<0,05$, Şekil 2). Toprakta CO_2 salımındaki mevsimsel değişimler neredeyse tüm ekosistemlerde gözlenmiştir (Luo & Zhou, 2006). Toprak solunumları genellikle en yüksek yazın ve en düşük kış mevsiminde olduğu bildirilmiştir. (Luo & Zhou, 2006). Mevsimsel değişimler genelde sıcaklık, nem, fotosentez aktivitesi ve/veya bunların kombinasyonları tarafından etkilenmektedir. Toprak solunumunu kontrol eden ana faktörler ekosistem ve iklim tipine bağlı olabilmektedirler (Luo & Zhou, 2006).

İlman ve ekvatora yakın bölgelerde bitki büyümesinin en aktif olduğu dönem yaz mevsimi olup bu mevsimde toprak CO_2 akışının maksimuma ulaştığı bildirilmiştir (Raich & Potter, 1995; Raich vd., 2002). Genelde bitki büyümesini arttıran faktörlerin toprak mikrobiyal aktivitesini de arttırdığı bilinmektedir ve buna ek olarak bitkiler aktif büyüme mevsimlerinde önemli miktarda substratı köklere ve mikroorganizmalara yollamakta olup toprak solunumunu teşvik etmektedirler (Luo & Zhou, 2006). Mevcut çalışmada her iki bitkide en yüksek toprak solunumları yaz aylarında görülmektedir.

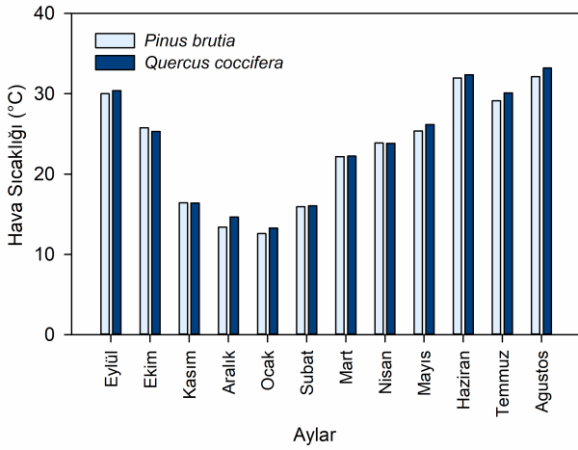
Toprak solunumunun mevsimsel farklılıkları ayrıca vejetasyon tipi tarafından düzenlenmektedir (Grogan & Chapin, 1999). Her dem yeşil ve yapraklarını döken bitki türleri üretim bakımından farklı mevsimsel yollar izlemekte ve bu da yaprak ömrünün farklılıklarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Schulze, 1982). Sonuç olarak, farklı zamanlardaki kök büyümesi, dönüşümü ve ölü örtü birikimi ve ayrışması yoluyla bitki fenolojisinin de toprak solunumunda önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir (Curiel vd., 2004). Toprak solunumundaki mevsimsel farklılıkların büyüklüğünün yaprak alan indeksindeki mevsimsel değişimlerle pozitif korelasyon gösterdiği ve CO_2 salımındaki mevsimsel artışların kök üretimi ve biyokütlesindeki artışla yakından bir ilişki içerisinde olduğu belirtilmiştir (Thomas vd., 2000). Ancak bu çalışmada seçilen bitki türlerinin toprak solunumları arasında bir yıllık süreç içerisinde önemli düzeye farklılık saptanmamıştır.

Çalışma alanındaki aylık ortalama hava sıcaklıkları *Pinus brutia* için 12,6°C (Ocak 2017) ile 32,1°C (Ağustos 2017) ve *Quercus coccifera* için 13,3°C (Ocak 2017) ile 33,2°C (Ağustos 2017) arasındadır (Şekil 3). Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ise *Pinus brutia* için 10,5°C (Ocak 2017) ile 29,4°C (Ağustos 2017) ve *Quercus coccifera* için 11,2°C (Ocak 2017) ve 30,8°C (Ağustos 2017) arasındadır (Şekil 3).



Şekil 2. *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* bitkilerinin mevsimsel toprak solunumları (ortalama± standart hata, n=3, a, b ve c harfleri ve x, y ve z harfleri sırasıyla toprak solunumları arasındaki farkın *Pinus brutia* için ve *Quercus coccifera* için önemli olduğunu göstermektedir).

Figure 2. Seasonal soil respirations of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* (mean±standard error, n=3, a, b and c and x, y and z indicate significant differences between soil respirations for *Pinus brutia* and for *Quercus coccifera*).

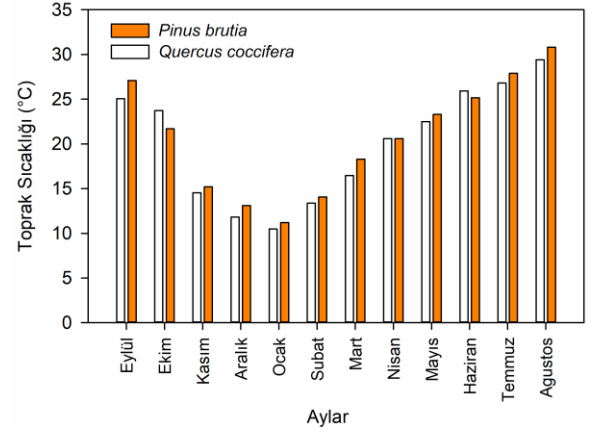


Şekil 3. *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının hava sıcaklıkları (°C, n=3).

Figure 3. Air temperatures of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (°C, n=3).

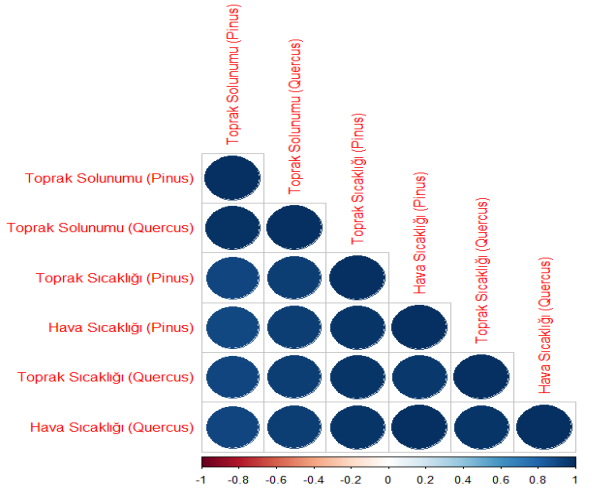
Bu çalışmada her iki bitkinin toprak solunumları, toprak ve hava sıcaklıkları arasında önemli ve pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($P<0,05$, Şekil 5). Son ve Kim, (1996) *Pinus rigida* ve *Larix leptolepis* türlerinin toprak solunumlarının hava ve toprak sıcaklıklarının toprak önemli bir korelasyon gösterdiğini bulmuşlardır ($P<0,01$). *Quercus acutissima* ormanında sıcaklık arttıkça toprak solunumunun olarak arttığı belirtilmiştir (Lee & Mun, 2001). Buna ek olarak, Akdeniz iklimi etkisi altındaki topraklarda CO₂ salımını kontrol eden ana faktörün toprak sıcaklığı olduğu bildirilmiştir (Gonzalez-Ubierna & Lai, 2019). Başka bir çalışmada, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama çiftliğinde 3 farklı toprak nemi altında (%27,5, %22 ve %19,7) toprak karbondioksit çıkışında uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığını buna karşın toprak sıcaklığı ile toprak karbondioksit emisyonları negatif bir

korelasyon olduğunu bulmuşlardır (Akbolat ve Coşkan, 2020).



Şekil 4. *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının toprak sıcaklıkları (°C, n=3).

Figure 4. Soil temperatures of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (°C, n=3).



Şekil 5. *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının toprak solunumları, toprak ve hava sıcaklıklarının korelasyon analizi (n=36).

Figure 5. Correlation analysis of soil respirations, soil and air temperatures in *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (n=36).

SONUÇ

Sonuç olarak, ülkemizde Akdeniz iklimi etkisi altında ve Adana'da Çukurova Üniversitesi Kampüsü'nde doğal olarak yetişen ve yayılış gösteren kızılçam ve kermes meşesinin toprak solunumları arasında genel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Kızılçam ve kermes meşesinde toprakların ortalama solunumları sırasıyla 7,03 ve 7,26 CO₂/m²/gün olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, toprak sıcaklıklarının bu iki bitki türünün toprak solunumu ile önemli ve pozitif bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen verilerin özellikle Akdeniz iklimi etkisindeki bölgelerde küresel iklim değişiminin CO₂ salımına etkisinin belirlenmesinde kullanılan modelleme çalışmalarına destek olacağı tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aka, H., & Darıcı, C. (2005).** Carbon and nitrogen mineralization in carob soils with Kermes oak and Aleppo pine leaf litter. *European Journal of Soil Biology*, **41**(1-2), 31-38. DOI: [10.1016/j.ejsobi.2005.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.05.001)
- Akbolat, D., & Coşkan, A. (2020).** Toprak neminin toprak karbondioksit emisyonu üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, **15**(2), 161-165.
- Akburak, S. (2008).** Belgrad ormanında farklı ağaç türleri altında toprak solunumunun mevsimsel değişimi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 168s.
- Barba, J., Yuste, J. C., Martínez-Vilalta, J., & Lloret, F. (2013).** Drought-induced tree species replacement is reflected in the spatial variability of soil respiration in a mixed Mediterranean forest. *Forest Ecology and Management*, **306**, 79-87. DOI: [10.1016/j.foreco.2013.06.025](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.025)
- Baştürk, K. & Aladağ, C. (2009).** Maki ve garig topluluklarının Türkiye'deki yayılış alanları ve ekolojik özelliklerinin incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **22**, 67-80.
- Berberoglu, S., Donmez, C., & Evrendilek, F. (2015).** Coupling of remote sensing, field campaign, and mechanistic and empirical modeling to monitor spatiotemporal carbon dynamics of a Mediterranean watershed in a changing regional climate. *Environmental Monitoring and Assessment*, **187**(4), 1-16. DOI: [10.1007/s10661-015-4413-x](https://doi.org/10.1007/s10661-015-4413-x)
- Bond-Lamberty, B. & Thomson, A. (2010).** Temperature-associated increases in the global soil respiration record. *Nature*, **464**, 579-582. DOI: [10.1038/nature08930](https://doi.org/10.1038/nature08930)
- Boydak, M., Dirik, H. & Çalıköğlü, M. (2006).** *Kızılcamin (pinus brutia Ten.) biyolojisi ve silvikültürü*: Ogem-Vak Yayınları, Ankara, Türkiye, 364 s.
- Conant, R. T., Klopatek, J.M. & Klopatek, C. C. (2000).** Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, **64**(1), 383-390. DOI: [10.2136/sssaj2000.641383x](https://doi.org/10.2136/sssaj2000.641383x)
- Curiel Yuste, J., Janssens, I. A., Carrara, A., Meiresonne, L. & Ceulemans, R. (2003).** Interactive effects of temperature and precipitation on soil respiration in a temperate maritime pine forest. *Tree Physiology*, **23**(18), 1263-1270. DOI: [10.1093/treephys/23.18.1263](https://doi.org/10.1093/treephys/23.18.1263)
- Curiel, Y.J., Janssens, I. A., Carrara, A. & Ceulemans, R. (2004).** Annual Q10 of soil respiration reflects plant phenological patterns as well as temperature sensitivity. *Global Change Biology*, **10**(2), 161-169. DOI: [10.1111/j.1529-8817.2003.00727.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00727.x)
- Çetin, M., Aksoy, H., Önöz, B., Eriş, E., Yüce, M.İ., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H.İ., Eşit, M., Çavuş, Y. & Orta, S. (2018).** Deriving accumulated precipitation deficits from drought severity-duration-frequency curves: A case study in Adana province, Turkey. 1st International Congress on Agricultural Structures and Irrigation, Antalya, Türkiye, 39-48.
- Demiralay, İ. (1993).** *Toprak fiziksel analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum, 128s.
- Duchauffour, P. (1970).** *Precis de Pedologie*. Masson et C1^e, Editeurs, Paris.
- Edwards, N.T. (1982).** The use of soda-lime for measuring respiration rates in terrestrial systems. *Pedobiologia*, **23**(5), 321-330.
- Evrendilek, F. & Doygun, H. (2000).** Assessing major ecosystem types and the challenge of sustainability in Turkey. *Environmental Management*, **26**(5), 479-489. DOI: [10.1007/s002670010106](https://doi.org/10.1007/s002670010106)
- Evrendilek, F., Berberoglu, S., Taskinsu-Meydan, S., & Yilmaz, E. (2006).** Quantifying carbon budgets of conifer Mediterranean forest ecosystems, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **119**(1), 527-543. DOI: [10.1007/s10661-005-9041-4](https://doi.org/10.1007/s10661-005-9041-4)
- Farhate, C. V. V., Souza, Z. M. D., Oliveira, S. R. D. M., Carvalho, J. L. N., Scala, N. L., & Santos, A. P. G. (2018).** Classification of soil respiration in areas of sugarcane renewal using decision tree. *Scientia Agricola*, **75**, 216-224. DOI: [10.1590/1678-992X-2016-0473](https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0473)
- Gonzalez-Ubierna, S. & Lai, R. (2019).** Modelling the effects of climate factors on soil respiration across Mediterranean ecosystems. *Journal of Arid Environments*, **165**, 46-54. DOI: [10.1016/j.jaridenv.2019.02.008](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.02.008)
- Grogan, P. (1998).** CO₂ flux measurement using soda lime: Correction for water formed during CO₂ adsorption. *Ecology*, **79**(4), 1467-1468.
- Grogan, P., & Chapin, F.S. (1999).** Arctic soil respiration: effects of climate and vegetation depend on season. *Ecosystems*, **2**(5), 451-459. DOI: [10.1007/s100219900093](https://doi.org/10.1007/s100219900093)
- Jackson, M. L. (1958).** *Soil chemical analysis*. Pretice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 498s.
- Jenkinson, D.S., Adams, D.E. & Wild, A. (1991).** Model estimates of CO₂ emissions from soil in response to global warming. *Nature*, **351**(6324), 304-306. DOI: [10.1038/351304a0](https://doi.org/10.1038/351304a0)
- Karadere, Ş., Işık, M., Akşahin, V., Öztürk, F., & Ortaş, İ. (2019).** Effect of different biochar doses and mycorrhiza application on soil CO₂ flux, under field condition. *International Soil Congress*, 17-19 Haziran 2019, Ankara, Turkey, 387-390.
- Law, B.E., Thornton, P.E., Irvine, J., Anthoni, P.M. & Van Tuyl, S. (2001).** Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different developmental stages. *Global Change Biology*, **7**(7), 755-777. DOI: [10.1046/j.1354-1013.2001.00439.x](https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2001.00439.x)

- Lee, Y.Y. & Mun, H.T. (2001).** A study on the soil respiration in a *Quercus acutissima* forest. *The Korean Journal of Ecology*, **24**(3), 141-147.
- Luo, Y. & Zhou, X. (2006).** Chapter 6 - temporal and spatial variations in soil respiration. In Y. Luo & X. Zhou (Ed), *Soil respiration and the environment*, 107-131p, Burlington: Academic Press.
- Matias, L., Castro, J. & Zamora, R. (2012).** Effect of simulated climate change on soil respiration in a mediterranean-type ecosystem: rainfall and habitat type are more important than temperature or the soil carbon pool. *Ecosystems*, **15**(2), 299-310. DOI: [10.1007/s10021-011-9509-8](https://doi.org/10.1007/s10021-011-9509-8)
- Matteucci, G., Dore, S., Stivanello, S., Rebmann, C. & Buchmann, N. (2000).** Soil respiration in beech and spruce forests in Europe: trends, controlling factors, annual budgets and implications for the ecosystem carbon balance. In Schulze, E. D. (Ed.), *Carbon and nitrogen cycling in european forest ecosystems*, 217-236p, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F. & Erasmı, S. (2016).** Greenhouse gas emissions from soils A review. *Chemie Der Erde-Geochemistry*, **76**(3), 327-352. DOI: [10.1016/j.chemer.2016.04.002](https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002)
- Olajuyigbe, S., Tobin, B., Saunders, M. & Nieuwenhuis, M. (2012).** Forest thinning and soil respiration in a Sitka spruce forest in Ireland. *Agricultural and Forest Meteorology*, **157**, 86-95. DOI: [10.1016/j.agrformet.2012.01.016](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.01.016)
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2012).** *Türkiye Orman Varlığı-2012*. Ankara: Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 27s.
- Raich, J.W., Bowden, R.D. & Steudler, P.A. (1990).** Comparison of two static chamber techniques for determining carbon dioxide efflux from forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, **54**(6), 1754-1757. DOI: [10.2136/sssaj1990.03615995005400060041x](https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400060041x)
- Raich, J.W. & Potter, C.S. (1995).** Global patterns of carbon-dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemical Cycles*, **9**(1), 23-36. DOI: [10.1029/94GB02723](https://doi.org/10.1029/94GB02723)
- Raich, J.W., Potter, C.S. & Bhagawati, D. (2002).** Interannual variability in global soil respiration, 1980-94. *Global Change Biology*, **8**(8), 800-812. DOI: [10.1046/j.1365-2486.2002.00511.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00511.x)
- Raich, J. W. & Tufekcioglu, A. (2000).** Vegetation and soil respiration: correlations and controls. *Biogeochemistry*, **48**(1), 71-90. DOI: [10.1023/A:1006112000616](https://doi.org/10.1023/A:1006112000616)
- Sakin, E., Sakin, E. D., Kızılgöz, İ., & Seyrek, A. (2016).** Orman örtüsü altındaki toprakların karbondioksit emisyonunun ölçülmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, **20**(2), 127-134. DOI: [10.29050/harranziraat.259103](https://doi.org/10.29050/harranziraat.259103)
- Sarıbaş, M. & Ekici, B. (2004).** Kızılcımanın (*Pinus brutia* Ten.) Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki doğal yayılışına katkı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **6**(6), 127-135.
- Scholes, R.J., Monteiro, P.M.S., Sabine, C.L. & Canadell, J.G. (2009).** Systematic long-term observations of the global carbon cycle. *Trends in Ecology & Evolution*, **24**(8), 427-430. DOI: [10.1016/j.tree.2009.03.006](https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.006)
- Schulze, E.D. (1982).** Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations. In Lange, O. L., Nobel, P. S. Osmond, C. B. & Ziegler, H. (Ed), *Encyclopedia of plant physiology, physiological plant ecology, Vol. 12B: Water relations and photosynthetic productivity*, 615-676p, Springer, Germany.
- Scott-Denton, L.E., Rosenstiel, T.N. & Monson, R.K. (2006).** Differential controls by climate and substrate over the heterotrophic and rhizospheric components of soil respiration. *Global Change Biology*, **12**(2), 205-216. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2005.01064.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01064.x)
- Son, Y. & Kim, H.W. (1996).** Soil respiration in *Pinus rigida* and *Larix leptolepis* plantations. *Journal of Korean Society of Forest Science*, **85**(3), 496-505.
- Şensoy, U. (2008).** *Çukurova üniversitesi ve çevresi çevre düzeni planı*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye, 125s.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2013).** *Using multivariate statistics*. Boston, Pearson, 1072s.
- Thomas, S.M., Cook, F.J., Whitehead, D. & Adams, J.A. (2000).** Seasonal soil-surface carbon fluxes from the root systems of young *Pinus radiata* trees growing at ambient and elevated CO₂ concentration. *Global Change Biology*, **6**(4), 393-406. DOI: [10.1046/j.1365-2486.2000.00321.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00321.x)
- Trumbore, S. (2006).** Carbon respired by terrestrial ecosystems – recent progress and challenges. *Global Change Biology*, **12**(2), 141-153. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x)
- Türkmen, N. (1987).** *Çukurova üniversitesi kampus alanının doğal bitkileri, hayat formları ve habitatları*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye.
- Verburg, P.S.J., Arnone, J.A., Obrist, D., Schorran, D.E., Evans, R.D., Leroux-Swarthout, D., Johnson, D.W., Luo, Y. & Coleman, J.S. (2004).** Net ecosystem carbon exchange in two experimental grassland ecosystems. *Global Change Biology*, **10**(4), 498-508. DOI: [10.1111/j.1529-8817.2003.00744.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00744.x)
- Xu, L., Baldocchi, D. D. & Tang, J. (2004).** How soil moisture, rain pulses, and growth alter the response of ecosystem respiration to temperature. *Global Biogeochemical Cycles*, **18**(4): GB4002. DOI: [10.1029/2004GB002281](https://doi.org/10.1029/2004GB002281)



Japon Bildircinlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Kanatların Arterial Beslenmesi

Zekeriya ÖZÜDOĞRU¹ Ramazan İLGÜN^{1*} Mehmet CAN²

¹ Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye
² Balıkesir Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye

Geliş/Received: 18.04.2021

Kabul/Accepted: 10.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Özudoğru, Z., İlgün, R. & Can, M. (2021). Japon bildircinlerinde (*Coturnix coturnix japonica*) kanatların arterial beslenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 555-559.

How to cite: Özudoğru, Z., İlgün, R. & Can, M. (2021). Arterial feeding of wings in japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 555-559.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-0789-3628>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0150-3008>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-9409-026X>

***Sorumlu yazarın:**

Ramazan İLGÜN
Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,
Anatomi Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye
✉: rilgun1980@hotmail.com

Öz: Çalışma Japon bildircininde kanadın arterial beslenmesini sağlayan damarların belirlenmesi amacıyla yapıldı. Araştırmada 10 adet Japon bildircini kullanıldı. Latex enjeksiyon metodu uygulanarak damarların seyri ve dallanmaları belirlendi. Kanatların beslenmesini sağlayan *A. axillaris*, *A. subclavia*'nın bir dalı olup memelilerdeki gibi devamı değildi. Omuz ekleminde *A. subscapularis* ve *A. profunda brachii*'yi verdikten sonra *A. brachialis* olarak seyrine devam etti. *Arteria profunda brachii*, *M. teres major*'un tendosu yakınında *A. axillaris*'ten orijin aldıktan sonra *A. circumflexa ventralis humeri*, *A. circumflexa dorsalis humeri* ve *A. collateralis radialis*'i vermekte ve *A. collateralis ulnaris* olarak seyrine devam ettiği tespit edilmiştir. *Arteria brachialis*'in orijininin sonra *M. biceps brachii*'nin caput mediale'si üzerinden geçerek dirsek eklemi hizasında *a. ulnaris* ve *a. radialis*'e ayrıldığı tespit edildi.

Anahtar kelimeler: Anatomi, bildircin, kanat arterleri.

Arterial Feeding of Wings in Japanese Quails (*Coturnix coturnix japonica*)

Abstract: The study was carried out to determine the arterial nourishment of the wing in Japanese quail. 10 Japanese quails were used in the study. The course and branching of the vessels were determined by applying the latex injection method. Feeding the wings *A. axillaris* is a branch of *A. subclavia* and was not a continuation of the mammals. In the shoulder joint *A. subscapularis* and *A. profunda brachii* after giving continued its course as brachialis. *Arteria profunda brachii*, near the tendo of the *M. teres major* after originating from *A. axillaris*, *A. circumflexa ventralis humeri*, *A. circumflexa dorsalis humeri* and *A. collateralis radialis* and it was determined that continued its course as *A. collateralis ulnaris*. After the origin of *Arteria brachialis* crossing over the *M. biceps brachii*'s medial caput at the level of the elbow joint it was determined that it was devoted to *A. ulnaris* and *A. radialis*.

Keywords: Anatomy, quails, wing of arteries.

GİRİŞ

Japon bildircini (*Coturnix coturnix japonica*) yüksek üreme gücü, kuluçka süresinin kısalığı, damızlıkta kullanma yaşının düşüklüğü gibi genetik faktörler ve yoğun üretim koşullarına kolay uyum sağlama yetenekleri gibi özelliklerinden dolayı yetiştiriciler ile araştırmacılar tarafından tercih sebebi olmaktadır (Uluocak, 1991;

Yurdakul, 2006). Bildircin, etinin lezzeti, göğüs eti randımanının yüksekliği, et ve yumurtasının yüksek besin değeri nedeniyle günümüzde büyük bir öneme sahiptir. (Dilmen & Özgen, 1971). Bildircin (*Coturnix coturnix*) göçmen bir kuştur. Avrupa, Türkiye, Çin, Japonya ve Orta Asya olmak üzere geniş bir yaşam sahası vardır (Bariani

vd., 2007). Ülkemizin her bölgede görülmekle birlikte, Orta Anadolu yaylalarında daha yoğun bir şekilde bulunmakta ve Trakya bölgesinde ise yerli olarak yaşamaktadırlar (Avcı, 2008; Demirsoy, 1992). Kanatlılarda dolaşım sisteminde baş, boyun, kanatlar ve göğüs bölgesini besleyen damarların kökenini aorttan çıkan truncus brachiocephalica dextra ve sinistra'dır (Nickel vd., 1977; Kuru, 1996; Dursun, 2002). *Truncus brachiocephalicus*'un son dallarından birisi olan **A. subclavia**, kanat ve pektoral bölgeyi besler (Dursun, 2002; Kuru, 1996).

A. axillaris, *a. subclavia*'dan çıkan bir dal olup, memelilerdeki gibi bu damarın devamı konumunda değildir (Dursun, 2002). Damar, omuz eklemine *m. teres major*'un tendosunda ilk kaburga hizasında başlar ve *a. subscapularis* ile *a. coracoidalis*'i (*a. subscapularis*) verir daha sonra *a. brachialis* olarak devam eder. *A. brachialis*, humerus'un boyun kısmından aşar ve dirseğin distal'inden devam ederek *a. radialis* ve *a. ulnaris* isimli iki dala ayrılarak kanadın beslenmesini sağlar (Fitzgerald, 1969). Bu çalışmada Japon bildirciminde kanadın arterial vaskularizasyonunu sağlayan damarlar ve verdiği dalların belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada materyal olarak kanatlı yetiştiricilerinden temin edilen çeşitli nedenlerden ölmüş 10 adet erişkin Japon bildircimi (*Coturnix coturnix japonica*) kullanılmıştır. Kloaka'dan sternum'un ucuna kadar medial bir kesit yapıldı. Daha sonra bu kesit genişletilerek vücut boşluğu ortaya çıkarılmıştır. Aorta descendens kısmı incelendi. *Truncus brachiocephalicus* vasıtasıyla damarlar serum fizyolojik ile yıkandı ve kırmızı kumaş boyası ile renklendirilmiş latex enjeksiyonu yapılmıştır. Latex'in pıhtılaşması için oda sıcaklığında ve çeşme suyunda bırakılan materyaller daha sonra tespit olması için %10'luk formaldehit solusyonunda bekletilmiştir. Tespit işleminden sonra damarlar diseke edilerek fotoğraflandı. Damarların isimlerinde Nomina Anatomi Avium (Baumel vd., 1993)'daki terimler esas alınmıştır.

BULGULAR

A. axillaris (Şekil 1/1, 4/1); *a. subclavia*'nın bir dalı olup memelilerdeki gibi devamı değildi. Omuz eklemine *m. teres major*'un tendosunda ilk costa hizasından başladığı ve orijininin kısa bir süre sonra *a. subscapularis*'i, *m. teres major*'un yakınında da *a. profunda brachii*'yi verdikten sonra *a. brachialis* olarak seyrine devam ettiği belirlendi.

A. subscapularis (Şekil 1/2, 4/2): *A. axillaris*'in *A. subclavia*'dan orijin aldıktan kısa bir süre sonra çıktığı ve *M. coracobrachialis ventralis*, *M. supracoracoideus* ve *M. subscapularis*'i beslediği görüldü.

A. profunda brachii (Şekil 1/3, 4/31); *M. teres major*'un tendosunun yakınında *A. axillaris*'ten orijinlendi ve bu tendonun lateral'inde iki dal verdi. Bu dallardan *A. circumflexa ventralis humeri*, *M. deltoideus* ve *M. triceps brachii*'nin caput longum'u arasından dorsale doğru seyrederek bu kaslarla birlikte *M. teres minor*'a dallar verdikten sonra *M. patagi brevis*'te sonlandı. Diğer dal olan *A. circumflexa dorsalis humeri* (Şekil 1/5, 4/6), ise *M. latissimus dorsi*'yi besleyen ramus muscularis'i (Şekil 1/8, 4/7), verdikten sonra *M. triceps brachii*'nin caput longum'u ve *M. deltoideus* arasından oblik bir seyirle humerus'un dorsal yüzüne geçti ve dirsek eklemine sonlandı. *A. profunda brachii*, humerus'un distal 1/3'ünde cranial'e doğru *A. collateralis radialis*'i verdikten sonra *A. collateralis ulnaris* olarak seyrine devam ederek dirsek eklemine caudal'inde sonlandı.

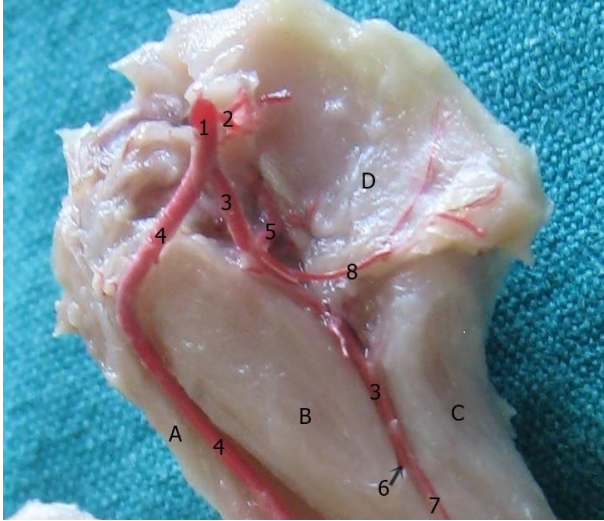
A. collateralis radialis'in (Şekil 1/8): *A. profunda brachii*'den ayrıldıktan sonra *M. triceps brachii* ve *M. deltoideus* arasından dorsal'e geçtiği ve bu bölgede *M. extensor carpi radialis* ile bölge derisini ve dirsek eklemine beslediği tespit edildi.

A. collateralis ulnaris (Şekil 1/7, 4/8): *A. profunda brachii*'nin distal devamıydı. Seyri esnasında *M. triceps brachii* ve *M. coracobrachialis caudalis*'e birçok dal verdikten sonra dirsek eklemine caudal'inde *A. recurrens ulnaris* ile anastomozlaştığı gözlemlendi.

A. brachialis (Şekil 1/4, 2/1, 4/4): *A. axillaris*'in *A. profunda brachialis*'i verdikten sonraki distal olarak devamıydı. Damar orijininin sonra *m. biceps brachii*'nin caput mediale'si üzerinden geçerek distale doğru seyrine devam etti. Daha sonra *M. biceps brachii*'ye giden *A. bicipitalis*'i (Şekil 4/5) verdi ve dirsek eklemi hizasında *A. ulnaris* ve *A. radialis*'e ayrıldı.

A. axillaris'in son dallarından birisi olan *A. ulnaris*'in (Şekil 2/2), *M. flexor carpi ulnaris*'in cranial kenarı boyunca subcutan olarak seyrettiği ve bölge derisine *A. cutanea brachialis*'i verdiği tespit edildi. Damar, regio cubitalis'te *M. flexor carpi ulnaris*, *M. anconeus* ve *adductor* kasları besleyen *A. recurrens ulnaris*'ten (Şekil 2/10, 4/13), sonra *A. ulnaris profunda*'yı (Şekil 2/4, 4/14), verdi ve *a. ulnaris superficialis* olarak seyrine devam etti.

A. ulnaris superficialis (Şekil 2/5, 3/1, 4/9): *A. ulnaris*'in devamı olan damar carpal eklemine distal kısmında *A. metacarpalis interossea* ve *ramus metacarpalis ventralis*'e (Şekil 3/3) ayrılarak sonlandı. Damar, seyri esnasında deri kaslarını besleyen birçok *Rr. postpatagiales* (Şekil 3/4, 4/16) isimli dallar verdi.



Şekil 1. Arteria axillaris'in verdiği dallar.

Figure 1. Branches given by the Arteria axillaris.

1. A. axillaris, 2. A. subscapularis, 3. A. profunda brachii, 4. A. brachialis, 5. A. circumflexa dorsalis humeri, 6. A. collateralis radialis, 7. A. collateralis ulnaris, 8. Ramus muscularis, A. M. biceps brachii, B. M. triceps brachii, C. M. coracobrachialis caudalis, D. M. latissimus dorsi.



Şekil 3. Arteria ulnaris superficialis'in dalları.

Figure 3. Branches of arteria ulnaris superficialis.

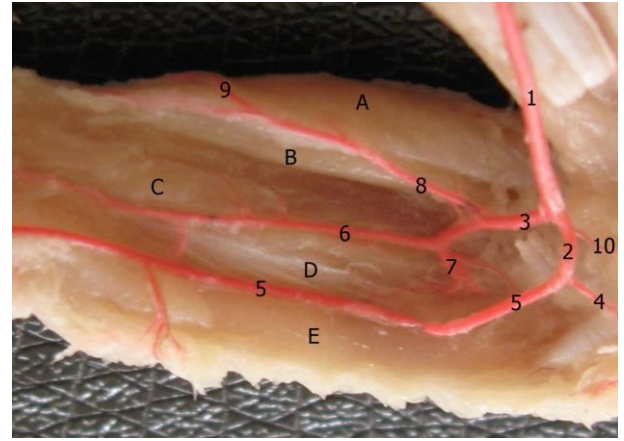
1. A. ulnaris superficialis, 2. A. metacarpalis interossea, 3. Ramus metacarpalis ventralis, 4. Rr. postpatagiales, A. Articulatio carpi.



Şekil 4. Kanadı besleyen damarlar.

Figure 4. The veins that feed the wing.

1. A. axillaris, 2. A. subscapularis, 3. Arteria profunda brachii, 4. Arteria brachialis, 5. A. bicipitalis, 6. A. circumflexa dorsalis humeri, 7. Ramus muscularis, 8. A. collateralis ulnaris, 9. A. ulnaris superficialis, 10. A. radialis profunda, 11. A. radialis superficialis, 12. A. recurrens radialis, 13. A. recurrens ulnaris, 14. A. ulnaris profunda, 15. Aa. interosseus dorsales, 16. Rr. postpatagiales, 17. A. metacarpalis interossea, 18. Ramus metacarpalis ventralis.



Şekil 2. Arteria brachialis ve dallanması.

Figure 2. Arteria brachialis and its branching.

1. A. brachialis, 2. A. ulnaris, 3. A. radialis, 4. A. ulnaris profunda, 5. A. ulnaris superficialis, 6. A. radialis profunda, 7. Aa. interosseus dorsales, 8. A. radialis superficialis, 9. Rami propatagiales, 10. A. recurrens ulnaris, A. Musculus extensor carpi radialis, B. Musculus pronator superficialis, C. Musculus pronator profundus, D. Musculus flexor digitorum superficialis, E. Musculus flexor carpi ulnaris.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan araştırmada birçok araştırmacının kanatlılarda (Balkaya vd., 2016; Erdoğan, 2012; Erdoğan & Kılınç, 2014; Fisher, 1955) bildirildiği gibi a. axillaris'in a. subclavia'nın bir dalı olduğu devamlı olmadığı gözlemlendi. Ancak bizim bulgumuzdan farklı olarak, Ali vd., (2016) tavuk, ördek ve güvercinde, El-Bably ve Rezk, (2014) tavukta, Gadhoke vd., (1975) hindide, Nora vd., (2017) kargada, Petneházy vd., (2005) güvercinde, a. axillaris'in memelilerdeki gibi A. subclavia'nın devamlı olduğunu bildirmiştir.

Arteria subscapularis'in Fitzgerald, (1969) bildirdiği, Nickel vd., (1977) ve Doğuer ve Erençin, (1964) kanatlılarda bildirdikleri gibi a. axillaris'in ilk dalı olduğu ve M. coracobrachialis ventralis, M. supracoracoideus ve M. subscapularis'i beslediği tespit edilmiştir. Ancak bu damarın bazı turnalarda a. carotis communis'ten (Fisher, 1955), Gruiformes (Glenny, 1947) ve Galliformes (Glenny, 1951) familyalarına ait kanatlılarda ise A. cervicalis superficialis'ten köken aldığı rapor edilmiştir.

Arteria profunda brachii'nin, bildircinlarında (Fitzgerald, 1969), evcil kuşlarda (Doguer & Erençin, 1964) ve atmacada (Balkaya vd., 2016) A. axillaris'ten orijin aldığı ve M. triceps brachii'nin (Nickel vd., 1977) caput longum'unu beslediği bildirilmiştir. Benzer şekilde A. profunda brachii'nin M. teres major'un tendosunun yakınında A. axillaris'ten orijin aldığı ve A. circumflexa ventralis humeri, A. circumflexa dorsalis humeri, A. collateralis radialis'i verdikten sonra A. collateralis ulnaris olarak seyrine devam ettiği ve dirsek ekleminde sonlandığı gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmada, *A. brachialis*'in literatürlerde (Arad vd., 1989; Bezuidenhout & Coetzer, 1986; Gobeil, 1970; Nickel vd., 1977) bildirdiği gibi *A. axillaris*'in distal devamı olduğu ve *A. ulnaris* ile *A. radialis*'e ayrıldığı tespit edilmiştir.

Doğuer ve Erençin (1964)'ün evcil kanatlılardaki bildirdiklerinin aksine, bu çalışmada arteria brachialis'in *A. ulnaris* ve *A. radialis*'e ayrıldığı bölgenin humerus'un ortasında değil de dirsek eklemi hizasında olduğu tespit edilmiştir.

Sunulan bu çalışmada, *A. ulnaris profunda*'nın zayıf bir damar olduğu ve *A. ulnaris*'ten tek bir damar olarak çıktığı tespit edilmiştir. Bu tespitimizle ilgili olarak Baumel vd., (1993) tavuk ve güvercinde, Balkaya vd., (2016), atmacada, Nora vd., (2017) kargada adı geçen damarın zayıf bir arter olduğu bildirmişler ancak, Balkaya vd., (2016) atmacada *A. ulnaris profunda*'nın *A. recurrens ulnaris* ile ortak bir kökten çıktığını rapor etmiştir. *A. ulnaris*'in, Balkaya vd., (2016) atmacada bildirdiği gibi articulatio carpi'nin distal kısmında *Arteria metacarpalis interossea* ve *Ramus metacarpalis ventralis*'e ayrılarak sonlandığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; bildiricilerde *a. axillaris*'in dallanmasının diğer kuşlarla benzer olduğu tespit edilmiştir. Oluşan bazı farklılıkların ise tür farkından veya damar sisteminde görülen varyasyonlardan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdel-Khalek, A.A., Kadry, M.A.M., Badran, S.R. & Marie, M.S. (2015).** Comparative Toxicity of Copper Oxide Bulk and Nano Particles in Nile Tilapia; *Oreochromis niloticus*: Biochemical and Oxidative Stress. *Journal of Basic and Applied Biology*, **72**, 43-57. DOI: [10.1016/j.jobaz.2015.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2015.04.001)
- Arad, Z., Midtgard, U. & Bernstein, M.H. (1989).** Thermoregulation in Turkey vultures. vascular anatomy, arteriovenous heat exchange, and behavior. *Condor*, **91**(3), 505-514. DOI: [10.2307/1368103](https://doi.org/10.2307/1368103)
- Avcı, S. (2008).** *Coturnix coturnix L., 1758 ve Alectoris chukar Gray, 1830 türlerinin karyolojik özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye.
- Balkaya, H., Özüdoğru, Z., Özdemir, D., Can, M., Erbas, E. & Kara, H. (2016).** The vascular arrangement and main branches of arteria axillaris in wing of sparrowhawk (*Accipiter nisus*). *Journal of Hellenic Veterinary Medicine Society*, **67**(3), 171-176. DOI: [10.12681/jhvms.15635](https://doi.org/10.12681/jhvms.15635)
- Bariani, M., Bernard-Laurent, A., Mucci, N., Tabarroni, C., Kark, S., Garrido, J.A.P. & Randi, A. (2007).** Hybridisation with introduced chukars (*Alectoris chukar*) threatens the gene pool integrity of native rock (A. *graeca*) and red legged (A. *rufa*) partridge populations. *Biological Conservation*, **137**, 57-69. DOI: [10.1016/j.biocon.2007.01.014](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.014)
- Baumel, J.J., King, S.A., Breazile, J.E., Evans, H.E. & Vanden Berge, J.C. (1993).** *Handbook of Avian Anatomy. Nomina Anatomica Avium*. 2. Ed. Published By the Club, 469-481, Cambridge, Massachusetts.
- Bezuidenhout, A.J. & Coetzer, D.J. (1986).** The major blood vessels of the wing of the ostrich (*Struthio camelus*). *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, **53**(4), 201-203.
- Demirsoy, A. (1992).** *Yaşamın Temel Kuralları. omurgalılar/amniyot (sürüngenler, kuşlar ve memeliler)*. Meteksan Yayınevi, Ankara.
- Dilmen, S. & Özgen, H. (1971).** *Yeni bir protein kaynağı bildiricim*, 280, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, Türkiye.
- Doğuer, S. & Erençin, Z. (1964)** *Evcil kuşların komparatif Anatomisi*. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları: 176, 68-77. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Dursun, N. (2002).** *Evcil kuşların anatomisi*, Medisan yayınevi 1. baskı, Ankara.
- El-Bably, S.H. & Rezk, H.M. (2014).** The arterial vasculature of the wing in domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). *Veterinary Medical Journal*, **60**, 105-123.
- Erdoğan, S. & Kılınç, M. (2014).** The branching pattern of the aortic arch in the long-legged buzzard (*Buteo rufinus*, Cretzschmar 1829). *Anatomical Science International* **89**:151-155. DOI: [10.1007/s12565-013-0210-1](https://doi.org/10.1007/s12565-013-0210-1)
- Erdoğan, S. (2012).** The branching of the aortic arch in the Eurasian bittern (*Botaurus stellaris*, Linnaeus 1758). *Veterinari Medicina Journal*, **57**(5), 239-244.
- Fisher, H.I. (1955).** Major arteries near the heart in the whooping crane. *Condor*, **57**, 286-289.
- Fitzgerald, T.C. (1969).** *The coturnix quail, anatomy and histology*. 195-200. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Gadhoke, R.T., Lindsay, R.T. & Desmond, R.T. (1975).** Comparative study of the blood vascular system of the cervico-thoracic region and thoracic limb of the domestic Turkey (*Meleagris gallopavo*). *Anatomischer Anzeiger*, **138**, 39-45.
- Glenny, F.H. (1947).** A Systematic Study of the Main Arteries in the Region of the Heart-Aves XIV Gruiformes, Part 2. *Auk*, **64**(3), 407-410.
- Glenny, F.H. (1951).** A Systematic Study of the Main Arteries in the Region of the Heart-Aves XII Galliformes, Part 1. *The Ohio Journal of Science*, **51**(1), 47-54.
- Gobeil, R.E. (1970).** Arterial system of the Herring gull (*Larus argentatus*). *Journal of Zoology*, **160**(3), 337-354.
- Kuru, N. (1996).** *Evcil tavuk ve yeni zelandalı tavşanında aorta'nın seyri ve dağılımı üzerinde*

- makroanatomik araştırmalar*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1996.
- Nickel, R., Schummer, A. & Seifirle, E. (1977).** *Anatomy of the Domestic Birds*, 131-139. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- Nora, A., Shaker & Nawal, A.N. (2017).** Morphological features of the bones and the arterial supply of the wing in the hooded crow (*corvus cornix*) with special reference to the muscles of flight. *International Journal of Veterinary Science*, **6**(2), 96-103.
- Petnehzy, ., Stonyi, P. & Tóth, M. (2005).** Blood supply to the pigeon wing and flying muscles. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **34**, 39. DOI: [10.1111/j.1439-0264.2005.00669_88.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2005.00669_88.x)
- Safwat, A., Mona A.N. & Eresha, M.A. (2016).** Macro and micro architecture of the wing in three different avian habitats. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, **48**, 134-142. DOI: [10.1111/j.1096-3642.1990.tb01865.x](https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1990.tb01865.x)
- Uluocak, A.N. (1991).** Çukurova'da hayvansal üretimde yeni bir kaynak, bıldırcın. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi I. ukurova Tarım Kongresi*, 422-427. Adana.
- Yurdakul, F. (2006).** *Bıldırcınlarda bireysel ve grup düzeyinde erkek katımında erkek/dişi oranlarının dlllğe etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zooteknik Anabilim Dalı, Adana.



Some Reproductive Characteristics of the Beyşehir Dace (*Squalius anatolicus* Bogutskaya, 1997) in Oymapınar Dam Lake Antalya, Turkey ^[*]

Elif SARI Zehra Arzu BECER*

Department of Basic Fisheries Sciences, Faculty of Fisheries, Akdeniz University, Konyaaltı, Antalya, Turkey

Geliş/Received: 07.05.2021

Kabul/Accepted: 22.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Becer, Z.A., & Sari, E. (2021). Some Reproductive Characteristics of the Beyşehir Dace (*Squalius anatolicus* Bogutskaya, 1997) in Oymapınar Dam Lake Antalya, Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 560-566.

Atıf yapmak için: Becer, Z.A., & Sari, E. (2021). Oymapınar Baraj Gölü'ndeki (Antalya, Türkiye) Beyşehir Tatlısu Kefalinin (*Squalius anatolicus* Bogutskaya, 1997) Bazı Üreme Özellikleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 560-566.

<https://orcid.org/0000-0002-7277-0210>
 <https://orcid.org/0000-0002-2793-4503>

***Corresponding author's:**

Zehra Arzu BECER
Department of Basic Fisheries Sciences,
Faculty of Fisheries, Akdeniz University,
Konyaaltı, Antalya, Turkey
✉: abecer@akdeniz.edu.tr

Abstract: This study was conducted in Oymapınar Dam Lake from March 2016 to February 2017. The study investigated the age composition, spawning season, sex ratio, age and length at first sexual maturity, and fecundity of Beyşehir dace (*S. anatolicus*). The ages of the 422 Beyşehir daces sampled from Oymapınar Dam Lake ranged from II to VIII of which 200 (47.39%) were females and 222 (52.61%) were males. The fork lengths and weights of female Beyşehir daces varied between 20.0 cm and 55.1 cm and 93.37 g and 2307.88 g respectively. The oldest age group was VIII for females and VII for males. The length at first sexual maturity for females and males were 26.0 cm and 23.0 cm, respectively and the age at first sexual maturity for females and males were III and II, respectively. This shows that males mature earlier than females. Monthly gonadosomatic index values showed that the peak spawning period for Beyşehir daces was between April and June. The fecundity (F) - length relationship of *S. anatolicus* was $\text{Log}F = -0.44697 + 3.33868 * \text{Log}L$ ($R^2 = 0.7168$). The mean egg diameter of *S. anatolicus* was 0.93 mm and the average fecundity was 78408.

Keywords: Beyşehir freshwater mullet, oymapınar dam lake, reproduction, sexual maturity, *Squalius anatolicus*.

Oymapınar Baraj Gölü'ndeki (Antalya, Türkiye) Beyşehir Tatlısu Kefalinin (*Squalius anatolicus* Bogutskaya, 1997) Bazı Üreme Özellikleri

Öz: Bu çalışmada; Oymapınar Baraj Gölü'nden Mart 2016 - Şubat 2017 tarihleri arasında örneklenen Beyşehir tatlısu kefalinin (*S. anatolicus*)'nin yaş kompozisyonu, yumurtlama zamanı, eşey oranları, ilk eşeyssel olgunluğa erişme boyu ve yaşı, fekonditesi araştırılmıştır. Oymapınar Baraj Gölü'nden örneklenen 422 Beyşehir tatlısu kefalinin yaşları II-VIII arasında dağılım göstermiş, Örneklerin % 47,39'nu dişiler, % 52,61'ini erkekler oluşturmuştur. Dişilerin çatal boylarının 20,0 cm ile 55,1 cm arasında, ağırlıklarının ise 93,37 g ile 2307,88 g arasında değiştiği saptanmıştır. En büyük yaş dişiler için VIII, erkekler için VII olarak belirlenmiştir. İlk eşeyssel olgunluk boyu dişi ve erkek Beyşehir tatlısu kefalini bireylerinde sırasıyla 26,0 cm ve 23,0 cm olarak hesaplanmıştır. İlk eşeyssel olgunluk yaşı dişi bireyler için III, erkek bireyler için ise II olarak bulunmuştur. Bu, erkeklerin dişilerinden daha erken olgunlaştığını göstermektedir. Aylık gonadosomatik indeks değerleri, yumurtlama zamanının yoğun olarak Nisan-Haziran ayları arasında olduğunu göstermiştir. Fekondite (F) - boy ilişkisi, $\text{Log}F = -0,44697 + 3,33868 * \text{Log}L$ ($R^2 = 0,7168$) olarak saptanmıştır. Ortalama yumurta çapının 0,93 mm ve ortalama yumurta veriminin 78408 adet/birey olduğu belirlenmiştir.

***Sorumlu yazar:**

Zehra Arzu BECER
Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi,
Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü,
Konyaaltı, Antalya, Türkiye
✉: abecer@akdeniz.edu.tr

Anahtar kelimeler: Beyşehir tatlısu kefalini, eşeyssel olgunluk, oymapınar baraj gölü, *Squalius anatolicus*, üreme.

[*] This study was produced from the master thesis.

INTRODUCTION

Dam lakes, which have been constructed for irrigation, hydroelectric energy, flood protection, fishing, drinking and irrigation water purposes in many regions of Turkey play an important role in aquaculture production. In addition, the reservoirs formed behind the dams possess important potential in terms of sport and commercial fishing. Closing the river with a set causes extremely important changes to occur in terms of living creatures in the environment (Kırankaya & Ekmekçi, 2007). Oymapınar Dam Lake, which constitutes the research area of this study is one of the dam lakes established to provide hydroelectric power generation, drinking and irrigation water in Turkey.

The fact that the dams and ponds in Turkey have a great potential in terms of aquaculture has revealed the need to evaluate the areas from this perspective, and biological studies on fish species in many dams and natural lakes have increased. There are very few biological studies on the Beysehir dace population in the different dam lakes of Turkey. The few studies from the lakes and dam lakes of Turkey on the growth, reproduction age and condition factors of chubs are reviewed in this study. However, in Oymapınar dam lake, there has not been any work related to fisheries. There is no information on the reproductive biology of Beysehir dace in Oymapınar dam lake. Due to this, there is no information on the changes in the reproductive characteristics, reasons for the increase or decrease in the population of Beysehir daces in Oymapınar dam lake.

Therefore, the purpose of this study was to determine some reproductive characteristics of *S. anatolicus* in the Oymapınar dam lake monthly for one year, and establish baseline data on the sex ratio, fecundity, age, and length at first sexual maturity, and spawning seasons of Beysehir dace population in Oymapınar Dam Lake. The knowledge of fish reproductive biology is very important for the rational utilization of fish stocks and their sustainable production (Cochrane, 2002; Temesgen, 2017). Understanding the reproductive aspects of fish is also very important for providing sound scientific advice in fishery management (Hossain et al., 2017; Khatun et al., 2019; Tessema et al., 2020). The findings of this study will contribute to future studies and measures to be implemented in fisheries management studies in terms of determining and evaluating the status and design management strategy for the population of Beysehir daces in the Oymapınar dam lake.

MATERIALS AND METHODS

Study Area and Fish Sampling: The study was conducted in Oymapınar dam lake. Oymapınar dam lake is in the district of Manavgat, Antalya Province, in southern Turkey. Oymapınar dam lake, which is 76 km away from Antalya province, is a dam lake built on the Manavgat river between 1977-1984 to generate electrical energy. The dam, which is a concrete arch type, has a body volume of 575,000 m³, a height of 185 m from the stream bed, a lake volume of 300.00 hm³ at normal water elevation, and a lake area of 4.70 km² at normal water elevation Aykurt & Altınok, (2009). Oymapınar dam lake produces 1620 GWh of electrical energy per year with a hydroelectric power plant with a power capacity of 540 MW (Anonymous, 2021). The lake lies between latitude 36.908628°N and longitude 31.531694°E in the Antalya province of Turkey.

Fish samples were collected from March 2016 to February 2017. A total of 422 Beysehir daces were sampled using 100 m long and 2.5 m depth monofilament gillnets (20, 30, 40, 50 mm mesh size) from seven stations across different parts of the Oymapınar dam lake. The random sampling method was applied in this study. The nets were thrown and collected the next day.

Determination of some Reproduction Characteristics of Beysehir Daces

Sex Ratio: The sexes of the sampled fish were determined by opening the abdominal regions with the help of a dissecting scissors and macroscopic and microscopic examination of the gonads. The ovaries and testes maturities were evaluated based on milky white, smooth surface gonads testis, granular surface, yellowish colours (Karataş et al., 2005).

Maturity Estimation: The age and length at first sexual maturity, according to the maturity ratio of the fish in the spawning period was evaluated using the logistic regression model:

$$P = 1/[1 + \exp^{-r(L-L_m)}] \text{ and } P = 1/[1 + \exp^{-r(t-t_m)}]$$

"P" in the equation shows the sexual maturity rates (%) of each length and age group, "L" is the average length of each age group (cm), "L_m" is the first sexual maturity length, "t" is the age group, "t_m" refers to the age at first sexual maturity, "r" refers to the curve of the logistic function (Ricker, 1973).

Spawning Season: The spawning seasons of Beysehir daces were determined based on monthly variations of the gonadosomatic index (GSI). The GSI value was calculated using Ricker's (1975) equation: $GSI = (GW/W) * 100$

In the equation, "GW" indicates gonad weight, "W" indicates body weight. The spawning season was determined from the monthly GSI values.

Egg Diameter: Eggs taken from the gonads of mature fish that did not shed their eggs during the breeding period were used to measure the egg diameter. The gonads of the dissected individuals were removed, weighed, and stored in 4% formaldehyde solution. Ten eggs were taken from mature ovaries from the anterior, middle, and posterior parts of the gonads, and their diameters were measured by taking photographs with the SOIF MD30 branded imaging microscope with the help of the M-shot v1.0 computer software.

Fecundity: Egg yield (Fecundity) was determined gravimetrically (Bagenal & Tesch, 1978), by counting the number of eggs in the ovaries of mature fish that did not shed their eggs during the spawning period. The exponential relationship between fecundity and length ($F = a.L^b$) was converted into a linear equation by taking the Ln of both sides of the equation, and the fecundity (F)-length relation (L) was determined using the equation:

$$\text{LogFL} = \text{Log}a + b * \text{LogL}.$$

The linear relationship between fecundity (F) and weight (W), and fecundity (F) and age (A) was determined using the formulas: $FW = a + b * W$ and $FA = a + b * A$, respectively (Avşar, 2005).

Data Analysis: Descriptive statistics (frequency, percentages, graphs, and tables) and chi-square (χ^2) test were used to compare the number of males and females in age groups (Düzgüneş et al., 1987; Kaptan, 1995).

IBM SPSS Statistics 21 for Windows" package program and (FİSAT II) (Gayanilo et al., 1996) were used to summarize the collected data. $P = 0.05$ confidence limit was used for statistical significance control. All means are given with \pm standard errors (SE).

In groups with two or more independent groups, the homogeneity of the variances of the data before the t-test was performed with the Levene's test, and before the t-test, to see whether the data showed normal distribution, the data were tested with the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test. In cases where the t-test could not be performed, the Mann-Whitney U Test, an alternative nonparametric test, was used.

RESULTS

Population Structure

Age and Sex Distribution: The age of the 422 Beysehir daces sampled from Oymapınar Dam Lake ranged from age group II to VIII, of which 200 (46.39%) were females and 222 (52.61%) were males. The ratio of females to males was 0.90: 1.00. The most dominant age group in the population, in both sexes, was age group II.

Sex distributions according to age groups are given in Figure 1. The Chi-square (χ^2) test analysis showed that the differences between all age groups and the sex ratio of Beysehir daces were not statistically significant ($P \geq 0.05$).

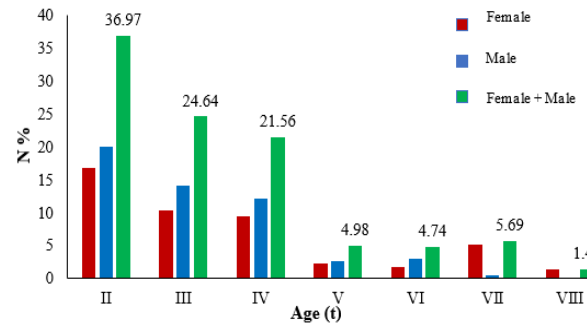


Figure 1. Sex distribution of Beysehir dace by age group (N %).

Length Distribution: The fork lengths of the 422 Beysehir daces sampled from Oymapınar Dam Lake, ranged between 20 cm and 55.1 cm, and individuals in the 26 cm and 30 cm length groups were found to predominate in the population with a total rate of 47.16% (Figure 2). The fork lengths of the female fish varied between 20 cm and 55.1 cm, and the fork lengths of the male fish ranged from 20 cm to 51 cm.

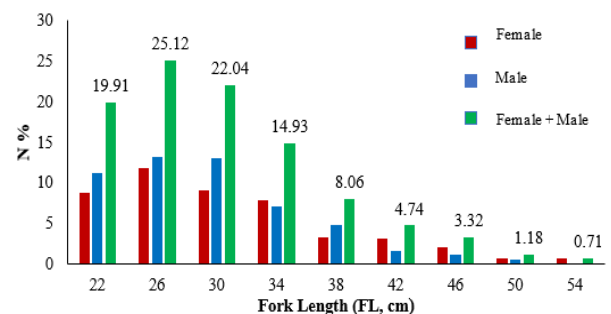


Figure 2. Length distribution of Beysehir dace by sex group (N %).

Reproduction in the Population

Age and length at First Sexual Maturity: For the age and length of Beysehir dace at first sexual maturity, 184 individuals sampled between March and June 2016 were taken into consideration. The maturation rates by age groups and the length range of the Beysehir dace sampled from Oymapınar Dam Lake are given in Table 1 and Table 2, respectively. The age distribution in the examined female Beysehir dace samples showed that 19 % of age group II were sexually matured, 80 % of age group III were sexually matured, 79 % of age group IV were sexually matured while all individuals belonging to higher age groups were sexually matured. While for the examined male Beysehir dace samples, 66% of the age group II were sexually matured, 94 % of age group III were sexually

matured and all individuals belonging to higher age groups were sexually matured.

When the maturation rates of Beysehir dace samples were examined according to length groups, it was observed that female individuals reached sexual maturity from 26 cm length and male individuals from 23 cm length (Table 1). The application of the sigmoid logistic curve model to the rate at which male and female individuals reach sexual maturity, the length (Lm₅₀) at which 50 % of the females got to maturity was 25.51 cm. Sigmoid curves created using the formula:

$$P(L) = 100 / [1 + \exp(-0,417 * (L-25,51))]$$

The length at which 50% of the male individuals reach maturity (Lm₅₀) was 23.35 cm and the sigmoid curve formula is given as:

$$P(L) = 100 / [1 + \exp(-0.154 * (L-23.35))] \text{ as given in Figure 3.}$$

Table 1. Maturation rates of Beysehir dace samples by age groups.

		Age						
		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Female	N	16	30	14	6	6	11	2
	N %	19	80	79	100	100	100	100
Male	N	38	32	23	1	4	1	-
	N %	66	94	100	100	100	100	-

Table 2. Maturation rates of Beysehir dace samples by length ranges

		Length (cm)													
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34≥
Female	N	-	4	1	3	7	4	7	6	4	7	4	2	6	30
	N %	-	0	0	33	29	50	71	83	50	100	100	100	83	100
Male	N	3	4	7	9	11	8	5	9	5	6	6	5	4	17
	N %	0	0	57	55	100	100	100	78	100	100	100	100	100	100

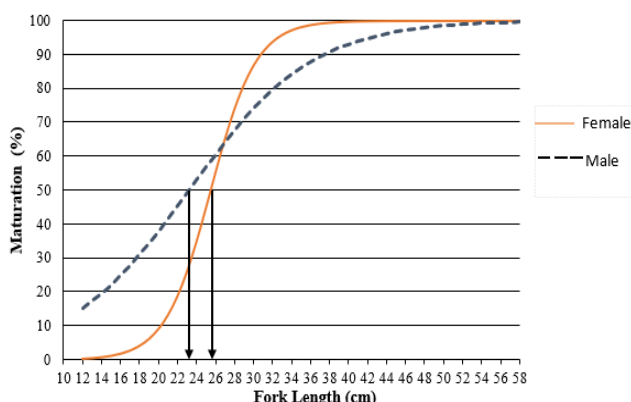


Figure 3. The logistic curve showing the maturity of 50% of female and male Beysehir dace.

Spawning Season: The spawning season was determined by monitoring the average gonadosomatic index values (GSI) of mature fish monthly. Gonad's development was determined by microscopic examination of the ovary and testicles (Figure 4a, b). The monthly

average gonadosomatic index values of female and male Beysehir daces are given in Table 3. Table 3 shows that the female Beysehir daces reached the highest GSI value (3.32) in April. The values started decreasing from May and the lowest recorded GSI value of 1.20 was in June (Table 3). In male Beysehir dace, the GSI values was highest in March (4.02) and started decreasing from April till the lowest recorded GSI value of 0.78 in June Table 3.

Table 3. Monthly average GSI values of Beysehir dace.

Months	Female				Male			
	N	GSI ± SE	min	Max	N	GSI ± SE	Min	max
March 2016	13	3.14±0.72	0.41	7.98	16	4.02±0.54	0.77	7.65
April 2016	42	3.32±0.59	0.33	15.84	36	3.13±0.41	0.31	8.81
May 2016	18	2.26±0.42	0.54	6.84	25	1.74±0.31	0.24	5.03
June 2016	11	1.20±0.40	0.44	5.17	22	1.05±0.12	0.31	2.27
July 2016	8	0.73±0.10	0.49	1.35	15	0.72±0.05	0.21	1.20
August 2016	12	0.96±0.12	0.57	2.16	16	0.78±0.05	0.38	1.09
September 2016	17	1.12±0.17	0.18	3.42	20	1.09±0.13	0.42	3.05
October 2016	17	1.06±0.17	0.17	2.74	21	0.94±0.10	0.19	2.39
November 2016	26	1.79±0.31	0.19	5.46	24	1.16±0.16	0.18	2.92
December 2016	15	2.00±0.49	0.54	6.36	12	2.14±0.26	0.19	3.72
January 2017	12	1.39±0.57	0.19	7.06	3	2.69±0.11	2.51	2.90
February 2017	8	2.30±0.54	0.56	4.46	12	2.50±0.36	0.42	4.86

Egg Diameter: The monthly egg diameter (mm) of 42 female Beysehir daces in the breeding period are given in Table 4. The largest mature egg diameter measured was in April (1.39) while the smallest mature egg diameter measured was in February (0.66).

Table 4. Monthly measured mean, minimum and maximum egg diameter values (mm) of Beysehir daces during the spawning season.

Months	N	Egg diameter ± SE	Min	Max
March, 2016	8	0.93±0,08	0.70	1.38
April, 2016	13	1.09±0,06	0.84	1.39
May, 2016	6	0.96±0,05	0.78	1.08
June, 2016	1	1.22	1.22	1.22
November, 2016	6	0.71±0,05	0.54	0.87
December, 2016	3	0.75±0,06	0.68	0.87
January, 2017	1	0.87	0.87	0.87
February, 2017	4	0.78±0,05	0.66	0.92
Total	42	0.93±0,03	0.54	1.38

Egg yield (Fecundity): The fecundity (F) was determined by counting the eggs in the ovaries of 42 mature Beysehir daces. The total number of eggs in individual Beysehir dace varied between 16116 and 208134. The relative egg yields of female Beysehir daces, whose eggs were counted varied according to age, fork length and body weight as shown in Table 5. It was observed that the egg yields and the number of eggs per unit length (F/FL) increased with age except for age group VI. The relationships between total egg number and fork length, body weight and age and the regression curves of these relationships are presented in Figure 4, Figure 5, and Figure 6.

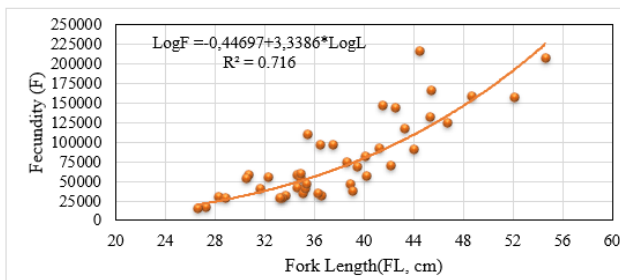


Figure 4. Fecundity-fork length relationship of Beysehir dace.

Table 5. Relative egg yields of Beysehir dace determined by age, fork length and body weight.

Age	N	FL ± SE (min - max)	W ± SE (min - max)	F ± SE (min - max)	F/FL ± SE (min - max)	F/W ± SE (min - max)
III	5	28.30 ± 0.93 (26.60-30.50)	307.79 ± 25.74 (255.59-380.00)	29306 ± 6750 (16116-53776)	1016 ± 208 (606-1763)	92 ± 93 (60-142)
IV	12	33.70 ± 1.03 (30.70-35.50)	489.39 ± 66.77 (387.57-597.02)	50349 ± 6496 (28458-115139)	1489 ± 182 (853-3114)	102 ± 11 (57-185)
V	6	36.26 ± 1.78 (35.30-37.30)	671.76 ± 67.05 (546.67-776.31)	31675 ± 96875 (31675-96875)	1593 ± 329 (865-2469)	86 ± 15 (41-136)
VI	4	39.02 ± 2.40 (38.60-39.50)	824.42 ± 117.26 (773.46-880.75)	57191 ± 8824 (38184-74760)	1466 ± 227 (977-1937)	70 ± 11 (97-279)
VII	12	43.70 ± 2.00 (40.10-46.70)	1128.98 ± 97.27 (921.55-1450.98)	58086 ± 13021 (57221-216801)	2767 ± 282 (1423-4872)	105 ± 9 (62-165)
VIII	3	51.80 ± 6.06 (48.70-54.60)	1927.44 ± 406.68 (1535.22-2158.34)	174710 ± 16730 (156643-208134)	3364 ± 236 (3007-3812)	92 ± 8 (75-104)

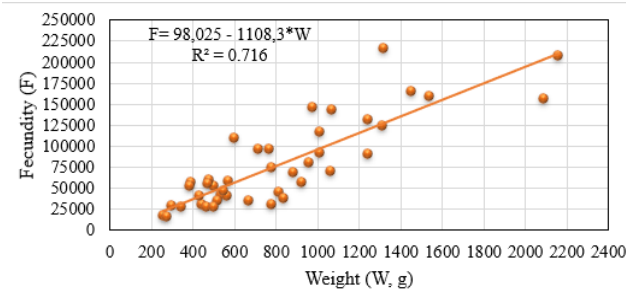


Figure 5. Fecundity-weight relationship of Beysehir dace.

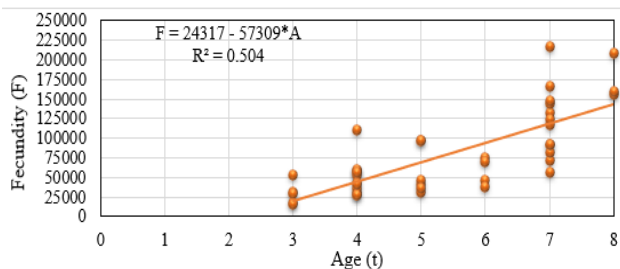


Figure 6. Age-fecundity relationship of Beysehir dace.

DISCUSSION

The study was conducted to determine some reproductive characteristics of 422 Beysehir daces (*Squalius anatolicus* Bogutskaya, 1997) in Oymapınar Dam Lake. This is the first report on the reproduction of *S. anatolicus* in Oymapınar Dam Lake and will be used as basic and baseline information. The age groups of the sampled individuals varied from II-VIII. Due to the mesh opening of the fishing gear used, 0 and I age groups of fish were not caught. The result of this study showed that the predominant age group in the population of Beysehir daces

in Oymapınar Dam Lake was age group II (36.97%), this was followed by age group III and IV with 24.64% and 21.56%, respectively. In both female and male Beysehir daces, age group II predominated the population (Female 16.82%, Male 20.14%).

However, the oldest recorded age group in this study for females was VIII and VII for males. Kara and Solak reported an age range of I-VI for the chub population in Keban Dam Lake Turkey while Demiroglu et al., (2016) reported an age range of 0 – XI for the chub population in Uzunçayır Dam Lake Turkey. In the present study, 47.39% of the Beysehir dace in Oymapınar Dam Lake are females and 52.61% are males. The sex ratio (F: M) in this study was 0.90:1.10. The chi-square (χ^2) test analysis did not show any significant differences between all age groups and the sex ratio of Beysehir dace ($P \geq 0.05$). This result agrees with the report of Tümgelir et al., (2007) which recorded a higher male to female ratio (1:1.31) for the population of chubs in Lake Beyşehir, Turkey. The higher male ratio reported in this study is also in agreement with the findings of Demiroglu et al., (2016) for the chub population in Uzunçayır Dam Lake with a male/female ratio of 1:0.95. Balık et al., (2004) also reported a lower female to male ratio 40.72% for females and 59.28% for males in Işıklı Lake, Turkey. But the findings of this study disagree with the report of 72.89% for females and 27.11% for males, giving a female to male ratio of 2.69:1.00 in Topçam Dam Lake, Turkey (Şaşı & Balık, 2003), 55.06% for females and 44.95% for males in Sır Dam Lake, Turkey by Kara & Solak, (2004), 59.80 % female and 40.20 % male in Keban Dam Lake, Turkey by Aydın et al., (2015). The proportion of the various age groups in a population gives an important idea about the reproductive power of the population and the future status of the population (Nikolsky, 1963; King, 2007).

In the Beysehir dace samples in Oymapınar Dam Lake, maturation rates were examined based on length and age groups, it was observed that the females get to sexual maturity from 26 cm and males get to sexual maturity from 23 cm. The males attain sexual maturity from age II while the females attain sexual maturity from age III. In the studies by Kara & Solak, (2004) in Sır Dam Lake and Kılıç, (2011) in Yeniçağa Lake, it was reported that both females and males attained sexual maturity at age II. Nikolsky, (1963) stated that the age at first sexual maturity varies depending on water temperature, nutrition, growth rate and population density and that the growth rate of males in the first years is higher than females which might make the males reach sexual maturity one or two years earlier than females.

Appropriate identification of the maturity status of fishes is a fundamental strategy for the appropriate management of exploited stocks in the fishery and is a

commonly used tool by fisheries' biologists and managers (Rahman et al., 2018). The monthly average GSI values of males and females were high from February to June and were highest in April. The lowest and highest GSI values were 0.73 and 3.32 for females and 0.72 and 4.02 for male *S. anaticus*. The spawning season for Beyşehir daces in Oymapınar Dam Lake from this study is between April and June which falls within the highest GSI values recorded in this study. This is in close agreement with the studies conducted in Sır Dam Lake by (Kara & Solak, 2004) and Yeniçağa Lake by Kılıç, (2011), that reported the spawning seasons of chubs in these lakes to be between April and July. The spawning season of the species belonging to the *Squalius* genus may vary according to the regions and species. In a study conducted by Herzig & Winkler, (1986), the spawning period for Beyşehir dace was found to be between April-May and it was stated that if the altitude is more than 1000 m, the spawning season may extend to June (Ekmekçi, 1996).

Knowledge of the fecundity of fish is important to examine the potential of its stocks, life history, practical culture, and actual management of the fishery (Islam et al., 2012). The range and mean fecundity of *S. anaticus* in Oymapınar Dam Lake varied between 16116-53776, 29306 ± 6750 for age group III to 156643-208134, 174710 ± 16730 for age group VIII fish, respectively with an average fecundity of 78408. These values were greater than the fecundity range of 2,100-66,400 per female for chub in Topçam Dam Lake (Şaşı 2004). The mean fecundity correlated positively with the age group and fork lengths of the fish. Ekmekçi, (1996), and Erdoğan et al., (2002) also reported a positive correlation between the age group, fork length and fecundity. In these investigations, it is reported that fecundity increased, as fish length, weight, age, and gonad weight increased. Fecundity is affected by age, size, species, feeding, season, and environmental conditions (Nikolsky, 1969).

The mean egg diameters of *S. anaticus* in Oymapınar Dam Lake varied between 0.71 mm and 1.22 mm with a mean value of 0.93 mm. The largest mean egg diameter was recorded in June while the smallest was recorded in November. The egg diameter values recorded in this study is in line with Türkmen, (1999) that reported a mean egg diameter of 0.92 to 1.45 for chubs in River Aras. The findings of this study are also close agreement with that of Kılıç & Becer, (2016) for the chub population in Lake Yeniçağa. The egg diameter of a fish might vary with the fish length, weight, age, and gonad weight (Şaşı, 2004). One of the most important parameters used to define reproductive potential is the variation of egg diameter in the ovaries. Nikolsky, (1963) stated that egg diameter may be related to the amount of food that females can metabolise.

CONCLUSION

This study is important as it was the first research on the reproductive biology of *S. anaticus* in Oymapınar Dam Lake. The reproduction status of Beyşehir dace in Oymapınar Dam Lake was good. The fecundity of Beyşehir dace in Oymapınar Dam Lake was higher compared to those in other Turkish lakes and dam lakes which could be due to nutritional, environmental, or climatic factors associated with the different areas where the lakes and dam lakes are located. Furthermore, Beyşehir daces have extended spawning seasons in Oymapınar Dam Lake (April - June). Therefore, during this spawning season, there should be a closed fishing season for Beyşehir daces in Oymapınar Dam Lake. Long-term monitoring on reproduction potential, spawning season, and population status of Beyşehir dace should be done for sustainable fishery utilization in Oymapınar Dam Lake.

REFERENCES

- Anderson, J.A. & Alford, A.B. (2014).** Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. *Marine Pollution Bulletin*, **79**, 261-267. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2013.12.002](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.002)
- Anonymous, (2021).** *Oymapınar Barajı*. Access date: 04.05.2021 <http://www.akseki.gov.tr/oymapınar-barajı>
- Avşar, D. (2005).** *Balıkçılık biyolojisi ve popülasyon dinamiği*. Nobel Kitabevi, Adana, Turkey, 110 p. [in Turkish]
- 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*, **15**(2), 59-69. DOI: [10.17693/yunusae.v15i21956.235766](https://doi.org/10.17693/yunusae.v15i21956.235766) [in Turkish]
- Aykurt, H. & Altınok Y. (2009).** Oymapınar Barajı tetiklenmiş deprenselliği ve depres karakteristilerinin incelenmesi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, **22**(1), 49-66. [in Turkish]
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. (1978).** *Age and growth*. In: T. Bagenal (Ed.) *Methods for assessment of fish in freshwaters*, 3rd ed., 101-136p, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
- Balık, S., Hasan, M., Sarı, M., Ustaoglu, R. & İlhan, A. (2004).** Işıklı Gölü (Çivril, Denizli, Türkiye) tatlısu kefali (*Leuciscus cephalus* L., 1758) popülasyonunun yaş ve büyüme özellikleri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi/E.U. *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **21**(3-4), 257-262. DOI: [10.12714/egejfas.2004.21.3.5000157006](https://doi.org/10.12714/egejfas.2004.21.3.5000157006) [in Turkish]
- Bogutskaya, N.G. (1997).** Contribution to the knowledge of leuciscine fishes of Asia Minor. Part 2. An annotated checklist of leuciscine fishes

- (Leuciscinae, Cyprinidae) of Turkey with descriptions of a new species and two new subspecies. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, **94**, 161-186.
- Cochrane, K.L. (2002).** *A fishery manager's guidebook: management measures and their application*. In: *FAO fisheries technical paper*. No. 424. FAO, Rome, 513p.
- Demirel, F., Gündüz, F., Yıldız, N., Kurtoğlu, M., Çoban, M.Z. & Yüksel, F. (2016).** Some growth parameters of chub (*Squalius cephalus*) living in Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Limnology and Freshwater Fisheries Research*, **2(2)**, 67-76. DOI: [10.17216/LimnoFish-5000125245](https://doi.org/10.17216/LimnoFish-5000125245)
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. & Gürbüz, F. (1987).** *Araştırma ve deneme metodları (istatistik metodları-II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No 1021, Ankara 381 p. [in Turkish]
- Ekmekçi, F. G. (1996).** Growth and reproduction properties of Chub (*Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758) in Sarıyar Dam Lake, (in Turkish). *Turkish Journal of Zoology*, **20**, 95-106.
- Erdoğan, O., Türkmen, M. & Yıldırım, A. (2002).** Studies on the age, growth, and reproduction characteristics of the Chub, *Leuciscus cephalus orientalis* (Nordmann, 1840) in Karasu River. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **26**, 983-991.
- Gayanilo, F.C., Sparre, P. & Pauly, D. (1996).** *The FAO-ICLARM stock assessment tools (FiSAT II) Users Guide* In: *FAO Computerized Information Series (Fisheries)*, FAO, Rome 126 p.
- Herzig, A. and Winkler, H. (1986).** The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. *Journal of Fish Biology*, **28**, 171-181.
- Hossain, M.Y., Hossen, M.A., Islam, M.S., Jasmine, S., Nawer, F. & Rahman, M.M. (2017).** Reproductive biology of *Pethia ticto* (Cyprinidae) from the Gorai River (SW Bangladesh). *Journal of Applied Ichthyology*, **33**, 1007-14. DOI: [10.1111/jai.13427](https://doi.org/10.1111/jai.13427)
- Islam, M.R., Sultana, N., Hossain, M.B. & Mondal, S. (2012).** Estimation of fecundity and gonadosomatic index (GSI) of gangetic whiting, *Sillaginopsis panijus* (Hamilton, 1822) from the Meghna River Estuary, Bangladesh. *World Applied Sciences Journal*, **17(10)**, 1253-1260.
- Kaptan, S. (1995).** *Bilimsel araştırma ve istatistik teknikleri*. Bilim Yayınları, Ankara, Turkey 290 p. [in Turkish]
- Kara, C. & Solak, K. (2004).** Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş)'nde yaşayan Tatlısu Kefali (*Leuciscus cephalus* L., 1758)'nin Büyüme Özellikleri. *KSU. Journal of Science and Engineering*, **7(2)**, 2004. [in Turkish]
- Karataş, M. Başusta, N. & Gökçe, M. A. (2005).** *Balıklarda üreme*, In: M. Karataş (Ed.), *Balık biyolojisi araştırma yöntemleri*, 61-69p, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, Turkey
- Khatun, D., Hossain, M.Y., Nawer, F., Mostafa, A.A. & Al-Askar, A.A. (2019).** Reproduction of *Eutropiichthys vacha* (Schilbeidae) in the Ganges River (NW Bangladesh) with special reference to the potential influence of climate variability. *Environmental Science Pollution Research*, **26**, 10800-10815. DOI: [10.1007/s11356-019-04523-5](https://doi.org/10.1007/s11356-019-04523-5)
- Kılıç, S. & Becer, Z. A. (2016).** Growth and reproduction of Chub (*Squalius cephalus*) in Lake Yeniçağa, Bolu, Turkey. *International Journal of Agriculture & Biology*, **18**, 419-424. DOI: [10.17957/IJAB/15.0106](https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0106)
- Kılıç, S. (2011).** Yeniçağa Gölü'ndeki (Bolu) tatlısu kefali (*Squalius cephalus* (L., 1758)) ve kadife (*Tinca tinca* L., 1758) balıklarının popülasyon dinamiğinin incelenmesi. Doktora tezi, Sü Ürünleri, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Turkey. [in Turkish]
- King, M. (2007).** *Fisheries biology, assessment, and management*. 2nd edition, Wiley-Blackwell Oxford, UK, 382 p.
- Kırankaya, S.G. & Ekmekçi, F.G. (2007).** Gelingüllü Baraj Gölü'ndeki tatlısu kefalinin (*Squalius cephalus*, L., 1758) büyüme özelliklerindeki değişimler. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **9(2)**, 125-134. [in Turkish]
- Nikolsky, G.V. (1963).** *The ecology of fishes*. Academic Press, London and New York 352 p.
- Rahman, M.M., Hossain, M.Y., Tumpa, A.S., Hossain, M.I., Billah, M.M. & Ohtomi, J. (2018).** Size at sexual maturity and fecundity of the mola carplet, *Amblypharyngodon mola* (Hamilton 1822) (Cyprinidae) in the Ganges River, Bangladesh. *Zoology and Ecology* **28(2)**, 1-8. DOI: [10.1080/21658005.2018.1537906](https://doi.org/10.1080/21658005.2018.1537906)
- Ricker, W.E. (1973).** Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, **30**, 409-434. DOI: [10.1139/f73-072](https://doi.org/10.1139/f73-072)
- Ricker, W.E. (1975).** Computations and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research of Canada*, **191**, 382 p.
- Şaşı, H. & Balık, S. (2003).** Topçam Baraj Gölü'ndeki (Aydın) Tatlısu Kefalinin (*Leuciscus cephalus* L., 1758) yaş, büyüme ve cinsiyet oranları. *E. U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **20(3-4)**, 503-515. [in Turkish]
- Şaşı, H. (2004).** The reproduction biology of Chub (*Leuciscus cephalus* L. 1758) in Topçam Dam Lake (Aydın, Turkey). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **28**, 693-699
- Temesgen, M. (2017).** Status and trends of fish and fisheries in a tropical rift valley lake, Lake Langeno, Ethiopia. Ababa University, Department of Zoological Sciences, Addis Ababa, Ethiopia; 2017, 190p.
- Tessema, A., Getahun, A., Mengistou, S., Fetahi, T. & Dejen, E. (2020).** Reproductive biology of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) in Lake Hayq, Ethiopia. *Fish Aquatic Science*, **23**, 16. DOI: [10.1186/s41240-020-00162-x](https://doi.org/10.1186/s41240-020-00162-x)
- Tümgelir, L., Çubuk, H., Çınar, Ş., Özkök, R., Küçükpara, R., Ceylan, M., Erol, K.G. & Çetinkaya, S. (2007).** Beyşehir Gölü'ndeki Tatlısu Kefali (*Leuciscus lepidus* Heckel, 1843) popülasyonunun büyüme özellikleri. *Ulusal Su Günleri*, Antalya. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, **5-8**, 200-208. [in Turkish]
- Türkmen, M., Haliloğlu, H.I., Erdoğan, O. & Yıldırım, A. (1999).** The growth and reproduction characteristics of Chub, *Leuciscus cephalus orientalis* (Nordmann, 1840) Living in the River Aras. *Turkish Journal of Zoology*, **23**, 355-364.



Türkiye'nin Sucul Ortamlarında Ağır Metal Üzerine Yapılan Araştırmaların Tarihsel İncelemesi ve Bibliyometrik Analizi (2000-2020)

Ayşenur BASMACI Zeynep BOSTAN V. Zülal SÖNMEZ* Nüket SİVRİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul, Türkiye

Geliş/Received: 29.06.2021

Kabul/Accepted: 11.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Basmacı, A., Bostan, Z., Sönmez, V.Z. & Sivri, N. (2021). Türkiye'nin Sucul Ortamlarında Ağır Metal Üzerine Yapılan Araştırmaların Tarihsel İncelemesi ve Bibliyometrik Analizi (2000-2020). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 567-577.

How to cite: Basmacı, A., Bostan, Z., Sönmez, V.Z. & Sivri, N. (2021). A Historical Review and Bibliometric Analysis of Research on Heavy Metal in Aquatic Environments of Turkey (2000-2020). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 567-577.

<https://orcid.org/0000-0003-0911-4146>
 <https://orcid.org/0000-0002-3310-053X>
 <https://orcid.org/0000-0002-7488-2996>
 <https://orcid.org/0000-0002-4269-5950>

***Sorumlu yazarın:**

V. Zülal SÖNMEZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, Avcılar, İstanbul, Türkiye
✉: zulal.sonmez@iuc.edu.tr

Öz: Su kalitesinin korunması ve kirliliğin önlenmesi amacıyla, fizikokimyasal ve biyolojik parametrelerin izlenmesi ve denetlenmesi gerekmektedir. Bu hedef doğrultusunda yürütülen bilimsel çalışmalar, yapılacak diğer çalışmalar için de temel teşkil etmektedir. Bu çalışmada amaç, Türkiye’de tatlı su (göl, nehir, akarsular, haliç gibi) ve deniz suyu karakteri taşıyan yüzey sularında, 2000-2020 yılları arasında yayınlanan “ağır metal” ile ilgili araştırmaların bibliyometrik analizinin yorumlanmasıdır. Su kalitesinde fizikokimyasal ve biyolojik değişimlere neden olan “ağır metal”ler ile ilgili uluslararası araştırma eğilimleri dikkate alınarak, “deniz suyu” ve “tatlı su” anahtar kelimeler olarak seçilmiştir. Sadece yıl sınırı konulan bu çalışmada, küresel araştırma eğilimleri dikkate alındığında, uluslararası bilimsel dergilerde yayımlanan toplamda 1661 bilimsel çalışma tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan “Türkiye” sucul alanlarında yapılmış, 112 orjinal çalışma incelenmiştir. Anahtar kelime olarak “deniz suyu”, “ağır metal” ve “Türkiye” için 58 adet; “tatlı su”, “ağır metal” ve “Türkiye” kullanıldığında ise, 56 adet makale sonuçları alınmıştır. Sonuç olarak, sucul alanlarda yapılan su kalitesi içerikli çalışmalarda, yerinde örnekleme ve analiz yöntemlerine dayalı ağır metal izleme araştırmalarının önemi ve takip çalışmalarına yer verilmesi gerekliliği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bibliyometrik analiz, ağır metal, deniz suyu, tatlı su, Türkiye.

A Historical Review and Bibliometric Analysis of Research on Heavy Metal in Aquatic Environments of Turkey (2000-2020)

Abstract: In order to protect water quality and prevent pollution, it is necessary to monitor and control physicochemical and biological parameters. Scientific studies carried out in line with this goal constitute the basis for other studies to be carried out. This study aims to interpret the bibliometric analysis of the studies carried out on "heavy metal" published between 2000-2020 in freshwater (such as lakes, rivers, streams, estuaries) and surface waters with seawater characteristics in Turkey. Taking into account the international research trends on "heavy metals" that result in physicochemical and biological changes in water quality, "seawater" and "freshwater" were chosen as keywords. Considering the global research trends, a total of 1661 scientific studies published in international scientific journals were identified in this study with a year limit. Among these studies, 112 original studies, which were carried in the aquatic areas of "Turkey," were examined. When "seawater," "heavy metal," and "Turkey" were used as keywords, 58 articles results were found. When the "freshwater," "heavy metal," and "Turkey" were used as keywords, 56 article results were obtained. As a result, it was determined that heavy metal monitoring research based on on-site sampling is important, and analysis methods and follow-up studies are necessary for studies carried out on water quality.

***Corresponding author's:**

V. Zülal SÖNMEZ
İstanbul University-Cerrahpaşa
Engineering Faculty, Environmental
Engineering Department
Avcılar, İstanbul, Turkey
✉: zulal.sonmez@iuc.edu.tr

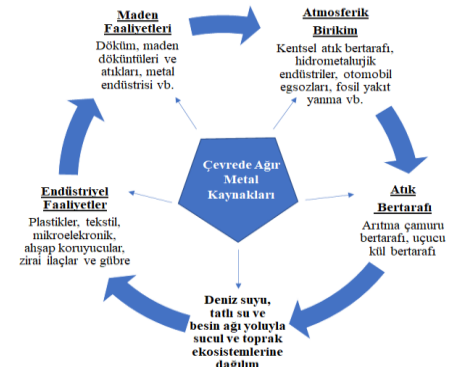
Keywords: Bibliometric analysis, heavy metal, seawater, freshwater, Turkey.

GİRİŞ

Sucul ekosistemlerin kirlenmesi, çevre kirliliğinin en temel konu başlıklarından birisidir. Bu kirliliğin alt başlıklarından olan ağır metal kirliliği sebebiyle, gerek doğal gerekse de yapay sucul ortamlarda canlıların hayatları tehlikeye girmektedir (Karadavut vd., 2012a). Ağır metalin spesifik bir tanımı olmamasına rağmen literatürde, yüksek atom ağırlığına ve sudan beş kat daha fazla olan yüksek yoğunluğa sahip doğal olarak oluşan bir element olarak tanımlanmıştır (Banfalvi, 2011). Özgül ağırlığı 3 mg/cm^3 ya da 5 g/cm^3 'ten fazla olan metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Buna karşın, arseniğin özgül ağırlığı bu değerlerden az olmasına rağmen ağır metaller gibi toksik etki gösterdiğinden, ağır metallerin arasında yer almaktadır (Aslam vd., 2013).

Ağır metaller genellikle yer kabuğunda doğal olarak, doğal sularda eser miktarlarda bulunan, ancak çoğu çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik olan yapılardır (Şekil 1) (Herawati vd., 2000; Masindi & Muedi, 2018). Buldukları ortamlarda kolaylıkla bozulmaz ve yok edilemez özelliklere sahiptirler. Uzun süre deformasyona uğramadan alıcı ortamda kalabilmeleri, buldukları ortamdaki canlıların bünyesinde birikerek besin ağı yoluyla diğer canlılara aktarılabilmesi, doğal kaynakların yanı sıra artan antropojenik baskılar (kentsel ve endüstriyel baskılar, yayılı kaynaklı baskılar, jeotermal kaynaklı baskılar) ile kolaylıkla sucul ekosistemlere ulaşabilmeleri bu problemin önemini tanımlar niteliktedir (Aras vd., 2017). Sucul alanda veya sedimende var olan kirliliğin mekansal ve zamansal değişimini anlamak; çevre bilimcileri, sucul alan yöneticileri, atık su çalışanlarının olduğu kadar halkın da ilgisini çekmektedir (Karadavut vd., 2012b; Vane vd., 2020). Çünkü tek başına veya bir arada olan metallere ilaveten bileşikler halinde de bulunabilen metalik yapıların, ekosistem sağlığı üzerinde olumsuz etkileri, yapılan birçok çalışmada ortaya konmuştur (Kalıpcı vd., 2017). Sadece insan sağlığı açısından düşünülmesi gereken ekosistemleri etkileyen ağır metal kirliliğinin, sürekli izlenmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması gerekmektedir.

Genellikle, antropojenik aktivitelerden kaynaklı önemli olan ağır metallerin başında kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), kurşun (Pb), civa (Hg), nikel (Ni), gümüş (Ag), kalay (Sn), çinko (Zn) ve arsenik (As) gelmektedir (Yücel & Yücel, 2013; Vane vd., 2020). Ancak doğada tek başlarına bulunmalarından ziyade, genelde hidroksitler, oksitler, sülfidler, sülfatlar, fosfatlar, silikatlar ve organik bileşikler şeklinde karşılaşmaktadır. Sucul kaynaklarımızda artan ağır metal miktarı şu anda daha büyük bir endişe konusudur ve bilinen odur ki, çok sayıda endüstri, metal içeren atık sularını yeterli olmayan arıtma ile tatlı sulara deşarj etmektedir.



Şekil 1. Ağır metal kaynakları ve doğada dağılımları (Çelebi & Gök (2018)'den uyarlanmıştır).

Figure 1. Heavy metal sources and their distribution in environment (adapted from Çelebi & Gök (2018)).

Her ülkede olduğu gibi ülkemizde de su kalitesinin korunması ve su kirlenmesinin önlenmesi amacıyla yönetmelikler oluşturulmakta ve denetimler yönetmeliklerde belirtilen esaslar doğrultusunda yapılmaktadır. Yer altı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin kullanım amacı gözetmeksizin korunmasını ve su kirliliğinin önlenmesini sağlamak amacıyla tüm kurum ve kuruluşlar, ilgili yönetmeliklerde belirlenen hükümlere uymak ve bunları uygulamakla yükümlüdür (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). Bu amaçla, akademik çalışmaların takibi ve değerlendirilmesi, tüm ülkelerde önem arz etmektedir (Cole, 2003).

Akademik yayınların çeşitli unsurlarının sayısal analizler ve istatistikler yardımıyla incelenmesi ve bu incelemelerin sunum yöntemleri ile ilgilenen "Bibliyometri", tanımlama, değerlendirme ve araştırmanın izlenmesi şeklinde de ifade edilebilmektedir (Ellegaard & Wallin, 2015). Esas olarak bibliyometri, bilimsel çalışmaların, yazar, basılan dergi, konu, anahtar kelimeler, atıf yapılan yazar, atıf yapılan kaynaklar gibi verilerin istatistiksel olarak incelenmesi ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda belirli bir disipline ait genel yapının ortaya konmasını mümkün kılmaktadır (Zan, 2012). Değerlendirme yöntemi olarak kullanıldığında, teknolojinin etkisi veya bir yazarın, organizasyonun araştırmanın etkinliğini belirlemeye yardımcı olmaktadır (Van Raan, 2014). Aynı zamanda, izleme aracı olarak işlev görür ve zaman içerisinde araştırma alanının etkinlik düzeyini izleyebilmek için kullanılabilir (Levac vd., 2010).

Bu çalışmada amaç, Türkiye'de tatlı su (göl, nehir, akarsular, haliç gibi) ve deniz suyu karakteri taşıyan yüzey sularında, 2000-2020 yılları arasında yayınlanan "ağır metal" ile ilgili araştırmaların bibliyometrik analizini yapmaktır. Bu amaçla, uluslararası nitelikli bilimsel dergilerde yayınlanmış, Türkiye sucul alanlarında "yerinde örnekleme" ardından yapılan ağır metal analizlerini içeren çalışmalar bibliyometrik yöntemle ağ analizleri kullanılarak yorumlanmıştır.

METODOLOJİ

Bu çalışmada, 5.000'den fazla yayıncının yayınladığı 20.000'den fazla hakemli dergiyi kapsayan ve akademik dergi makalelerinin bibliyografik veri tabanı olan Scopus arama motoru kullanılmıştır (Blettler vd., 2018). Scopus arama motorunda, 2000-2020 yılları arasında sucül ortamlarda ağır metal çalışmaları adına yapılan araştırmalar incelenmiştir. Arama yapılırken kullanılan anahtar kelimeler, “*sea water* (TR: *deniz suyu*)”, “*freshwater* (TR: *tatlı su*)”, “*heavy metal* (TR: *ağır metal*)”, “*Turkey* (TR: *Türkiye*)” olarak sıralanmıştır. Kullanılan anahtar kelimeler arama motoru dilinden dolayı İngilizce olup, çalışmada bundan sonra Türkçe karşılıkları ile ifade edilmiştir. Yüzeysel su ortamlarında, kısıtlayıcı anahtar kelimeleri kullanarak 2 farklı sınırlı arama yapılmıştır. Bu farkı, çalışılan yüzeysel su ortamları oluşturmaktadır. Buna göre; yapılan ilk arama “*deniz suyu*”, “*ağır metal*”, “*Türkiye*” anahtar kelimelerinden, ikinci arama ise, “*tatlı su*”, “*ağır metal*”, “*Türkiye*” anahtar kelimelerinden oluşmaktadır. Tatlı su ortamlarında yürütülen ağır metaller ile ilgili çalışmalar için göl, lagün, akarsu, dere, nehir anahtar kelimeleri ile kategorizasyon yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, uluslararası nitelikte dergilerde yayınlanan her araştırma makalesi, (i) çalışıldığı ortam (deniz, göl, nehir, yeraltı suyu, rezervuar suyu, baraj vb.), (ii) ağır metal analiz metodu, (iii) analizi yapılan ağır metaller, (iv) makalenin yayınlandığı dergi, (v) basım yılı ve (vi) araştırma yapılan bölgeye göre kategorilere ayrılmıştır. Bibliyometrik analizler ile çalışmadan elde edilen sayısal veriler, Microsoft Excel programı kullanılarak yorumlanmış ve VOSViewer üzerinden yapılan sosyal ağ analizi haritaları ile görselleştirilmiştir.

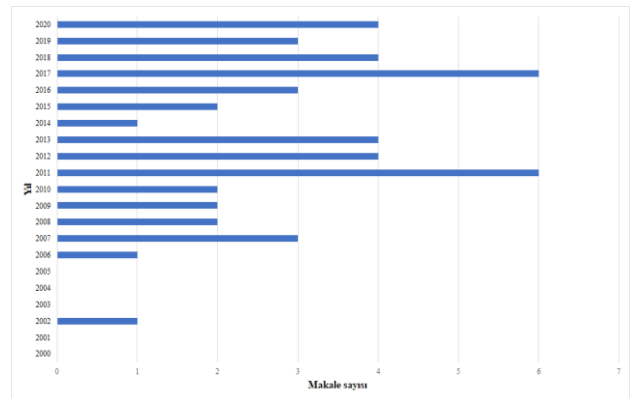
SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2000-2020 yılları arasında, ağır metal ile ilgili Türkiye'deki sucül alanlarda, yerinde örnekleme ardından yapılan araştırmalar kategorize edilmiş ve bibliyometrik analizlerden elde edilen bulgular, tablo ve şekillerle görselleştirilmiştir. Elde edilen bulgular öncelikle, (i) yayın ölçütleri (basım yılı, makalenin yayınlandığı dergi ve araştırmanın yapıldığı yer (bölge)), (ii) metodoloji ölçütleri (ağır metalin çalışıldığı sucül ortam, ağır metal analiz metotları ve analizi yapılan ağır metaller) ve (iii) makalelerin iş birlik ilişkileri (VOSviewer) başlıkları altında irdelenmiştir.

Çalışmalarda Tercih Edilen Yayın Ölçütleri: Scopus veri tabanında yapılan araştırmalarda, sadece son 20 yılda (2000-2020), su kalitesinin önemli başlıklarından biri olan, “ağır metal” ile ilgili küresel araştırma eğilimleri dikkate alındığında, toplamda 1661 doküman bilimsel

çalışma tespit edilmiştir. Anahtar kelime olarak “*deniz suyu*”, “*ağır metal*” ve “*Türkiye*” seçildiğinde, anabilim dalı ayırt etmeksizin tüm başlıklara ait veri sonuçlarında toplam 58 doküman görüntülenmektedir. Anahtar kelime olarak “*tatlı su*”, “*ağır metal*” ve “*Türkiye*” kullanıldığında ise, sucül alanlarda yapılan çalışmalara ait toplam 56 doküman belirlenmiştir. Ayrıca, iki dokümanda yerinde örnekleme sonrası ağır metal tayini yapılmış (1 adet makale Kuzey Kıbrıs, 1 adet makale Hindistan’da olmak üzere), ancak Türkiye sucül alanlarında çalışmadığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Bu dokümanlardan bir tanesinin konferansta sunulan bildiri olduğu, bir makalede de her iki anahtar kelime (“*deniz suyu*” ve “*tatlı su*”) içeren ortak çalışma olduğu tespit edilmiştir. İki farklı sucül alan araştırmasına ait toplamda 111 doküman incelenmiştir. İncelenen dokümanların arasında ancak 48 adet araştırma makalesinin, sucül alandan örneklenerek alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. “*Deniz suyu*” ve “*tatlı su*” sucül alanlarında yerinde alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirilen çalışmalar sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Çalışma alanı sütununda incelenen makalelerde tespit edilen anahtar kelimeler, aslına uygun olarak özellikle İngilizce terimlerle sunulmuştur.

Sucül alandan alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirilen araştırma makalelerinin, yıllara göre dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. 2006 yılından itibaren bu konuya artan bir eğilimin olduğu görülmektedir. 2013’ten 2020 yılına kadar toplam makale sayısı 27’ye ulaşmıştır. 2006-2013 ve 2014-2020 periyotları araştırmacıların yayınladıkları makale sayıları benzer karakteristiğe sahiptir. Bu periyotlarda 2011 ve 2017 yıllarında makale sayısı maksimum değere ulaşmıştır. Ancak 2006 ve 2014 yıllarında sadece birer adet makaleye rastlanmıştır.



Şekil 2. 2000-2020 yılları arasında yayınlanan toplam makale sayısı.

Figure 2. Total number of articles published between 2000-2020.

Türkiye özelinde, 2000-2020 yılları arasında sucül alandan alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirilen makalelerin en çok yayınlandığı dergiler,

disiplin alanları ve dergilerin çeyrek kategorileri (Q değeri) Tablo 3'te verilmiştir. Bilimsel dergilerin değerlendirmesinde, yararlanılan çeyrek kategorisi dört kategoriden oluşmakta ve Q1 en yüksek kategoriye, Q4 ise en düşük kategoriye ifade etmektedir. Makalelerin daha çok düşük dilimli, Q3 ve Q4 çeyrek dilimlerindeki dergilerde

yayınlandığı görülmektedir. Dergiler arasında, “*Environmental Monitoring and Assessment*” ilk sırada yer almakta olup, “*Marine Pollution Bulletin*” ve “*Fresenius Environmental Bulletin*” dergileri bu sıralamayı takip etmektedir.

Tablo 1. “Deniz suyu” anahtar kelimesi kullanılarak yayınlanan makaleler (Çalışma alanı, arama yapılan dilde sunulmuştur).

Table 1. Manuscripts published using the keyword “seawater” (Study area presented in searched language).

Yıl	Şehir	Makalenin Yayınlandığı Dergi	Referans	Çalışma Alanı
2019	Kastamonu-Bartın	Indian Journal of Geo-Marine Sciences	Gokkus & Berber, 2019	Port (seawater), sediment, organism (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)
2019	Hatay - Adana	Fresenius Environmental Bulletin	Duysak, 2019	Bay
2018	Samsun - Sinop - Ordu	Global Nest Journal	Ustun vd., 2018	Seawater
2017	Muğla	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Genç & Yılmaz, 2017	Seawater - lagoon system, sediment, Organism (<i>Callinectes sapidus</i> , <i>Mugil cephalus</i> and <i>Anguilla anguilla</i>)
2017	Giresun - Trabzon - Rize - Artvin	Marine Pollution Bulletin	Baltas vd., 2017a	Seawater, sediment, organism (<i>Mytilus galloprovincialis</i> , <i>Rapana venosa</i>)
2017	İzmir	Environmental Science and Pollution Research	Aydın-Önen & Öztürk, 2017	Seawater -bay, harbour, sediment, organism (<i>Patella caerulea</i> , <i>Cystoseira barbata</i> and <i>Liza aurata</i>)
2016	Giresun	Fresenius Environmental Bulletin	Polat & Akkan, 2016	seawater
2015	Antalya	Indian Journal of Geo-Marine Sciences	Tekin-Özan, 2015	Seawater, bay, sediment
2013	Mersin	Jeoloji Mühendisliği Dergisi	Demir & Özdemir, 2013	Water -stream, sea, wells, soil, plant
2013	Kocaeli	Marine Pollution Bulletin	Bingöl vd., 2013	Seawater -stream, bay
2013	Kocaeli	Marine Pollution Bulletin	Ergül vd., 2013	Seawater -gulf
2012	Antalya	Journal of Animal and Plant Sciences	Aktan & Tekin-Özan, 2012	Seawater -bay- organism (<i>Scomber japonicus</i> , <i>scomber scombrus</i>)
2011	Çanakkale, İzmir, Muğla	Marine Pollution Bulletin	Akcali & Kucuksezgin, 2011	Seawater, sediment, organism (<i>macroalgae species</i>)
2011	İzmir - Aydın	Marine Pollution Bulletin	Aydın Onen vd., 2011	Seawater, sediment, organism (<i>Amphibalanus amphitrite</i>)
2011	Çanakkale	Environmental Monitoring and Assessment	Ustunada vd., 2011	Seawater, organism (<i>U. rigida</i>)
2011	Çanakkale	Environmental Monitoring and Assessment	Yılmaz & Sadikoglu, 2011	Seawater -strait-
2010	Muğla	Environmental Monitoring and Assessment	Balkis vd., 2010	Seawater -bay, sediment
2009	İstanbul	Environmental Monitoring and Assessment	Altug & Balkis, 2009	Seawater -estuary, sediment, organism (<i>Enterobacteriaceae</i>)
2007	Mersin	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Karayakar vd., 2007	Seawater, Organism (<i>Brachidontes pharaonis</i>)
2007	Çanakkale	Environmental Monitoring and Assessment	Süren vd., 2007	Seawater -strait

Çalışmaların, bölgesel olarak yayınlanan makale sayılarına ait dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Çalışmaların genellikle “su kalitesi” başlığında yapılmış ancak “sucul ortamda ağır metal analizi” içermiyor olması nedeniyle, bu çalışma için kabul edilmemiştir. Makalelerin bazılarında ise, birden fazla bölgede çalışma yapıldığı için, ilgili makaleler her iki bölgenin makale sayısına eklenmiştir. Buna göre, uluslararası nitelikte dergilerde en çok yayınlanan makale sayısına göre çalışmaların yapıldığı bölgeler sırasıyla Karadeniz (%28), Ege (%20), Doğu Anadolu (%18), Marmara (%17) ve Akdeniz (%13) bölgeleridir. Çalışma kapsamında incelenen yayınların, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki üniversiteler tarafından yürütüldüğü görülmektedir. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise, sucul alanların sınırlı oluşundan da kaynaklanan kısıtlı sayıda çalışma yürütülmüştür. Doğu Anadolu Bölgesi'nde çalışmalar daha çok tatlı su ve baraj göllerinden alınan örneklerde yapılmış; veriler su kimyası ve kalitesi özelinden ziyade, sağlık riski analizi özelinde irdelenmiştir. Şehirlerde yürütülen çalışmalar açısından en çok dikkati çeken il Muğla olmuştur.

Çalışmalarda Seçilen Metodoloji Ölçütlerine

Göre Durum Değerlendirilmesi: Çalışmalarda seçilen ağır metalin çalışıldığı sucul ortam, ağır metal analiz metotları ve analizi yapılan ağır metaller ölçütlerine göre değerlendirilme yapılmıştır. Buna göre, ağır metal çalışmalarının gerçekleştirildiği sucul alanların dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, sucul alanların %27'lik bölümünü, denizel ortamdan alınan su örneklerde ağır metal tayinin gerçekleştirildiği çalışmalar oluşturmaktadır. Geriye kalan çalışmalar, tatlı su

karakteristiğine sahip sucul ortamlarda yürütülmüş çalışmalardır. Tatlı su ortamlarında, nehir suyu örnekleri tüm çalışmalar içinde %21'lik bölüme denk gelmektedir. Ağır metallerin yüzeysel sulara taşınmasında rol oynayan etkenlerin arasında yüzeysel akış, evsel ve endüstriyel deşarjlar, maden faaliyetleri ve atmosferik taşınım yer almaktadır. Noktasal kaynak olarak deşarjların yanı sıra, ağır metallerin karayollarından, kentsel alanlardan yayılı kirletici kaynak olarak yüzeysel akış ile denizel ya da tatlı su alıcı ortamlarına ulaştığı tespit edilmiştir (Dereli vd., 2017).



Şekil 3. Bölgelere göre uluslararası nitelikte dergilerde yayınlanan makale sayısı.

Figure 3. Number of manuscripts published in international journals according to regions.

Sucul alanlarda yapılan ağır metal çalışmalarda hedef genellikle ağır metal kontaminasyon ve sucul organizmalardaki birikiminin incelenmesidir. Yapılan çalışmalarda, sadece sucul ve/veya sediment ortamlardan alınan örneklerde kantitatif sonuçlar elde edilmekle sınırlı kalmayıp, organizmalar üzerindeki biyolojik ve ekotoksikolojik etkilerin tespiti üzerine de oldukça fazla çalışmaya rastlanmıştır (Aydın-Önen & Öztürk, 2017; Baltas vd.,

2017; Dane & Şişman, 2020a; Dane & Şişman, 2020b; Genç & Yılmaz, 2017; Ustunada vd., 2011). Sucul alanlarda “ağır metal”, “deniz suyu”, “tatlı su” anahtar kelimelerinin yer aldığı ilgili çalışmalarda, “sediment” ve “balık” anahtar kelimeleri de tercih edilmiştir (Akbulut & Tuncer, 2011; Dane ve Şişman, 2020a; Dane ve Şişman, 2020b; Demirak vd., 2006; Tunca vd., 2013). Sedimentler özellikle bozunmaya dayanıklı kirleticilerin su kolonundan çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulunma ihtimallerine karşılık, kirleticilerin izlenmesi için hassas gösterge olabilir. Sucul ortamlara kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan farklı kimyasalları taşıyan karasal girdiler aracılığıyla, sedimentte başta ağır metaller olmak üzere çeşitli tehlikeli ve toksik maddeler birikim yapmaktadırlar (Bakan & Özkoç, 2007). Balıklar ise, doğrudan adsorpsiyon veya besin zincirleri yoluyla ağır metalleri biriktirebildiği ve tüketim yoluyla insanlara geçerek kronik veya akut hastalıklara neden olduğu

bilinmektedir (Baltas vd., 2017; Calza vd., 2004). Ağır metal tayinlerinin genellikle “deniz suyu” ve “nehir” sucul ortamlarında yoğunlaştığı Karadeniz Bölgesi’nde gerçekleştirilen çalışmalarda da benzer duruma rastlanılmıştır (Baltas vd., 2017a; Baltas vd., 2017b; Verpe vd., 2012). Özellikle, Ege ve Akdeniz Bölgesi’nde “deniz suyu” ortamında yürütülen çalışmalarda, midye gibi diğer sucul organizmalarda yapılan biyobirikim incelemeleri de dikkat çekmektedir (Aydın-Önen vd., 2011; Karayakar vd., 2007). Tıpkı, balıklar gibi midyeler de ekotoksikolojik ve biyobirikim gibi biyodenyelerde sıklıkla tercih edilen organizmalardır. Bu organizmalar, suyu süzerek beslendikleri ve/veya süzerek beslenen canlılarla beslendikleri için, ağır metaller ve diğer ksenobiyotik bileşikler kolaylıkla bünyelerine alabilmektedirler. Biyoindikatör ve biomonitör tür olarak öneme sahip olan bu türler (özellikle *Mytilus galloprovincialis*) akuatik sistemlerde metalleri bünyelerinde biriktirebilirler (Dökmeci vd., 2012).

Tablo 2. “Tatlı su” anahtar kelimesi kullanılarak yayınlanan makaleler (Çalışma alanı, arama yapılan dilde sunulmuştur).
Table 2. Manuscripts published using the keyword “freshwater” (Study area presented in searched language).

Yıl	Şehir	Makalenin Yayınlandığı Dergi	Referans	Çalışma Alanı
2020	Muğla	Arabian Journal of Geosciences	Arslan & Avsar, 2020	Lake
2020	Elazığ/ Tunceli	Environmental Research	Canpolat vd., 2020	Keban Dam Lake/Freshwater
2020	Erzurum	Chemosphere	Dane & Şişman, 2020a	Karasu River/ Organism (<i>Capoeta capoeta</i> , <i>Alburnus mossulensis</i> and <i>Squalius cephalus</i>), sediment, Freshwater
2020	Erzurum	Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences	Dane & Şişman, 2020b	Karasu River/ Organism (<i>Alburnus mossulensis</i>), sediment, Freshwater
2019	Elazığ	Chemosphere	Varol, 2019	Keban Dam Reservoir/ Freshwater
2018	Aydın/ Denizli	Applied Ecology and Environmental Research	Minareci vd., 2018	Buyuk Menderes River/ Freshwater
2018	Sinop	Global Nest Journal	Aydın Uncumusaoğlu, 2018	Bektaş Pond/Freshwater
2018	Elazığ	Science of the Total Environment	Varol & Sünbül, 2018	Keban Dam Reservoir/ Organism (<i>Mangar</i> , common carp, <i>Tigris scraper</i> , <i>Euphrates barbell</i> and <i>trout barb</i>), Freshwater
2017	Rize	Marine Pollution Bulletin	Baltas vd., 2017b	seaewater -river- harbour , sediment, Organism(<i>Engraulis encrasicolus</i>)
2017	Erzurum	Turkish Journal of Zoology	Dane & Şişman, 2017	Karasu River/freshwater, Organism(<i>Chub sp.</i>)
2017	Bingöl	Environmental Science and Pollution Research	Demir & Sahin, 2017	treated waste water/ Freshwater
2016	Kocaeli	Environmental Earth Sciences	Yolcubal vd., 2016	Groundwater, surface water -river
2016	Gaziantep	Ecotoxicology and Environmental Safety	Çelekli vd., 2016	Creek,Reservoir,Irrigation channel, River/freshwater, Organism (<i>filamentous algae</i>)
2015	Erzurum	Environmental Toxicology	Dane & Şişman, 2015	Karasu River/freshwater, Organism(<i>Capoeta capoeta</i>)
2014	Malatya	Fresenius Environmental Bulletin	Canpolat vd., 2014	Karakaya Dam Lake/Freshwater,Organism (<i>Aspius vorax</i>)
2013	Bolu	Chemistry and Ecology	Tunca vd., 2013	Lake Yeniçağ/Organism(<i>Astacus leptodactylus</i>) freshwater, sediment
2012	Rize	Pakistan Journal of Biological Sciences	Verpe vd., 2012	İyidere stream/freshwater, sediment, Organism(freshwater fish species)
2012	İstanbul	Environmental Monitoring and Assessment	Balcı vd., 2012	Lake Maslak/Freshwater, sediment, Organism(bacterial communities)
2012	Karşehir	Environmental Earth Sciences	Pasvanoğlu & Gültekin, 2012	Thermal water springs and wells/freshwater
2011	Samsun	Water, Air, and Soil Pollution	Akbal vd., 2011	Seawater, river
2011	Çorum	Environmental Monitoring and Assessment	Akbulut & Tuncer, 2011	Kızılırmak River Basin/ freshwater, sediment, Organism(<i>Capoeta tinca</i> , <i>Capoeta capoeta</i> , <i>Leuciscus cephalus</i>)
2010	Bursa	Journal of Paleolimnology	Kazancı vd., 2010	Lake Ulubat/freshwater, sediment
2009	Elazığ	Fresenius Environmental Bulletin	Karadede-Akin, 2009	Hazar Lake/Freshwater, sediment, Organism(<i>Capoeta capoeta umbra</i>)
2008	Antalya	Micropaleontology	Meriç vd., 2008	Antalya Coast/Submarine groundwater discharge, open sea
2008	Hatay	Environmental Monitoring and Assessment	Yılmaz & Doğan, 2008	Orontes River/ Freshwater, Organism(<i>Carasobarbus luteus</i>)
2007	Samsun	International Journal of Environmental Studies	Bakan & Özkoç, 2007	Marine and freshwater/Sediment, water, Organism (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)
2006	Muğla	Chemosphere	Demirak vd., 2006	Dipsiz stream/Freshwater,sediment, Organism (<i>L. Cephalus</i>)
2002	İzmir	Environment International	Sponza & Karaoğlu, 2002	River, sediment, rock, soil

Sucul ortamlarda en çok çalışılan ağır metallerin yüzdelik dağılımı Şekil 5’te verilmiştir. Buna göre, Türkiye sucul alanlarında yerinde örnekleme yapılan ağır metal analizlerini içeren makalelerin %90’ında Pb ve Cu metalleri çalışılmıştır. Çalışılan bu ağır metallere sonra, Cd (%79) ve Zn (%75) metalleri gelmektedir. Cu, Zn ve Fe, organizmaların yaşamsal faaliyetleri için eser miktarlarda gerekli olmasına rağmen, bu metallerin yüksek konsantrasyonları ve Cd, Hg ve Pb gibi biyolojik fonksiyonları yaşamsal faaliyetler için gerekli olmayan ağır metaller dokularda birikime, organizmanın hasar görmesi ve ölümüne buna bağlı olarak sucul ekosistemlerin yapısında değişikliklere neden olmaktadır (Farayakar vd., 2007). Genel olarak, sucul organizmalarda Pb birikimi ve sonrasında besin ağı yoluyla tüketimi, özellikle kan oluşumu, kemik ve sinir sistemi üzerinde ciddi etkileri mevcuttur (Süren vd., 2007). Çalışmalardaki ağır metal biriktirebilirlikleri incelendiğinde, çalışma ortamı, çalışma bölgesi ve ağır metallerin kendi aralarındaki ilişkileri göz önüne alınmalıdır. Örneğin, deniz suyunda Pb ve Cu metallerinin birlikte çalışılmasının nedeni, bu ağır metallerin

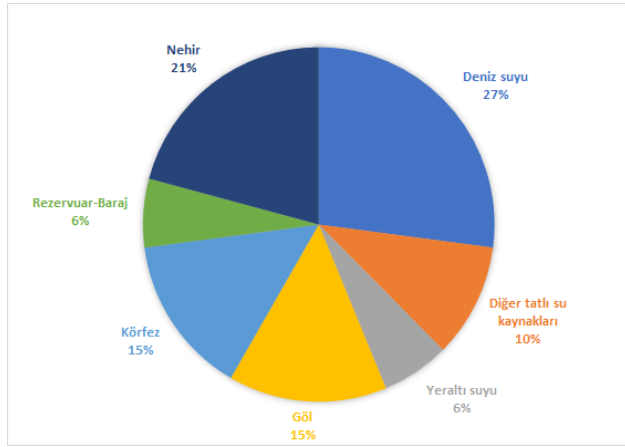
balast suları ve antifouling boyalardan kaynaklı etkilerinin belirlenmesi olabilir (Purwiyanto vd., 2020). Çalışma bölgesinin jeolojik yapısına bağlı olarak ise, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde kompleks Cu, Zn ve Zn cevherlerinin birlikte bulunması örneği verilebilir. Ağır metallerin birbirleri olan ilişkisi düşünüldüğünde ise Cd, başta Zn olmak üzere Fe’in vücutta emilimini engeller ve Cd, Zn’nun yerini alabilmektedir. Cd ve Zn’nun çalışmalardaki biriktirebilirliği diğer ağır metallere farklı olarak birbirlerinin yerini alabilme özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. En az çalışılan ağır metaller ise, Al (%23) ve Hg (%21) olmuştur.

Makalelerin İş Birlik İlişkileri: Bu çalışmada, Scopus arama motorunda anahtar kelime olarak “deniz suyu”, “ağır metal”, “Türkiye” ve “tatlı su”, “ağır metal”, “Türkiye” seçildiğinde, bulunan makalelerin (yerinde örnekleme ile yapılan ağır metal analizleri farkı gözetmeksizin) tüm anahtar kelimeleri ile çalışmalar arasında işbirlik ilişkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Makalelerde tercih edilen anahtar kelimeler üzerinden makalelerin işbirlik ilişkileri VOSviewer analizi sayesinde tespit edilip yorumlanmıştır.

Tablo 3. İlgili makalelerin en çok yayınlandığı dergiler ve dergi etki faktörleri.

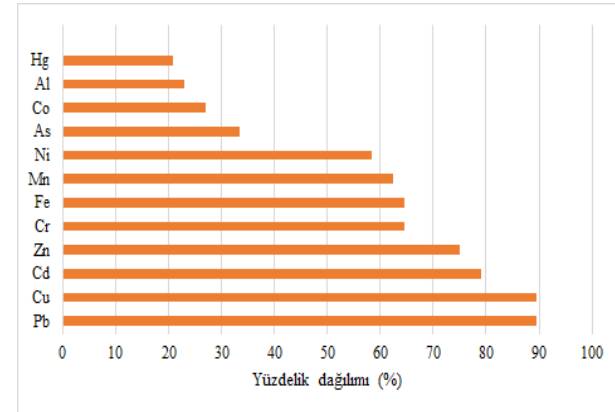
Table 3. Journals with the most published related manuscripts and journal impact factors.

Disiplin Alanı	Sıra	Derginin Adı	Kategori (Q)
Çevre Bilimleri	1	Environmental Monitoring and Assessment	Q3
	2	Marine Pollution Bulletin	Q2
	3	Fresenius Environmental Bulletin	Q4
	4	Chemosphere	Q1
	5	Global Nest Journal	Q4
	6	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Q3
	7	Environmental Science and Pollution Research	Q2
	8	Environmental Earth Sciences	Q3
Oşinoğrafi	9	Indian Journal of Geo-Marine Sciences	Q4



Şekil 4. Ağır metal çalışmalarının yapıldığı sucul ortamların yüzdeleri dağılımı (%).

Figure 4. Percentage distribution of aquatic environments where heavy metal studies were carried out (%).



Şekil 5. Sucul ortamlarda analizi yapılan ağır metallerin çalışma sayılarına göre yüzdeleri dağılımı (%).

Figure 5. Percentage distribution of heavy metals analysis in aquatic environments according to the number of studies (%).

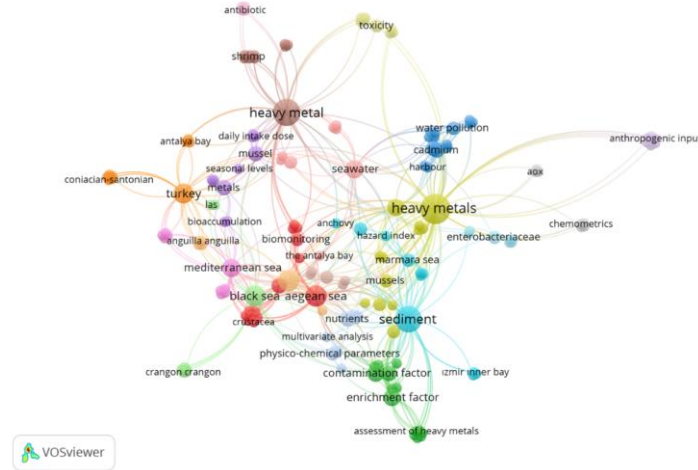
Türkiye'deki araştırmacıların, deniz suyunda yürüttükleri ağır metal çalışmaları başlığında, en sık

kullandığı anahtar kelimeler ile çalışmalar arasında iş birlik ilişkileri Şekil 6'da gösterilmektedir. En yoğun kullanılan kelimelerin "heavy metal (TR:ağır metal)", "heavy metals (TR:ağır metaller)" ve "sediment (TR:sediment)" olduğu görülmektedir. Diğer anahtar kelimeler arasındaki bağlantılar özellikle farklı renklerle gösterilmiştir. "Ağır metaller" anahtar kelimesinin "toxicity (TR:toksosite)", "Marmara Sea (TR:Marmara Denizi)" ve "mussels (TR:midye)" anahtar kelimeleri ile olan bağlantısı, Marmara Denizi'nde yapılmış ağır metal çalışmalarında, ağır metallerin midyeler üzerindeki ekotoksikolojik etkilerine de yer verildiğini ifade etmektedir.

Denizel ortamda yapılan çalışmalarda, en sık kullanılan anahtar kelimeler ile çalışma alanları arasında ilişkilerin yıllara bağlı değişimi ise, Şekil 7'de gösterilmektedir. Dairelerin büyüklüğü bahsedilen kelimelerin sayısı, daireler arasındaki çizgilerin kalınlıkları ise çalışmalar arasındaki işbirliğinin seviyesi ile orantılıdır. Yıllara bağlı analizde ise, 2010-2020 yılları arasında "deniz suyu" sucul ortamında yapılan çalışmaların sayısı (44 adet) dikkati çekecek kadar fazladır. Son dönemlerde ağır metal konusundaki araştırmalarda gözlenen artış, Karadeniz (Baltas 2017a; Polat & Akkan, 2016) ve Ege Denizi'nde (Aydın Onen & Öztürk, 2017; Minareci vd., 2018) yoğunlaşmıştır.

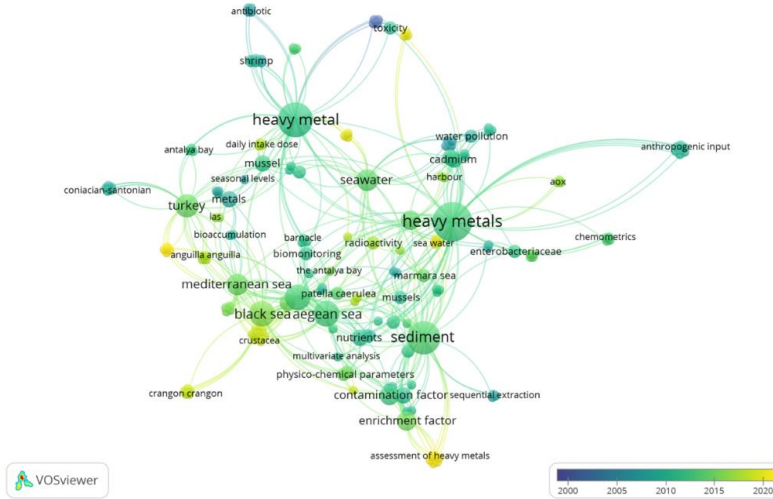
Türkiye'deki araştırmacıların, tatlı suda yürüttükleri ağır metal çalışmaları başlığında, en sık kullandığı anahtar kelimeler ile çalışmalar arasında iş birlik ilişkileri Şekil 8'de gösterilmektedir. En yoğun kullanılan kelimelerin "heavy metal (TR:ağır metal)", "heavy metals (TR:ağır metaller)" ve "fish (TR:balık)" olduğu görülmektedir. "Ağır metal" anahtar kelimesinin "fish (TR:balık)", "sediment (TR:sediment)" ve "water (TR:su)" anahtar kelimeleri ile olan bağlantısı, tatlı su ortamlarında su ve sediment örneklerinde ağır metallerin ekotoksikolojik etkilerine de yer verildiğini ifade etmektedir (Dane & Şişman, 2020a; Dane & Şişman, 2020b).

Tatlı su ortamında yapılan çalışmalarda, en sık kullanılan anahtar kelimeler ile çalışma alanları arasında ilişkilerin yıllara bağlı değişimi ise, Şekil 9'da gösterilmektedir. Yıllara bağlı analizde 2010-2020 yılları arasında yapılan çalışma sayısı 40 adettir. Diğer ülkelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, çalışma sayısı ve sıklığı ile benzerliği dikkat çekmektedir.



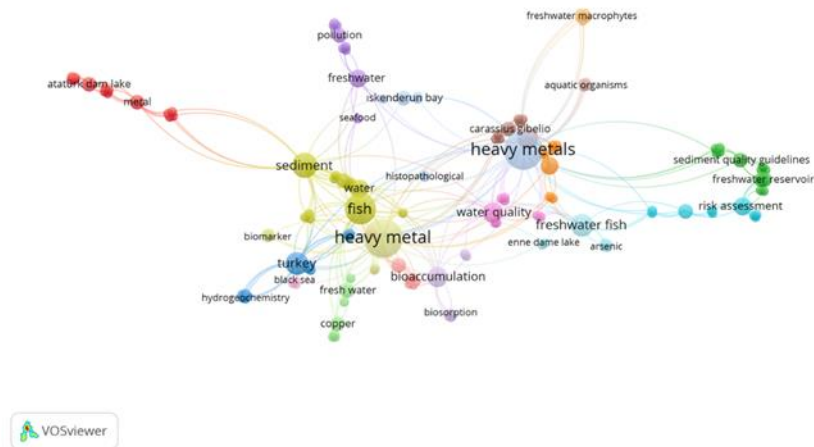
Şekil 6. Türkiye’deki araştırmacıların, deniz suyunda yürüttükleri ağır metal çalışmalarında en sık kullandığı anahtar kelimeler ile çalışmalar arasında iş birlik ilişkileri.

Figure 6. The most frequently used keywords in heavy metal studies conducted by researchers in Turkey in seawater and the collaborative relationships between the studies.



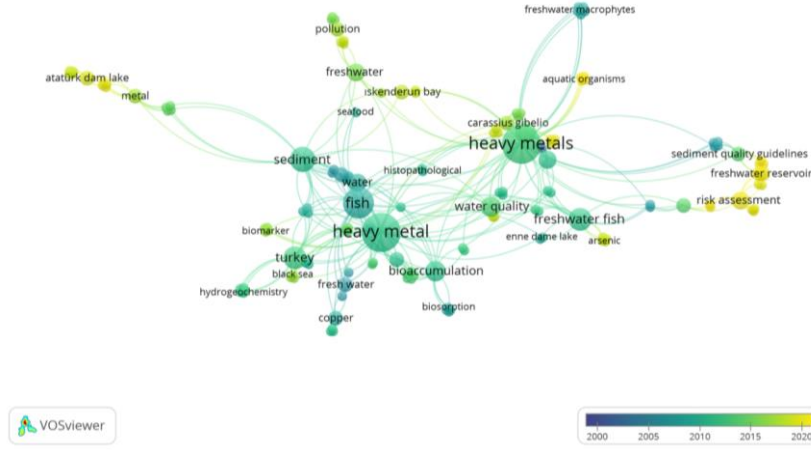
Şekil 7. Denizel ortamda yapılan çalışmada, en sık kullanılan anahtar kelimeler ile araştırma bölgeleri arasında iş birlik ilişkilerinin yıllara bağlı değişimi.

Figure 7. The change over the years in the cooperation relations between the most frequently used keywords and research regions in studies conducted in the marine environment.



Şekil 8. Türkiye’deki araştırmacıların, tatlı suda yürüttükleri ağır metal çalışmalarında en sık kullandığı anahtar kelimeler ile çalışmalar arasında iş birlik ilişkileri.

Figure 8. The most frequently used keywords in heavy metal studies conducted by researchers in Turkey in freshwater and the collaborative relationships between the studies.



Şekil 9. Tatlı su ortamında yapılan çalışmalarda en sık kullanılan anahtar kelimeler ile araştırma bölgeleri arasında iş birlik ilişkilerinin yıllara bağlı değişimi. **Figure 9.** The change over the years in the cooperation relations between the most frequently used keywords and research regions in studies conducted in the freshwater environment.

ÖNERİLER

Çalışmaya ait veriler incelendiğinde, yapılan bibliyometrik analiz sonucunda deniz suyu ve tatlı su anahtar kelimelerindeki çalışmalar incelenmiştir. İncelenen makalelerin sadece 48 tanesinde, sucul alanlarda yerinde örnekleme ardından ağır metal analizi çalışmaları yapıldığı tespit edilmiştir. Türkiye sucul ortamlarında yerinde örnekleme ile yapılan ağır metal analizlerini içeren çalışmalarının sınırlı olması, daha ziyade sentetik sularla laboratuvar ölçekli çalışma yapılması oldukça dikkat çekmiştir. Oysa, su sıkıntısı çekebilen bir konumda olan ülkemizde su kaynaklarını korumak, kirliliği önlemek/kontrolünü sağlamak için izleme-takip çalışmalarına daha fazla yer verilmesi ve ağır metal konsantrasyonlarına bağlı olarak farklı teknolojik yaklaşımlarla çözüm bulunmasının hedeflenmesi gerekmektedir.

Çalışmalarda kullanılan anahtar kelimeler genel ifadeler olarak kalmış özellikle “deniz suyu” anahtar kelimesinin altındaki makaleler çalışmalarda değerlendirilen sucul alanların niteliklerini doğru yansıtamamıştır. Bu durum yayınlanan makalelerin, anahtar kelime seçimlerinde oldukça sınırlı kaldığını göstermektedir.

Bu çalışmaların yapıldığı sucul alanlardaki ağır metal konsantrasyonları ve maruziyetinin sağlık riski üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ilke hedef olmalıdır. Çalışmalarda sucul alanlar tek unsurlarıyla incelenmeyip, genellikle alan hakkında kapsamlı sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu da bazı çalışmaların ağır metal kısmında sınırlı kalmasına neden olmaktadır. İleri analiz metotları ile yapılan ağır metal tayinleri maliyetli analizler olduğundan, dış kaynaklı projelerle desteklenmesi ve bütüncül yaklaşımlı çalışmalara konunun dahil edilmesi en sık rastlanan çalışma tipidir. Çalışmalarda ayrı bir beklenti de, biyolojik/ekotoksikolojik çalışmaların sonuçlarının

yorumlanmasıdır. Ancak bu tip çalışmalar da hem zaman hem deneyim ve hem de maliyet gerektiren özel analizlerdir. Çok disiplinli bu çalışmaların tamamlanması yüksek bütçeli çalışmaların ve projelerin varlığı ile mümkündür. Sonuç güvenilirliği açısından, doğru zaman ve bütçe yönetimi ile nitelikli çalışma ekipmanı ağır metal çalışmalarının temel özelliğidir. Sucul alanlardan numune alımından, numunelerin işlenmesi ve yorumlanmasına kadar her aşama özenle yapılmalıdır. Bu nedenle, su kalitesi izleme projeleri gibi genel çerçeveli projelerin devamlılığı, kalitenin sürdürülebilirliği, bütüncül çerçevede alanın izlenmesi ve korunması ile mümkündür.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu makalenin hazırlanmasına temel olan “Küçükçekmece Lagünü Bağlantı Alanı Su ve Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tespiti” konulu TUBITAK-119Y302 nolu araştırma projesine verdiği destekten dolayı TUBITAK’a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, I., Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2011). Multivariate statistical techniques for the assessment of surface water quality at the mid-Black Sea coast of Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, **216**(1-4), 21-37. DOI: [10.1007/s11270-010-0511-0](https://doi.org/10.1007/s11270-010-0511-0)
- Akbulut, N.E. & Tuncer, A.M. (2011). Accumulation of heavy metals with water quality parameters in Kızılırmak River Basin (Delice River) in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **173**(1-4), 387-395. DOI: [10.1007/s10661-010-1394-7](https://doi.org/10.1007/s10661-010-1394-7)
- Akcalı, I. & Kucuksezgin, F. (2011). A biomonitoring study: Heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas. *Marine Pollution Bulletin*, **62**(3), 637-645. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2010.12.021](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.12.021)

- Akduman, S., Demirbağ, M.A. & Sivri, N. (2020).** Bibliometric profile of scientific research on bacteriological water quality studies in Turkey (1999-2019). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(3), 425-432. DOI: [10.35229/jaes.779012](https://doi.org/10.35229/jaes.779012)
- Aktan, N. & Tekin-Özan, S. (2012).** Levels of some heavy metals in water and tissues of chub mackerel (*Scomber Japonicus*) compared with physico-chemical parameters, seasons and size of the fish. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(3), 605-613.
- Altug, G. & Balkis, N. (2009).** Levels of some toxic elements and frequency of bacterial heavy metal resistance in sediment and sea water. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149(1-4), 61-69. DOI: [10.1007/s10661-008-0183-z](https://doi.org/10.1007/s10661-008-0183-z)
- Aras, S., Findik, O., Kalıpcı, E. & Sahinkaya, S. (2017).** Assessment of concentration physicochemical parameters and heavy metals in Kızılırmak river, Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 72, 328-334. DOI: [10.5004/dwt.2017.20437](https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20437)
- Arslan, Ş. & Avşar, Ö. (2020).** Assessment of heavy metal pollution in Köyceğiz-Dalyan coastal lagoon watershed (Muğla) SW Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(15), 719. DOI: [10.1007/s12517-020-05690-3](https://doi.org/10.1007/s12517-020-05690-3)
- Aslam J, Khan SA & Khan SH. (2013).** Heavy metals contamination in roadside soil near different traffic signals in Dubai, United Arab Emirates. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17, 315-319. DOI: [10.1016/j.jscs.2011.04.015](https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.04.015)
- Aydın-Önen, S. & Öztürk, M. (2017).** Investigation of heavy metal pollution in eastern Aegean Sea coastal waters by using *Cystoseira barbata*, *Patella caerulea*, and *Liza aurata* as biological indicators. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(8), 7310-7334. DOI: [10.1007/s11356-016-8226-4](https://doi.org/10.1007/s11356-016-8226-4)
- Aydın Onen, S., Kucuksezgin, F. & Kocak, F. (2011).** Temporal and spatial biomonitoring of heavy metals in eastern Aegean coastal waters using *Amphibalanus amphitrite*. *Marine Pollution Bulletin*, 62(11), 2548-2556. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2011.08.017](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.08.017)
- Aydın Uncumusaoğlu, A. (2018).** Statistical assessment of water quality parameters for pollution source identification in Bektaş pond (Sinop, Turkey). *Global Nest Journal*, 20(1), 151-160. DOI: [10.30955/gnj.002369](https://doi.org/10.30955/gnj.002369)
- Bakan, G. & Özkoç, H.B. (2007).** An ecological risk assessment of the impact of heavy metals in surface sediments on biota from the mid-Black Sea coast of Turkey. *International Journal of Environmental Studies*, 64(1), 45-57. DOI: [10.1080/00207230601125069](https://doi.org/10.1080/00207230601125069)
- Balcı, N., Vardar, N., Yelboga, E. & Karaguler, N.G. (2012).** Bacterial community composition of sediments from Artificial Lake Maslak, Istanbul, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(9), 5641-5650. DOI: [10.1007/s10661-011-2368-0](https://doi.org/10.1007/s10661-011-2368-0)
- Balkis, N., Aksu, A., Okuş, E. & Apak, R. (2010).** Heavy metal concentrations in water, suspended matter, and sediment from Gökova Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1-4), 359-370. DOI: [10.1007/s10661-009-1055-x](https://doi.org/10.1007/s10661-009-1055-x)
- Baltas, H., Kiris, E. & Sirin, M. (2017b).** Determination of radioactivity levels and heavy metal concentrations in seawater, sediment and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) from the Black Sea in Rize, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1-2), 528-533. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2017.01.016](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.016)
- Baltas, H., Sirin, M., Dalgic, G., Bayrak, E.Y. & Akdeniz, A. (2017a).** Assessment of metal concentrations (Cu, Zn, and Pb) in seawater, sediment and biota samples in the coastal area of Eastern Black Sea, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 475-482. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2017.06.059](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.059)
- Banfalvi G. (2011).** "Cellular effects of heavy metals". Netherlands, London, NewYork: Springer. DOI: [10.1007/978-94-007-0428-2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0428-2)
- Bingöl, D., Ay, Ü., Karayünlü Bozbaş, S. & Uzgören, N. (2013).** Chemometric evaluation of the heavy metals distribution in waters from the Dilovasi region in Kocaeli, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1-2), 134-139. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2012.12.006](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.006)
- Blettler, M.C.M., Abrial, E., Khan, F.R., Sivri, N. & Espinola, L.A. (2018).** Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research*, 143, 416-424. DOI: [10.1016/j.watres.2018.06.015](https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.015)
- Calza, C., Anjos, M. J., Castro, C. R. F., Barroso, R. C., Araujo, F. G., & Lopes, R. T. (2004).** Evaluation of heavy metals levels in the Paraiba do Sul River by SRTXRF in muscle, gonads and gills of *Geophagus brasiliensis*. *Radiation Physics and Chemistry*, 71(3-4), 787-788. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2004.04.092](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2004.04.092)
- Canpolat, Ö., Eroğlu, M., Çoban, M.Z. & Düşükcan, M. (2014).** Transfer factors and bioaccumulation of some heavy metals in muscle of a freshwater fish species: A human health concern. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(2), 418-425.
- Canpolat, Ö., Varol, M., Okan, Ö.Ö., Eriş, K.K. & Çağlar, M. (2020).** A comparison of trace element concentrations in surface and deep water of the Keban Dam Lake (Turkey) and associated health risk assessment. *Environmental Research*, 190, 110012. DOI: [10.1016/j.envres.2020.110012](https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110012)
- Cole, J.J. (2003).** Interactions between bacteria and algae in aquatic ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 291-314 DOI: [10.1146/annurev.es.13.110182.001451](https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001451)
- Çelebi, H. & Gök, G., 2018.** Topraklarda otayol ve trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(6), 1169-1178. DOI: [10.5505/pajes.2016.55632](https://doi.org/10.5505/pajes.2016.55632)
- Çelekli, A., Arslanargun, H., Soysal, Ç., Gültekin, E. & Bozkurt, H. (2016).** Biochemical responses of filamentous algae in different aquatic ecosystems in South East Turkey and associated water quality parameters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133, 403-412. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2016.08.002](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.08.002)
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü (ÇŞB).** 2017. "Denizlerde Bütünlük Kirlilik İzleme Programı 2014-2016". Son erişim tarihi: 19 Mart 2019. <http://ced.csb.gov.tr/denizlerde-butunlesik-kirlilik-izleme-programi-ozet-raporlari-i-82693>

- Dane, H. & Şişman, T. (2015).** Histopathological changes in gill and liver of *Capoeta capoeta* living in the Karasu River, Erzurum. *Environmental Toxicology*, **30**(8), 904-917. DOI: [10.1002/tox.21965](https://doi.org/10.1002/tox.21965)
- Dane, H. & Şişman, T. (2017).** A histopathological study on the freshwater fish species chub (*Squalius cephalus*) in the Karasu River, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **41**(1), 1-11. <https://doi.org/10.3906/zoo-1509-21>
- Dane, H. & Sisman, T. (2020b).** Effects of heavy metal pollution on hepatosomatic index and vital organ histology in *Alburnus mossulensis* from Karasu River. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **44**, 1-11. DOI: [10.3906/vet-1904-50](https://doi.org/10.3906/vet-1904-50)
- Dane, H. & Şişman, T. (2020a).** A morpho-histopathological study in the digestive tract of three fish species influenced with heavy metal pollution. *Chemosphere*, **242**, 125212 DOI: [10.1016/j.chemosphere.2019.125212](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125212)
- Demir, A.D. & Sahin, U. (2017).** Effects of different irrigation practices using treated wastewater on tomato yields, quality, water productivity, and soil and fruit mineral contents. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(32), 24856-24879. DOI: [10.1007/s11356-017-0139-3](https://doi.org/10.1007/s11356-017-0139-3)
- Demir, E. & Özdemir, Z. (2013).** Investigation of biogeochemical anomalies and interpretation of environmental conditions for Cu, Mn, Zn, Cd and Pb in kazanlıdotless-Mersin area [Kazanlı]- Mersin bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb için biyojeokimyasal anomalilerin İncelenmesi ve çevresel ortamı yorumlanması]. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **37**(2), 119-140.
- Demirak, A., Yilmaz, F., Levent Tuna, A. & Ozdemir, N. (2006).** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, **63**(9),1451-1458. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2005.09.033](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.09.033)
- Dereli Emine, M., Ertürk, A. & Çakmakçı, M. (2017).** Yüzeysel sularda ağır metallerin etkileri ve ötrofikasyon ile ilişkisi. *Türkiye Dil Bilimleri Dergisi*, 214-230. DOI: [10.18864/TJAS201720](https://doi.org/10.18864/TJAS201720)
- Dökmeçi, A. H., Yıldız, T., Sivri, N. & Öngen, A. (2012).** Tekirdağ kıyı sularından toplanan karideslerin ağır metal seviyelerinin belirlenmesi ve insan sağlığına olan toksit etkileri. <http://hdl.handle.net/20.500.11776/3197>
- Duysak, O. (2019).** Determination of seasonal metal concentrations in seawater of the Iskenderun Bay in the eastern Mediterranean, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **28**(1), 495-501. https://www.prt-parlar.de/download_feb_2019/
- Ellegaard, O. & Wallin, J.A. (2015).** The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?, *Scientometrics*, **105**(3), 1809-1831. DOI: [10.1007/s11192-015-1645-z](https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z)
- Ergül, H.A., Varol, T. & Ay, Ü. (2013).** Investigation of heavy metal pollutants at various depths in the Gulf of Izmit. *Marine Pollution Bulletin*, **73**(1), 389-393. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2013.05.018](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.05.018)
- Genç, T.O. & Yilmaz, F. (2017).** Metal accumulations in water, sediment, crab (*Callinectes sapidus*) and two fish species (*Mugil cephalus* and *Anguilla anguilla*) from the Köyceğiz Lagoon System-Turkey: An index analysis approach. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **99**(2), 173-181. DOI: [10.1007/s00128-017-2121-7](https://doi.org/10.1007/s00128-017-2121-7)
- Gokkus, K. & Berber, S. (2019).** Heavy metal pollution in İnebolu and Bartın Ports, Black Sea, Turkey. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, **48**(10), 1600-1608.
- Herawati, N., Suzuki, S, Hayashi, K., Rivai, I.F. & Koyoma, H. (2000).** Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **64**, 33-39. DOI: [10.1007/s001289910006](https://doi.org/10.1007/s001289910006)
- Kalıpcı, E., Hüseyin, C. & Toprak, S. (2017).** Damsa Barajı Nevşehir Yüzey Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Mekansal Analizi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, **7**(1), 312-319.
- Karadavut, I. S., Saydam, A. C., Kalıpcı, E., Karadavut, S., Ozdemir, C. & Durduran, S. (2012a).** Pollution in Melendiz water basin groundwater. *Pol. J. Environ. Stud.*, **21**(3), 659.
- Karadavut, S., Delibas, L., Kalıpcı, E., Ozdemir, C. & Karadavut, I.S. (2012b).** Evaluation of irrigation water quality of Aksaray region by using geographic information system. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **7**(2), 171-182.
- Karadede-Akin, H. (2009).** Seasonal variations of heavy metals in water, sediments, pondweed (*P. pectinatus L*) and freshwater fish (*C. c. umbla*) of lake hazar (Elazığ-Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, **18**(4), 511-518.
- Karayakar, F., Erdem, C. & Cicik, B. (2007).** Seasonal variation in copper, zinc, chromium, lead and cadmium levels in hepatopancreas, gill and muscle tissues of the mussel *Brachidontes pharaonis* Fischer, collected along the Mersin coast, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **79**(3), 350-355. DOI: [10.1007/s00128-007-9246-z](https://doi.org/10.1007/s00128-007-9246-z)
- Kazancı, N., Leroy, S.A.G., Öncel, S., İleri, Ö., Toprak, Ö., Costa, P., Sayili, S., Turgut, C. & Kibar, M. (2010).** Wind control on the accumulation of heavy metals in sediment of Lake Ulubat, Anatolia, Turkey. *Journal of Paleolimnology*, **43**(1), 89-110. DOI: [10.1007/s10933-009-9316-9](https://doi.org/10.1007/s10933-009-9316-9)
- Levac, D.E., Colquhoun, H. & O'Brien, K. (2010).** Scoping Studies: Advancing the Methodology, *Implementation Science*, **5**, 69. DOI: [10.1186/1748-5908-5-69](https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69)
- Masindi, V. and Muedi, K.L. (2018).** Environmental contamination by heavy metals. *Heavy metals*, **10**, 115-132. Doi:10.5772/intechopen.76082
- Meriç, E., Avşar, N., Yokeş, M.B., Tuğrul, A.B., Bayarı, S., Özyurt, N., Barut, İ.F., Balkis, N., Uysal, K. & Kam, E. (2008).** Morphological abnormalities in benthic foraminifers of the Antalya coast. *Micropaleontology*, **54**(3-4), 241-276. <http://www.jstor.org/stable/30136845>
- Minareci, O., Cakir, M. & Minareci, E. (2018).** The study of surface water quality in Büyük Menderes River (Turkey): Determination of anionic detergent, phosphate, boron and some heavy metal contents. *Applied Ecology and Environmental Research*, **16**(4), 5287-5298. DOI: [10.15666/aeer/1604_52875298](https://doi.org/10.15666/aeer/1604_52875298)

- Pasvanoğlu, S. & Gültekin, F. (2012).** Hydrogeochemical study of the Terme and Karakurt thermal and mineralized waters from Kirsehir Area, central Turkey. *Environmental Earth Sciences*, **66**(1), 169-182. DOI: /10.1007/s12665-011-1217-3
- Polat, N. & Akkan, T. (2016).** Assessment of heavy metal and detergent pollution in Giresun Coastal Zone, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **25**(8), 2884-2890.
- Purwiyanto, A.I.S., Suteja, Y., Ningrum, P.S., Putri, W.A.E., Agustriani, F., Cordova, M.R. & Koropitan, A.F. (2020).** Concentration and adsorption of Pb and Cu in microplastics: Case study in aquatic environment. *Marine Pollution Bulletin*, **158**, 111380. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111380
- Sahin, S., Akpınar, I. & Sivri, N. (2020).** An alternative material for an effective treatment technique proposal in the light of bibliometric profile of global scientific research on antibiotic resistance and *Escherichia coli*. *Environmental Monitoring and Assessment*, **192**, 714. DOI: 10.1007/s10661-020-08678-4
- Sponza, D. & Karaoğlu, N. (2002).** Environmental geochemistry and pollution studies of Aliğa metal industry district. *Environment International*, **27**(7), 541-553. DOI: 10.1016/s0160-4120(01)00108-8
- Süren, E., Yılmaz, S., Türkoglu, M. & Kaya, S. (2007).** Concentrations of cadmium and lead heavy metals in Dardanelles seawater. *Environmental Monitoring and Assessment*, **125**(1-3), 91-98. DOI: 10.1007/s10661-006-9242-5
- Tekin-Özan, S. (2015).** Levels of some heavy metals in water and sediment compared with season and some physico-chemical parameters from Antalya Bay. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, **44**(9), 1393-1400.
- Tunca, E., Üçüncü, E., Kurtuluş, B., Ozkan, A.D. & Atasagun, S. (2013).** Accumulation trends of metals and a metalloids in the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* from Lake Yeniçağa (Turkey). *Chemistry and Ecology*, **29**(8), 754-769. DOI: 10.1080/02757540.2013.810724
- Ustun, O.S., Şentürk, İ., Maryam, B., Akbal, F., Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2018).** Temporal variation of mercury in Turkish black sea waters and associated risk assessment. *Global Nest Journal*, **20**(2), 345-354.
- Ustunada, M., Erduğan, H., Yılmaz, S., Akgul, R. & Aysel, V. (2011).** Seasonal concentrations of some heavy metals (Cd, Pb, Zn, and Cu) in *Ulva rigida* J. Agardh (Chlorophyta) from Dardanelles (Canakkale, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, **177**(1-4), 337-342. DOI: 10.1007/s10661-010-1637-7
- Van Raan, T. (2014).** Advances in bibliometric analysis: Research performance assessment and science mapping. *Bibliometrics: Use and Abuse in the Review of Research Performance*, **87**, 17-28.
- Vane, C., Turner, G. H., Chenery, S. R., Richardson, M., Cave, M. C., Terrington, R., Gowing C.J.B. & Moss-Hayes, V. (2020).** "Trends in Heavy Metals, Polychlorinated Biphenyls and Toxicity from Sediment Cores of the Inner Thames Estuary, London, UK". *Environ. Sci.: Processes Impacts*, **22**, 364-30.
- Varol, M. & Sünbül, M.R. (2018).** Multiple approaches to assess human health risks from carcinogenic and non-carcinogenic metals via consumption of five fish species from a large reservoir in Turkey. *Science of the Total Environment*, **633**, 684-694. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.218
- Varol, M. (2019).** Arsenic and trace metals in a large reservoir: Seasonal and spatial variations, source identification and risk assessment for both residential and recreational users. *Chemosphere*, **228**, 1-8. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.04.126
- Verep, B., Mutlu, C., Apaydin, G. & Cevik, U. (2012).** The trace element analysis in freshwater fish species, water and sediment in Iyidere stream (Rize-Turkey). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **15**(14), 658-665. DOI: 10.3923/pjbs.2012.658.665
- Yılmaz, A.B. & Doğan, M. (2008).** Heavy metals in water and in tissues of himri (*Carasobarbus luteus*) from Orontes (Asi) River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **144**(1-3), 437-444. DOI: 10.1007/s10661-007-0005-8
- Yılmaz, S. & Sadikoglu, M. (2011).** Study of heavy metal pollution in seawater of Kepez harbor of Canakkale (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, **173**(1-4), 899-904. DOI: 10.1007/s10661-010-1432-5
- Yolcubal, I., Gündüz, Ö.C. & Sönmez, F. (2016).** Assessment of impact of environmental pollution on groundwater and surface water qualities in a heavily industrialized district of Kocaeli (Dilovası), Turkey. *Environmental Earth Sciences*, **75**(2), 170,1-23. DOI: 10.1007/s12665-015-4986-2
- Yücel, M. & Yücel, E. (2013).** "On the ecotoxicological effects of heavy metal pollution of industrial origin determination of wheat varieties." *Biological Diversity and Conservation*, **6**(13) 6-11.
- Zan, U. B. (2012).** *Türkiye 'de bilim dallarında karşılaştırmalı bibliyometrik analiz çalışması*. Yayınlanmış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.



Nanopartiküler Aşılar

Evrım DÖNMEZ^{1*} Hafize Tuğba YÜKSEL DOLGUN² Şükrü KIRKAN²
¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye
² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye

Geliş/Received: 13.07.2021

Kabul/Accepted: 20.10.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Dönmez, E., Dolgun Yüksel, H. & Kırkan, Ş. (2021). Nanopartiküler Aşılar. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 578-584.

How to cite: : Dönmez, E., Dolgun Yüksel, H. & Kırkan, Ş. (2021). Nanoparticular Vaccines. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 578-584.

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-6436-7264>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-1125-5792>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-5111-8656>

***Sorumlu yazarın:**

Evrım DÖNMEZ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye.

✉: donmezevrım95@gmail.com

Öz: Nanoteknoloji, 1-100 nm aralığında küçük bir ölçekte maddenin uygulamalı imalat ve manipülasyon bilimidir. Özellikle aşı biliminde nanoteknolojinin kullanımı son yıllarda hızla ortaya çıkmış ve "nanovasinoloji" nin doğmasına yol açmıştır. Nanoteknoloji, hücresel ve humoral bağışıklık tepkilerini artırma fırsatı sunan nano taşıyıcı tabanlı uygulama sistemleri sayesinde aşı gelişiminde gün geçtikçe daha da önemli bir rol oynamaktadır. Nanopartikül (NP) tabanlı aşı uygulamaları, aşıları erken bozulmaya karşı koruyabilmekte, stabiliteyi arttırmakta ve iyi adjuvan özelliklerine sahiptir. Nanopartiküller, çeşitli antijenlerin belirli dokulara ve organlara verilmesi için kullanılabilen, biyolojik olarak parçalanabilen, minimum toksisiteye sahip özellikleri ile geleneksel aşı yöntemlerine karşı etkili ve alternatif platformlar sağlamaktadır. Virüs benzeri partiküller, lipozomlar, ISCOM'lar, polimerik, inorganik nanopartiküller ve emülsiyonlar gibi ölçek dışı boyuttaki materyaller, hem aşı antijenlerini stabilize edebilen hem de adjuvan olarak işlev görebilen potansiyel dağıtım araçları olarak dikkat çekmektedir. Nanopartikül materyalinin bileşimi, nanopartiküllerin taşınması ve farmakokinetik özelliklerinde, salınım hızında ve hücresel alımda, biyolojik olarak parçalanabilirliğinde ve biyoyoumluluğunda önemli bir role sahiptir. Nanopartiküler aşıların, COVID-19 gibi hızla ortaya çıkan pandemilerde ve aşılama ile kontrol altına alınamayan kanserler dahil olmak üzere birçok hastalık için gelecekte aşı geliştirmeye rehberlik edebileceği düşünülmektedir. Bu derleme; nanopartiküllerin fiziksel özellikleri ve nanopartiküler aşı çeşitleri ile ilgili bilgiler sunmakta ve nanopartikül tabanlı aşı teknolojileri kullanılarak yapılan çalışmalara genel bir bakış sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Aşı, COVID-19, nanopartikül, nanoteknoloji.

Nanoparticular Vaccines

Abstract: Nanotechnology is the applied science of making and manipulating matter on a small scale in the range of 1-100 nm. The application of nanotechnology, particularly in vaccine science, has developed rapidly in recent years, leading to the birth of "nanovasinology". Nanotechnology is playing an increasingly important role in vaccine development, thanks to nanocarrier-based delivery systems that offer the possibility of enhancing cellular and humoral immune responses. Nanoparticle-based vaccine applications can protect vaccines from premature spoilage, increase stability, and have good adjuvant properties. NPs, with their biodegradable, minimally toxic properties, provide effective and alternative platforms to traditional vaccine methods that can be used to deliver various antigens to specific tissues and organs. Virus-like particles, liposomes, ISCOMs, polymeric inorganic nanoparticles, and emulsions; out-of-scale materials are attracting attention as potential delivery vehicles that can both stabilize vaccine antigens and act as adjuvants. The composition of the nanoparticle material plays an important role in the transport and pharmacokinetic properties of the nanoparticles, the rate of release and cellular uptake, biodegradability and biocompatibility. It is thought that nanoparticular vaccines may guide the development of vaccines for many diseases in the future, including rapidly emerging pandemics such as COVID -19 and cancers that cannot be controlled by vaccination. This review; It provides information on the physical properties of nanoparticles and nanoparticle vaccine types and reviews studies using nanoparticle-based vaccine technologies.

***Corresponding author's:**

Evrım DÖNMEZ

Aydın Adnan Menderes University, Institute of Health Sciences, Department of Microbiology, Aydın, Turkey.

✉: donmezevrım95@gmail.com

Keywords: COVID-19, nanoparticle, nanotechnology, vaccine.

GİRİŞ

Aşılama, birçok bulaşıcı hastalığın azaltılmasında önemli bir role sahiptir. Aşılama alanındaki üretim ve gelişmeler çok iyi durumda olsa da, bazı hastalıklar için henüz etkili bir aşı bulunmamaktadır. Yeni nesil aşuların üretimi için aşuların tamamen güvenli ve verimli olması gerekmektedir (Kheirollahpour vd., 2020).

Nanoteknoloji, aşı üretimi alanındaki sorunlara karşı hücrel ve humoral bağışıklığı artırma fırsatı sunan nano taşıyıcı tabanlı uygulama sistemleri sayesinde aşı gelişiminde gün geçtikçe daha da önemli bir rol oynamaktadır (Altenburg vd., 2014). Nanopartiküller bazı uygulamalar iyi bir adjuvan görevi görmekte, aşuların erken bozulmaya karşı korumakta, stabiliteyi arttırmakta ve ayrıca bir immunojenin antijen sunan hücrelere (APC) sunulmasında yardımcı olabilmektedir. Subunit aşulara göre güçlü immunojenisiteye ek olarak, nanopartikül aşular canlı, zayıflatılmış aşulara kıyasla gelişmiş güvenlik profilleri sergileyebilmektedir. Tüm hücre aşularının aksine, nanopartiküller hiçbir genetik/replikatif materyal içermemektedir. Bu durum bağışıklık sistemi zayıf olanlarda görülebilecek aşıya bağlı enfeksiyon veya çapraz bağışıklık oluşumunun olasılığını sınırlamaktadır. Nanopartikül aşular, rekombinant ekspresyon veya kimyasal sentez ile üretilen 1-1000 nm'lik bir nano ölçekte replikatif olmayan, organize yapılar için geçerli olan aşı türü olarak tanımlanmaktadır (Keller vd., 2014).

Nanopartikül (NP) tabanlı aşı geliştirme çalışmaları, inatçı patojenlere karşı maksimum koruyucu bağışıklığı özel olarak geliştirme şansı sunmaktadır (Altenburg vd., 2014). NP'ler hem kontrollü antijen salınımı hem de çoğu aşının yarılama ömrünü uzatma yeteneklerine sahiptir ve bağışıklık güçlendirici olarak tek başlarına da hareket edebilirler (Keller vd., 2014). NP'lere karşı immün yanıtı arttırmak için aşular polimerik NP'ler, inorganik NP'ler, lipozomlar, immunostimülatör kompleksler (ISCOM'lar), virüs benzeri partiküller (VLP'ler) ve emülsiyonlar dahil olmak üzere çeşitli maddelerden oluşmaktadır (Kheirollahpour vd., 2020).

Bu derlemede nanopartiküller aşı teknolojilerinin genel özellikleri, çeşitleri ve kullanım alanları bilimsel kaynaklar eşliğinde ele alınmıştır. Nanopartiküller aşular tasarlanırken hücrel alım ve özgüllüklerini belirleyen kriterlerden bahsedilmiş, son yıllarda hızla gelişmekte olan bu teknolojinin ilerideki çalışmalara yol göstermesi amaçlanmıştır.

Nanopartiküllerin Fiziksel Özellikleri:

Kompozisyon, boyut, yük, morfoloji, hidrofobisite ve etki şekli, NP'lerin ortaya çıkardığı toksik etkileri ve immün yanıtı etkileyen önemli hususlardır. NP'lerin boyutu, hücrel alım ve özgüllüklerini belirlemektedir (Reddy vd., 2007). Küçük NP'lerin (20–200 nm) yerleşik dentridik hücreler (DH) tarafından kolaylıkla hücre içine alındığı,

daha büyük (500–2,000 nm) NP'lerin göç eden DH'ler tarafından etkili bir şekilde alındığı tespit edilmiştir (Manolova vd., 2008). 200 nm'den küçük NP'ler, lenf düğümlerine drene edilirken, 20 nm aralığına kadar olan partiküllerin APC'lere uygun bir şekilde taşındığı gözlemlenmiştir (Reddy vd., 2007).

Nanopartiküllerin yüzey yükü, hedef hücrelerde bulunan yüzey molekülleri ile etkileşimden sorumludur (Zhu vd., 2014). Foged vd. (2005) katyonik polisteren NP'lerin, nötr yüzey yüklü NP'lere kıyasla APC'ler tarafından verimli bir şekilde internalize olduğu ispat etmiştir. Bu durumun katyonik NP'ler ile anyonik hücre membranları arasındaki elektrostatik etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Foged vd., 2005).

Nanopartiküllerin şekli, konakçı hücrelerine antijen salınım hızında kritik bir belirleyicidir (Dobrovolskaia vd., 2008). Küresel altın NP'ler, çubuk şeklindeki NP'lere kıyasla (Prego vd., 2010) etkili bir şekilde internalize olduğu ve daha güçlü immün yanıt oluşturduğu belirlenmiştir (Niikura vd., 2013). NP'lerin şekli konakçı hücre içindeki lokalizasyonunda belirlemektedir, nano çubuklar çekirdeğe aktarılırken, nano tabakaların sitoplazmada tutulduğu tespit edilmiştir (Dobrovolskaia vd., 2008).

Nanopartiküllerin hidrofobisitesi, hidrofobik parçaların tanınması, çözünür proteinler ve bağışıklık hücreleri ile etkileşimde önemli bir rol oynamaktadır (Kim vd., 2013). Moon vd. (2011) yaptıkları çalışmada hidrofobik polimerik NP'lerin, hidrofilik polimerik NP'lerden daha güçlü sitokin indükleyiciler olduğu tespit etmiştir. Hidrofobik NP'lerin proinflamatuvar sitokin kodlayan genlerin ekspresyonunu düzenleyerek opsonizasyon sürecini kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Moon vd., 2011).

Nanopartiküllerin yüzey modifikasyonu, ligand özgüllüğünü ve APC'ler ile etkileşimi değiştirmektedir ve bir molekülün immunojenikliğini artırabilmektedir (Reddy vd., 2007). *Yersinia pestis* F1 antijen kaplı altın NP'lerin (AuNP'ler), konjuge olmayan antijenlere kıyasla daha yüksek seviyelerde antikor ve sitokin tepkileri ürettiği gözlemlenmiştir (Gregory vd., 2012).

Nanopartiküllerin Hedef Bölgeye İletimi ve İmmün Yanıtı Aktifleştirilmesi: Kontrollü bir şekilde aşı/ilaç hazırlamak için NP'ler, bazı akut ve kronik inflamatuvar hastalıklara karşı terapötik stratejiler geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Chu vd., 2015). Yapılan çalışmalarda viral, bakteriyel veya fungal enfeksiyonlara karşı T hücre aktivitesini düzenlemek için birçok NP bazlı terapötik strateji geliştirilmiştir (Kolaczowska ve Kubes, 2013; Perisé-Barrios vd., 2014; Temchura vd., 2014; Zhu vd., 2014). Lipozom NP ile kapsüllenmiş antijenler, antiviral siRNA, retroviral

ilaçlarda kullanılmış ve dendrimerler, APC'ler tarafından CD4+ T hücrelerine daha iyi şekilde sunulduğu belirlenmiştir. (Kolaczowska ve Kubes, 2013; Perisé-Barrios vd., 2014). NP'ler ile konjuge edilmiş ovalbumin (OVA) ve tek bir PLGA (polilaktik asit-ko-glikolik asit) NP dozu verilmesi sonucunda, MHC sınıf I-II ekspresyonu artmış ve güçlü antikor üretimi ortaya çıkmıştır (Temchura vd., 2014). NP'lerin anti-tümör veya anti-viral immun yanıtları gerçekleştirmek için spesifik olarak DH'leri aktive ettiği gösterilmiştir (Zhu vd., 2014).

Nanopartikül Çeşitleri ve Aşılarında Kullanım Alanları

İnorganik NP'ler: İnorganik NP'ler, immun yanıtı arttırmak için antijenlerin hem adjuvanları hem de uygulama araçları olarak kullanılmaktadır. Altın, karbon, silika, alüminyum bazlı, kalsiyum fosfat (CaNP'ler) ve manyetik NP'ler ana inorganik NP'lerdir (Xu vd., 2012; Yu vd., 2013; Temchura vd., 2014; Tao&Gill, 2015). Altın NP'ler kullanılarak viral ve bakteriyel antijenlerin verilmesi sonucunda, farelerde influenza, immun yetmezlik virüsü, ayak, ağız ve tüberküloz hastalıklarına karşı konakçıda güçlü immun yanıt oluştuğu, *hsp65* antijenini kodlayan plazmid DNA'nın kapsüllenmesi ile de enfekte farelerde *Mycobacterium tuberculosis*'de önemli bir azalma tespit edilmiştir (Xu vd., 2012; Tao&Gill, 2015). Silika bazlı NP'ler, aşı moleküllerinin hedef hücrelere iletimi için yüzeylerinde belirli fonksiyonel grupları tanıtmak için kullanılabilen bol miktarda silanol grupları içermektedir (Yu vd., 2013). Alüminyum, tetanoz, difteri ve grip gibi antijene özgü immun yanıtları güçlendirmek amacıyla aşılarında en yaygın olarak kullanılan yardımcı maddelerdir (Kheirollahpour vd., 2020). CaNP'ler mukozal bir adjuvan olarak kullanılmaktadır (Temchura vd., 2014).

Polimerik NP'ler: Polimerik NP'ler, biyouyumluluk, öngörülebilirlik, biyolojik bozunma, stabilite, kolay yüzey modifikasyonu ve güvenlikleri gibi bazı özelliklere sahip olmaları nedeniyle aşı uygulamasında büyük ilgi görmektedir (Shae vd., 2016). Polimerik NP'ler doğal polimerik ve sentetik polimerik NP'ler olarak iki ana türe ayrılmaktadır. Aljinat, hyaluronik asit (HA) ve kitosan en yaygın kullanılan doğal polimerik NP'lerdir. Kitosan kolay fabrikasyonu, toksik olmaması, istenen şekil ve boyutlara kolayca değiştirilebilmesi nedeniyle çalışmalarda geniş çapta incelenmektedir (Kheirollahpour vd., 2020) Kitosan NP'ler HBV antijenleri (Borges vd., 2008), DNA aşısı (Zhao vd., 2012) ve Newcastle hastalığı aşısı (Feng vd., 2013) için nano taşıyıcı olarak kullanılmıştır. Kitosan NP'ler kullanarak *M. tuberculosis* lipidlerinin verilmesi sonucunda güçlü humoral ve hücreyel yanıtlar oluştuğu tespit edilmiştir (Das vd., 2017).

Sentetik Polimerik NP'ler: Aşı uygulaması için en yaygın olarak kullanılan polimerik NP'ler, PLGA veya polilaktik asit (PLA)'dır. PLGA NP'ler, hidrofobik antijenler, tetanoz toksoit, hepatit-B virüs antijenleri, *Bacillus anthracis* dahil olmak üzere bir çok antijen türünde denenmiştir (Demento vd., 2012). PLGA, biyolojik olarak uyumlu ve mekanik olarak güçlü bir polimerdir ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve Avrupa Tıp Ajansı (EMA) tarafından onaylanmıştır. PLGA konjuge antijenlerin kullanımı, mikobakteri enfeksiyonuna karşı güçlü immunostimülator özellik göstermiştir (Demento vd., 2012; Manish vd., 2013; Thomas vd., 2011).

Lipozomlar: Lipozomlar, düşük toksisite ve immünojeniteleri, klinik kullanımda güvenlikleri, hazırlama kolaylığı ve ticari ölçeklerde kolay üretilebilirlikleri nedeniyle nanopartiküler aşı uygulamaları için ilgi çekici malzemelerdir (Moon vd., 2011). Moon vd. (2011) çok katmanlı lipid veziküllerde hapsedilmiş antijenik proteinlerin verilmesi sonucunda, güçlü T ve B hücre yanıtı ortaya çıkardığını tespit etmiştir (Moon vd., 2011). Ribeiro vd. (2013) lipozomları kullanarak mantar enfeksiyonuna (*Paracoccidioides brasiliensis*) karşı güçlü koruyucu immunité oluştuğunu tespit etmişlerdir.

İmmunostimülator Kompleksler (ISCOM'lar): İmmunostimülator kompleksler yaklaşık 40 nm boyutunda kafes benzeri parçacıklardır ve saponin adjuvanı Quil A ile bir protein antijeni, kolesterol veya fosfolipitin birleştirilmesiyle üretilmektedir (Kheirollahpour vd., 2020). ISCOM bazlı aşılar, hem antikor hem de hücreyel immun yanıtı geliştirmek ve hidrofobik antijenleri yakalamak için kullanılmaktadır (Alexyuk vd., 2019).

Virüs Benzeri Partiküller: Virüs Benzeri Partiküller (VLP), genetik materyali ve enfektivitesi olmayan partiküller oluşturmak için viral antijenlerin kendi kendine birleşen protein yapılarından yararlanmaktadır. VLP'ler, nükleik asitlerden oluşmayan boş yapılardır ve çoğalamamaktadırlar. VLP'ler salgınlara karşı hızla mücadele etmek için tasarlanabilmektedir. VLP aşıları, NP'lerin en önde gelen ticarileştirilmiş sınıfıdır (Kheirollahpour vd., 2020). VLP'ler zayıf antijenlerin immünojenitesini arttırmaktadır (Gao vd., 2018). Birçok VLP tabanlı aşı lisanslanmıştır ve/veya faz çalışmaları devam etmektedir. (Tablo 1).

Emülsiyonlar: Emülsiyonlar geleneksel olarak aşı formülasyonunda yıllardır kullanılmaktadır ve son zamanlarda aşı dağıtım sistemleri olarak çalışılmaktadır. Nano ölçekli emülsiyonlar, iki karışmayan sıvı faz, emülgatör ve ekspiyanndan oluşmaktadır. Bu nano boyutlu aşılar suda yağ ve yağda su emülsiyonları olarak iki geniş sınıfa ayrılır (Kheirollahpour vd., 2020). Antijen taşıyarak veya antijenlerle karıştırılarak aşı uygulamasında

kullanılabilirler. Burun mukozasına nüfuz edebilirler ve antijeni APC'lere daha daha verimli bir şekilde taşıyabilirler (Shah vd., 2010). Bu NP'ler çoğunlukla aşı geliştirmede adjuvan olarak kullanılmaktadır. MF59TM influenza aşılarında kullanılan güvenli ve güçlü bir aşı adjuvanıdır (O'Hagan, 2007).

Dendrimerler: Aşı uygulamasında polipropilenimin (PPI) ve poliamido amin (PAMAM) en yaygın olarak kullanılan dendrimerlerdir (Chahal vd., 2016). Dendrimerle kapsüllenmiş antijenlerin; Ebola

virüsü, H1N1 influenza ve *Toxoplasma gondii*'ye karşı güçlü antikor ve T hücre yanıtı oluşturduğu tespit edilmiştir (Chahal vd., 2016). Bahadoran vd. (2016) PMAM dendrimerinin, HIV antijenin hücre alımını artırması nedeniyle aşı etkinliğinde önemli bir artış oluşturduğunu belirlemiştir.

Günümüzde bulaşıcı hastalıklar için geniş bir nanopartikül aşı yelpazesi (sentetik platformlar dahil) oluşturulmakta ve değişik klinik fazlarda nanopartiküller aşılar üzerine çalışmalar devam etmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Bulaşıcı hastalıklar için ruhsatlı veya klinik geliştirme aşamasında olan nanopartikül aşı örnekleri (U.S. National Library of Medicine-Clinical Trials, 2021).

Table 1. Examples of nanoparticulate vaccines licensed or under clinical development for infectious diseases (U.S. National Library of Medicine-Clinical Trials, 2021).

Hastalık	Materyal	Klinik fazı	Deneme numarası	Şirket
Hepatit B	VLP	Lisanslı	Recombivax HB Engerix-B0	Merck GSK
HPV	VLP	Lisanslı	Gardasil	Merck GSK
Hepatit E	VLP	Lisanslı	Hecolin	Innovax
Influenza	Virosome	Lisanslı	Inflexal	Crucell
Hepatit A	Virosome	Lisanslı	Epaxal	Crucell
Malaria	VLP	Faz 3	NCT00866619	GSK
Influenza	VLP	Faz 3	NCT03301051	Medicago
RSV	VLP	Faz 3	NCT02624947	Novavax
Norovirus	VLP	Faz 2	NCT03039790	Takeda
HSV	Liposome	Faz 2	NCT02837575	Vical
Tuberculosis	Liposome	Faz 2	NCT01755598	GSK
HSV	Nanoemulsion adjuvant	Faz 2	NCT00453401	NanoBio
Influenza	VLP	Faz 1/2	NCT02078674	Novavax
HIV	Liposome	Faz 1/2	NCT03122223	GSK
HSV	Matrix M adjuvant	Faz 1/2	NCT01667341	Genocea
Influenza	Matrix M adjuvant	Faz 1/2	NCT03293498	Novavax
Influenza	Self-assembling Ferritin	Faz 1	NCT03186781	NIAID
Tuberculosis	Self-assembling IMX313	Faz 1	NCT01879163	Imaxio
Malaria	Self-assembling IMX313	Faz 1	NCT02532049	Jenner Institute
Dengue	Liposome	Faz 1	NCT01502358	Vical
Candidiasis	Virosome	Faz 1	NCT01057131	Peveion
Hepatit C	Virosome	Faz 1	NCT00445419	Peveion
Ebola	Matrix M adjuvant	Faz 1	NCT02370589	Novavax
Malaria	Matrix M adjuvant	Faz 1	NCT01669512	Genocea
Influenza	Matrix M adjuvant	Faz 1	NCT01444482	Isconova AB
Dengue	ISCOMATRIX adjuvant	Faz 1	NCT01477580	Merck
HPV	VLP+ISCOMATRIX adjuvant	Faz 1	NCT00851643	Merck
Influenza	ISCOMATRIX adjuvant	Faz 1	NCT00851266	Merck
Influenza	Nanoemulsion adjuvant	Faz 1	NCT01333462	NanoBio
SARS-CoV-2	VLP	Faz 1	NCT04818281	TUBİTAK
SARS-CoV-2	Lipid nanoparticle (LNP)-encapsulated mRNA	Faz 3-Faz 2	NCT04470427	Moderna TX, Inc./ National Institute of Allergy and Infectious Diseases.
SARS-CoV-2	VLP	Faz 1/2	ACTRN12620000817943	Serum Institute of India
SARS-CoV-2	Lipid nanoparticle (LNP)-mRNA	Faz1/2	NCT04480957	Arcturus Therapeutics, Inc.
SARS-CoV-2	Lipid nanoparticle (LNP)-RNA	Faz 1	ISRCTN17072692	Imperial College London
SARS-CoV-2	Plant-derived coronavirus-like particle (VLP)	Faz 1	NCT04450004	Medicago

SARS-CoV-2 (Covid-19) Salgınına Karşı Geliştirilen Nanopartikül Aşı Teknolojileri : SARS-CoV-2 gibi dünya çapında büyük bir tehdit oluşturan salgınlarmın varlığında nanoteknoloji ve nanotibbin önemi giderek artmaktadır (Li vd., 2021). Pfizer/BioNTech ve Moderna mRNA aşılı için dağıtım aracı olarak lipid nanoparçacıkları kullanılmıştır, parçacık boyutlarının 80 ile 100 nm arasında olduğu rapor edilmiştir (Pilkington vd., 2021). Pfizer/BioNTech ve Moderna mRNA aşılındaki lipid nanopartiküllerinin bileşimleri iyonize edilebilir

katyonik lipid, PEGillenmiş lipid, kolesterol ve yardımcı lipid olarak fosfolipid distearoilfosfatidilkolin (DSPC)'den oluşmaktadır (Li vd., 2021) Pozitif yüklü lipid NP'ler tarafından örtülen mRNA, daha karardır ve RNaz bozulmasına karşı dirençlidir (Li vd., 2021). Cohen vd. (2021) tarafından SpyTag/SpyCatcher teknolojisi kullanılarak mozaik NP'ler, SARS-CoV-2'nin reseptör bağlama alanını (RBD-Receptor Binding Domain) oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sistem, yüksek titrelerde nötralize edici antikorlar ortaya çıkaran

multimerik SARS-CoV-2 RBD nanopartiküllerini hazırlamak için kullanılmıştır (Cohen vd., 2021). Powell vd. (2021) SARS-CoV-2 S proteinini veya alt birimlerini görüntülemek için kendi kendine birleşen ferritin nanopartiküllerini kullanılarak bir nanopartiküler aşı üretmiştir. Bu aşı tipi, hayvan modellerinde güçlü nötralize edici antikolar ve hücrel bağışıklık tepkileri sağlamıştır, SARSCoV-2 ve diğer koronavirüslere karşı umut verici bir aşılama yaklaşımı olarak kabul edilmektedir (Powell vd., 2021).

TEŞEKKÜR

Bu derleme YÖK 100/2000 aşı çalışmaları öncelikli alanı kapsamında bursiyer Evrim Dönmez tarafından gerçekleştirilen doktora 1. Seminerinden üretilmiştir.

SONUÇ

Geleneksel olarak inaktif veya attenue, virüs vektörlü ve subunit aşılardan yanı sıra nanopartikül aşılardan, aşı geliştirmenin zorluklarına karşı yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. Konvansiyonel aşılardan kayda değer bir başarı sağlasa da, güçlü antiviral tepkiler üretme yetenekleri sınırlıdır ve ani salgınlara karşı etkili immün yanıtlar elde etmede büyük zorluklar devam etmektedir. Geleneksel aşı hazırlama yöntemleri, antijen çeşitliliği ve mutasyon oranları yüksek virüslere karşı aşı üretememekte, dolayısıyla aşılardan geliştirilmesini sınırlandırmaktadır. Geleneksel aşılardan bu engelleri aşmak için birçok araştırmacı, iyi etkinlik, özgüllük ve uzun süreli antiviral tepkiye sahip nanopartikül aşılardan tasarlamak ve üretmek için nanoteknolojiye yönelmiştir. Nanoteknolojinin immunomühendislik alanına uygulanmasıyla, yeni aşı taşıyıcıları sentezlenmekte ve hızla gelişmektedir. SARS-CoV-2 virüsünün neden olduğu mevcut COVID-19 pandemisi gibi salgınlardan engellenmesinde, aşı geliştirme ve onayının hızlandırılması için acil bir ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yeni nano formülasyonlar, nanopartiküllerin adjuvan özelliklerini geliştirmek için immün sistemi uyarıcı molekülleri de içermektedir. NP'ler, invazif olmayan uygulama ve aşı antijenlerinin belirli bir yerde uzun süreli salınımı için uygun hale getirilebilmekte, böylece tek doz aşı uygulamasına olanak sağlamaktadır.

Gelecekte, nanopartiküler aşılardan sadece immün yanıt uyarımı için değil, aynı zamanda NP'lerin anti-enfektif terapötik aktivitesinde ele alacağı düşünülmektedir. Hastalıkların tedavisi için NP'lerin uygulanmasında güvenlik tam olarak sağlandığı zaman nanopartikül aşılardan kontrol edilebilir fiziksel ve yapısal özellikleri sayesinde oldukça ilgi çekici bir strateji olacaktır.

KAYNAKLAR

- Alexyuk, P.G., Bogoyavlenskiy, A.P., Alexyuk, M.S., Turmagambetova, A.S., Zaitseva, I.A., Omirtaeva, E.S. & Berezin, V.E. (2019).** Adjuvant activity of multimolecular complexes based on Glycyrrhiza glabra saponins, lipids, and influenza virus glycoproteins. *Archives of Virology*, **164**(7), 1793-1803. DOI: [10.1007/s00705-019-04273-2](https://doi.org/10.1007/s00705-019-04273-2)
- Altenburg, Arwen F., Kreijtz, J.H.C.M., de Vries, R.D., Song, F., Fux, R., Rimmelzwaan, G.F., Sutter, G. & Volz, A. (2014).** Modified vaccinia virus ankara (MVA) as production platform for vaccines against influenza and other viral respiratory diseases. *Viruses*, **6**(7), 2735-2761. DOI: [10.3390/v6072735](https://doi.org/10.3390/v6072735)
- Bahadoran, A., Moeini, H., Bejo, M.H., Hussein, M.Z. & Omar, A.R. (2016).** Development of tat-conjugated dendrimer for transdermal DNA vaccine delivery. *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences: A Publication of the Canadian Society for Pharmaceutical Sciences, Societe Canadienne Des Sciences Pharmaceutiques*, **19**(3), 325-338. DOI: [10.18433/J3G31Q](https://doi.org/10.18433/J3G31Q)
- Borges, O., Cordeiro-da-Silva, A., Tavares, J., Santarém, N., de Sousa, A., Borchard, G. & Junginger, H.E. (2008).** Immune response by nasal delivery of hepatitis B surface antigen and codelivery of a CpG ODN in alginate coated chitosan nanoparticles. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics: Official Journal of Arbeitsgemeinschaft Für Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V.*, **69**(2), 405-416. DOI: [10.1016/j.ejpb.2008.01.019](https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2008.01.019)
- Chahal, J.S., Khan, O.F., Cooper, C.L., McPartlan, J. S., Tsosie, J.K., Tilley, L.D., Sidik, S.M., Lourido, S., Langer, R., Bavari, S., Ploegh, H. L. & Anderson, D.G. (2016).** Dendrimer-RNA nanoparticles generate protective immunity against lethal Ebola, H1N1 influenza, and Toxoplasma gondii challenges with a single dose. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **113**(29), E4133-42. DOI: [10.1073/pnas.1600299113](https://doi.org/10.1073/pnas.1600299113)
- Chu, D., Gao, J. & Wang, Z. (2015).** Neutrophil-mediated delivery of therapeutic nanoparticles across blood vessel barrier for treatment of inflammation and infection. *ACS Nano*, **9**(12), 11800-11811. DOI: [10.1021/acs.nano.5b05583](https://doi.org/10.1021/acs.nano.5b05583)
- Cohen, A.A., Gnanapragasam, P.N.P., Lee, Y.E., Hoffman, P.R., Ou, S., Kakutani, L.M., ... & Bjorkman, P.J. (2021).** Mosaic nanoparticles elicit cross-reactive immune responses to zoonotic coronaviruses in mice. *Science (New York, N.Y.)*, **371**(6530), 735-741. DOI: [10.1126/science.abf6840](https://doi.org/10.1126/science.abf6840)
- Das, I., Padhi, A., Mukherjee, S., Dash, D.P., Kar, S. & Sonawane, A. (2017).** Biocompatible chitosan nanoparticles as an efficient delivery vehicle for

- Mycobacterium tuberculosis lipids to induce potent cytokines and antibody response through activation of $\gamma\delta$ T cells in mice. *Nanotechnology*, 28(16), 165101. DOI: 10.1088/1361-6528/aa60fd
- Demento, S.L., Cui, W., Criscione, J.M., Stern, E., Tulipan, J., Kaech, S.M. & Fahmy, T.M. (2012).** Role of sustained antigen release from nanoparticle vaccines in shaping the T cell memory phenotype. *Biomaterials*, 33(19), 4957-4964. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2012.03.041
- Dobrovolskaia, M.A., Aggarwal, P., Hall, J.B. & McNeil, S.E. (2008).** Preclinical studies to understand nanoparticle interaction with the immune system and its potential effects on nanoparticle biodistribution. *Molecular Pharmaceutics*, 5(4), 487-495. DOI: 10.1021/mp800032f
- Feng, Ganzhu, Jiang, Q., Xia, M., Lu, Y., Qiu, W., Zhao, D., Lu, L., Peng, G. & Wang, Y. (2013).** Enhanced immune response and protective effects of nano-chitosan-based DNA vaccine encoding T cell epitopes of Esat-6 and FL against Mycobacterium tuberculosis infection. *PloS One*, 8(4), 61135. DOI: 10.1371/journal.pone.0061135
- Foged, C., Brodin, B., Frokjaer, S. & Sundblad, A. (2005).** Particle size and surface charge affect particle uptake by human dendritic cells in an in vitro model. *International Journal of Pharmaceutics*, 298(2), 315-322. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2005.03.035
- Gao, Y., Wijewardhana, C. & Mann, J.F.S. (2018).** Virus-like particle, liposome, and polymeric particle-based vaccines against HIV-1. *Frontiers in Immunology*, 9, 345. DOI: 10.3389/fimmu.2018.00345
- Gregory, A.E., Williamson, E.D., Prior, J.L., Butcher, W.A., Thompson, I.J., Shaw, A.M. & Titball, R.W. (2012).** Conjugation of *Y. pestis* F1-antigen to gold nanoparticles improves immunogenicity. *Vaccine*, 30(48), 6777-6782. DOI: 10.1016/j.vaccine.2012.09.021
- Keller, S., Wilson, J.T., Patilea, G.I., Kern, H.B., Convertine, A.J. & Stayton, P.S. (2014).** Neutral polymer micelle carriers with pH-responsive, endosome-releasing activity modulate antigen trafficking to enhance CD8(+) T cell responses. *Journal of Controlled Release: Official Journal of the Controlled Release Society*, 191, 24-33. DOI: 10.1016/j.jconrel.2014.03.041
- Kelly, H.G., Kent, S.J. & Wheatley, A.K. (2019).** Immunological basis for enhanced immunity of nanoparticle vaccines. *Expert Review of Vaccines*, 18(3), 269-280. DOI: 10.1080/14760584.2019.1578216
- Kheirollahpour, M., Mehrabi, M., Dounighi, N.M., Mohammadi, M. & Masoudi, A. (2020).** Nanoparticles and vaccine development. *Pharmaceutical Nanotechnology*, 8(1), 6-21. DOI: 10.2174/2211738507666191024162042
- Kim, S.T., Saha, K., Kim, C. & Rotello, V.M. (2013).** The role of surface functionality in determining nanoparticle cytotoxicity. *Accounts of Chemical Research*, 46(3), 681-691. DOI: 10.1021/ar3000647
- Kolaczowska, E. & Kubes, P. (2013).** Neutrophil recruitment and function in health and inflammation. *Nature Reviews. Immunology*, 13(3), 159-175. DOI: 10.1038/nri3399
- Li, Y., Tenchov, R., Smoot, J., Liu, C., Watkins, S. & Zhou, Q. (2021).** A comprehensive review of the global efforts on COVID-19 vaccine development. *ACS Central Science*, 7(4), 512-533. DOI: 10.1021/acscentsci.1c00120
- Manish, M., Rahi, A., Kaur, M., Bhatnagar, R. & Singh, S. (2013).** A single-dose PLGA encapsulated protective antigen domain 4 nanoformulation protects mice against Bacillus anthracis spore challenge. *PloS One*, 8(4), e61885. DOI: 10.1371/journal.pone.0061885
- Manolova, V., Flace, A., Bauer, M., Schwarz, K., Saudan, P. & Bachmann, M.F. (2008).** Nanoparticles target distinct dendritic cell populations according to their size. *European Journal of Immunology*, 38(5), 1404-1413. DOI: 10.1002/eji.200737984
- Moon, J. J., Suh, H., Bershteyn, A., Stephan, M.T., Liu, H., Huang, B., Sohail, M., Luo, S., Um, S.H., Khant, H., Goodwin, J.T., Ramos, J., Chiu, W. & Irvine, D.J. (2011).** Interbilayer-crosslinked multilamellar vesicles as synthetic vaccines for potent humoral and cellular immune responses. *Nature Materials*, 10(3), 243-251. DOI: 10.1038/nmat2960
- Niikura, K., Matsunaga, T., Suzuki, T., Kobayashi, S., Yamaguchi, H., Orba, Y., Kawaguchi, A., Hasegawa, H., Kajino, K., Ninomiya, T., Ijiro, K. & Sawa, H. (2013).** Gold nanoparticles as a vaccine platform: influence of size and shape on immunological responses in vitro and in vivo. *ACS Nano*, 7(5), 3926-3938. DOI: 10.1021/nn3057005
- O'Hagan, D.T. (2007).** MF59 is a safe and potent vaccine adjuvant that enhances protection against influenza virus infection. *Expert Review of Vaccines*, 6(5), 699-710. DOI: 10.1586/14760584.6.5.699
- Perisé-Barrios, A.J., Jiménez, Pereira de Oliveira, M., Garcion, E., Venisse, N., Benoit, J.-P., Couet, W. & Olivier, J.-C. (2005).** Tissue distribution of indinavir administered as solid lipid nanocapsule formulation in mdr1a (+/+) and mdr1a (-/-) CF-1 mice. *Pharmaceutical Research*, 22(11), 1898-1905. DOI: 10.1007/s11095-005-7147-6
- Pilkington, E.H., Suys, E.J.A., Trevaskis, N.L., Wheatley, A.K., Zukancic, D., Algarni, A., Al-Wassiti, H., Davis, T.P., Pouton, C.W., Kent, S. J. & Truong, N.P. (2021).** From influenza to COVID-19: Lipid nanoparticle mRNA vaccines at the frontiers of infectious diseases. *Acta Biomaterialia*, 131, 16-40.
- Powell, A.E., Zhang, K., Sanyal, M., Tang, S., Weidenbacher, P.A., Li, S., Kim, P.S. (2021).** A

- single immunization with spike-functionalized ferritin vaccines elicits neutralizing antibody responses against SARS-CoV-2 in mice. *ACS Central Science*, 7(1), 183-199. DOI: [10.1021/acscentsci.0c01405](https://doi.org/10.1021/acscentsci.0c01405)
- Prego, C., Paolicelli, P., Díaz, B., Vicente, S., Sánchez, A., González-Fernández, A. & Alonso, M.J. (2010).** Chitosan-based nanoparticles for improving immunization against hepatitis B infection. *Vaccine*, 28(14), 2607-2614. DOI: [10.1016/j.vaccine.2010.01.011](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.01.011)
- Reddy, S.T., van der Vlies, A.J., Simeoni, E., Angeli, V., Randolph, G.J., O'Neil, C.P., Lee, L.K., Swartz, M.A. & Hubbell, J.A. (2007).** Exploiting lymphatic transport and complement activation in nanoparticle vaccines. *Nature Biotechnology*, 25(10), 1159-1164. DOI: [10.1038/nbt1332](https://doi.org/10.1038/nbt1332)
- Ribeiro, A.M., Souza, A.C.O., Amaral, A.C., Vasconcelos, N.M., Jeronimo, M.S., Carneiro, F.P., Faccioli, L.H., Felipe, M.S.S., Silva, C.L. & Bocca, A.L. (2013).** Nanobiotechnological approaches to delivery of DNA vaccine against fungal infection. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 9(2), 221-230. DOI: [10.1166/jbn.2013.1491](https://doi.org/10.1166/jbn.2013.1491)
- Shae, D., Postma, A. & Wilson, J.T. (2016).** Vaccine delivery: where polymer chemistry meets immunology. *Therapeutic Delivery*, 7(4), 193–196. DOI: [10.4155/tde-2016-0008](https://doi.org/10.4155/tde-2016-0008)
- Shah, P., Bhalodia, D. & Shelat, P. (2010).** Nanoemulsion: A pharmaceutical review. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 1(1), 24. DOI: [10.4103/0975-8453.59509](https://doi.org/10.4103/0975-8453.59509)
- Tao, W. & Gill, H.S. (2015).** M2e-immobilized gold nanoparticles as influenza A vaccine: Role of soluble M2e and longevity of protection. *Vaccine*, 33(20), 2307-2315. DOI: [10.1016/j.vaccine.2015.03.063](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.03.063)
- Temchura, V.V., Kozlova, D., Sokolova, V., Uberla, K. & Epple, M. (2014).** Targeting and activation of antigen-specific B-cells by calcium phosphate nanoparticles loaded with protein antigen. *Biomaterials*, 35(23), 6098-6105. DOI: [10.1016/j.biomaterials.2014.04.010](https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2014.04.010)
- Thomas, C., Rawat, A., Hope-Weeks, L. & Ahsan, F. (2011).** Aerosolized PLA and PLGA nanoparticles enhance humoral, mucosal and cytokine responses to hepatitis B vaccine. *Molecular Pharmaceutics*, 8(2), 405-415. DOI: [10.1021/mp100255c](https://doi.org/10.1021/mp100255c)
- U.S. National Library of Medicine. (2021).** *Clinical Trials*, Rockville Pike Bethesda, mD. <https://clinicaltrials.gov/>. (Temmuz 2021)
- Xu, L., Liu, Y., Chen, Z., Li, W., Liu, Y., Wang, L., Liu, Y., Wu, X., Ji, Y., Zhao, Y., Ma, L., Shao, Y. & Chen, C. (2012).** Surface-engineered gold nanorods: promising DNA vaccine adjuvant for HIV-1 treatment. *Nano Letters*, 12(4), 2003-2012. DOI: [10.1021/nl300027p](https://doi.org/10.1021/nl300027p)
- Yu, M., Jambhrunkar, S., Thorn, P., Chen, J., Gu, W. & Yu, C. (2013).** Hyaluronic acid modified mesoporous silica nanoparticles for targeted drug delivery to CD44-overexpressing cancer cells. *Nanoscale*, 5(1), 178-183. DOI: [10.1039/c2nr32145a](https://doi.org/10.1039/c2nr32145a)
- Zhao, K., Chen, G., Shi, X.-M., Gao, T.-T., Li, W., Zhao, Y., Zhang, F.-Q., Wu, J., Cui, X. & Wang, Y.-F. (2012).** Preparation and efficacy of a live newcastle disease virus vaccine encapsulated in chitosan nanoparticles. *PloS One*, 7(12), e53314. DOI: [10.1371/journal.pone.0053314](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053314)
- Zhu, M., Wang, R. & Nie, G. (2014).** Applications of nanomaterials as vaccine adjuvants. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 10(9), 2761-2774. DOI: [10.4161/hv.29589](https://doi.org/10.4161/hv.29589)



Parvovirus ile Enfekte Köpeklerde Nötrofil/Lenfosit, Monosit/Lenfosit ve Platelet/Lenfosit Oranlarının Belirlenmesi^[*]

Didem PEKMEZCİ* Zeynep Nurselin ÇOLAK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, 55200, Kurupelit, SAMSUN, TÜRKİYE

Geliş/Received: 09.09.2021

Kabul/Accepted: 25.10.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Pekmezci, D. & Çolak, Z.N. (2021). Parvovirus ile Enfekte Köpeklerde Nötrofil/Lenfosit, Monosit/Lenfosit ve Platelet/Lenfosit Oranlarının Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 585-591.

How to cite: Pekmezci, D. & Çolak, Z.N. (2021). Determination of Neutrophil/Lymphocyte, Monocyte/Lymphocyte and Platelet/Lymphocyte Ratios in Dogs with Occurring Parvovirus Infection. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 585-591.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2072-8165>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0631-5471>

***Corresponding author's:**

Didem PEKMEZCİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner
Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, 55200,
Kurupelit, SAMSUN, TÜRKİYE
✉: dkazanci@omu.edu.tr

Öz: Nötrofil/lenfosit oranı (NEU/LYM), monosit/lenfosit oranı (MONO/LYM), ve platelet/lenfosit oranı (PLT/LYM) inflamasyonun ucuz, tekrar kullanılabilen biyobelirteçlerini oluşturmaktadır. Bu çalışma ilk defa parvovirus enfeksiyonu (PVE) şekillenmiş köpeklerde NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM değerlerini ortaya koymaktadır. Çalışmanın amacını ise tedavi öncesi PVE ile pozitif köpeklerin NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM değerlerinin, sağlıklı kontrollere göre karşılaştırılması oluşturmıştır. On sekiz sahipli, 2-6 aylık, PVE pozitif köpek, çalışma grubunu oluşturmıştır. Yedi sahipli, 8-10 aylık yaş aralığında sağlıklı köpek ise kontrol grubunu oluşturmıştır. Gruplar arasında tedavi öncesi NEU/LYM, MONO/LYM karşılaştırılmasında PVE pozitif grubu NEU ($P<0,001$), LYM ($P<0,05$) değerleri kontrol grubuna göre istatistiksel olarak düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, PVE pozitif grupta tedavi öncesi PLT/LYM seviyeleri kontrol grubuna göre istatistiksel olarak yüksek ($P<0,001$) tespit edilmiştir. PVE pozitif ve kontrol gruplarında PLT/LYM düzeyleri ise sırasıyla 1120,94 ve 135,26 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, bu ön çalışma PLT/LYM oranının, PVE ile doğal olarak enfekte köpeklerde kolay, uygun maliyetli, objektif ve invazif olmayan yeni bir prognostik belirteç adayı olabileceğini göstermektedir. NEU/LYM, MONO/LYM, PLT/LYM ile ilgili çalışmaların kısıtlı varlığına rağmen, özellikle veteriner hekimlikte enfeksiyöz hastalıklarda daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Köpek, monosit/lenfosit oranı, nötrofil/lenfosit oranı, parvovirus, platelet/lenfosit oranı.

Determination of Neutrophil/Lymphocyte, Monocyte/Lymphocyte and Platelet/Lymphocyte Ratios in Dogs with Occurring Parvovirus Infection

Abstract: Neutrophil/lymphocyte ratio (NEU/LYM), monocyte/lymphocyte ratio (MONO/LYM), and platelet/lymphocyte ratio (PLT/LYM) are inexpensive and reproducible biomarkers of inflammation. This is the first study that explores NEU/LYM, MONO/LYM, and PLT/LYM in dogs with Parvovirus infection (PVI). This study aims to determine whether the pretreatment NEU/LYM, MONO/LYM, and PLT/LYM differs in dogs with PVI against healthy controls. Eighteen client-owned dogs aged 2-6 months that were found positive with PVI were enrolled as the study group. Seven client-owned, healthy dogs of the 8-10 months formed the control group. Pretreatment NEU/LYM, MONO/LYM, and PLT/LYM were compared between groups. The pretreatment NEU ($P<0.001$) and LYM ($P<0.05$) levels were found to be significantly lower in the study group when compared to the control group. However, pretreatment PLT/LYM levels in the PVI positive group was significantly higher ($P<0.001$) than in the control group. PLT/LYM levels in the PVI and control groups were found as 1120.94 and 135.26, respectively. In summary, this preliminary study demonstrates that pretreatment PLT/LYM in dogs with PVI is an easy, cost-effective, objective, and non-invasive biomarker that

***Sorumlu yazar:**

Didem PEKMEZCİ
Ondokuz Mayıs University, Faculty of
Veterinary Medicine, Department of Internal
Medicine, 55200, Kurupelit, SAMSUN,
TURKEY
✉: dkazanci@omu.edu.tr

could be the new prognostic marker candidates in dogs naturally infected with PVI. Although limited studies on NEU/LYM, MONO/LYM, PLT/LYM are existed, especially further studies in veterinary medicine with infectious diseases are needed.

Keywords: Dog, monocyte/lymphocyte ratio, neutrophil/lymphocyte ratio, parvovirus, platelet/lymphocyte ratio.

GİRİŞ

Kanin parvovirus tip 2 (CPV-2) dünya genelinde bulunan *Parvoviridae* ailesine ait (Decaro & Buonavoglia, 2012) ve köpeklerin en önemli viral patojenleri arasında yer alan bir virüstür. CPV-2 küçük, zarfsız ve tek zincirli bir DNA yapısına sahip, CPV-2a, CPV-2b ve CPV-2c olmak üzere toplamda 3 varyanta sahip olabilen (Decaro & Buonavoglia, 2012), hızla bölünen lenfoid doku hücrelerinde, bağırsak kript epitel hücrelerinde, kemik iliğindeki öncü hücrelerde ve bir aylıktan küçük köpek yavrularında miyokardiyositlerinde çoğalma yapısında bulunan bir virüstür (Goddard & Leisewitz, 2010). CPV-2, genç hayvanlarda yüksek ölüm oranlarına sahip akut enteritise neden olurken yetişkinleri de etkilemektedir (Decaro vd., 2009). Klinik semptomları arasında anoreksiya, depresyon, kusma, aşırı hemorajik diyare, abdominal palpasyonda ağrı, dehidratasyon ve ateş yer alırken, daha şiddetli hematolojik değişiklikler kemik iliğinde hematopoitik progenitör hücrelerin yıkımının bir sonucu olarak görülmektedir ve en önemli bulgu hastada görülen lökopenidir (Mylonakis vd., 2016). Klinik belirtileri olan köpeklerden alınan dışkıların laboratuvar testlerine dayanarak gerçekleştirilerek yapılan son çalışmalarda çeşitli ülkeler arasında CPV-2 enfeksiyonu prevalansının Hollanda'da %23,6 (Decaro vd., 2011), İspanya'da %27,7 (Duijvestijn vd., 2016), İtalya'da %53,8, Fransa'da %61,5, Almanya'da %71,4, Kolombiya'da %70,2 (Duque-García vd., 2017), Nijerya'da %75 (Apa vd., 2016), Çin'in bölgelerinde %99,24 (Zhao vd., 2016), Bulgaristan'da %91,67 (Filipov vd., 2016) ve Arnavutluk'ta %92,98 (Cavalli vd., 2014), olduğu bildirilmiştir. Ülkemizde ise son yıllarda Dik ve Şimşek (2021) yılında 100 adet ishali köpeğin dışkısının Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) ile %66 oranında pozitiflik olduğunu tespit ederken, Gargari (2015) yılında gastroenteritis semptomu gösteren 100 adet köpeğin çeşitli marazi madde sıvılarının PZR ile incelemesinde 52 adet köpeğin pozitif (%52) olduğunu tespit etmiştir. CPV-2, fekal-oral yol (doğrudan bulaşma) veya dışkı ile kontamine olmuş fomitlere oro-nazal maruziyet (dolaylı bulaşma) yoluyla köpekler arasında hızla yayılmaktadır (Smith-Carr vd., 1997). Virüsün fekal atılımının deneysel inokülasyondan 3 gün sonra olduğu gösterilmiştir ve virüs saçılımı klinik veya subklinik hastalıktan sonra maksimum 3 ila 4 hafta devam edebilmektedir (Macartney vd., 1984). Virüs replikasyonu oro-farenks, mezenterik lenf düğümleri

ve timusun lenfoid dokusunda başlar ve hematojen yayılımla (enfeksiyondan 3-4 gün sonra) ince bağırsağın bağırsak kriptlerine yayılır (Hoskins, 1997; Smith-Carr vd., 1997). Enfeksiyondan 1 ila 5 gün sonra belirgin plazma viremi gözlenir. Viremiden sonra, orofarenks, mezenterik lenf düğümleri ve timusun lenfoid dokusunda CPV-2 virüs replikasyonu başlar. Hematojen yayılımla (enfeksiyondan 3-4 gün sonra) ince bağırsağın bağırsak kriptlerine yayılır. Enfeksiyondan 1 ila 5 gün sonra ise belirgin plazma viremi gözlenir. Viremiden sonra, CPV-2 ağırlıklı olarak dili, ağız boşluğunu ve yemek borusunu kaplayan epitelde yerleşerek; ince bağırsak, kemik iliği, timus ve lenf düğümleri gibi lenfoid dokularda bulunur (Hoskins, 1997). Parvo Virus Enfeksiyonu (PVE) sonucu CPV köpeklerde akciğer, dalak, karaciğer, böbrek ve miyokarttan izole edilmiş olup, enfeksiyonunun sistemik bir hastalık olduğu da aslında ortaya birçok çalışma ile konmuştur (Hoskins, 1997; Smith-Carr vd., 1997). Prognostik testlerin mevcudiyeti, uygulayıcıyı klinik kararlar vermektan tamamen uzaklaştırılmaz ve prognozun değerlendirilmesi PVE için halen zorlu bir konu olmaya devam etmektedir (Schoeman vd., 2013). Klinisyen, ölçülecek uygun testin hangisi olduğuna ve hangi sınır değerinin, PVE'li bir köpekte ötenazi veya tedaviye devam etme kararını desteklemek için yeterli kanıt oluşturacağına dair karar verme aşamasındaki stresli durumla çoğu zaman yüzleşmek zorundadır (Schoeman vd., 2013). Her ne kadar Mohr vd. (2003) PVE için ortaya koymuş oldukları klinik skor halen geçerliliğini koruyor olsa da; hayatta kalma, hastaneden taburcu olma süreçlerinin ve prognozun belirlenmesinde kullanılmak üzere yeni, uygun maliyetli laboratuvar biyo-belirteçlerinin oluşturulmasının faydalı olacağına dair görüşler güncelliğini korumaktadır (Prittie, 2004).

Hem beşerî hem de veteriner hekimlikte yapılan en yaygın laboratuvar testlerinden biri olan tam kan sayımı (CBC), farklı hücre türleri (örn. nötrofiller, lenfositler ve trombositler) arasındaki ilişkileri kolayca ve hızlı bir şekilde hesaplama imkânı sunmaktadır (Rejec vd., 2017). Nötrofiller, dolaşımdaki ilk fagositik hücrelerdir ve doğuştan gelen bağışıklığın çok önemli unsurlarıdır. İnflamatuar durumlarda, inflamatuvar mediyatörler, zararlı patojenlerin fagosite edilerek kana göçlerini uyarırlar (Summers vd., 2010).

NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM basit laboratuvar koşullarında belirlenebilen, beyaz kan hücre sayılarından kolayca hesaplanan, düşük maliyetli ve tekrar üretilebilir testlerdir. Son zamanlarda beşerî hekimlikte araştırmacılar bu oranların, kardiyovasküler hastalıklar (Li vd., 2017), maligniteler (Min vd., 2017; Shi vd., 2017), akut pankreatitis (Wang vd., 2017), otoimmün hastalıklar (Chandrashekar vd., 2017) ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (Yao vd., 2017) gibi kronik tıbbi durumları olan hastalarda kötü prognoz veya majör inflamasyonun belirteçleri olarak kullanılabileceklerini ortaya koymuşlardır.

Bununla birlikte veteriner hekimlikte NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM ile ilgili sınırlı çalışmalar bulunmakla beraber konu ile ilgili çalışmalara ilginin giderek arttığı görülmektedir (Burton vd., 2013; Rejec vd., 2017; Troia vd., 2017; Hodgson vd., 2018; Çakır & Pekmezci, 2019; Benvenuti vd., 2020; Gori vd., 2021; Neumann, 2021).

Sunulan çalışmanın amacını ise, beşerî hekimlikte birçok kronik ve akut inflamatuvar hastalığın prognozunu belirlemede düşük maliyeti sebebi ile kullanım sahası bulan NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM değerlerinin PVE tanısı almış köpeklerdeki değerlerinin sağlıklı bireyler ile karşılaştırılarak veteriner hekimlikte bir kullanım alanına öncülük edip edemeyeceğinin araştırılması oluşturmaktadır.

MATERIAL AND METHOD

Çalışma Materyali: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Eğitim Uygulama ve Araştırma Hastanesine 2019-2020 tarih aralığında ve hastane kayıt sisteminden getirilmiş sahipli, 2-6 aylık, aşızsız, çeşitli cinsiyet ve ırktaki 18 adet dışkı örneklerinden CPV antijen yönünden hızlı test tanıtı kiti ile pozitif tanıtı alan köpekler ile aynı tarihlerde hastanemiz Doğum ve Jinekoloji Kliniği'ne elektif cerrahi için getirilmiş 7 adet klinik olarak sağlıklı 8-10 aylık, farklı ırklarda, diş köpeğın tam hemogram değerlerinin kayıtlarını oluşturmuştur. Çalışma hasta kayıtları üzerinden retrospektif olarak gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, hasta sahiplerinin bilgilendirilmiş onam metinleri alınmıştır.

Hemogram Kayıtları: Çalışma grubunu (n=18) ve kontrol grubunu (n=7) oluşturan hastaların hemogram değerlerini oluşturan tam kan analiz verileri oluşturmuştur. Hastanemiz rutin uygulamasında, hastalardan *vena cephalica antebrachii*'den alınan 2 ml kan örnekleri EDTA'lı tüplere alınmasının ardından karıştırıcıda orta devirde 5 dakika çevrilerek, BC-5000 Vet Auto Hematoloji cihazıyla çalışılır ve sonuçlar (WBC, NEU, LYM, MONO, EOS, LY%, MONO%, EOS%, NEU%, RBC, HGB, HCT, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, RDW-SD, PLT, PCT,

MPV, PDW) EVET® hasta kayıt programına dijital sistem üzerinden aktarılır. Bu bağlamda yukarıda belirtilen 25 hastanın hemogram kayıtlarının hepsine eksiksiz olarak ulaşılmıştır. Çalışma verilerine ait tam kan sayımı değerlerinden NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM değerlerinin elde edilmesinde LYM değerinin ayrı ayrı NEU, MONO ve PLT'e bölünerek hesaplanmasından yararlanılmıştır (Rossi vd., 2017).

İstatistiksel Analiz: Çalışma ve kontrol gruplarının NEU, LYM, NEU/LYM, PLT, PLT/LYM, MONO, MONO/LYM değerlerinin karşılaştırılmasında "SPSS 21.0.0. Windows" paket programı ile bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Uygun analiz yöntemini belirlemek amacıyla n sayısının 50'den az olmasından ötürü normallik testi için "Shapiro-Wilk" testi ile, diğer analiz yöntemlerinden bağımsız değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerlerine bakılmıştır. Ayrıca, verilerin analizi sırasında, betimleyici istatistiklerin yanı sıra, grupların karşılaştırılmasında "Student T" testi analizi uygulanmıştır. Analizlerde ise öncelikle varyansların homojen olukları Levene Testi ile de doğrulanmıştır. Analiz sonuçlarında P< 0,05 anlamlı olarak kabul edilmiştir.

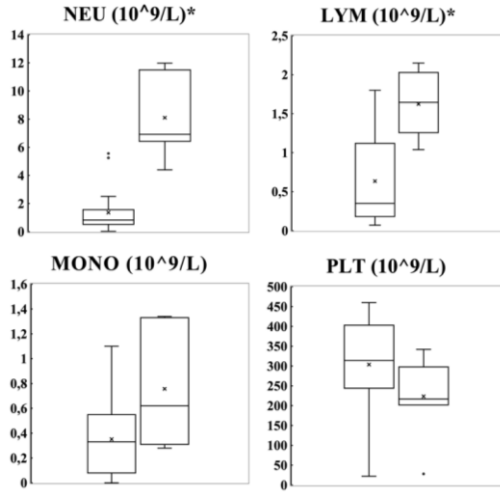
BULGULAR

PVE pozitif ve kontrol grubu ortalama NEU, LYM, MONO, PLT, NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM değerleri Tablo 1'de verilmiştir. PVE pozitif köpeklerin ortalama NEU değerlerinin (1,36) kontrol grubu (8,1) ile karşılaştırılmasında PVE grubunun kontrol grubuna göre anlamlı P<0,001 olarak düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1). Benzer şekilde gruplar arası ortalama LYM değerinin karşılaştırılmasında PVE grubu ortalamasının (0,63) kontrol grubuna (1,62) göre anlamlı P<0,05 olarak düşük olduğu da tespit edilmiştir (Şekil 1). Bununla birlikte PLT/LYM ortalama değerinin PVE pozitif gruptaki köpeklerde (1120,94) kontrol grubuna (135,26) göre karşılaştırılmasında anlamlı P<0,001 olarak yüksek bulunmuştur (Şekil 1). Diğer taraftan, NEU/LYM, MONO, MONO/LYM ve PLT seviyelerinin grup ortalamalarının karşılaştırmalarında ise istatistiksel farklılıklara rastlanılmamıştır P>0,05 (Şekil 2).

Tablo 1: PVE pozitif ve kontrol gruplarının ortalama NEU, LYM, MONO, PLT, NEU/LYM ve PLT/LYM değerleri.

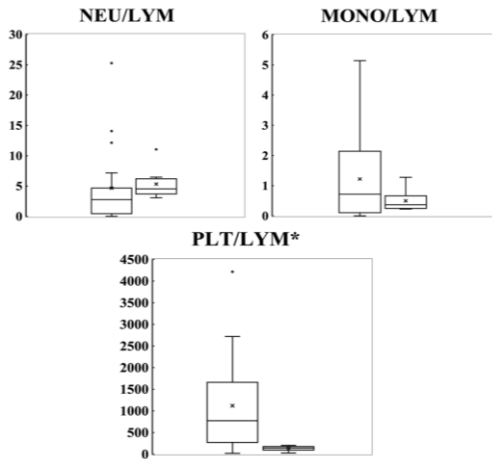
Table 1: Mean NEU, LYM, MONO, PLT, NEU/LYM and PLT/LYM levels of PVI positive and control groups.

Parametre	Gruplar		P değeri
	PVE Ortalama	Kontrol Ortalama	
NEU 10 ⁹ /L	1,38±1,59	8,10±2,81	0,000
LYM 10 ⁹ /L	0,66±0,61	1,62±0,43	0,001
MONO 10 ⁹ /L	0,35±0,34	0,75±0,44	0,022
PLT 10 ³ /L	304,33±116,78	223,57±110,124	0,121
NEU/LYM	4,23±6,19	5,34±2,74	0,545
MONO/LYM	1,00±1,00	0,49±0,38	0,082
PLT/LYM	949,08±763	135,26±56,66	0,000



Şekil 1: Solda PVE pozitif ve sağda kontrol köpeklerin NEU, LYM, PLT ve MONO değerlerinin sunulduğu Kutu-Bıyık grafikleri. Orta Kutu, gözlemin %50'sini oluşturmaktadır; kutunun alt kısmı birinci çeyrekliği ve kutunun üstü üçüncü çeyrekliği oluşturmaktadır. Kutunun ortasındaki yatay çizgi ise medyandır. Her kutudaki çarpı işareti o kutuya ait ortalama değeri vermektedir. Bıyıklar, çeyrekler arası aralıktan 1,5 kez çıkartılan en küçük ve en büyük gözlemlere kadar uzanmaktadır ve ayrı ayrı noktalar halinde belirtilmişlerdir. *İstatiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Figure 1: Box-and-whiskers plot of pretreatment NEU, LYM, MONO, and PLT values in dogs with PVI (left sided boxes) or healthy controls (right sided boxes). The box incorporates the middle 50% of observation; the bottom of the box is the first quartile (25th percentile) and the top of the box is the third quartile (75th percentile). The horizontal line in the middle of the box is the median (50th percentile). The cross within each box represents the mean value. The whiskers extend to the smallest and largest observations that are 1.5 times removed from the interquartile range are plotted separately as dots. *Found statistically significant.



Şekil 2: Solda PVE ile enfekte ve sağda kontrol köpeklerin NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM değerlerinin sunulduğu Kutu-Bıyık grafikleri. Orta Kutu, gözlemin %50'sini oluşturmaktadır; kutunun alt kısmı birinci çeyrekliği ve kutunun üstü üçüncü çeyrekliği oluşturmaktadır. Kutunun ortasındaki yatay çizgi ise medyandır. Her kutudaki çarpı işareti o kutuya ait ortalama değeri vermektedir. Bıyıklar, çeyrekler arası aralıktan 1,5 kez çıkartılan en küçük ve en büyük gözlemlere kadar uzanmaktadır ve ayrı ayrı noktalar halinde belirtilmişlerdir. *İstatiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Figure 2: Box-and-whiskers plot of pretreatment NEU/LYM, MONO/LYM and PLT/LYM values in dogs with infected PVI (left sided boxes) or healthy controls (right sided boxes). The box incorporates the middle 50% of observation; the bottom of the box is the first quartile (25th percentile) and the top of the box is the third quartile (75th percentile). The horizontal line in the middle of the box is the median (50th percentile). The cross within each box represents the mean value. The whiskers extend to the smallest and largest observations that are 1.5 times removed from the interquartile range are plotted separately as dots. *Found statistically significant.

TARTIŞMA ve SONUÇ

1978'de ortaya çıkmasından bu yana, PVE genç köpeklerde günümüzde halen yaygın ve önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olmuştur ve olmaya devam etmektedir. PVE'nun devam eden insidansı, kısmen virüsün kendisini "yenileyebilme yeteneği" ve yeni, daha öldürücü ve dirençli alt varyantlara dönüşme yeteneğinden kaynaklanmaktadır (Goddard & Leisewitz, 2010). Bu nedenle virüs ile mücadelede öncelik doğru varyanta karşı aşılama olmakla beraber hastalık belirtileri gösteren vakaların erken dönemde teşhis edilmesi hastanın refahı ve tedavi maliyetlerinin artmasının önlenmesi açısından önem arz etmektedir.

Halen PVE'de ucuz ve veteriner hekimlerin başucu olarak tabir edebilen, prognozunu ve hastanede yatış süresini belirleyebilen biyo-belirteçler bulunmamaktadır. PVE'de prognostik göstergelerin tanımlanması hastane içi tedavi ve izleminde geliştirilmiştir (Goddard & Leisewitz, 2010; Schoeman vd., 2013; Mylonakis vd., 2016). Lökopeni (O'Sullivan vd., 1984; Dossin vd., 2011), sistemik inflamatuvar yanıt sendromu (Kalli vd., 2010) ve hipokolesterolemi (Yılmaz & Senturk, 2007) dahil olmak üzere, çoklu potansiyel prognostik göstergelerin azalmış sağkalım ile ilişkili olduğu ortaya konulmuştur ki, bu bulguların öneminin sonraki çalışmalarda her zaman tekrarlanmadığı görülmektedir. Bunların dışında ek olarak tümör nekrozis faktör aktivitesi (Otto vd., 1997), serum C-reaktif protein (McClure vd., 2013), serum kortizol (Schoeman vd., 2007) ve tiroksin (Schoeman & Herrtage 2007; Schoeman vd., 2008) konsantrasyonları ile son zamanlarda serum Globulin ve Albumin/Globulin oranı gibi (Pekmezci & Çakır, 2020) ek prognostik göstergeler üzerinde çalışılmıştır. PVE ile ilişkili tarihsel prognostik faktörlerin çoğu, tek değişkenli analizlerle tanımlanmıştır.

Önemli ölçüde geçici bir lenfopeni, PVE'li köpeklerde sıklıkla patognomik bir bulgu olarak kabul edilir ve lökosit sayısında bir azalma ile sonuçlanır (Ling vd., 2012). Hematopoitik progenitör hücrelerin azalması, genellikle hastalığın şiddeti ve evresi ile orantılı olan lökopeniye yol açmaktadır (Hoskins, 2001). Nötrofiller ise köpeklerin kanındaki en çok sayıda lökosit türüdür ve istilacı mikroorganizmalara, doku travmasına veya

herhangi bir kıskırtıcı inflamatuvar sinyal yanıtın ilk basamağını oluşturmaktadır.

Sunulan çalışmamızda PVE grubunun sadece ortalama NEU, LYM, değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak azaldığı görülmüştür. Sunulan çalışmamızda PVE grubu köpeklerde ortalama NEU ve LYM değerleri sırası ile $1,36 \cdot 10^9/L$ ve $0,63 \cdot 10^9/L$ değerleri için daha önce bildirilen çalışmalar ile tutarlı bulunmuştur (Pekmezci & Çakır, 2020; Ayyıldız & Tekin, 2021).

İnsanlarda, CBC kullanılarak hesaplanabilen ve kolayca erişilebilen bir parametre olan NEU/LYM, sepsiste morbidite ve mortalitenin bağımsız bir prediktif indeksi olarak kabul görmektedir (Hwang vd., 2017; Naess vd., 2017; Liu vd., 2019; Ni vd., 2019; Huang vd., 2020) ve son zamanlarda köpeklerde yapılan çeşitli bilimsel çalışmalarda bu oranın da çalışılmaya başlanıldığı görülmektedir (Burton vd., 2013; Rejec vd., 2017; Troia vd., 2017; Hodgson vd., 2018; Çakır & Pekmezci 2019; Benvenuti vd., 2020; Gori vd., 2021; Neumann, 2021).

Köpeklerde yangısal barsak hastalığında NEU/LYM oranının araştırıldığı bir çalışmada NEU/LYM oranı ile kanin kronik enteropati klinik aktivite indeksi arasında orta dereceli bir korelasyon olduğu ve yangısal barsak hastalığı tanısı almış köpeklerin ortalama NEU/LYM oranlarının 4,28 tespit edilmişken, kontrol grubu olan sağlıklı köpeklerde bu oranın 3 olduğu belirtilmiştir (Benvenuti vd., 2020). Öte yandan Pekmezci ve Çakır (2019) *Borrelia burgdorferi* ile doğal enfekte köpeklerin NEU/LYM, MONO/LYM ve PLT/LYM oranlarının belirlenmesi ile ilgili gerçekleştirdikleri çalışmalarında *B. burgdorferi* ile enfekte köpeklerin ortalama NEU/LYM, oranlarını 7,2, sağlıklı grup köpeklerin grup ortalamasını ise 5,2 olarak tespit etmişlerdir. Sunulan çalışmamız PVE grubu ortalama PLT/LYM oranlarını 4,65 olarak mevcut çalışmalardan düşük tespit edilirken, kontrol grubumuzu oluşturan sağlıklı köpeklerin ortalama PLT/LYM oranları 5,3 önceki çalışmalar ile paralellik göstermektedir (Çakır & Pekmezci 2019; Benvenuti vd., 2020).

Septik peritonitli ve sağlıklı köpekler arasında ve hayatta kalanlar ile kalmayanların NEU/LYM'nin karşılaştırıldıkları başka bir çalışmada, gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Hodgson vd., 2018). Yine, SIRS ve sepsisli köpeklerde NEU/LYM ve diğer iki lökosit oranı (bant nötrofil-nötrofil-lenfosit oranı (BNLR) ve bant nötrofil-lenfosit oranı (BLR) araştırılan çalışmalarda (Pierini vd., 2019; 2020) NEU/LYM'nin septik köpeklerde SIRS köpeklerine göre daha düşük görüldüğünü, ancak BNLR veya BLR ile sepsis veya mortalite varlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir.

Periodontitisli ve orofarengeal tümörlü köpeklerin NEU/LYM, PLT/LYM ve diğer CBC

indekslerinin sağlıklı köpekler ile karşılaştırıldığı retrospektif bir çalışmada araştırmacılar sağlıklı köpeklerin (n=71) ortalama PLT/LYM değerlerinin diğer gruplara göre en düşük (145,31), periodontitisli ve orofarengeal grupların PLT/LYM değerlerinin ise sırası ile 224 ve 290,5 olduğunu tespit etmişlerdir (Rejec vd., 2017). Sunulan çalışmamızda ise kontrol grubu ortalama PLT/LYM değerimiz (135,26) Rejec vd. 2017 (145,31) ve Çakır & Pekmezci (2019) (182,8) ile benzer bulunmuş olup, PVE grubu ortalama PLT/LYM değerimizin ise 1120,94 oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çakır ve Pekmezci (2019) *B. burgdorferi* ile enfekte köpeklerin ortalama PLT/LYM oranlarını 242,2 olarak tespit etmişlerdir. Son yapılan bir çalışmada ise Neumann (2021) akut pankreatitisli kedi ve köpeklerdeki NEU/LYM ve PLT/LYM oranlarının sağlıklı kontroller ile karşılaştırdığı çalışmasında sağlıklı köpeklerin PLT/LYM ortalamalarının 164, akut pankreatitisli köpeklerin ise 257 olduğunu tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmamız kontrol grubu köpeklerimizdeki ortalama PLT/LYM değerimizin (135,26) diğer çalışmalar ile benzerlik gösterirken, PVE grubumuz ortalama PLT/LYM değerimizin (1120,94) diğer köpek çalışmalarına kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Rejec vd., 2017; Çakır & Pekmezci, 2019; Neumann, 2021).

Trombositlerin inflamasyon ve enfeksiyondaki rolü bilinmektedir; trombositler fagositozis ile lökositozis fonksiyonunu modüle etmektedirler (Jenne & Kubes, 2015). Bu nedenle, mevcut çalışma sonucunda PVE'deki vakalarda yüksek PLT/LYM ortalamalarının sebebi de bu şekilde açıklanabilir. Ancak, tek başına trombosit sayısının değerlendirilmesi elbette ki akut ve kronik enfeksiyonlarda yeterli olmayacaktır.

Köpeklerin çeşitli hastalıklarda MONO/LYM oranlarının araştırıldığı çalışma sayısı oldukça kısıtlı olmakla beraber Çakır ve Pekmezci (2019) *B. burgdorferi* ile enfekte köpeklerin MONO/LYM sağlıklı grup ile karşılaştırdığı ve istatistiksel olarak bir fark bulamadıkları çalışmalarında, ortalama MONO/LYM oranlarını ise sırası 0,7 ve 0,4 tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada benzer bir durum görülmekle beraber PVE grubu ortalama MONO/LYM oranı 1,2 kontrol grubu ise 0,4 olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, sunulan bu ön çalışma PLT/LYM oranının, tedavi öncesi PVE enfekte olmuş köpeklerde yüksek seviyelerde görülmesinin tanının doğrulanması yönünde, kolay, düşük maliyetli, objektif ve invazif olmayan prognostik biyobelirteç adayı olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte veteriner hekimlikte NEU/LYM, MONO/LYM, PLT/LYM oranları ile ilgili daha ileri çalışmaların yapılması gerektiği kanaatine varılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Apa, T.T., Daly, J.M. & Tarlinton, R.E. (2016).** Canine parvovirus (CPV-2) variants circulating in nigerian dogs. *Veterinary Record Open*, **3**.
- Ayyıldız, M. & Tekin, M.E. (2021).** Köpeklerin parvoviral enterit hastalığı teşhisinde bazı hemogram değerlerinin ROC eğrisi ile incelenmesi. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, **37**(2), 101-108.
- Benvenuti, E., Pierini, A., Gori, E., Lucarelli, C., Lubas, G. & Marchetti, V. (2020).** Neutrophil-to-lymphocyte ratio (nlr) in canine inflammatory bowel disease (IBD). *Veterinary Sciences*, **7**(3), 141.
- Burton, A.G., Harris, L.A., Owens, S.D. & Jandrey, K.E. (2013).** The prognostic utility of degenerative left shifts in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **27**, 1517-1522.
- Cavalli, A., Desario, C., Kusi, I., Mari, V., Lorusso, E., Cirone, F., Kumbe, I., Colaianni, M.L., Buonavoglia, D. & Decaro, N. (2014).** Detection and genetic characterization of canine parvovirus and canine coronavirus strains circulating in district of Tirana in Albania. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, **26**, 563-566.
- Chandrashekara, S., Mukhtar Ahmad, M., Renuka, P., Anupama, K.R. & Renuka, K. (2017).** Characterization of neutrophil-to-lymphocyte ratio as a measure of inflammation in rheumatoid arthritis. *International Journal of Rheumatic Diseases*, **20**(10), 1457-1467.
- Çakır, K. & Pekmezci, D. (2019).** *Borrelia burgdorferi* ile doğal enfekte köpeklerin nötrofil-lenfosit, monosit-lenfosit ve platelet-lenfosit oranlarının belirlenmesi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, **30**(1), 58-63.
- Decaro, N. & Buonavoglia, C. (2012).** Canine parvovirus-a review of epidemiological and diagnostic aspects, with emphasis on type 2c. *Veterinary Microbiology*, **155**, 1-12.
- Decaro, N., Cirone, F., Desario, C., Elia, G., Lorusso, E., Colaianni, M.L., Martella, V. & Buonavoglia, C. (2009).** Severe parvovirus in a 12-year-old dog that had been repeatedly vaccinated. *Veterinary Record*, **164**, 593-595.
- Decaro, N., Desario, C., Billi, M., Mari, V., Elia, G., Cavalli, A., Martella, V., & Buonavoglia, C. (2011).** Western European epidemiological survey for parvovirus and coronavirus infections in dogs. *The Veterinary Journal*, **187**, 195-199.
- Dik, I. & Şimşek, A. (2021).** Comparison of different diagnostic methods in detection of canine parvovirus infection. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, **37**(2), 76-81.
- Dossin, O., Rupassara, S.I., Weng, H.Y., Williams, D.A., Garlick, P.J. & Schoeman, J.P. (2011).** Effect of parvoviral enteritis on plasma citrulline concentration in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **25**(2), 215-221.
- Duijvestijn, M., Mughini-Gras, L., Schuurman, N., Schijf, W., Wagenaar, J.A. & Egberink, H. (2016).** Enteropathogen infections in canine puppies: (co-) occurrence, clinical relevance and risk factors. *Veterinary Microbiology*, **195**, 115-122.
- Duque-García, Y., Echeverri-Zuluaga, M., Trejos-Suarez, J. & Ruiz-Saenz, J. (2017).** Prevalence and molecular epidemiology of canine parvovirus 2 in diarrheic dogs in Colombia, South America: a possible new cpv-2a is emerging? *Veterinary Microbiology*, **201**, 56-61.
- Filipov, C., Desario, C., Patouchas, O., Eftimov, P., Gruichev, G., Manov, V., Filipov, G., Buonavoglia, C. & Decaro, N. (2016).** A ten-year molecular survey on parvoviruses infecting carnivores in Bulgaria. *Transboundary and Emerging Diseases*, **63**, 460-464.
- Gargari, S. (2015).** *Gastroenteritis semptomlu köpeklerde canine parvovirus tip-2'nin tespiti ve moleküler karakterizasyonu*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Türkiye, 108s.
- Goddard, A. & Leisewitz, A.L. (2010).** Canine parvovirus. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, **40**, 1041-1053.
- Gori, E., Pierini, A., Lippi, I., Lubas, G. & Marchetti, V. (2021).** Leukocytes ratios in feline systemic inflammatory response syndrome and sepsis: a retrospective analysis of 209 cases. *Animals*, **6**, 1644.
- Hodgson, N., Llewellyn, E.A. & Schaeffer, D.J. (2018).** Utility and Prognostic Significance of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio in Dogs with Septic Peritonitis. *Journal of the American Animal Hospital Association*, **54**, 351-359.
- Hoskins, J.D. (2001).** Canine viral enteritis. In: Ettinger, S.J. (Ed), *Pocket Companion to Text Book of Veterinary Internal Medicine*. 5th ed., 214-218p, WB Saunders Company, Philadelphia, USA.
- Hoskins, J.D. (1997).** Update on canine parvoviral enteritis. *Veterinary Medicine*, **92**(8), 694-709.
- Huang, Z., Fu, Z., Huang, W. & Huang, K. (2020).** Prognostic value of neutrophil-to-lymphocyte ratio in sepsis: A meta-analysis. *American Journal of Emergency Medicine*, **38**, 641-647.
- Hwang, S.Y., Shin, T.G., Jo, I.J., Jeon, K., Suh, G.Y., Lee, T.R., Yoon, H., Cha, W.C. & Sim, M.S. (2017).** Neutrophil-to-lymphocyte ratio as a prognostic marker in critically-ill septic patients. *American Journal of Emergency Medicine*, **35**, 234-239.
- Jenne, C.N. & Kubes, P. (2015).** Platelets in inflammation and infection. *Platelets*, **26**(4), 286-292.
- Kalli, I., Leontides, L.S., Mylonakis, M.E., Adamama-Moraitou, K., Rallis, T. & Koutinas, A.F. (2010).** Factors affecting the occurrence, duration of hospitalization and final outcome in canine parvovirus infection. *Research in Veterinary Science*, **89**(2), 174-178.
- Li, H., Zhou, Y., Ma, Y., Han, S. & Zhou, L. (2017).** The prognostic value of the platelet-to-lymphocyte ratio in acute coronary syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Kardiologia Polska*, **75**(7), 666-673.
- Ling, M., Norris, J.M., Kelman, M. & Ward, M.P. (2012).** Risk factors for death from canine parvoviral related disease in Australia. *Veterinary Microbiology*, **158**, 280-290.
- Liu, Y., Zheng, J., Zhang, D. & Jing, L. (2019).** Neutrophil-lymphocyte ratio and plasma lactate predict 28-day mortality in patients with sepsis. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, **33**, e22942.
- McClure, V., van Schoor, M., Thompson, P.N., Kjelgaard-Hansen, M. & Goddard, A. (2013).** Evaluation of the use of serum C-reactive protein concentration to

- predict outcome in puppies infected with canine parvovirus. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **243**(3), 361-366.
- Mohr, A.J., Leisewitz, A.L., Jacobson, L.S., Steiner, J.M., Ruaux, C.G. & Williams, D.A. (2003).** Effect of early enteral nutrition on intestinal permeability, intestinal protein loss, and outcome in dogs with severe parvoviral enteritis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **17**, 791-798.
- Mylonakis, M.E., Kalli, I. & Rallis, T.S. (2016).** Canine parvoviral enteritis: an update on the clinical diagnosis, treatment, and prevention. *Veterinary Medicine*, **7**, 91-100.
- Naess, A., Nilssen, S.S., Mo, R., Eide, G.E. & Sjørnsen, H. (2017).** Role of neutrophil to lymphocyte and monocyte to lymphocyte ratios in the diagnosis of bacterial infection in patients with fever. *Infection*, **45**, 299-307.
- Neumann, S. (2021).** Neutrophil-to-lymphocyte and platelet-to-lymphocyte ratios in dogs and cats with acute pancreatitis. *Veterinary Clinical Pathology*, **50**(1), 45-45.
- Ni, J., Wang, H., Li, Y., Shu, Y. & Liu, Y. (2019).** Neutrophil to lymphocyte ratio (NLR) as a prognostic marker for in-hospital mortality of patients with sepsis: A secondary analysis based on a single-center, retrospective, cohort study. *Medicine*, **98**, e18029.
- O'Sullivan, G., Durham, P.J., Smith, J.R. & Campbell, R.S. (1984).** Experimentally induced severe canine parvoviral enteritis. *Australian Veterinary Journal*, **61**(1), 1-4.
- Otto, C.M., Drobatz, K.J. & Soter, C. (1997).** Endotoxemia and tumor necrosis factor activity in dogs with naturally occurring parvoviral enteritis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **11**(2), 65-70.
- Pekmezci, D. & Çakır, K. (2020).** Doğal parvovirus ile enfekte köpeklerde tedavi öncesi serum albuminin globuline oranının değerlendirilmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Dergisi*, **5**(2), 118-124.
- Pierini, A., Gori, E., Lippi, I., Ceccherini, G., Lubas, G. & Marchetti, V. (2019).** Neutrophil-to-lymphocyte ratio, nucleated red blood cells and erythrocyte abnormalities in canine systemic inflammatory response syndrome. *Research in Veterinary Science*, **126**, 150-154.
- Pierini, A., Gori, E., Lippi, I., Lubas, G. & Marchetti, V. (2020).** Are leukocyte and platelet abnormalities and complete blood count ratios potential prognostic markers in canine sepsis? *Frontiers in Veterinary Science*, **7**, 578846.
- Prittie, J. (2004).** Canine parvoviral enteritis: a review of diagnosis, management, and prevention. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **14**, 167-176.
- Rejec, A., Butinar, J., Gawor, J. & Petelin, M. (2017).** Evaluation of complete blood count indices (NLR, PLR, MPV/PLT, and PLCRi) in healthy dogs, dogs with periodontitis and dogs with oropharyngeal tumors as potential biomarkers of systemic inflammatory response. *Journal of Veterinary Dentistry*, **34**, 231-240.
- Rossi, S., Basso, M., Strippoli, A., Schinzari, G., D'Argento, E., Larocca, M., Cassano, A. & Barone, C. (2017).** Are markers of systemic inflammation good prognostic indicators in colorectal cancer? *Clin Colorectal Cancer*, **16**, 264-274.
- Schoeman, J.P. & Herrtage, M.E. (2008).** Serum thyrotropin, thyroxine and free thyroxine concentrations as predictors of mortality in critically ill puppies with parvovirus infection: a model for human paediatric critical illness? *Microbes and Infection*, **10**(2), 203-207.
- Schoeman, J.P., Goddard, A. & Herrtage, M.E. (2007).** Serum cortisol and thyroxine concentrations as predictors of death in critically ill puppies with parvoviral diarrhea. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **231**(10), 1534-1539.
- Schoeman, J.P., Goddard, A. & Leisewitz, A.L. (2013).** Biomarkers in canine parvovirus enteritis. *New Zealand Veterinary Journal*, **61**, 217-222.
- Shi, L., Qin, X., Wang, H., Xia, Y., Li, Y., Chen, X., Shang, L., Tai, Y.T., Feng, X., Acharya, P., Acharya, C., Xu, Y., Deng, S., Hao, M., Zou, D., Zhao, Y., Ru, K., Qiu, L. & An, G. (2017).** Elevated neutrophil-to-lymphocyte ratio and monocyte-to-lymphocyte ratio and decreased platelet-to-lymphocyte ratio are associated with poor prognosis in multiple myeloma. *Oncotarget*, **8**(12), 18792-18801.
- Smith-Carr, S., Macintire, D.K. & Swango, L.J. (1997).** Canine parvovirus. Part I. Pathogenesis and vaccination. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian*, **19**(2), 125-133.
- Summers, C., Rankin, S.M., Condliffe, A.M., Singh, N., Peters, A.M. & Chilvers, E.R. (2010).** Neutrophil kinetics in health and disease. *Trends in Immunology*, **31**(8), 318-324.
- Troia, R., Agnoli, C., Calipa, S., Segalina, S., Murgia, E., Gruarin, M., Dondi, F. & Giunti, M. (2017).** Evaluation of the delta neutrophil index from an automated blood cell analyser in septic dogs. *The Veterinary Journal*, **230**, 13-19.
- Wang, Y., Fuentes, H.E., Attar, B.M., Jaiswal, P. & Demetria, M. (2017).** Evaluation of the prognostic value of neutrophil to lymphocyte ratio in patients with hypertriglyceridemia-induced acute pancreatitis. *Pancreatology*, **17**(6), 893-897.
- Yao, C., Liu, X. & Tang, Z. (2017).** Prognostic role of neutrophil-lymphocyte ratio and platelet-lymphocyte ratio for hospital mortality in patients with AECOPD. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, **12**, 2285-2290.
- Yilmaz, Z. & Senturk, S. (2007).** Characterization of lipid profiles in dogs with parvoviral enteritis. *Journal of Small Animal Practice*, **48**, 643-650.
- Zhao, Z., Liu, H., Ding, K., Peng, C., Xue, Q., Yu, Z. & Xue, Y. (2016).** Occurrence of canine parvovirus in dogs from Henan province of China in 2009-2014. *BMC Veterinary Research*, **12**.



Evaluation of Persimmon (*Diospyros kaki*), Cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) and Blueberry (*Vaccinium arctostaphylos*) Fruits as a Natural Antioxidant Source¹

Aydın Aytaç GÜRDAL

Yalova University, Armutlu Vocational School, Department of Food Processing, Yalova, Turkey

Geliş/Received: 31.10.2021

Kabul/Accepted: 03.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Gürdal, A.A. (2021). Evaluation of Persimmon (*Diospyros kaki*), Cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) and Blueberry (*Vaccinium arctostaphylos*) Fruits as a Natural Antioxidant Source. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 592-598.

Atf yapmak için: Gürdal, A.A. (2021). Hurma (*Diospyros kaki*), Karayemiş (*Prunus laurocerasus*) ve Mavi Yemiş (*Vaccinium arctostaphylos*) Meyvelerinin Doğal Antioksidan Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 592-598.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-5034-1845>

***Corresponding author's:**

Aydın Aytaç GÜRDAL
Yalova University, Armutlu Vocational School,
Department of Food Processing, Yalova,
Turkey.
✉: aydinaytac.gurdal@yalova.edu.tr

Abstract: Antioxidants are substances that can delay or prevent the damage caused by oxygen in living environments, although they exist in low concentrations. Epidemiological studies report that an antioxidant-rich diet is beneficial and can have a great impact on disease prevention. For this reason, a lot of research should be done on natural antioxidants. For this purpose, persimmon (*Diospyros kaki*), cherry laurel (*Prunus laurocerasus*), blueberry (*Vaccinium arctostaphylos*) fruits are dried at 60°C and then mixed with ethanol (40°C), hot water (75°C) and warm water (40°C). were subjected to the extraction process and extracts were obtained at the rates of 2.5% and 5%. The DPPH method was used to determine the antioxidant effect. According to the results obtained, the highest antioxidant activity was determined in the hot water extract of the blueberry fruit (85.24%), and the lowest in the ethanol extract of the cherry laurel fruit (3.49%). It was observed that increasing the extract concentration (2.5% → 5%) slightly increased the antioxidant activity.

Keywords: Antioxidant, blueberry, cherry laurel, herbal extract, persimmon, ROS.

Hurma (*Diospyros kaki*), Karayemiş (*Prunus laurocerasus*) ve Mavi Yemiş (*Vaccinium arctostaphylos*) Meyvelerinin Doğal Antioksidan Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi

Öz: Canlı ortamlarda oksijenin sebep olduğu zararı düşük konsantrasyonda var olduğunda bile geciktirebilen ya da önleyen maddelere antioksidanlar denir. Epidemiyolojik çalışmalar antioksidanca zengin beslenmenin yararlı olduğunu ve hastalıkların önlenmesinde büyük bir etkisi olabileceğini bildirmektedir. Bu sebeple doğal antioksidanlar üzerine birçok araştırma yapılmalıdır. Bu çalışma Rize ve çevresinde yetişen hurma, karayemiş ve mavi yemiş meyvelerinin farklı yöntemler ile elde edilen ekstraktların antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla *Diospyros kaki* (hurma), karayemiş (*Prunus laurocerasus*) ve mavi yemiş (*Vaccinium arctostaphylos*) meyveleri 60°C'de kurutulduktan sonra etanol (40°C), sıcak su (75°C) ve ılık su (40°C) ile ekstraksiyon işlemine tabi tutulup %2,5 ve %5 oranlarında ekstraktlar elde edilmiştir. Antioksidan etkisinin belirlenmesinde DPPH yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre antioksidan aktivitesi en fazla mavi yemiş meyvesinin sıcak su ekstraktında (85,24), en düşük karayemiş meyvesinin etanol ile yapılan ekstraktında (%3,49) belirlenmiştir. Ekstrakt konsantrasyonunun artırılmasının (%2,5 → %5) az bir miktarda antioksidan aktiviteyi arttırdığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, bitkisel ekstrakt, hurma, karayemiş, mavi yemiş, ROS.

***Sorumlu yazar:**

Aydın Aytaç GÜRDAL
Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek
Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Yalova,
Türkiye.
✉: aydinaytac.gurdal@yalova.edu.tr

INTRODUCTION

Health expenditures of the countries increase as time progresses. With the development of technology, the habits of human beings are changing, and new products produced can have a negative impact on health. For this reason, states allocate resources for research on preventive and therapeutic issues (Okan et al., 2013).

Oxygen, which living things use to obtain energy, is an indispensable element for the continuation of life. In organisms where oxygen is used and energy is produced, reactive oxygen species called free radicals and reactive nitrogen species are produced. These high-energy atoms or molecules, which have one or more unpaired electrons in their outer orbitals, can easily react with substances such as lipids, proteins and nucleic acids in their environment and cause changes in their structure (Karabulut & Gülay, 2016b). Free radicals can be formed as a result of metabolism or can be taken from the outside. The presence of high levels of free radicals in the organism causes cell damage and various health problems. It is linked to many ailments such as gastrointestinal and cardiovascular diseases associated with free radicals, infertility, and respiratory and excretory disorders. In order to prevent these diseases, oxidant substances and antioxidant substances in the organism must be balanced.

Substances that can prevent cell damage and scavenge free radicals in the body are called antioxidants. Antioxidants, which can be produced by the living organism and taken from the outside through food, react quickly with free radicals and prevent the progression of the autoxidation/peroxidation reaction. Antioxidants, which play a role in neutralizing excess free radicals in the body and reducing their toxic effects, protect cells against toxic effects and strengthen the defense mechanism against diseases (Karabulut & Gülay, 2016a).

Phenolic compounds, which are secondary metabolites found naturally in plants and have antioxidant properties, are among the most important water-soluble antioxidants. It is high in vegetables and fruits. Antioxidant, antimicrobial and other pharmacological effects of phenolic components are utilized (Kobyta et al., 2019). Phenolic compounds are basically divided into two as phenolic acids and flavonoids. Phenolic compounds have started to be used as a natural antioxidant source in food development studies. Studies have shown that these compounds reduce the amount of cholesterol in the blood, have osteoporotic and anticarcinogenic effects, and inhibit unwanted bacterial infections (Meral et al., 2012; Karsli et al., 2021). Epidemiological studies have shown that consumption of phenolic antioxidants reduces the occurrence of cardiovascular diseases and some cancer types (Carpes et al., 2007; Cook & Samman, 1996).

As in the world and in Turkey, the tendency to eat plant foods rich in antioxidants and anthionines is increasing (Kaya et al., 2017; Scheerens, 2001). Considering the plant biodiversity of Turkey, it is obvious that it has a great source of antioxidants. The Eastern Black Sea region is one of the regions where this potential is highest (Okan et al., 2013).

Persimmon (*Diospyros kaki*), whose homeland is China, is an orange-colored fruit with its own unique color and odor, and its content is rich in antioxidants and phenolic compounds. In studies, it has been reported that it lowers cholesterol and blood pressure, strengthens the immune system, and has an important role in preventing diseases such as digestive problems and cancer (Chen et al., 1998; Gu et al., 2008; Kaya et al., 2017; Wright & Kader, 1997). *Laurocerasus officinalis* (cherry laurel) belongs to the Rosaceae (Rosaceae) family, grows in damp and shady areas and is evergreen, and is distributed in the provinces of Rize, Artvin, Trabzon, Giresun and Ordu (Anşın et al., 1994; Okan et al., 2013). Used in making jam, marmalade, fruit juice and liquor, cherry laurel leaves are also utilized by making tea (Okan et al., 2013). Thanks to many aromatic substances and phenolic acids in its structure, it is a good source of antioxidants (Okan et al., 2013; Orhan & Akkol, 2011). Blueberry (*Vaccinium spp.*), which grows naturally in the Eastern Black Sea region and is an important non-wood forest product, is known by different names in the region such as likapa, bearberry, tea currant and lifor. Even though this and many other non-wood forest products are used for many purposes in the Eastern Black Sea region, billions of Turkish lira are lost every year due to infrastructure deficiencies such as unconscious collecting, technological inadequacy in the processing of these plants, inability to make the necessary inventory and not keeping statistical records. Contrary to the land conditions of the region that are not suitable for industry, the use of herbal products will provide many economic, social and environmental contributions to the local people and will provide many benefits to the food industry as a natural antioxidant source (Okan et al., 2013).

In this study, it was aimed to determine the antioxidant capacity of persimmon, cherry laurel and blueberry fruits, which are widely grown in Rize and its surroundings, in order to use them as a food-based natural antioxidant source.

MATERIAL AND METHOD

Collection of Fruits and Extraction: Persimmon (*Diospyros kaki*, Figure 1), cherry laurel (*Laurocerasus officinalis*, Figure 2) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*,

Figure 3) fruits were collected during their ripening period in Rize / Turkey ($41^{\circ}08'92.9''N$; $40^{\circ}72'10.7''E$, Figure 4) and brought to the laboratory. The skin of the persimmon fruits was peeled off, the blueberry and cherry laurel fruits were used in their whole form. All fruits washed, cleaned of woody parts, seeds removed from persimmon and blueberries and all fruits were dried in an oven at $60^{\circ}C$ and turned into powder.



Figure 1a. Persimmon.



Figure 1b. Persimmon endocarps.



Figure 2. Cherry laurel



Figure 3. Blueberry.

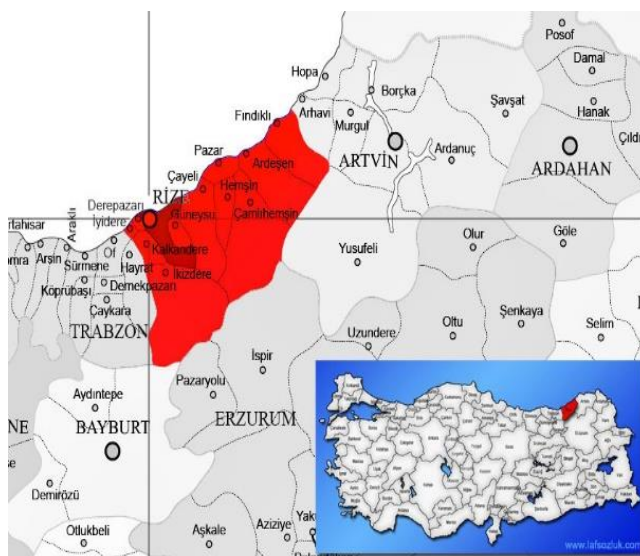


Figure 4. The region where the fruits used in the analysis were collected.

Herbal materials are pulverized in a laboratory type mill (waring blender 8011es) and turned into a solution using distilled water and ethanol (40°C), hot water (75°C) and warm water (40°C) at concentrations of 2.5% and 5%. Then, it was allowed to be extracted by shaking at 110rpm in a water bath for 24 hours. The extracts were filtered through coarse filter paper in the next step. The extract obtained with ethanol was kept in a water bath for 4 hours by adding the same amount of distilled water after evaporation of the ethanol in the rotary evaporator. The herbal extract was allowed to pass into the distilled water at the same rate as hot water and warm water.

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrihydrazil) Radical Scavenging Capacity Method: Antioxidant capacity of prepared herbal extracts was determined according to Brand-Williams et al., (1995) method. In this method, an antioxidant substance is added to the environment where the free radical is present, and a color change is observed as a result of the reversal of the DPPH radical formation reaction. DPPH antioxidant activity was determined as % inhibition by spectrophotometric measurement at 515nm wavelength according to the equation below.

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{\text{Control}} - A_{\text{Sample}} / A_{\text{Control}})] \times 100$$

A_{Control} = Absorbance of the control reaction
 A_{Sample} = For example Absorbance of the sample

RESULTS

In this study, extracts were obtained with 2 different concentrations (2.5% and 5%) and 3 different extract methods (ethanol, hot water and warm water) by using the fruit of 3 different plant species (persimmon, cherry laurel and blueberry). The antioxidant values of the obtained extracts are shown in Table 1.

Table 1. Antioxidant values of fruit extracts.

Plant	Concentration (%)	Solvent	Inhibition (%)
Persimmon	2.5	Ethanol	5.26
Persimmon	5	Ethanol	17.23
Persimmon	2.5	Hot water	8.81
Persimmon	5	Hot water	22.88
Persimmon	2.5	Warm water	4.91
Persimmon	5	Warm water	8.91
Cherry laurel	2.5	Ethanol	3.49
Cherry laurel	5	Ethanol	10.18
Cherry laurel	2.5	Hot water	19.33
Cherry laurel	5	Hot water	30.87
Cherry laurel	2.5	Warm water	12.37
Cherry laurel	5	Warm water	17.32
Blueberry	2.5	Ethanol	47.37
Blueberry	5	Ethanol	55.03
Blueberry	2.5	Hot water	83.26
Blueberry	5	Hot water	85.24
Blueberry	2.5	Warm water	38.25
Blueberry	5	Warm water	80.26

The highest and lowest antioxidant activity was found to be 85.24% in the hot water extract prepared at 5% concentration of blueberry fruit, and 3.49% at the 2.5% concentration of the ethanol extract prepared with cherry laurel fruit, respectively.

Antioxidant values of ethanol, hot water and warm water extracts of persimmon fruits are given in Figure 5. The highest antioxidant value was found in the hot water extract (22.88%) prepared at 5% concentration, and the lowest antioxidant value was found in the warm water extract prepared at 2.5% concentration. When the antioxidant activities of herbal extracts prepared with persimmon fruit are evaluated according to solvents, it is seen that the highest and lowest antioxidant activity is in hot water and warm water extract, respectively. When sorting according to the solvent type, it was seen that the % inhibition values were sorted as warm water>ethanol>hot water.

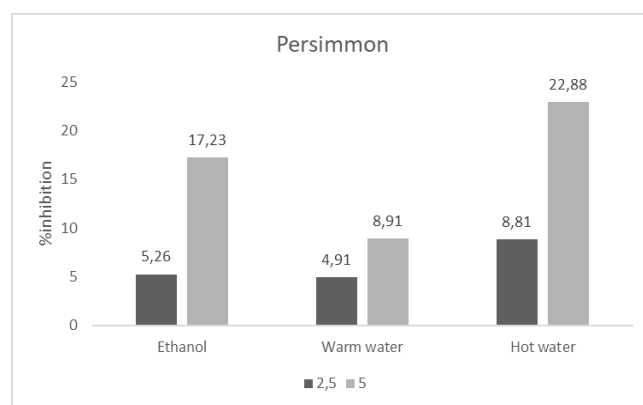


Figure 5. Antioxidant values of persimmon fruit (%).

Antioxidant values of ethanol, hot water and warm water extracts of cherry laurel fruit are given in Figure 6. The highest and lowest antioxidant values were found in hot water prepared with 5% concentration and ethanol extract prepared with 2.5%, respectively. It is seen that the antioxidant values are significantly affected by the solvent type, and the antioxidant activity of the extracts increased depending on the concentration. It was determined that antioxidant values of cherry laurel fruit were ranked as ethanol > warm water > hot water according to solvent type.

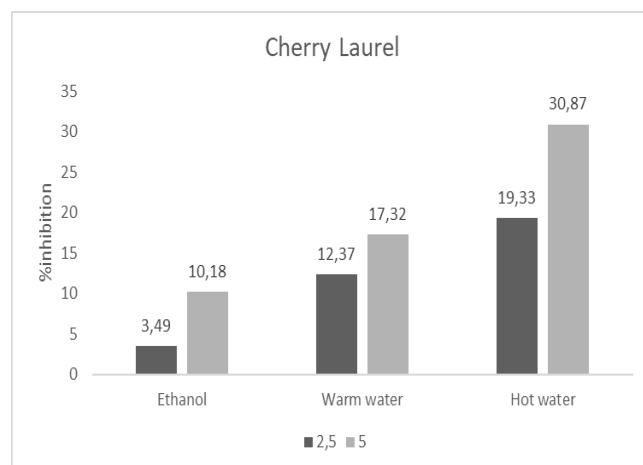


Figure 6. Antioxidant values of cherry laurel fruit (%).

Antioxidant values of ethanol, hot water and warm water extracts of blue berry fruit are given in Figure 7. The highest and lowest antioxidant values were found in hot water extract prepared with 5% and warm water extract with 2.5%, respectively. The antioxidant activity of the hot water and ethanol extracts from blue berry fruit were not affected by the extract concentrate, it while the antioxidant activity of the 5% warm water extract was approximately doubled compared to the 2.5% extract.

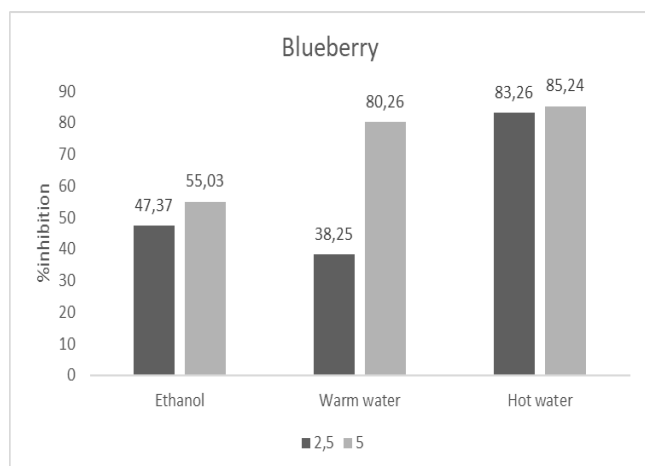


Figure 7. Antioxidant values of blueberry fruit (%).

The antioxidant values obtained in the study according to their concentrations is given in Table 1. It was observed that the highest antioxidant value in both concentrations was in the hot water extract of the blueberry fruit, and the doubling of the extract concentration (2.5% → 5%) did not significantly affect the %inhibition value except for the cherry laurel fruit. While the lowest %inhibition value was seen in cherry laurel fruit at a concentration of 2.5%, it was determined in persimmon fruit at a concentration of 5%. The highest %inhibition at 5% concentration was determined as blueberry fruit in all 3 solvent types. Considering the solvent type, it was determined that warm and hot water extracts exhibited higher %inhibition value than ethanol extracts.

Also, it was determined that the antioxidant activity value changed according to the fruit and solvent type and the highest %inhibition value in the persimmon fruit extract was in the extract made with hot water. If we look at the %inhibition order of the persimmon fruit according to the solvent type, it is seen that hot water > warm water > ethanol and %inhibition order of the cherry laurel fruit according to the solvent type, it is seen that it was hot water > warm water > ethanol and % inhibition order of the blueberry fruit according to the solvent type, it is seen that it was hot water > warm water > ethanol in Figure 8.

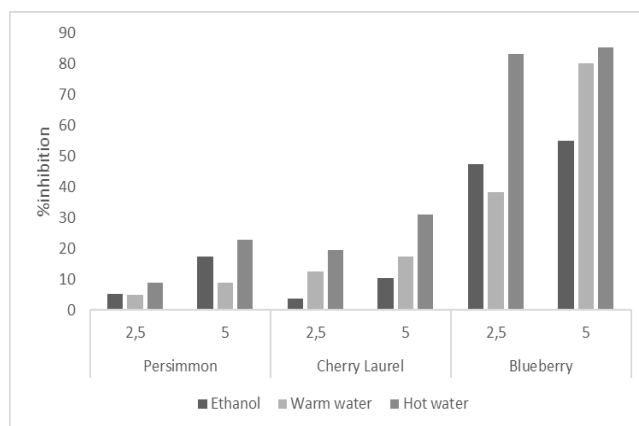


Figure 8. Antioxidant values according to solvent properties (%).

DISCUSSION

Considering the results obtained from the present study, the highest antioxidant activity was determined in the hot water extract (85.24%) of 5% concentration prepared with blueberry fruit, while the lowest antioxidant capacity was seen in the ethanol extract of the cherry laurel fruit. Sakanaka et al., (2005) prepared extracts with persimmon leaves using distilled water and methanol at 80°C and they reported that the pure water extract with a concentration of 0.1% had a higher inhibition value of more than 90% than the methanol extract. Jang et al., (2010) obtained 5% herbal extracts from different parts of the persimmon (core, sepal, peel and fleshy part) using different solvents (methanol, acetone, ethanol and water) and they stated that the extract prepared with water showed more antioxidant activity than methanol, ethanol and acetone extract with an inhibition value of 43.51%. Chen et al., (2008) determined the antioxidant capacity of 10% ethanol extracts prepared by using the skins of persimmon, grapes, apples and tomatoes fruits. According to their results, persimmon fruits showed more antioxidant properties than other fruits and they reported that grapes have more significant radical scavenging activities than regularly consumed grapes, apples and tomatoes due to their well-known and widely documented antioxidant properties. Akter et al., (2010) prepared extracts using acetone, methanol, ethanol and water in his study with persimmon kernels. Stated that the aqueous extract showed less antioxidant activity but had higher phenolic and flavonoid content, antioxidant activity is not related to phenolic and flavonoid content, and that antioxidant activity can sometimes change due to synergistic effects. When we look at the results obtained from in this study, it is seen that the % inhibition order of the persimmon fruit was warm water > ethanol > hot water and shows similar results with the studies in the literature. Karşlı, (2020) reported that the leaves and peel of the feijoa fruit grown in the Eastern Black Sea region can be used as a natural antibacterial and antioxidant source for functional foods. In

addition, Karşlı, (2020) stated that the antioxidant and antimicrobial effects of plants vary depending on various factors such as different parts of the plant, type of solvent, extract concentration and extraction method. The data obtained in our study also confirms these results, and it was determined that the antioxidant activity of the plants varies according to the extract concentration and solvent type.

According to the results obtained in the present study, the order of % inhibition values of cherry laurel extracts was determined as ethanol>warm water>hot water. Celik et al. (2020) prepared extracts of cherry laurel fruits with water and methanol at 2% concentration. They determined the antioxidant capacity of the extracts they prepared. They reported that the antioxidant activities of cherry laurel fruits made with methanol were higher. Celep et al., (2012) determined the antioxidant activity of cranberry, cherry laurel and persimmon fruits prepared using methanol at 80% concentration, they stated that the persimmon fruits showed the highest antioxidant activity and followed by cherry laurel fruits, and cranberry fruits. In general, cherry laurel fruits showed slightly higher antioxidant activity than persimmon fruits. It can be said that this difference was due to the fact that methanol dissolves substances with antioxidant properties better than ethanol and that antioxidant activity can be increased with the synergistic effect of phenolic and flavonoid substances. In this respect, the data of this study show similar results with the literature studies. Bilgin et al., (2011) determined the antioxidant activity of the blue berry fruits and leaves extracts prepared at 5% concentration of ethyl acetate, ethanol and water. They reported that the most suitable solvent was ethanol and blueberry have the potential to be used in industry. Ceylan et al., (2017) investigated antioxidant activity of blue berry (bilberry) leaves extracts prepared with acetone, ethanol, diethyl ether and water. And they reported that the antioxidant activity of extracts prepared from the dried samples showed higher antioxidant activity than the flesh ones. The highest activity was detected in the ethanol extract of dried samples. In this study, it was determined that ethanol extract of blue berry showed less antioxidant activity than hot water and warm water extracts. Many factors such as the drying temperatures of the obtained plants, the regions where they were collected, the time of harvest, the altitude above sea level and the soil structure in which they are grown can affect the amount and action mechanism of substances with antioxidant properties such as flavonoid and phenolic compounds can affect the antioxidant activity of the plant and fruit. The flavonoid and phenolic components found in plant sources can show their antioxidant properties alone, or they can come together to increase these capacities with a synergistic effect, and the polarity of the solvents that can be used in obtaining the substances with antioxidant

properties and the polarity of their concentrations may vary according to the source used. In addition, there was an opinion that the responses of these components to solvents may change due to the physiological structure of the plants. Bilgin et al., (2011) determined the antioxidant activity of the extracts they prepared with 5% concentration of ethyl acetate, ethanol and water obtained from blueberry fruits and leaves. According to their results, they reported that the most suitable solvent was ethanol, and that blueberry plants and fruits have the potential to be used in industry. Ceylan et al., (2017) used different antioxidant activity determination methods in blueberry leaf extracts made with acetone, ethanol, diethyl ether and water in their study and reported that the extract made in the wet state showed higher activity than the dried form. The highest activity was detected in the ethanol extract of dry leaves. In this study, it was determined that ethanol extract of blueberry fruit showed less antioxidant activity than hot water and warm water extract. Many factors such as the drying temperatures of the obtained plants, the regions where they were collected, the time of harvest, the altitude above sea level and the soil structure in which they are grown can affect the amount and mechanism of action of substances with antioxidant properties such as flavonoid and phenolic compounds. The flavonoid and phenolic components found in plant sources can show their antioxidant properties alone, or they can come together to increase these capacities with a synergistic effect, and the polarity of the solvents that can be used in obtaining the substances with antioxidant properties and the polarity of their concentrations may vary according to the source used. In addition, there was an opinion that the responses of these components to solvents may change due to the physiological structure of the plants.

CONCLUSION

In this study, it was seen that the use of hot water, one of the solvents used in the extraction of cherry laurel, persimmon and blueberry fruit, was more effective in terms of antioxidant capacity and the plant concentration did not affect the antioxidant capacity much in terms of efficiency, but increased the antioxidant values, albeit in a small amount. These results show that such extract applications are practical and applicable for industrial use. However, in order to determine the synergistic effect capacities of the substances/extracts to be obtained, it is important and similar studies should be studied more specifically and directly on the active substance. In addition, the high antioxidant activity results from aqueous extracts in this study revealed important results in terms of these products being more natural, environmentally friendly, free of chemical additives and ease of use in the industry.

REFERENCES

- Akter, M.S., Ahmed, M. & Eun, J.B. (2010).** Solvent effects on antioxidant properties of persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Daebong) seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, **45**(11), 2258-2264. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2010.02400.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02400.x)
- Anşın, R., Okatan, A. & Özkan, Z. (1994).** Woody and herbaceous plants of the Eastern Black Sea Region that are important by-products. TUBİTAK, Project number: TOAG-903, Final Report (s 173).
- Bilgin, S., Alım, E. & Çelikleş, Ö. Y. (2011).** Some Fruit and Seed Characteristics of Shepherd's Grape (*Vaccinium myrtillus* L.) Growing in Kaz Mountains. *International Symposium on Kazdağları (Mount Ida) and Edremit, Turkey*, pp.109-118
- 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)
- Carpes, S.T., Begnini, R., Alencar, S.M.d. & Masson, M.L. (2007).** Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência E Agrotecnologia*, **31**(6), 1818-1825. DOI: [10.1590/S1413-70542007000600032](https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600032)
- Celep, E., Aydın, A. & Yesilada, E. (2012).** A comparative study on the in vitro antioxidant potentials of three edible fruits: cornelian cherry, Japanese persimmon and cherry laurel. *Food and Chemical Toxicology*, **50**(9), 3329-3335. DOI: [10.1016/j.fct.2012.06.010](https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.06.010)
- Celik, O.F., Demirkol, M., Durmus, Y. & Tarakci, Z. (2020).** Effects of drying method on the phenolics content and antioxidant activities of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, **14**(1), 48-54.
- Ceylan, Ş., Saral, Ö., Özcan, M. & Harşit, B. (2017).** Determination of antioxidant and antimicrobial activities of likapa (*Vaccinium myrtillus* L.) in different solvent extracts. *Artvin Çoruh University Journal of Forestry Faculty*, **18**(1), 21-27.
- Chen, X., Fan, J., Yue, X., Wu, X. & Li, L. (2008).** Radical scavenging activity and phenolic compounds in persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Mopan). *Journal of Food Science*, **73**(1), C24-C28. DOI: [10.1111/j.1750-3841.2007.00587.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00587.x)
- Chen, Z., Zhang, Z., Kwan, K., Zhu, M., Ho, W. & Huang, Y. (1998).** Endothelium-dependent relaxation induced by hawthorn extract in rat mesenteric artery. *Life Sciences*, **63**(22), 1983-1991. DOI: [10.1016/S0024-3205\(98\)00476-7](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(98)00476-7)
- Cook, N.C. & Samman, S. (1996).** Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, **7**(2), 66-76. DOI: [10.1016/S0955-2863\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9)
- Gu, H.F., Li, C.M., Xu, Y.J., Hu, W.F., Chen, M.H. & Wan, Q.H. (2008).** Structural features and antioxidant activity of tannin from persimmon pulp. *Food Research International*, **41**(2), 208-217. DOI: [10.1016/j.foodres.2007.11.011](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.11.011)
- Jang, I.-C., Jo, E.-K., Bae, M.-S., Lee, H.-J., Jeon, G.-I., Park, E. & Lee, S.-C. (2010).** Antioxidant and antigenotoxic activities of different parts of persimmon (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) fruit. *Journal of Medicinal Plants Research*, **4**(2), 155-160. DOI: [10.5897/JMPR.9000204](https://doi.org/10.5897/JMPR.9000204)
- Karabulut, H. & Gülay, M.Ş. (2016a).** Antioxidants. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Faculty of Veterinary Medicine*, **1**(1), 65-76.
- Karabulut, H. & Gülay, M.Ş. (2016b).** Free radicals. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute*, **4**(1), 50-59.
- Karlı, B. (2020).** Antibacterial and antioxidant activity of pulp, peel and leaves of Feijoa sellowiana: Effect of extraction techniques, solvents and concentration. *Food and Health*, **7**(1), 21-30. DOI: [10.3153/FH21003](https://doi.org/10.3153/FH21003)
- Karsli, B., Caglak, E. & Kilic, Ö. (2021).** Application of black cumin and green tea extracts and oils for microbiological, physicochemical, textural and sensorial quality of vacuum packaged rainbow trout fillets stored at 2±1°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **30**(3), 271-282. DOI: [10.1080/10498850.2021.1880511](https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1880511)
- Kaya, C., Yücel, E.E., Bayram, M., Meşe, C., Aybakan, E., Gökgöz, G. & Sözer, T.T. (2017).** A study on the production of traditional mixed fruit marmalade based on Persimmon (*Diospyros kaki* L.). *Atatürk University Journal of the Faculty of Agriculture*, **47**(2), 107-112.
- Kobyay, O., Çağlak, E. & Kara, B. (2019)** Comparison of antioxidant and antimicrobial effects of extracts obtained by drying olive leaves (*Olea europaea* L.) collected from Balıkesir-Ayvalık and Trabzon-Çarşamba by different methods. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **4**(2), 257-262. DOI: [10.35229/jaes.584408](https://doi.org/10.35229/jaes.584408)
- Meral, R., Doğan, İ.S. & Kanberoğlu, G.S. (2012).** Antioxidants as a functional food ingredient. *Iğdır University Journal of the Institute of Science*, **2**(2), 45-50.
- Okan, O.T., Varlıbaş, H., Öz, M. & Deniz, İ. (2013).** Antioxidant Analysis Methods and Some Non-Wood Herbal Products That Can Be Used as Antioxidant Sources in the Eastern Black Sea Region. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, **13**(1).
- Orhan, I.E. & Akkol, E.K. (2011).** Estimation of neuroprotective effects of *Laurocerasus officinalis* Roem.(cherry laurel) by in vitro methods. *Food Research International*, **44**(3), 818-822. DOI: [10.1016/j.foodres.2011.01.037](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.037)
- Sakanaka, S., Tachibana, Y. & Okada, Y. (2005).** Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoha-cha). *Food Chemistry*, **89**(4), 569-575. DOI: [10.1016/j.foodchem.2004.03.013](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.013)
- Scheerens, J.C. (2001).** Phytochemicals and the consumer: factors affecting fruit and vegetable consumption and the potential for increasing small fruit in the diet. *Hort Technology*, **11**(4), 547-556. DOI: [10.21273/HORTTECH.11.4.547](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.11.4.547)
- Wright, K.P. & Kader, A.A. (1997).** Effect of controlled-atmosphere storage on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. *Postharvest Biology and Technology*, **10**(1), 89-97. DOI: [10.1016/S0925-5214\(96\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)00062-2)



İnsan ve Koyun Femur Kemığının Mekanik Özelliklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Karşılaştırılması

Yılmaz GÜVERCİN¹ Murat YAYLACI^{2*}

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Rize, Türkiye

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 05.06.2021

Kabul/Accepted: 08.08.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Güvercin, Y. & Yaylacı, M. (2021). İnsan ve Koyun Femur Kemığının Mekanik Özelliklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Karşılaştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 599-603.

How to cite: Güvercin, Y. & Yaylacı, M. (2021). Comparison of Mechanical Properties of Human and Sheep Femoral Bone by Finite Element Method. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 599-603.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-0407-1685>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1861-2083>

***Sorumlu yazarın:**

Murat YAYLACI
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye
✉: murat.yaylaci@erdogan.edu.tr

Öz: İnsan ve hayvan sağlığı araştırmalarında sonlu elemanlar yöntemi (SEY) kullanılarak gerçekleştirilen analiz çalışmaları, bilgisayar teknolojisinin de gelişmesiyle birlikte önem kazanmıştır. SEY analiz çalışmaları fare, köpek, tavşan, domuz, at ve koyun gibi hayvanlarda yapılmaktadır. Bu hayvanlarda bulunan kemiklerin modelleme çalışmaları büyük hayvanlarda yapılması daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu çalışmanın amacı, insan ve koyun femurlarının katı modellemelerinin oluşturulup, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bir paket program yardımıyla gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Analizler sonucunda koyun femurundaki mekanik değerlerin insan femurundakilere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Department of Orthopaed & Traumatol

Anahtar kelimeler: Femur, koyun, sonlu elemanlar yöntemi.

Comparison of Mechanical Properties of Human and Sheep Femoral Bone by Finite Element Method

***Corresponding author's:**

Murat YAYLACI
Recep Tayyip Erdoğan University,
Department of Civil Engineering, Rize,
Turkey
✉: murat.yaylaci@erdogan.edu.tr

Abstract: Analysis studies using the finite element method (FEM) in human and animal health research have gained importance with the development of computer technology. FEM analysis studies are performed on animals such as mice, dogs, rabbits, pigs, horses and sheep. Modeling studies of the bones found in these animals give more accurate results in large animals. The aim of this study is to create solid models of human and sheep femurs and compare the stress, strain and deformation values with the help of a package program using the finite element method. As a result of the analyzes, it was determined that the mechanical values in the sheep femur were lower than those in the human femur.

Keywords: Femur, finite element method, sheep.

GİRİŞ

Bilimsel araştırmalarda hayvan modellerinin kullanılması hem hayvan hem de insan sağlığı açısından önemli bir adımdır. Özellikle koyun kemikleri çeşitli biyomedikal araştırma alanlarında tercih edilen en uygun hayvan modelleridir. (Hettwer vd., 2019; Shea vd., 2002). Bunun sebebi koyun femurunun kortikal ve spongios kemik içermesi, yapısının kısmen insana benzemesi, ucuz olması ve kolay elde edilir olmasıdır. İnsan femuru vücudun en uzun ve kuvvetli kemiğidir. Uzunluğu insan boyunun

yaklaşık %25'i kadardır. İnsan femuru öne doğru hafif eğrilik gösterir ve alt ucu üst uca nazaran biraz daha arkada bulunur. Femur boynu ile femur cisimi arasında yetişkinlerde 123°-137°'lik bir açı vardır. Buna femur boynu açısı denir. Femur boynunun aksı ile femur cisminin aksı arasında 3°-17°'lik öne (anteversiyon) açılması mevcuttur (Atik vd., 2012). Buna karşın ölçtüğümüz koyun femurunda femur boynu kısa, trokhander majör daha uzun, femur korteksi daha kalındır.

Koyunların mandibula, femur tibia, maksiller sinus gibi organları bilimsel biyomekanik araştırmalar için kullanılmıştır (Newman vd., 1995; Lucchini vd., 1996; Chappard vd., 1999, Oheim vd., 2012). Koyun femuru kullanılarak yapılmış çeşitli çalışmalar kemik greftinin değerlendirmesi (Hettwer vd., 2019), serotoninin kemik etkileri (Jin vd., 2019), hormonal analizler (Ding vd., 2012), kemik kanlanması değerlendirilmesi (Shea vd., 2002), implant uygulamaları (Mayr vd., 2002) gibi örnekler verilebilir. Yaptığımız literatür araştırmalarında koyun femuru ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmasına rağmen mekanik özelliklerinden bahseden çalışmalara az rastlanılmıştır (Bergmann vd., 1999, Brennan vd., 2009, Gujar ve Warhatkar, 2020).

Sonlu elemanlar yöntemiyle gerçekleştirilen analizler, herhangi bir geometrik modelin farklı yükler ve gerilmeler altında bilgisayar ortamında değerlendirmesine imkân sağlar. Bu yöntemin canlı dokuda yapılan deneyi doğrulayabilmek ve doku veya organ varyasyonlarında sayısal ölçüm yapabilmek gibi kullanım avantajları vardır. Son yıllarda, üç boyutlu yapısal mekaniği inceleyebilme olanağı nedeniyle araştırmacıların sonlu elemanlar yöntemine ilgisi gittikçe artmaktadır. İskelet sistemindeki kas, tendon, kemik, kıkırdak gibi sert veya yumuşak dokuların SEY incelenmesi yapılabilmektedir (Han vd., 2020; Vetter vd., 2010; Mazoochian vd., 2012; Freutel vd., 2014).

Biyomekanik ilkeler, insan ve koyun femur mevcut tasarımlarının değerlendirilmesine ve modellenmesine yardımcı olur. SEY, gerçekleştirilen analiz sırasında kemik üzerinde oluşacak gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon miktarlarının tahmin edilmesi ve değerlendirilmesi için mühendislik alanından kemik mekaniğine uyarlanmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi, incelenen femurun karmaşık biyomekaniklerini açıklayan ve sayısal sonuçlar veren bir yöntemdir.

Model olarak koyun seçmekteki amacımız deneysel kemik ve kıkırdak çalışmalarının daha çok koyun femuru üzerinde yapılmasıdır. Literatürde koyun femurunun mekanik özelliklerinden bahseden birkaç çalışma olmasına rağmen (Bergmann vd., 1999) insan ve koyun femuru arasında mekanik özellikler açısından karşılaştırılmalı bir çalışma görülmemektedir. Bu

kapsamda bu çalışmada insan ve koyun femuru için analizler yapılmış ve elde edilen gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçları uygulamada yol gösterici olacaktır.

MATERYAL VE METOT

Gelişen bilgisayar teknolojisiyle birlikte, paket programlar yardımıyla yapılan analizlerde daha hızlı ve gerçeğe yakın çözümler elde edilmektedir. Bu paket programların çalışma prensibi sonlu elemanlar yöntemine dayanmaktadır. Yapılan bu çalışmada SolidWorks (2018) programında, koyun ve insan femur kemiklerinin katı modellemeleri oluşturularak ANSYS Workbench (2016) programına aktarılmasıyla sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir.

Femur kemiklerine ait geometriler bilgisayarlı tomografi ile görüntülenen kemik dokuların SolidWorks programıyla daha basite indirgenerek katı cisme dönüştürülmesi ile elde edilmiştir. Solidworks yazılımında katı modeli oluşturulan koyun ve insan femurları Şekil 1'de de görüldüğü gibi ANSYS Workbench programına analiz işlemi için aktarılmıştır.



Şekil 1. Geometrilerin ANSYS Workbench yazılımına alınması.
Figure 1. Importing geometries into ANSYS Workbench software.

Analizi gerçekleştirmek için sisteme girilmesi gereken veriler programa tanıtılmıştır. Femurlar için kullanılan malzeme özellikleri literatürden alınmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan veriler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Malzeme özellikleri.

Table 1. Material properties.

Kaynak	Femur	Yoğunluk (g/cm^3)	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Vetter vd., 2011)	Koyun	1,475	11000	0,30
Tu vd., 2009	İnsan	2,1	17000	0,35

Yapılan ağ optimizasyonu çalışması sonucunda analiz için optimum ağ eleman boyutu seçilmiştir. Ağ eleman boyutu 4 mm' den 2 mm' ye kadar değiştirilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Ağ eleman boyutu 4 mm' lik ilk yapıdan 2 mm' ye yaklaştıkça gerilmeler değişmektedir.

Ağ boyutunun 2 mm' den daha küçük olması durumunda sonuçlarda önemli ölçüde bir değişiklik meydana gelmemektedir. Bu nedenle bu çalışmadaki tüm modellerin analizi için 2 mm ağ boyutu uygulanmıştır. Femur modellerinin ağ yapıları oluşturulduktan sonra eleman ve

düğüm noktaları sayıları Tablo 2’de ve ağ görüntüsü Şekil 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Eleman ve düğüm noktası sayısı.

Table 2. Number of elements and nodes.

Model	Eleman sayısı	Düğüm noktası sayısı
İnsan Femuru	103669	60067
Koyun Femuru	102602	59867

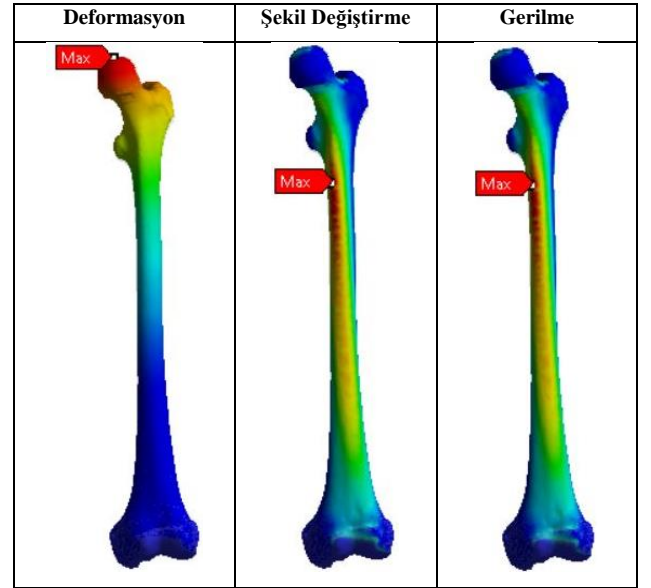


Şekil 2. Üç boyutlu modelin ağ yapısı.
Figure 2. Mesh structure of the three-dimensional model.

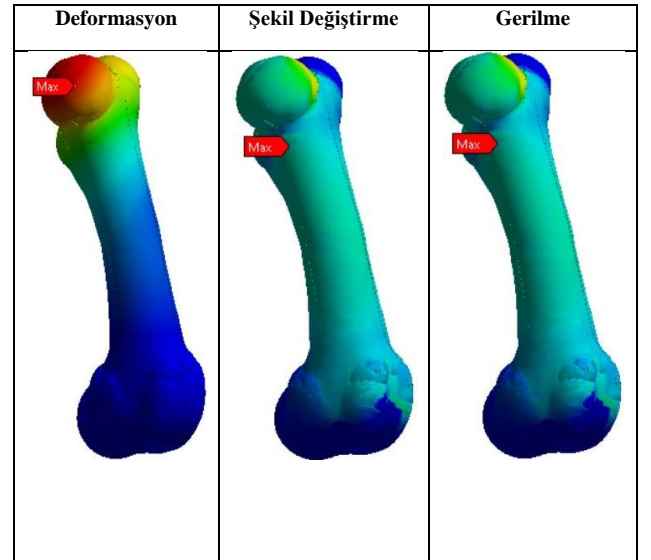
Sınır şartları ve yüklemeler Vetter vd., (2011) ile Dhanopia ve Bhargava, (2017) çalışmalarında belirtilen değerler kullanılmıştır. Malzeme özellikleri, sınır şartları, yüklemeler gibi gerekli olan tüm veriler ANSYS Workbench yazılımında tanımlanmasının ardından statik yapısal analizler tamamlanmış ve elde edilen sonuçlar bulgular kısmında anlatılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada insan ve koyun femurunun her bölgesinde gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerlerini elde etmek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Tüm modellerde materyal olarak insan ve koyun femuruna ait malzeme özellikleri kullanılmıştır. İnsan ve koyun femuru için analiz sonuçlarının gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon görüntüleri ve sayısal değerleri Şekil 3-4 ve Tablo 3’te gösterilmiştir. Verilere göre en yüksek gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerleri koyun femurunda tespit edilmiştir. İnsan femuru değerlerinin gerilme için 19,719 MPa, şekil değiştirme için $11,602 \cdot 10^{-4}$ ve deformasyon için 3,8052 mm olduğu görülmektedir. Koyun femuru değerleri ise gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerleri sırasıyla 1,9438 MPa, $1,7936 \cdot 10^{-4}$ ve 0,031382 mm’dir. Maksimum değerler dikkate alındığında insan ve koyun femuru değerleri arasında yaklaşık 10 kat fark bulunmaktadır.



Şekil 3. İnsan femur sonuçları.
Figure 3. Human femur results.



Şekil 4. Koyun femur sonuçları.
Figure 4. Sheep femur results.

Tablo 3. İnsan ve koyun femurundaki en büyük değerler.
Table 3. The maximum values in human and sheep femur.

Model	Deformasyon (mm)	Şekil Değiştirme (10^{-4})	Gerilme (MPa)
İnsan Femuru	3,8052	11,602	19,719
Koyun Femuru	0,031382	1,7936	1,9438

SONUÇ

Koyun femuru ortopedik araştırmalar için yaygın olarak kullanılan bir kemiktir. Bu SEY çalışmasında insan ve koyun femurlarına hareketsiz durumda uygulanan sırasıyla 750 N ve 550 N yükleme altında femurlarda oluşacak gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerlerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Sayısal sonuçlar ele alındığında koyun femurunda oluşan mekanik değerler daha düşüktür. Literatürde, her iki femuru belirli bir yük altında SEY ile analiz eden karşılaştırmalı çalışma bulunmamaktadır.

Koyunlar, insan modelleriyle ve diğer hayvan modelleriyle uzun kemik boyutları, yükleme yönü, temas basıncı ve implant kullanım elverişliliği gibi nedenlerle kıyaslanabilir. Özellikle ortopedik çalışmalar için uygun bir modeldir (Simpson vd., 2016). Yapılan bazı çalışmalar incelendiğinde kemik oranı, boyut ve mikro yapısı bakımından insan ve koyun arasında birçok benzerlik olduğu görülmektedir (Lill vd., 2003; Turner vd., 2002). Fakat koyun femuru bazı yapısal özellikleri nedeniyle insan femurundan ayrılır. Bunlar trokhander majörün daha geniş ve yüksek olması, femur boynunun daha kısa olması, femur başının daha küçük olması, femur shaftının korteksinin ince olması ve koyun arka bacağına binen yük aksının değişik olması gibi durumlardır (Crocker vd., 2009). Küçük hayvan (fare, tavşan) modellerinin ise küçük iskelet boyutları, insana sınırlı benzeyen kemik yapıları ve sınırlı yaşam beklentileri gibi durumları olduğundan dolayı çalışmamız büyük hayvan modelinde yapılmıştır (Komori, 2015).

SEY' e dayalı paket programlar yardımıyla yapılan analizlerde, yapısal model üç boyutlu olarak değerlendirildiğinden araştırmacılara avantaj sağlamaktadır. Bu tarz sayısal analizler, deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçları kontrol edebildiği için, insan ve hayvanlarda iskelet sistemi araştırmalarında da yaygın olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptirler (Ohyama vd., 2017).

Yapılan bu çalışmada geometrisi modellenen insan ve koyun femurlarının literatüre dayanarak malzeme özellikleri ve yükleme koşulları tanımlanmıştır. Karşılaştırma kriterleri olarak malzeme özellikleri, femurların geometrik yapısı ve yükleme koşulları dikkate alınmıştır.

Her iki modelde de femur başı en çok deforme olan bölgedir. Yükleme değerleri birbirine yakın olmasına rağmen insan femur başının 10 kat daha fazla deformasyona uğradığı görülmektedir. Bu durum her iki modelin femur başının biyomekanik açıdan kıyaslama çalışmalarında göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Femurların geometrik yapısı, malzeme özellikleri ve yükleme koşulları deformasyon farkına neden olacaktır. Koyun femurunda oluşan deformasyonun düşük olmasının temel nedeni ise 4 ekstremiteyi kullandığı için gelen yük daha az olması olarak ifade edilebilir. Koyun modeli kullanılarak femur boynuna uygulanan osteotomi çalışmaları ya da implant çalışmalarında, deformasyon düşük değerlerde olacak ve insan uygulamalarında yanılıya neden olacaktır.

Gerilme ve şekil değiştirme değerleri, insan femurunun geometrik yapısı nedeniyle femur shaftının orta-proksimalinde medial kortekste maksimum değerlere ulaşmıştır. Koyun femurunda ise maksimum değerlerin, femur boyunun hemen altında medial kortekste olduğu

görülmektedir. Yapılan implant çalışmalarında özellikle femoral stem yerleşim kıyaslamalarında medial kortekste insanda daha fazla gerilme ve şekil değiştirme meydana gelebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- ANSYS 16.0, (2016).** Swanson Analysis Systems Inc., Houston PA, USA.
- Atik, F., Özkan, A. & Uygur İ. (2012).** İnsan uyluk kemiği ve kalça protezinin gerilme ve deplasman davranışının kıyaslanması. *Sakarya University Journal of Science*, **16**(3), 249-253.
- Bergmann, G., Graichen, F. & Rohlmann, A. (1999).** Hip joint forces in sheep. *J Biomech.*, **32**(8), 769-777. DOI: [10.1016/s0021-9290\(99\)00068-8](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(99)00068-8)
- Brennan, O., Kennedy, O.D., Lee, T.C., Rackard, S.M. & O'Brien, F.J. (2009).** Biomechanical properties across trabeculae from the proximal femur of normal and ovariectomised sheep. *J Biomech.*, **42**(4), 498-503. DOI: [10.1016/j.jbiomech.2008.11.032](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.11.032)
- Chappard, D., Aguado, E., Huré, G., Grizon, F. & Basle, M.F. (1999).** The early remodeling phases around titanium implants: a histomorphometric assessment of bone quality in a 3- and 6-month study in sheep. *Int. J. Oral Maxillofac Implants*, **14**(2), 189-196.
- Crocker, S.L., Clement, J.G. & Donlon, D. (2009).** A comparison of cortical bone thickness in the femoral midshaft of humans and two non-human mammals. *Homo.* **60**(6), 551-65. DOI: [10.1016/j.jchb.2009.07.003](https://doi.org/10.1016/j.jchb.2009.07.003)
- Ding, M., Danielsen, C.C. & Overgaard, S. (2012).** The effects of glucocorticoid on microarchitecture, collagen, mineral and mechanical properties of sheep femur cortical bone. *J. Tissue Eng. Regen Med.*, **6**(6), 443-50. DOI: [10.1002/term.448](https://doi.org/10.1002/term.448)
- Freutel, M., Schmidt, H., Dürselen, L., Ignatius, A. & Galbusera, F. (2014).** Finite element modeling of soft tissues: material models, tissue interaction and challenges. *Clinical Biomechanics*, **29**(4), 363-72. DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2014.01.006](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.01.006)
- Gujar, R.A., & Warhatkar, H.N. (2020).** Estimation of mass apparent density and Young's modulus of femoral neck-head region. *Journal of Medical Engineering & Technology*, **44**(7), 378-388. DOI: [10.1080/03091902.2020.1799093](https://doi.org/10.1080/03091902.2020.1799093)
- Han, P.F., Zhang, R., Gao, Y.Y., Li, P., Wei, X.C. & Lv, Z. (2020).** Mini Domuz ve Koyun Diz Eklemlerinin 3 Boyutlu Geometrik Modellerinin Sonlu Elemanlar Analizi Kullanılarak Oluşturulması ve Simülasyonu. *Med. Sci. Monit.*, **26**, 1-12. DOI: [10.12659/MSM.921540](https://doi.org/10.12659/MSM.921540)
- Hettwer, W., Horstmann, P.F., Bischoff, S., Güllmar, D., Reichenbach, J.R., Poh, P.S.P., van Griensven, M., Gras, F. & Diefenbeck, M. (2019).** Establishment and effects of allograft and synthetic bone graft substitute treatment of a critical size metaphyseal bone defect model in the

- sheep femur. *APMIS*, *127*(2), 53-63. DOI: [10.1111/apm.12918](https://doi.org/10.1111/apm.12918)
- Jin, L., Sun, H., Dan, S., Li, S., Zhang, C., Zhang, C., Ren, X., Shan, D. & Ling, S. (2019).** Serotonin regulates maternal calcium homeostasis during the perinatal period of sheep. *J Anim Sci.*, *97*(12), 5009-5015. DOI: [10.1093/jas/skz346](https://doi.org/10.1093/jas/skz346)
- Komori, T. (2015).** Animal models for osteoporosis. *Eur J Pharmacol*, *759*, 287-294.
- Lill, C.A., Hessein, J., Schlegel, U., Eckhardt, C., Goldhahn, J. & Schneider, E. (2003).** Biomechanical evaluation of healing in a non-critical defect in a large animal model of osteoporosis. *J. Orthop. Res.*, *21*, 836-842.
- Lucchini, J.P., Aurelle, J.L., Therin, M., Donath, K. & Becker, W. (1996).** A pilot study comparing screw-shaped implants. Surface analysis and histologic evaluation of bone healing. *Clin. Oral Implants Res.*, *7*(4), 397-404. DOI: [10.1034/j.1600-0501.1996.070414.x](https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.1996.070414.x)
- Mayr, H.O., Suedkamp, N.P., Hammer, T., Hein, W., Hube, R., Roth, P.V. & Bernstein, A. (2015).** β -Tricalcium phosphate for bone replacement: stability and integration in sheep. *Journal of Biomechanics*, *48*(6), 1023-1031. DOI: [10.1016/j.jbiomech.2015.01.040](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.01.040)
- Mazoochian, F., Hölzer, A., Jalali, J., Schmidutz, F., Schröder, C., Woiczinski, M., Maierl, J., Augat, P. & Jansson, V. (2012).** Finite element analysis of the ovine hip: development, results and comparison with the human hip. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, *25*(4), 301-316. DOI: [10.3415/VCOT-11-09-0132](https://doi.org/10.3415/VCOT-11-09-0132)
- Newman, E., Turner, A.S., & Wark, J.D. (1995).** The potential of sheep for the study of osteopenia: current status and comparison with other animal models. *Bone*, *16*, 277-284. DOI: [10.1016/8756-3282\(95\)00026-a](https://doi.org/10.1016/8756-3282(95)00026-a)
- Oheim, R., Amling, M., Ignatius, A. & Pogoda, P. (2012).** Large animal model for osteoporosis in humans: the ewe. *Eur. Cells Mater.*, *24*, 372-385.
- Ohyama, T., Yasuda, H., Shibuya, N., Tadokoro, S., Nakabayashi, S., Namaki, S., Hara, Y., Ogawa, T. & Ishigami, T. (2017).** Three-dimensional finite element analysis of the effects of implant diameter and photofunctionalization on peri-implant stress. *Journal of Oral Science*, *59*(2), 273-278. DOI: [10.2334/josnusd.16-0144](https://doi.org/10.2334/josnusd.16-0144)
- Shea, J.E., Hallows, R.K., Ricks, S. & Bloebaum, R.D. (2002).** Microvascularization of the hypermineralized calcified fibrocartilage and cortical bone in the sheep proximal femur. *Anat. Rec.*, *268*(4), 365-370. DOI: [10.1002/ar.10173](https://doi.org/10.1002/ar.10173)
- Simpson, A.H. & Murray, I.R. (2016).** Main differences in osteoporotic fracture models: which should I use? *Injury*, *47*, 15-20.
- Solidworks. (2018).** Dassault Systèmes Solidworks Corporation. Waltham MA, USA.
- Tu, Y.K., Liu, Y.Ç., Yang, W.J., Chen, L.W., Hong, Y.Y., Chen, Y.C. & Lin, L.C. (2009).** Temperature rise simulation during a kirschner pin drilling in bone. *Bioinformatics and Biomedical Engineering*, ICBBE 2009 3rd International Conference on. Beijing 2009, p. 1-4.
- Turner, A.S. (2002).** The sheep as a model for osteoporosis in humans. *Vet. J.*, *163*, 232-239.
- Vetter, A., Liu, Y., Witt, F., Manjubala, I., Sander, O., Epari, D.R., Fratzl, P., Duda, G.N. & Weinkamer, R. (2011).** The mechanical heterogeneity of the hard callus influences local tissue strains during bone healing: A finite element study based on sheep experiments. *Journal of Biomechanics*, *44*, 517-523.



Akuakültürde Probiyotikler

Yağmur YILDIRIM* Kadir Serdar DİKER

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Aydın

Geliş Tarihi: 08.10.2021

Kabul Tarihi: 08.12.2021

Basım Tarihi: 31.12.2021

Atf yapmak için: Yıldırım, Y. & Diker, K.S. (2021). Akuakültürde Probiyotikler. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 6(4), 604-613.

How to cite: Yıldırım, Y. & Diker, K.S. (2021). Probiotics in Aquaculture. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 604-613.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-4727-2164>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-2150-5553>

***Sorumlu yazarın:**

Yağmur YILDIRIM
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim
Dalı, Aydın, Türkiye
✉: yagmuryildirim1996@gmail.com

Öz: Ülkemizde ve dünya genelinde su ürünlerine karşı talep gittikçe artmaktadır. Su ürünlerinin tüketiminin artması sucul canlılarda bakteriyel, paraziter, viral ve fungal hastalıkların artışını da beraberinde getirmektedir. Akuakültürde hastalıklara karşı kullanılan geniş spektrumlu antibiyotiklerin yaygın kullanımı zamanla antibiyotik direncine neden olmaktadır. Bu direnç nedeniyle mikrobiyal hastalıkların tedavisinde alternatif yollar aranmaktadır ve bunların en önemlilerinden biri probiyotiklerdir. Probiyotiklerin büyüme performansını geliştirme, yem kullanımını artırma, patojenlere karşı immün yanıtı güçlendirme, hastalıklara karşı direnci artırma, su kalitesini iyileştirme ve stres tolerans kapasitesini artırma gibi çeşitli faydaları vardır. Bu makalenin amacı akuakültürde çalışılmış probiyotikleri ve onların etkilerini derlemek ve ayrıca bu sektörde çalışanlar için kaynak oluşturmaktır.

Anahtar kelimeler: Antibiyotik direnci, Akuakültür, Probiyotik.

Probiotics in Aquaculture

Abstract: Demand for aquaculture has been increasing in Turkey like it is all around the world. The enhancement of the consumption of these products brings about increasing in bacterial, parasitic, viral and fungal diseases in aquatic organisms. The widespread use of broad-spectrum chemotherapeutics used against various diseases causes antibiotic resistance over time. Due to this resistance, alternative ways are sought in the treatment of microbial diseases and one of the most important of these is using of probiotics. Probiotics have various benefits such as improving growth performance, increasing feed use, strengthening immune response against pathogens, increasing resistance to diseases, improving water quality, and increasing stress tolerance capacity. The purpose of this study is to compile probiotics studied in aquaculture, their effects on aquatic organisms, and also to create a resource for those working in this sector.

***Corresponding author's:**

Yağmur YILDIRIM
Aydın Adnan Menderes University, Faculty
of Veterinary Medicine, Department of
Microbiology, Aydın, Turkey
✉: yagmuryildirim1996@gmail.com

Keywords: Antimicrobial resistance, aquaculture, probiotic.

GİRİŞ

Dünyada su ürünlerine karşı olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu artış sucul canlılarda görülen bakteriyel, paraziter, viral ve fungal hastalıkların önemini arttırmaktadır ve bu durum karşısında özellikle geniş spektrumlu kemoterapötiklerin kullanımı günden güne artmaktadır. Geniş spektrumlu kemoterapötiklerin yaygın kullanımı ilaca karşı direnç geliştirmiş patojenlerin artmasına bir başka ifade ile antibiyotik direncinin gelişmesine neden olmaktadır (Ai vd., 2011). Bu durum su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe alternatif tedavi

yöntemlerinin önemine işaret etmektedir. Alternatif yöntemlerin en önemlilerinden biri ise probiyotik ve prebiyotik kullanımınıdır (Altıntaş vd., 2016). Özellikle son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinde görülen önemli hastalıkların kontrol altına alınması ve yemden yararlanmanın artırılması amacıyla probiyotik olabilmeye potansiyeline sahip yeni mikroorganizmaların elde edilmesine yönelik birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir (Capkin & Altınok, 2009; Didinen vd., 2014; Didinen vd., 2018; 59 Pehlivan & Onuk, 2019;

Soltani vd., 2019). Balıklarda probiyotik kullanımının ana amacı; balığın deri, mukus veya bağırsak florasını oluşturan faydalı ve patojenik mikroorganizmalar arasında istenilen ilişkiyi düzenlemesi ve yeniden oluşturmasıdır (Alak & Atamanalp, 2012).

Probiyotikler yeterli miktarda alındıklarında konakçı sağlığına yarar sağlayan mikroorganizmalar olarak tanımlanırlar (FAO, 2006). Sucul canlılar için kullanılan probiyotikler, kara hayvanları ve insanlar için kullanılan probiyotiklerden farklıdır. Bu farklılığın en önemli nedeni, bu canlıların çevresiyle olan karmaşık ilişkileridir. Bu nedenle kara hayvanlarından farklı olarak suda yaşayan canlılarda kullanılan probiyotikler için ayrı bir tanımlamanın yapılması gerekmektedir. Verschuere vd., (2000) probiyotikleri "yemden yararlanmayı veya yemin besin değerini artırarak, konağın ve ortamın sahip olduğu mikrobiyal topluluğu modifiye eden, konakçının hastalığa karşı immun yanıtını arttıran, ortamın kalitesini iyileştirerek konakçı üzerine faydalı etkilere sahip olan, canlı mikrobiyal yardımcıları" olarak tanımlamıştır.

Probiyotiklerin su ürünlerindeki kullanımının, insan ve karasal hayvanlarda kullanımları ile karşılaştırıldığında oldukça kısa bir geçmişe sahip oldukları görülmektedir. 1980'de Yasuda ve Taga, bakterilerin hem besin olarak hem de balık hastalıklarının biyolojik kontrol ajanları ve su ürünleri yetiştiriciliğinde besin rejenerasyon oranının aktivatörleri olarak faydalı olacağını düşünmüşlerdir. Su ürünleri yetiştiriciliği ortamlarından probiyotik bakterilerin taranmasına ilişkin öncü çalışmalar ise 1980'lerin sonlarında bildirilmiştir (Ninawe vd., 2009).

Probiyotikler endojen mikrobiyotayı direkt veya dolaylı yoldan etkileyerek yarar sağlamaktadır. Probiyotiklerin etki mekanizmaları ve bunların neden olduğu sonuçlar yakın ilişki içerisinde. Örneğin, probiyotik bakterinin mukozaya bağlanması patojenlerin yarıyla dışlanmadaki en önemli etki mekanizmalarından birisidir. Bazı probiyotik bakteriler salgıladıkları enzimleri vasıtasıyla normalde parçalanamayan maddeleri parçalayarak yemden yararlanmayı dolayısıyla verimliliği arttırlar. Aşağıda probiyotiklerin etki mekanizmaları ve bunların sağladığı yararlar verilmiştir (Hemaiswarya vd., 2013).

Probiyotiklerin İmmun Sisteme Etkileri:

Probiyotikler konak canlıının immun sistemini güçlendirerek etki etmektedirler. Pek çok yararlı etki arasında probiyotiklerin immun sistemi düzenlenmesi en yaygın ve en yararlı etki olarak kabul edilmektedir (Alak & Atamanalp, 2012). Spesifik olmayan bağışıklık sistemi, balıkların patojen mikroorganizmalara karşı savunma mekanizmalarında oldukça önemli rol oynar. Bunlardan biri olan alternatif kompleman yolu balıkları bakteri, mantar, virüs ve parazit gibi patojen organizmalara karşı

korumada önem taşımaktadır. Alternatif kompleman yolu, Gram negatif bakterilerin lipopolisakariti tarafından doğrudan aktive edilebilmektedir ve bu durum bakteri hücrelerinin parçalanmasıyla sonuçlanabilmektedir (Boshra & Li, 2006). *Bacillus subtilis* E20 suşu turuncu benekli orfoz (*Epinephelus coioides*) balıklarında alternatif kompleman yolu aktivitesini yükseltmiştir (Liu vd., 2012). Buna ek olarak probiyotik uygulamalarının gökkuşuğu (*Oncorhynchus mykiss*), nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) ve rohu sazanında da (*Labeo rohita*) kompleman aktivitesini önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir (Mohammadian vd., 2019).

Spesifik olmayan bağışıklık sisteminin diğer önemli faktörlerinden birisi de lizozimdir. Lizozim Gram pozitif bakterilerin neden olduğu enfeksiyonlara karşı önemli rol oynamaktadır (Bulut & Kubilay, 2010). Gözyaşı, tükürük ve süt gibi vücut salgılarında bulunan ve doğal bir enzim olan lizozim bakteriyel hücre duvarlarının peptidoglikan bileşenlerini parçalayarak antimikrobiyal bir ajan olarak işlev görür ve bu da hücrenin ölümüne yol açar (Oliver & Wells, 2015). Balıklarda probiyotik kullanımı sonucunda lizozim seviyesinde artış meydana gelmektedir. *Chromobacterium aquaticum*'un zebra balıklarına (*Danio rerio*) verilmesiyle balıklardaki lizozim düzeyi artmıştır (Yia et al., 2019). Aynı şekilde *Bacillus* spp.'nin rohu sazanında lizozim seviyesini arttırdığı gösterilmiştir (Ramesh vd., 2015).

Respiratorik yıkım aktivitesi, doğal bağışıklık sistemi mekanizmalarından birisidir. Bu sistem hücrelerin patojen organizmayı tespit etmeleriyle aktive olmaktadır. Aktive olan nötrofil, monosit, makrofaj, dendritik hücre ve B-lenfositler patojenlerin yok edilmesi için reaktif oksijen üretirler ve bu şekilde bir savunma mekanizması oluştururlar (Biller & Takahashi, 2018). Birçok akuatik canlıda probiyotikler respiratorik yıkım aktivitesini arttırmaktadır (Altıntaş vd., 2016). Turuncu benekli orfoz balıklarında yapılan bir çalışmada *B. subtilis* E20 suşunun diyetle ilave edilmesi respiratorik yıkım aktivitesini yükseltmiştir (Liu vd., 2012). Başka bir çalışmada deniz hıyarında (*Apostichopus japonicus*) *B. subtilis* T13 suşu respiratorik yıkım aktivitesini arttırmıştır (Zhao vd., 2012).

Peroksidaz, hipokloroz asit oluşturmak için oksidatif radikalleri kullanan önemli bir enzimdir ve bu şekilde patojenleri öldürmektedir (Altıntaş vd., 2016). *Vagococcus fluvialis*'in balıklarda peroksidaz aktivitesini arttırdığı ortaya konulmuştur (Román vd., 2012).

Fagositik aktivite antimikrobiyal savunmada önemli bir role sahiptir ve vücutta spesifik antikor üretiminden önce meydana gelen yangısal cevaptan sorumludur. Probiyotikler bu aktiviteyi meydana getiren fagositik hücrelerin etkili bir şekilde çalışmasını tetiklemektedir (Altıntaş vd., 2016). Ayrıca epitel hücre sinyali iletim yollarını ve sitokin üretimini düzenleyerek

sistemik enflamatuar yanıtı baskılamaktadırlar (Tang, 2009). Lenfoid hücreler, makrofajlar ve monositler gibi bağışıklık hücrelerinden salgılanan sitokinler, patojen enfeksiyonuna karşı savunmada doğuştan gelen bağışıklık ve enflamatuar yanıtları yönlendirmede kritik roller oynarlar. IL-1 β , IL-6 ve TNF- α , konakçının patojen enfeksiyonlarına hemen yanıt vermesine yardımcı olan ve fagositoz sırasında bir dizi reaksiyonu indükleyerek bakterisidal fonksiyonlar gerçekleştirmek için bağışıklık hücrelerini aktive eden erken eksprese edilmiş proinflamatuar sitokinlerdir (Yia vd., 2019). Probiyotik bakteriler sitokin üretimini modüle etmektedirler (Tang, 2009). Ayrıca epitelyal hücreler bakteri ve bakteri komplementlerine karşı IL-8 gibi proenflamatuar sitokin salgılamalarına rağmen probiyotiklere etki etmemektedir. Bazı probiyotik ajanlar TCR-spesifik (T hücresi reseptörü) immun stimülatör etkiye sahiptir, böylece epitel bariyer fonksiyonunu TCR-2 ilişkisiyle modüle ettiği düşünülmektedir (Yeşilova vd., 2010).

Probiyotiklerin Yarışla Dışlama Etkisi:

Probiyotikler, yarışla dışlama mekanizmasıyla, sindirim sisteminde patojen mikroorganizmaların üremesini besinler için rekabet oluşturarak engellerler. Probiyotikler bu rekabet sırasında patojenlerin üremesi için gerekli olan besin maddelerini tüketir ve bu şekilde patojenlerin üremesini kısıtlarlar (Hemaiswarya vd., 2013). Böylece patojen mikroorganizmaların epitel hücrelerine bağlanma derecelerini düşürürler. Probiyotiklerin bağırsak mukusu ve epitel hücrelerine yapışması probiyotik mikroorganizmalar için en önemli seçim kriterlerinden birisi olmuştur (Blaut & Klaus, 2012). Probiyotiklerin bağırsağa yapışmasında hücre duvarı proteinleri, karbonhidratlar ve lipoteikoik asitler de dâhil olmak üzere birçok bakteriyel bileşenin rol oynadığı ileri sürülmüştür. *Lactobacillus gasseri* ile yapılan bir çalışmada yapışmada protein, karbonhidrat ve bazı divalent katyonların etkili olduğu görülmüştür. Laktik asit bakterilerinin mikrobiyal adezyonu pasif kuvvetler, elektrostatik ilişkiler, hidrofobik kuvvetler, lipoteikoik asitlerle ilişkilidir (Servin & Coconnier, 2003).

Probiyotiklerin Enzimatik Etkisi: Probiyotiklerin bağırsak lümenindeki enzimatik aktiviteleri, probiyotiklerin biyolojik etki mekanizmalarında önemli rol oynamaktadır. Örneğin; *B. amyloliquefaciens*, proteaz, selüloz veya ksilanaz gibi hidrolitik enzimleri artırarak, sindirilemeyen bileşenleri hidrolize etmekte ve yem verimliliğini arttırmaktadır (Lin vd., 2019). Probiyotikler diyetdeki potansiyel olarak sindirilemeyen bileşenleri amilaz ve proteaz gibi hidrolitik enzimlerle denatüre ederek yemlerdeki potansiyel olarak zararlı bileşikleri detoksifiye edebilirler. Ayrıca gerekli yem miktarını azaltarak üretim maliyetinin düşmesine katkıda bulunabilirler (Ige, 2013). Balık hastalıkların en en

olumsuz etkilerinden birisi büyüme hızında düşürmesi ve ölüme yol açmasıdır. Probiyotik kullanımının büyüme üzerine olumlu etkisi birçok çalışmada gösterilmiştir. *L. plantarum* 426951 suşu gökkuşağı alabalığının büyüme oranını arttırmıştır (Soltani vd., 2019). Ayrıca *L. casei* YYL3 ve *L. plantarum* YYL5 suşları kanal yayın balıklarının (*Ameiurus catus*) büyümesini olumlu yönde arttırmıştır (Zhang vd., 2019). Diyetlere *B. amyloliquefaciens* 54A ve *B. pumilus* 47B probiyotiklerinin eklenmesinin de kedi balıklarında (*Pangasianodon hypophthalmus*) büyüme olumlu yönde arttırdığı bildirilmiştir (Thy vd., 2017).

Probiyotiklerin Patojenlere Karşı Direkt Antimikrobiyal Etkileri:

Probiyotiklerin en önemli etkilerinden biri patojenlere direkt antimikrobiyal olarak etki etmeleridir. Probiyotik suşlar salgıladıkları, organik asit, antimikrobiyal bir peptid olan bakteriosin gibi maddeler ile patojen mikroorganizmaların çoğalmasını direkt olarak engelleyebilir veya patojenleri direkt öldürebilirler. Hidrolitik enzimlerin salgılanması sonucu da serbest ve kısa zincirli yağ asidi, laktik asit, propiyonik asit ile bütirik asit üretiminde bir artış olmaktadır. Bu şekilde bağırsak lümeninin pH'ı düşmekte ve patojenlerin çoğalması inhibe edilmektedir (Servin & Coconnier, 2003). Bakteriyosinler, bakteriyel patojenlere karşı antibakteriyel bileşik görevi gören peptidlerdir. Isıya dirençli olmaları, asidik ortamda aktivitesini sürdürmeleri ve saklama sırasındaki düşük sıcaklıkların bakteriyosin aktivitesini etkilememesi nedeniyle bakterisidal olarak mikroplara karşı önemli bir role sahiptir (Feliatra vd., 2018). Literatürler su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan *Bacillus* türlerinin antimikrobiyal özelliklere, özellikle de bakteriyosin üretimine sahip olduğunu göstermiştir. Sazandan izole edilen *B. velezensis*'te dört bakteriyosin tespit edilmiştir. Bu bakteriyosinlerin *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Lactococcus garvieae*, *A. salmonicida* ve *Streptococcus agalactiae* patojenlerine karşı etki ettikleri ortaya konulmuştur. Orfoz'dan (*Epinephelus areolatus*) izole edilen *B. amyloliquefaciens*'in *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *V. parahaemolyticus*'u inhibe eden CAMT2 adlı yeni bakteriyosin ürettiği bildirilmiştir (Kuebutornye vd. 2020). *Enterococcus faecium* suşları Enterocin P üretirek Gram pozitif bakterilere karşı etki göstermektedir (Hosseini vd., 2009). Balıkları viral enfeksiyonlara karşı korumak için *Bacillus*'un kullanılması ve antiviral etkileri olan maddelerin üretimi rapor edilmiştir fakat tam olarak aydınlatılamamıştır. Probiyotiklerin antiviral etkilerinin araştırılması hala devam etmektedir (Felix vd., 2020).

Probiyotiklerin Suyun Kimyasal Değerlerine

Etkileri: Suyun kimyasal değerlerindeki küçük değişiklikler bile önemli problemlere neden olmaktadır ve

probiyotik kullanımı bu değerler üzerinde olumlu etkiler meydana getirmektedir. Suya eklenen probiyotikler (*Bacillus* sp., *Saccharomyces cerevisiae*, *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp.) sudaki nitrojen ve fosforu azaltarak suyun kalitesini arttırmaktadırlar (Wang vd., 2005). Ayrıca suya probiyotik ilave edilmesi (Biogreen® ticari preparatı) sudaki amonyak ve nitrat seviyeleri düşürmektedir (Pradeep vd., 2003). Suya *B. cereus* ve *Pediococcus acidilactici* ilavesi sudaki amonyak, amonyum ve nitrat seviyelerini düşürürken aynı zamanda balıkların biyokimyasal oksijen ihtiyacını (BOD5) azaltmıştır (Khademzade et al., 2019).

Akuakültürde Kullanılan Başlıca Probiyotik

Türler: Taksonomik açıdan, akuakültürde kullanılan probiyotikler diğer hayvanlarda ve insanda kullanılan probiyotiklerle benzerlik göstermektedir. Aşağıda akuakültürde kullanılan başlıca probiyotikler bakteri türleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Bacillus spp.: *B. subtilis* sucül canlılarda probiyotik amacıyla kullanılan en önemli mikroorganizmalardan birisidir ve bu mikroorganizmayla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. *V. harveyi* ile enfekte edilmiş Pasifik beyaz karidesine (*Litopenaeus vannamei*) *B. subtilis* UTM 126 suşunun verilmesi canlının hayatta kalma oranını arttırmıştır (Balcazar & Rojas-Luna, 2007). Aynı türün bir başka suşu olan, *B. subtilis* E20, turuncu benekli orfoz balıklarında ağırlık kazancını artırırken aynı zamanda *Streptococcus* sp. ile enfekte edilmiş balıklarda fagositik aktivite ve respiratorik yıkım aktivitesini yükseltmiştir (Liu vd., 2012). Sağlıklı deniz hıyarından izole edilen *B. subtilis* T13 suşu da, *V. splendidus* patojenine karşı hastalık direnci, fagositik aktivite ve respiratorik yıkım aktivitesi gibi immün sistem parametrelerini arttırmıştır (Zhao vd., 2012). *B. subtilis*, levrek balıklarında (*Dicentrarchus labrax*) gelişim performansı, yem alımı, yemden yararlanma, protein ve enerji sindirilebilirliğini arttırmıştır (Lopez vd., 2014). Levrekte yapılan bir başka çalışmada *B. licheniformis* ve *B. subtilis* suşları sindirim enzim (proteaz, lipaz ve amilaz) aktivitelerini arttırmıştır (Adorian vd., 2019). Fangri mercan balığının (*Pagrus major*) *B. subtilis* ilaveli yem ile beslenmesi ağırlık kazancını, sindirim enzimlerini, total bilirubin ve total plazma proteinlerini arttırmıştır (Zaineldin vd., 2018). *V. parahemolyticus* ile enfekte Pasifik beyaz karidesinde (*Litopenaeus vannamei*) *B. subtilis* AQAHBS001 suşunun kullanımı patojenlere karşı antagonistik etki göstermiştir (Kewcharoen & Srisapoom, 2019). Aynı şekilde *B. subtilis* izolatları *A. hydrophila*'ya karşı *in vitro* olarak antimikrobiyal etki göstermişler ve mersin balığında (*Acipenser dabryanus*) *A. hydrophila* enfeksiyonuna karşı hayatta kalma oranını arttırmışlardır (Dia vd., 2019). Panga balığı'nda (*Pangasianodon hypophthalmus*) *B. amyloliquefaciens* 54A ve *B. pumilus*

47B suşları *Edwardsiella ictaluri* patojenine karşı mortalite oranını düşürmüştür. Ayrıca, ortalama ağırlık kazancı, lizozim aktivitesini ve respiratorik yıkım aktivitesini yükseltmiştir (Thy vd., 2006). Farklı bir suş olan *B. amyloliquefaciens* FPTB16, *E. tarda* ile enfekte Hint sazanlarında (*Catla catla*) hayatta kalma oranını arttırmıştır (Das vd., 2013). Aynı şekilde *B. licheniformis* ve *B. amyloliquefaciens* izolatları *Centropomus undecimalis* larvalarında hayatta kalma oranını arttırmıştır (Tarnecki vd., 2019). Rohu balığından izole edilmiş *B. licheniformis* KADR5 ve *B. pumilus* KADR6 suşları *A. hydrophila* patojenine karşı etkili bir antagonizm göstermiştir (Ramesh vd., 2015). Bir başka çalışmada *V. parahemolyticus* ile enfekte Japon istridyesinin (*Haliotis discus hannai*) *B. amyloliquefaciens* içeren yemle beslenmesi sonucunda mortalite oranı azalmıştır (Xiaolong vd., 2019). *B. cereus* EN25 suşu deniz hıyarında *V. splendidus* patojenine karşı hastalık direncini, spesifik büyüme oranını, respiratorik yıkım aktivitesini ve fagositik aktivitesini arttırmıştır (Zhao vd., 2016). *B. velezensis* JW, Japon balığında (*Carassius auratus*) *A. hydrophila* enfeksiyonuna karşı hayatta kalma oranını arttırmıştır ve ayrıca humoral immün yanıt parametrelerini yükseltmiştir (Yi vd., 2018).

Lactobacillus spp.: Çipura (*Sparus aurata*) bağırsağından izole edilen *L. fructivorans* (AS17B) ve insan dışkılarından izole edilen *L. plantarum* (906) suşları balıklardaki mortalite oranını azaltmıştır (Carnevali vd., 2004). Başka bir çalışmada *L. plantarum* suşu aynalı sazanda (*Cyprinus carpio*) serum gammaglobulin düzeyini ve toplam protein düzeyini arttırmıştır (Kazuń vd., 2018). Aynı tür kullanılarak yapılan bir başka çalışmada *L. plantarum*'un alabalıkta *Yersinia ruckeri* enfeksiyonuna karşı balığın büyümesini ve bağışıklık tepkisini iyileştirebileceği ortaya koyulmuştur (Soltani vd., 2019). Kanal kedibalığı'nda yapılan bir çalışmada *L. casei* YYL3 ve *L. plantarum* YYL5 suşları *E. ictaluri* ile enfeksiyon sonucu mortalite oranını düşürmüştür (Zhang vd., 2019). *L. rhamnosus* IMC 501 izolatu zebra balıklarının sosyal davranışlarını önemli ölçüde değiştirmiştir (Borrelli vd., 2016). *L. helveticus* CD6 suşu Japon balığında antioksidan seviyeyi arttırmıştır. Bağırsaktaki oksidatif stres, zayıf beslenmenin ve hastalık ilerleme durumlarının işaretidir. Bu nedenle, probiyotikler veya diyet besin takviyeleri ile bağırsakların antioksidan yeteneğini arttırmak çok önemlidir (Ahire vd., 2018). *L. acidophilus* suşu ise *L. garvieae* patojenine karşı antagonistik etki göstermiştir (Pehlivan & Onuk, 2020).

Lactococcus spp.: Gökkuşluğu alabalığının bağırsağından izole edilen *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 278 M17 2-2 izolatu *V. salmoninarum* ve *L. garvieae* patojenlerine karşı inhibitör aktivite gösterirken *L. lactis* subsp. *cremoris* 1-1, *L. lactis* subsp. *cremoris* 3-3, *L. lactis*

subsp. *cremoris* 1-5, *L. garvieae* 1-3 ve *L. garvieae* 1-4 suşları ise sadece *V. salmoninarum* patojenine karşı inhibitör aktivite göstermiştir (Didinen vd., 2018). *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* I2 suşunun ise pisi balığı (*Paralichthys olivaceus*) yemlerine ilave edilmesi sonucunda büyüme hızını ve immun sistem parametrelerini artırırken aynı zamanda *Streptococcus iniae* enfeksiyonuna karşı hayatta kalma oranını da arttırdığı gözlemlenmiştir (Heo vd., 2013). *Lactococcus lactis* WFLU12 suşu da pisi balığını *Streptococcus parauberis* enfeksiyonuna karşı korumaya katkıda bulunmuştur ve aynı zamanda balıklardaki ağırlık artışını desteklemiştir (Nguyen vd., 2017). Başka bir çalışmada *L. lactis in vitro* testlerde bakteriyel patojenlere (*A. hydrophila*, *S. agalactiae*, *Citrobacter freundii*, *Raolteilla ornitinolytica*) karşı önemli inhibitör aktivite göstermiştir (Yamashita vd., 2020).

Pediococcus spp.: Pasifik mavi karidesi'nin (*Litopenaeus stylirostris*) *Vibrio nigripulchritudo* ile enfeksiyonunda *Pediococcus acidilactici* MA18/5M ile beslenmesi enfeksiyona yakalanma ve mortalite oranını düşürmüştür (Castex vd., 2010). Aynı türle yapılan bir başka çalışma sonucunda, *P. acidilactici* ile beslenen Green terror ciklet balıklarında (*Aequidens rivulatus*) spesifik büyüme oranı ve ağırlık artışı, probiyotik almayan balıklara göre artmıştır (Neissi vd., 2013). Gökkuşuğu alabalığının bağırsağından izole edilen *P. acidilactici* 3-5 izolatu ise *V. salmoninarum* patojenine karşı inhibitör aktivite göstermiştir (Didinen vd., 2018). Bir başka tür olan *P. parvulus* 2.6 suşu zebra balığında, balık patojeni *V. anguillarum*'a karşı hayatta kalma oranını arttırmıştır (Pérez-Ramos vd., 2018).

Vagococcus spp.: Levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) *V. fluvialis* probiyotığının kullanılması balıklarda *Vibrio anguillarum* patojenine karşı mortalite oranlarını düşürmüştür (Sorroza vd., 2012). Çipura ve levrek'te *V. fluvialis*, böbrek lökositlerinin peroksidaz aktivitesini ve respiratorik yıkım aktivitesini arttırmıştır (Román vd., 2012).

Enterococcus spp.: Hint sazanından (*Catla catla*) izole edilmiş *E. hirae* F2 yüksek asidik ortamlardada hayatta kalabilirken aynı zamanda çeşitli patojenleri (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas* spp.) inhibe edebilmektedir (Adnan vd., 2017). Yapılan bir başka çalışmada çipura ve levrekten izole edilen *Enterococcus* suşlarının salgıladıkları antimikrobiyal maddelerle patojen bakterilerinin büyüme hızını engelleyebilecekleri gösterilmiştir (Bourouni vd., 2012).

Leuconostoc spp.: *E. faecium* ve *Leuconostoc mesenteroides*; *L. monocytogenes*, *L. innocua*, *A. hydrophila* ve *Candida albicans*'a karşı antimikrobiyal aktivite göstermektedir (El Jeni vd., 2016) Yapılan başka

bir çalışmada *Leuconostoc lactis*, pagrus balığında *Vibrio harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* *Listeria monocytogenes*, *Shigella*, *Staphylococcus aureus* ve *Proteus bacillus vulgaris* gibi çeşitli patojenlerin üremelerini inhibe etmiştir (Zhang vd., 2013). Kahverengi alabalıklarına (*Salmo trutta*) *Lactococcus lactis* CLFP 100 ve *Leuconostoc mesenteroides* CLFP 196 suşlarını içeren preparatın verilmesi ile *Aeromonas salmonicida* enfeksiyonuna karşı hayatta kalma oranı artmıştır (Balcázar vd., 2009).

Pseudomonas spp.: Rohu balıklarının, *Pseudomonas aeruginosa* VSG-2 izolatu ile beslenmesi *A. hydrophila* enfeksiyonuna karşı hastalık direncini artırırken aynı zamanda respiratorik yıkım aktivitesi ve fagositik aktivitenin de artmasına neden olmuştur (Giri vd., 2012). Başka bir tür olarak *Pseudomonas fluorescens*, *P. anguilliseptica* ve *Streptococcus faecium* patojenlerinin büyüme hızını inhibe etmiştir (Eissa vd., 2014).

Clostridium spp.: *Clostridium butyricum* CB2 suşu *A. hydrophila* ve *V. anguillarum* patojenlerine karşı yüksek bir antagonistik aktiviteye göstermiştir (Pan vd., 2008). Başka bir çalışmada Pasifik beyaz karidesine *Clostridium butyricum* izolatının verilmesi konakçı bağışıklık ve sindirimini arttırmıştır (Duan vd., 2018). *Clostridium butyricum* takviyesi tilapilerde (*Oreochromis niloticus*) *A. hydrophila* patojenine karşı mortalite oranını düşürürken, yemden yararlanma oranını arttırarak ağırlık kazancını sağlamıştır (Poolsawat vd., 2020).

Acinetobacter spp.: Yayın balıklarında (*Clarias macrocephalus*), *Acinetobacter* KU011TH suşu verilmesi büyüme performansını ve lizozim aktivitesini arttırmıştır ve ayrıca *A. hydrophila* enfeksiyonuna karşı mortalite oranını düşürmüştür (Bunnoy vd., 2019).

Chromobacterium spp.: *Chromobacterium aquaticum* izolatının yem takviyesi olarak verilmesi sonucunda *A. hydrophila* ve *S. iniae* ile enfeksiyon sonrası balıklarda sağ kalım oranını ve aynı zamanda besin metabolizması ve büyüme performansını arttırmıştır. (Yia vd., 2019).

Psychrobacter spp.: *Psychrobacter namhaensis* SO89 suşu Nil tilapisi'nda ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranı gibi gelişim performansı göstergelerini arttırmıştır (Makled vd., 2017). Yapılan başka bir çalışmada *Psychrobacter* sp. ilave edilmiş yemlerle beslenen zebra balıklarında (*Danio rerio*) yemden yararlanma ve doğal immun yanıt parametrelerinde artış olmuştur (Sun vd., 2011).

SONUÇ

Sonuç olarak, sucul canlılarda görülen hastalıkların büyük bir kısmını mikroorganizmalar meydana getirmektedir ve bu hastalıklarla mücadelede

kullanılan kemoterapötikler değerlendirilirken antibiyotik direnci de göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde üreticilerin en büyük problemlerinden biri olan antibiyotik dirençliliğine karşı probiyotik kullanımı alternatif bir tedavi yöntemidir. Probiyotik tercihinde, hayvan ve insan sağlığı için zararlı olabilecek toksin ve enzimler üretmemesi veya bunların genlerini taşımaması, antibiyotiklere dirençli olmaması ve direnç genlerini aktaran plazmidleri taşımaması, vücutta kolaylıkla inaktive edilmemesi, yemde kullanılan ısıl işleme ve olumsuz saklama koşullarına dayanıklı olması, geniş spektrumlu olması, kullanım yolunun basit olması, iyi doze edilebilmesi, kuru formda olması gerekmektedir. Probiyotiklerin özellikleri, yararlı ve olumsuz yan etkileri değerlendirildiğinde bazıları ön plana çıkmaktadır. Akuakültürde kullanılan probiyotiklerde *Bacillus* türleri ilk sırada yer almaktadır. *Bacillus* spp. sporlu bir bakteri olması nedeniyle diğer probiyotik mikroorganizmalara göre daha dayanıklıdır. Bu şekilde suda ve balığın sindirim sisteminde daha kolay bir şekilde hayatta kalabilmektedir ve ayrıca probiyotiklerin yemlerle verilmesi düşünülürse, yemin işleme aşamalarında daha kolay canlılığını koruyabilecektir. Bu özelliklerinden dolayı akuakültürde en çok kullanılan probiyotik cinslerinden birisidir. İkinci sırada yer alan ise laktik asit bakterileridir. Laktik asit bakterileri, doğal asit toleransları, gastrointestinal sistemde yaşayabilme kabiliyetleri gibi özelliklerinden dolayı akuakültürde probiyotik olarak seçilebilir. Bu gruplar dışında probiyotik bakteri olarak çalışılmış ancak yan etki potansiyeli yüksek olan mikroorganizmalarda bulunmaktadır. Örneğin *Pseudomonas* gibi bakterilerin patojenite kazanma riskleri probiyotik kullanımında göz önüne alınmalıdır. *Enterococcus* cinsinde artan bir antibiyotik direnci gözlenmektedir ve bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Sahada akuakültürde kullanılmak üzere üretilmiş probiyotikler mevcuttur ancak çok sayıda bilimsel araştırmaya rağmen akuatik alanda ruhsatlı probiyotik ürün çok azdır. Bunun en önemli nedeni mevcut yasal düzenlemelerdir. Probiyotiklerin ruhsatlandırılması ve ruhsatlı kullanımı ile ilgili yasal mevzuat "Hayvan Beslemede Kullanılan Yem Katkı Maddeleri Hakkında Yönetmeliğin" "Zooteknik Katkı Maddeleri: Enzimler ve Mikroorganizmalar" bölümünde tanımlanmıştır. Uyum süreci kapsamında Avrupa Birliği edincinden alınan bu yönetmeliğe göre Türk araştırmacıların bulduğu veya geliştirdiği ruhsatlı probiyotik bulmak neredeyse olanaksızdır. Çünkü Türkiye'de bulunmuş dahi olsa, ruhsatlandırabilmek için suşların Avrupa'daki akredite laboratuvarlarda iki yıldan fazla süren ve on binlerce Euro'yu bulan analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bakanlık orijinal yerli suşlara bu işlemi uygularken, Avrupa'da onaylanmış suşlar daha fazla sorgulanmadan ruhsat alabilmektedir. Probiyotiklerin

gerçek potansiyellerinden sektörde yararlanabilmek için yerli ürünlerin sayısının artırılması, bunun için Türk araştırmacıların teşvik edilmesi, bunun için de uygulanabilir ve daha gerçekçi yasal düzenlemeler yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Adnan, M., Patel, M. & Hadi, S. (2017).** Functional and health promoting inherent attributes of *Enterococcus hirae* F2 as a novel probiotic isolated from the digestive tract of the freshwater fish *Catla catla*. *Peer-reviewed Journal*, 1-25.
- Adorian, T.J., Jamali, H., Farsani, H.G., Darvishi, P., Hasanpour, S., Bagheri, T. & Roozbehfar, R. (2019).** Effects of probiotic bacteria *Bacillus* on growth performance, digestive enzyme activity, and hematological parameters of Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch), *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, **11**(1), 248-255.
- Ahire, J.J., Mokashe, N.U. & Chaudhari, B.L. (2018).** Effect of dietary probiotic *Lactobacillus helveticus* on growth performance, antioxidant levels, and absorption of essential trace elements in goldfish (*Carassius auratus*). *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, **11**(2), 559-568.
- Ai, Q., Xu, H., Mai, K., Xu, W., Wang, J. & Zhang, W. (2011).** Effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth performance, survival, non-specific immune response and disease resistance of juvenile large yellow croaker. *Larimichthys Crocea. Aquaculture*, **317**, 155-161.
- Alak, G. & Atamanalp, M. (2012).** Su ürünleri yetiştiriciliğinde probiyotik ve prebiyotik kullanımı. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, **22**(1), 62-68.
- Altıntaş, L., Sevin, S., Tutun, H. & Yarsan, E. (2016).** Su ürünleri yetiştiriciliğinde probiyotik ve prebiyotik kullanımı. *Türkiye Klinikleri Veterinary Sciences-Pharmacology and Toxicology - Special Topics*, **2**(1), 29-37.
- Balcazár, J.L. & Rojas-Luna T. (2007).** Inhibitory activity of probiotic *Bacillus subtilis* UTM 126 against *Vibrio* species confers protection against vibriosis in juvenile shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Current Microbiology*, **55**(5), 409-412.
- Balcazár, J.L., Vendrell, D., Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I. & Múzquiz J.L. (2009).** Effect of *Lactococcus lactis* CLFP 100 and *Leuconostoc mesenteroides* CLFP 196 on *Aeromonas salmonicida* infection in

- brown trout (*Salmo trutta*). *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, **17**, 153-157.
- Biller, J.D. & Takahashi, L.S. (2018)**. Oxidative stress and fish immune system: phagocytosis and leukocyte respiratory burst activity. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, **90**(4), 3403-3414.
- Blaut, M. & Klaus, S. (2012)**. Intestinal microbiota and obesity. *Handbook of Experimental Pharmacology*, 251-273.
- Bourouni, O.C., El, Bour, M., Calo-Mata, P. & Barros-Velázquez, J. (2012)**. Antimicrobial resistance and potential probiotic application of *Enterococcus* spp. in sea bass and sea bream aquaculture. *Antibiotic Resistant Bacteria-A Continuous Challenge in the New Millennium*, 513-530.
- Boshra, H. & Li, J. (2006)**. Recent advances on the complement system of teleost fish. *Fish & Shellfish Immunology*, **20**(2), 239-262.
- Bulut, C. & Kubilay, A. (2010)**. Farklı işletmelerdeki gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) lizozim aktivitelerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **14**(2), 134-143.
- Bunnoy, A., Na-Nakorn, U., Srisapoome, P. (2019)**. Probiotic effects of a novel strain, *Acinetobacter* KU011TH, on the growth performance, immune responses, and resistance against *Aeromonas hydrophila* of bighead catfish (*Clarias macrocephalus* Günther, 1864). *Microorganisms*, **7**(12), 613.
- Carnevali, O., Zamponi, M.C., Sulpizio, R., Rollo, A., Nardi, M., Orpianesi, C., Silvi, S., Caggiano, M., Polzonetti, A.M. & Cresci, A. (2004)**. Administration of probiotic strain to improve sea bream wellness during development. *Aquaculture International*, **12**, 377-386.
- Castex, M., Lemaire, P., Wabete, N., Chim, L. (2010)**. Effect of probiotic *Pediococcus acidilactici* on antioxidant defences and oxidative stress of *Litopenaeus stylirostris* under *Vibrio nigripulchritudo* challenge. *Fish & Shellfish Immunology*, **28**(4), 622-631.
- Das, A., Nakhro, K., Chowdhury, S. & Kamilya, D. (2013)**. Effects of potential probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* FPTB16 on systemic and cutaneous mucosal immune responses and disease resistance of catla (*Catla catla*). *Fish and Shellfish Immunology*, **35**(5), 1547-1553.
- Dia, J., Chu, Z., Zhang, S., Huang, J., Du, H., Wei, Q. (2019)**. Evaluation of the potential probiotic *Bacillus subtilis* isolated from two ancient sturgeons on growth performance, serum immunity and disease resistance of *Acipenser dabryanus*. *Fish and Shellfish Immunology*, **93**, 711-719.
- Didinen, B.I., Metin, S., Onuk, E.E., Takmaz, H. & Ersoy, A.T. (2014)**. Isolation and characterization of potential probiotic bacteria from rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, (Walbaum) rearing units against bacterial pathogens. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, **66**, 1006-1014.
- Didinen, B.I., Onuk, E.E., Metin, S. & Çaylı, Ö. (2018)**. Identification and characterization of lactic acid bacteria isolated from rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792), with inhibitory activity against *Vagococcus salmoninarum* and *Lactococcus garvieae*. *Aquaculture Nutrition*, **24**(2), 400-407.
- Duan, Y., Wang, Y., Dong, H., Ding, X., Liu, Q., Li, H., Zhang, J. & Xiong, D. (2018)**. Changes in the intestine microbial, digestive, and immune-related genes of *Litopenaeus vannamei* in response to dietary probiotic *Clostridium butyricum* supplementation. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 1-12.
- Eissa, N., El-Gheit, E.A. & Shaheen, A.A. (2014)**. Protective effect of *Pseudomonas fluorescens* as a probiotic in controlling fish pathogens. *American Journal of BioScience*, **2**(5), 175-181.
- El-Jeni, R., El Bour, M., Calo-Mata, P., Böhme, K., Fernández-No, I.C., Barros-Velázquez, J. & Bouhaouala-Zahar, B. (2016)**. In-vitro probiotic profiling of novel *Enterococcus faecium* and *Leuconostoc mesenteroides* from Tunisian freshwater fishes. *Canadian Journal of Microbiology*, **62**(1), 60-71.
- Feliatra, F., Muchlisin, Z.A., Teruna, H.Y., Utamy, W.R., Nursyirwani, N. & Dahliaty, A. (2018)**. Potential of bacteriocins produced by probiotic bacteria isolated from tiger shrimp and prawns as antibacterial to *Vibrio*, *Pseudomonas*, and *Aeromonas* species on fish. *F1000Research*, 1-12.
- Felix, K., Kuebutornye, A., Abarike, E.D., Lu, Y., Hlordzi, V., Sakyi, M.E., Afriyie, G., Wang, Z., Li, Y. & Xie, C.X. (2020)**. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry*, **46**(3), 819-841.
- Giri, S.S. & Sen, S.S. & Sukumaran, V. (2012)**. Effects of dietary supplementation of potential probiotic *Pseudomonas aeruginosa* VSG-2 on the innate immunity and disease resistance of tropical freshwater fish, *Labeo rohita*. *Fish & Shellfish Immunology*, **32**(6), 1135-1140.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2006).** Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria, Roma.
- Hemaiswarya, S., Raja, R., Ravikumar, R. & Carvalho, I.S. (2013).** Mechanism of action of probiotics. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *56*(1), 113-119.
- Heo, W.S., Kim, Y.R., Kim, E.Y., Bai, S.C. & Kong, I.S. (2013).** Effects of dietary probiotic, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* I2, supplementation on the growth and immune response of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, *376-379*, 20-24.
- Hosseini, S.V., Arlindo, S., Böhme, K., Fernandez-No, C., Calo-Mata, P. & Barros-Velazquez, J. (2009).** Molecular and probiotic characterization of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* strains isolated from nonfermented animal foods. *Journal of Applied Microbiology*, *107*(4), 1392-1403.
- Ige, B.A. (2013).** Probiotics Use in intensive fish farming. *African Journal of Microbiology Research*, *7*(22), 2701-2711.
- Kazuń, B., Malaczewska, J., Kazuń, K., Żylińska-Urban, J. & Siwicki, A.K. (2018).** Immune-enhancing activity of potential probiotic strains of *Lactobacillus plantarum* in the common carp (*Cyprinus carpio*) fingerling. *Journal of Veterinary*, *62*(4), 485-492.
- Kewcharoen, W. & Srisapoom, P. (2019).** Probiotic effects of *Bacillus* spp. from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on water quality and shrimp growth, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strains) Werasan Kewcharoen. *Fish and Shellfish Immunology*, *94*, 175-189.
- Khademzade, O., Zakeri, M., Haghi, M. & Mousavi, S.M. (2020).** The effects of water additive *Bacillus cereus* and *Pediococcus acidilactici* on water quality, growth performances, economic benefits, immunohematology and bacterial flora of whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) reared in earthen ponds. *Aquaculture Research*, *51*(1), 1759-1770.
- Kuebutornye, F.K.A., Abarike, E.D., Lu, Y., Hlordzi, V., Sakyi, M.E., Afriyie, G., Wang, Z., Li, Y. & Xie, C.X. (2020).** Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry*, *46*(3), 819-841.
- Lin, Y.S., Saputra, F., Chen, Y.C. & Hu, S.Y. (2019).** Dietary administration of *Bacillus amyloliquefaciens* R8 reduces hepatic oxidative stress and enhances nutrient metabolism and immunity against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus agalactiae* in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish and Shellfish Immunology*, *86*, 410-419.
- Liu, C.H., Chiu, C.H., Wang, S.W. & Cheng, W. (2012).** Dietary administration of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, enhances the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Fish and Shellfish Immunology*, *33*(4), 699-706.
- Lopez, L.M., Soto, J.O., Escamilla, I.T., Ibarra, M.F., Ochoa, L., Drawbridge, M. & Peres, H. (2016).** Evaluation of carbohydrate-to-lipid ratio in diets supplemented with *Bacillus subtilis* probiotic strain on growth performance, body composition and digestibility in juvenile white seabass (*Atractoscion nobilis*, Ayres 1860). *Aquaculture Research*, *47*(6), 1864-1873.
- Mohammadian, T., Nasirpour, M., Tabandeh, M.R., Heidary, A.A., Ghanei-Motlagh R. & Hosseini S.S. (2019).** Administrations of autochthonous probiotics altered juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* health status, growth performance and resistance to *Lactococcus garvieae*, an experimental infection. *Fish and Shellfish Immunology*, *86*, 269-279.
- Neissi, A., Rafiee, G., Nematollahi, M. & Safari, O. (2013).** The effect of *Pediococcus acidilactici* bacteria used as probiotic supplement on the growth and non-specific immune responses of green terror, *Aequidens rivulatus*. *Fish and Shellfish Immunology*, *35*(6), 1976-1980.
- Nguyen, T.L., Park, C.I. & Kim, D.H. (2017).** Improved growth rate and disease resistance in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, by probiotic *Lactococcus lactis* WFLU12 isolated from wild marine fish. *Aquaculture*, *471*, 113-120.
- Ninawe, A.S. & Senvin, J. (2009).** Probiotics in shrimp aquaculture: Avenues and challenges. *Critical Reviews in Microbiology*, *35*(1), 43-66.
- Oliver, W.T. & Wells, J.E. (2015).** Lysozyme as an alternative to growth promoting antibiotics in swine production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *6*, 1-7.
- Pan, X., Wu, T., Zhang, L., Song, Z., Tang, H. & Zhao, Z. (2008).** In vitro evaluation on adherence and antimicrobial properties of a candidate probiotic *Clostridium butyricum* CB2 for farmed fish. *Journal of Applied Microbiology*, *105*(5), 1623-1629.

- Panzuto, F., D'Amato, A., Laghi, A., Cadau, G., D'Ambra, G. & Aguzzi, D. (2003).** Abdominal tuberculosis with pancreatic involvement: a case report. *Digestive and Liver Disease*, **35**(4), 283-287.
- Pehlivan, D. & Onuk, E.E. (2020).** Gökkuşluğu alabalığı bağırsaklarından izole edilen laktik asit bakterilerinin *Lactococcus garvieae*'ye karşı probiyotik potansiyelinin *in vitro* olarak belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **5**(4), 647-654.
- Pérez-Ramos, A., Mohedano, M.L., Pardo, M.A. & López, P. (2018).** β -Glucan-producing *Pediococcus parvulus* 2.6: test of probiotic and immunomodulatory properties in zebrafish models. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 1-18.
- Pradeep, B., Ayyappan, S. & Pandey, P.K. (2003).** Effect of probiotics and antibiotics on water quality and bacterial flora. *Journal of the Inland Fisheries Society of India*, **35**(2), 68-72.
- Ramesh, D., Vinothkanna, A., Rai, A.K. & Vignesh, V.S. (2015).** Isolation of potential probiotic *Bacillus* spp. and assessment of their subcellular components to induce immune responses in *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila*. *Fish and Shellfish Immunology*, **45**(2), 268-276.
- Poolsawat, L., Li, X., He, M., Ji, D. & Leng, X. (2020).** *Clostridium butyricum* as probiotic for promoting growth performance, feed utilization, gut health and microbiota community of tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). *Aquaculture Nutrition*, **26**(3), 657-670.
- Román, L., Real, F., Sorroza, L., Padilla, D., Acosta, B., Grasso, V., Bravo, J. & Acosta, F. (2012).** The *in vitro* effect of probiotic *Vagococcus fluvialis* on the innate immune parameters of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Fish and Shellfish Immunology*, **33**(5), 1071-1075.
- Makled, S.O., Hamdan, A.M., El-Sayed, A.F.M. & Hafez, E.E. (2017).** Evaluation of marine psychrophile, *Psychrobacter namhaensis* SO89, as a probiotic in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. *Fish and Shellfish Immunology*, **61**, 194-200.
- Servin, A.L. & Coconnier, M. (2003).** Adhesion of probiotic strains to the intestinal mucosa and interaction with pathogens. *Best Practice and Research. Clinical Gastroenterology*, **17**(5), 741-754.
- Soltani, M., Pakzad, K., Taheri-Mirghaed, A., Mirzargar, S., Shekarabi, S.P.H., Yosefi, P. & Soleymani, N. (2019).** Dietary application of the probiotic *Lactobacillus plantarum* 426951 enhances immune status and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) vaccinated against *Yersinia ruckeri*. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, **11**(1), 207-219.
- Sorroza, L., Padilla, D., Acosta, F., Román, L., Grasso, V., Vega, J. & Real, F. (2012).** Characterization of the probiotic strain *Vagococcus fluvialis* in the protection of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) against vibriosis by *Vibrio anguillarum*. *Veterinary Microbiology*, **155**, 369-373.
- Sun, Y.Z., Yang, H.L., Ma, R.L., Zhang, C.X. & Lin, W.Y. (2011).** Effect of dietary administration of *Psychrobacter* sp. on the growth, feed utilization, digestive enzymes and immune responses of grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture Nutrition*, **17**(3), 733-740.
- Tang, M. (2009).** Immune effects of probiotic bacteria. *Handbook of Probiotics and Prebiotics* (2), Yuan Kun Lee, Seppo Salminen.
- Tarnecki, A.M., Wafapoor, M., Phillips, R.N. & Rhody, N.R. (2019).** Benefits of a *Bacillus* probiotic to larval fish survival and transport stress resistance. *Scientific Reports*, 1-11.
- Thy, H.T.T., Tri, N.N., Quy, O.M., Kannika, K., Unajak, S. & Areechon, N. (2017).** Effects of the dietary supplementation of mixed probiotic spores of *Bacillus amyloliquefaciens* 54A, and *Bacillus pumilus* 47B on growth, innate immunity and stress responses of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Fish and Shellfish Immunology*, **60**, 391-399.
- Wang, A., Ran, C., Wang, Y., Zhang, Z., Ding, Q., Yang, Y., Olsen, R.E., Ringo, E., Bindelle, J. & Zhou, Z. (2019).** Use of probiotics in aquaculture of China—a review of the past decade. *Fish and Shellfish Immunology*, **86**, 734-755.
- Wang, Y.B., Xu, Z.R. & Xia, M.S. (2005).** The effectiveness of commercial probiotics in Northern white shrimp (*Penaeus vannamei* L.) Ponds. *Fisheries Science*, **71**, 1036-1041.
- Xiaolong, G., Caihuan, K., Mo, Z., Xian, L., Fucun, W. & Ying, L. (2019).** Effects of the probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* on the growth, immunity, and disease resistance of *Halilobius discus hannai*. *Fish and Shellfish Immunology*, **94**, 617-627.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. & Verstraete, W. (2000).** Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **64**(4), 655-671.
- Yamashita, M.M., Ferrarezi, J.V., Pereira, G.V., Bandeira, G., Silva, B.C., Pereira, S.A.,**

- Martins, M.L. & Mouriño, J.L.P. (2020).** Autochthonous vs allochthonous probiotic strains to *Rhamdia quelen*. *Microbial Pathogenesis*, **139**, 1-10.
- Yeşilova, Y., Sula, B., Yavuz, E. & Uçmak, D. (2010).** Probiyotikler. *Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi Tıp Dergisi*, **21**(1), 49-56.
- Yi, Y., Zhang, Z., Zhao, F., Liu, H., Yu, L., Zha, J. & Wang, G. (2018).** Probiotic potential of *Bacillus velezensis* JW: antimicrobial activity against fish pathogenic bacteria and immune enhancement effects on *Carassius auratus*. *Fish and Shellfish Immunology*, **78**, 322-330.
- Yia, C.C., Liu, C.H., Chuang, K.P., Changa, Y.T. & Hua, S.H. (2019).** A potential probiotic *Chromobacterium aquaticum* with bacteriocin-like activity enhances the expression of indicator genes associated with nutrient metabolism, growth performance and innate immunity against pathogen infections in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish and Shellfish Immunology*, **93**, 124-134.
- Zaineldin, A.I., Hegazi, S., Koshio, S., Ishikawa, M., Bakr, A., El-Keredy, A.M.S., Dawood, M.O.A., Dossou, S., Wang, W. & Yukun, Z. (2018).** *Bacillus subtilis* as probiotic candidate for red sea bream: growth performance, oxidative status, and immune response traits. *Fish and Shellfish Immunology*, **79**, 303-312.
- Zhang, W., Liu, M. & Dai, X. (2013).** Biological characteristics and probiotic effect of *Leuconostoc lactis* strain isolated from the intestine of black porgy fish. *Brazilian Journal of Microbiology*, **44**(3), 685-691.
- Zhang, H., Wang, H., Hu, K., Jiao, L., Zhao, M., Yang, X. & Xia, L. (2019).** Effect of dietary supplementation of *Lactobacillus casei* YYL3 and *L. plantarum* YYL5 on growth, immune response and intestinal microbiota in channel catfish. *Animals*, **9**(12), 1-15.
- Zhao, Y., Yuan, L., Junli, W. & Sun, Z. (2016).** Effects of potential probiotic *Bacillus cereus* EN25 on growth, immunity and disease resistance of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Fish and Shellfish Immunology*, **49**, 237-242.
- Zhao, Y., Zhang, W., Xu, W., Mai, K., Zhang, Y. & Liufu, Z. (2012).** Effects of potential probiotic *Bacillus subtilis* T13 on growth, immunity and disease resistance against *Vibrio splendidus* infection in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Fish and Shellfish Immunology*, **32**(5), 750-755.



Pülümür Nehri (Tunceli-Türkiye)'ndeki *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 Populasyonunun Boy-Ağırlık İlişkisi ve Kondisyon Faktörü

Ebru İfakat ÖZCAN* Osman SERDAR
Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye

Geliş Tarihi: 30.07.2021

Kabul Tarihi: 25.11.2021

Basım Tarihi: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Özcan, E. İ. & Serdar, O. (2021). Pülümür Nehri (Tunceli-Türkiye)'ndeki *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 Populasyonunun Boy-Ağırlık İlişkisi ve Kondisyon Faktörü. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 6(4), 614-620.

How to cite: Özcan, E. İ. & Serdar, O. (2021). Length-Weight Relationships and Condition Factor of *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 Population in the Pülümür River (Tunceli-Turkey). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 614-620.

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

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

Öz: Bu çalışmada; 2017 ve 2019 tarihleri arasında Pülümür Nehri'nden yakalanan *Alburnus mossulensis*'in Heckel, 1843 cinsiyet dağılımı, boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü araştırılmıştır. İncelenen bireylerin % 58,80'sinin (304 adet) dişi, % 41,20'sinin (213 adet) erkek olduğu ve dişi/erkek oranının 1:0,70 olduğu belirlenmiştir. Örneklenen balık total boyları ve ağırlıkları dişilerde 6,7-22,7 cm ve 3,5-74,3 g, erkeklerde ise 7,0-22,1 cm ve 3,6-70,2 g arasında dağılım göstermiştir. Boy-ağırlık ilişkisi dişilerde $W = 0,0105L^{2,86}$ ($R^2 = 0,92$), erkeklerde $W = 0,0160L^{2,70}$ ($R^2 = 0,93$) ve tüm bireylerde $W = 0,0126L^{2,79}$ ($R^2 = 0,92$) olarak bulunmuştur. Büyümenin negatif allometrik olduğu tespit edilmiştir. Dişi, erkek ve tüm bireylerde total boy ile ağırlık arasında çok kuvvetli bir ilişki bulunduğu görülmüştür ($R^2 > 0,92$). Kondisyon faktörü değerleri dişilerde 0,456-1,237, erkeklerde 0,474-1,304 ve tüm bireylerde ise 0,456-1,304 arasında değişmektedir.

Anahtar kelimeler: *Alburnus mossulensis*, boy-ağırlık ilişkisi, kondisyon faktörü, pülümür nehri.

Length-Weight Relationships and Condition Factor of *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 Population in the Pülümür River (Tunceli-Turkey)

Abstract: In this study; sex distribution, length-weight relationship and condition factor of *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 caught from the Pülümür River between 2017 and 2019 were investigated. It was determined that 58.80% (304) of the examined individuals were female, 41.20% (213 individuals) were male, and the female/male ratio was 1:0.70. The total length and weight of the sampled fish ranged between 6.7-22.7 cm and 3.5-74.3 g in females, and between 7.0-22.1 cm and 3.6-70.2 g in males. The length-weight relationship was found $W = 0.0105L^{2.86}$ ($R^2 = 0.92$) in females, $W = 0.0160L^{2.70}$ ($R^2 = 0.93$) in males and $W = 0.0126L^{2.79}$ ($R^2 = 0.92$) in all individuals. It was determined that the growth was negative allometric. It has been observed that there is a very strong relationship between total length and weight in female, male and all individuals ($R^2 > 0.92$). Condition factor values vary between 0.456-1.237 in females, 0.474-1.304 in males and 0.456-1.304 in all individuals.

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

Keywords: *Alburnus mossulensis*, length-weight relationship, condition factor, pülümür river.

GİRİŞ

Boy-ağırlık ilişkisi parametreleri balık populasyon dinamiklerinin çeşitli yönleri, kondisyon indeksleri ve stok durumları hakkında bilgi verebilen balık biyolojisinde

önemli parametrelerdir (Bagenal & Tesch, 1978). Ayrıca bu ilişkiler bazı biyokütle ölçümlerinin sağlamak için vücut ağırlığı ve balık boyunu dönüştürmede kullanılır

(Froese, 1998) ve balık türlerinin genel sağlığı, yaşam döngüleri, üreme ve kondisyon tahmin etmeye de yardımcı olur (Pauly, 1983). Ayrıca boy-ağırlık ilişki parametreleri olan *a* ve *b* değerleri farklı habitatlarda yayılış gösteren popülasyonların morfolojileri ve balık türlerinin yaşam süreçlerinin karşılaştırılmasına olanak sağlar (Yılmaz vd., 2010; Yedier vd., 2019). Kondisyon faktörü ise balığın vücut şekliyle ilgili bir parametre olup, yaşadığı ortamın besin yoğunluğu durumunu göstermektedir. Böylece aynı türe ait balık popülasyonlarının farklı ortamlardaki kondisyon faktörlerinin karşılaştırılmasına da olanak sağlamaktadır. Ayrıca, eşeysel olgunluk durumu, popülasyon yoğunluğu, beslenme durumu ve iklim değişikliklerine göre de araştırmacılara bilgi verebilmektedir (Froese, 2006).

Cyprinidae ailesine mensup olan, *Alburnus mossulensis* genellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da yayılış göstermekte olup, özellikle Fırat ve Dicle nehir sistemlerinde bulunur. Fazla kılçıklı olması nedeniyle insanlar tarafından pek tüketilmemektedir (Geldiay & Balık, 2007). Böcekler, algler, bitkiler, diatomlar ve kabuklular ile beslenirler (Coad, 2017). *A. mossulensis* ile ilgili olarak daha önce gerek yurt içinde (Başusta (Girgin), 2000; Türkmen & Akyurt, 2000; Başusta & Çiçek, 2006; Alkan Uçkun & Gökçe, 2015; Keskin, 2016; Serdar vd., 2017; Özcan, 2019a; Yakut, 2019) gerekse yurt dışında (Hedayati vd., 2016; Radkhah, 2016; Keivany vd., 2017; Fazli vd., 2019) farklı su kaynaklarında çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

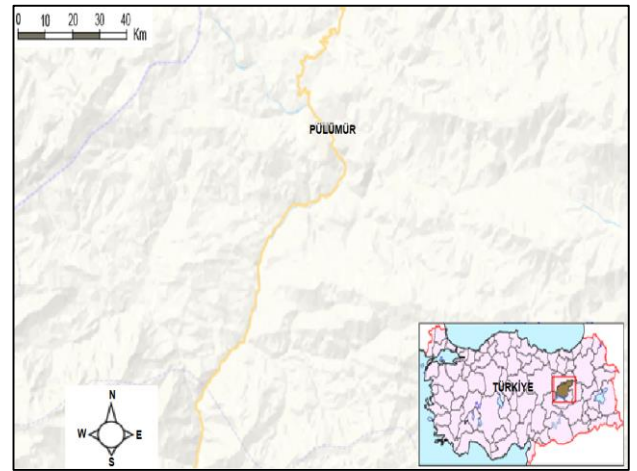
Bu araştırmada, Pülümür Nehri (Tunceli)'nde dağılım gösteren *A. mossulensis*'in boy-ağırlık ilişkisi ile kondisyon faktörünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece elde edilen sonuçlar ile bu türle ilgili ileride yapılacak farklı habitatlardaki çalışmaların bulgularıyla karşılaştırılmasına imkân sağlayacaktır.

MATERYAL VE METOT

Avcı Dağlarının eteklerinden doğan Pülümür Nehri, birçok sayıdaki derenin katılması ile Pülümür ilçesinden Tunceli'nin 20 km kadar kuzey kısımlarına akmaktadır. Pülümür Nehri Tunceli il merkezine kadar gelir ve Munzur suyu ile birleşir (Saler & Bulut, 2011) (Şekil 1). Bu bölge kollarında daha önce yapılmış birçok çalışma da mevcuttur (Saler & Bulut, 2011; Saler vd., 2014; Özcan, 2019b; Özcan, 2020).

Pülümür Nehri'nde 39° 40' 09.72 "K, 39° 82' 85.67" D ve 39° 39' 63.38 "K, 39° 82' 77.50" D koordinatlarından 2017-2019 tarihleri aralığında elektroşoker ile balık avcılığı yapılmıştır. Avcılık süresi boyunca alandan toplam 517 *A. mossulensis* örneği toplanmıştır. Avcılık sonucu elde edilen *A. mossulensis* örnekleri derhal Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesine getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen balıklar kağıt havlu ile kurulanıp, total boyları ölçüm tahtası ve cetvel kullanılarak, ağırlık ölçümleri ise elektronik terazi kullanılarak ölçülmüştür. Cinsiyet belirlemeleri ise gonadlarının incelenmesiyle makroskobik olarak yapılmıştır. Yüzeyi düzgün süt beyazı olan üreme organları testis, olgunluk derecesine bağlı olarak açık sarıdan krem kırmızısına, yüzeyi granüler yapıda olan gonadlar da ovaryum olarak değerlendirilmiştir (Lagler vd., 1977). Eşey oranının doğada normal olarak 1:1 olması beklenmektedir. Dişi erkek oranlarının 1:1 oranından istatistiksel olarak farklı olup olmadığı ki-kare (X^2) testi ile kontrol edilmiştir (Zar, 1999).



Şekil 1. Örnek alanı (Pülümür Nehri) (URL-1, 2021).

Figure 1. Sampling area (Pülümür River) (URL-1, 2021).

Elde edilen boy ve ağırlık değerleriyle dişi, erkek ve tüm bireyler için boy-ağırlık ilişkisi belirlendi. Toplam *A. mossulensis* örneklerinin cinsiyetlere göre ortalama total boyları, ortalama ağırlıkları, standart hataları, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Boy-ağırlık ilişkisi denklemi aşağıdaki regresyon formülü ile belirlenmiştir. Bir balık popülasyonunda $b=3$ ise izometrik, $b>3$ ise pozitif allometrik, $b<3$ ise negatif allometrik büyümeden söz edilir (Avşar, 2005). Büyümenin izometrik veya allometrik olarak ifade eden "*b*" katsayısının t-testi yapılarak istatistiksel olarak 3'ten farklı olup olmadığı belirlenmiştir (Zar, 1999).

$$W=a*L^b \text{ (Sparre & Venema, 1988).}$$

(W: Total ağırlığı (g) L: Total boyu (cm) *a*: Boy-ağırlık ilişkisinin belirlediği eğrinin (Y) eksenini kestiği nokta, *b*: Boy-ağırlık ilişkisinin belirlediği eğrinin eğimi)

Balıkların içinde buldukları ortamın besin durumu ve üremeye bağlı olarak değişen; bir başka değişle besleyicilik kapasitesini gösteren kondisyon faktörü cinsiyetlere göre aşağıdaki formülle tespit edildi.

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

Yapılan hesaplamalar SPSS 24 ile Excel 2013 programları kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma süresi boyunca toplam 517 adet *A. mossulensis* bireyi elde edilmiştir. İncelenen bireylerin % 58,80'sinin (304 adet) dişi, % 41,20'sinin (213 adet) erkek olduğu ve dişi/erkek oranının 1:0,70 olduğu belirlenmiştir. Eşey oranları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz olduğu bulunmuştur (X^2 testi, $p>0,05$). Dişi:erkek oranları Keban Baraj Gölü'nde 1:0,87 (Başusta (Girgin), 2000), Karasu Nehri'nde 1:1,21 (Serdar vd., 2017), Murat Nehri'nde 1:0,79 (Özcan, 2019a) ve Keban Baraj Gölü'nde

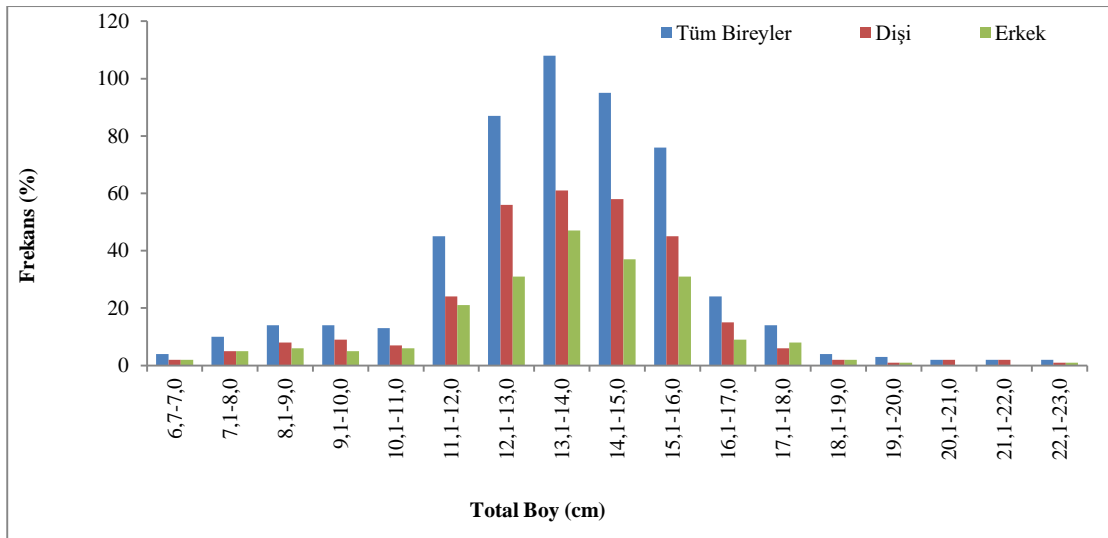
1:0,82 (Yakut, 2019) olarak bildirilmiştir. Çalışmamızda dişilerin erkeklerden fazla olduğu ve Başusta (Girgin) (2000), Özcan (2019a) ile Yakut (2019)'ün çalışmalarındaki dişi:erkek oranıyla benzer olduğu görülmüştür.

İncelenen balık örneklerinin total boyları dişilerde 6,7-22,7 cm, erkeklerde ise 7,0-22,1 cm arasında dağılım göstermiştir (Tablo 1). Total boy uzunlukları bakımından eşeyler arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Dişi ve erkek bireylerde 13,1-14,0 cm boy baskın durumdadır (Şekil 2).

Tablo 1. Pülümür Nehri *A. mossulensis* popülasyonunun total boy frekansı (%).

Table 1. Total length frequency (%) of *A. mossulensis* population in the Pülümür River.

Total Boy (cm)	Dişi			Erkek			Tüm Bireyler		
	N	Ort±S.H	Min-Max	N	Ort±S.H	Min-Max	N	Ort±S.H	Min-Max
6,7-7,0	2	6,9±0,12	6,7-7,0	2	7,0±0,00	7,0	4	6,9±0,07	6,7-7,0
7,1-8,0	5	7,7±0,15	7,2-8,0	5	7,6±0,14	7,3-8,0	10	7,7±0,10	7,2-8,0
8,1-9,0	8	8,81±0,09	8,2-9,0	6	8,62±0,14	8,1-9,0	14	8,73±0,09	8,1-9,0
9,1-10,0	9	9,59±0,07	9,3-9,9	5	9,54±0,11	9,2-10,0	14	9,57±0,06	9,2-10,0
10,1-11,0	7	10,44±0,07	10,2-10,9	6	10,53±0,08	10,4-10,9	13	10,48±0,06	10,2-10,9
11,1-12,0	24	11,86±0,05	11,2-12,0	21	11,75±0,07	11,1-12,0	45	11,81±0,04	11,1-12,0
12,1-13,0	56	12,74±0,04	12,1-13,0	31	12,66±0,05	12,1-13,0	87	12,71±0,03	12,1-13,0
13,1-14,0	61	13,65±0,04	13,1-14,0	47	13,69±0,04	13,1-14,0	108	13,66±0,03	13,1-14,0
14,1-15,0	58	14,63±0,04	14,1-15,0	37	14,65±0,05	14,1-15,0	95	14,64±0,03	14,1-15,0
15,1-16,0	45	15,63±0,05	15,1-16,0	31	15,67±0,05	15,1-16,0	76	15,65±0,03	15,1-16,0
16,1-17,0	15	16,57±0,07	16,1-17,0	9	16,56±0,10	16,1-17,0	24	16,57±0,06	16,1-17,0
17,1-18,0	6	17,66±0,12	17,2-18,0	8	17,44±0,11	17,1-18,0	14	17,54±0,09	17,1-18,0
18,1-19,0	2	18,6±0,20	18,4-18,8	2	18,6±0,19	18,3-18,8	4	18,6±0,13	18,3-18,8
19,1-20,0	1	19,4±0,00	19,4	1	19,8±0,15	19,6-19,9	3	19,6±0,15	19,4-19,9
20,1-21,0	2	20,4±0,00	20,4	-	-	-	2	20,4±0,00	20,4
21,1-22,0	2	21,7±0,30	21,4-22,0	-	-	-	2	21,7±0,30	21,4-22,0
22,1-23,0	1	22,7±0,00	22,7	1	22,1±0,00	22,1	2	22,4±0,30	22,1-22,7



Şekil 2. Pülümür Nehri *A. mossulensis* popülasyonunun total boy frekansı (%).

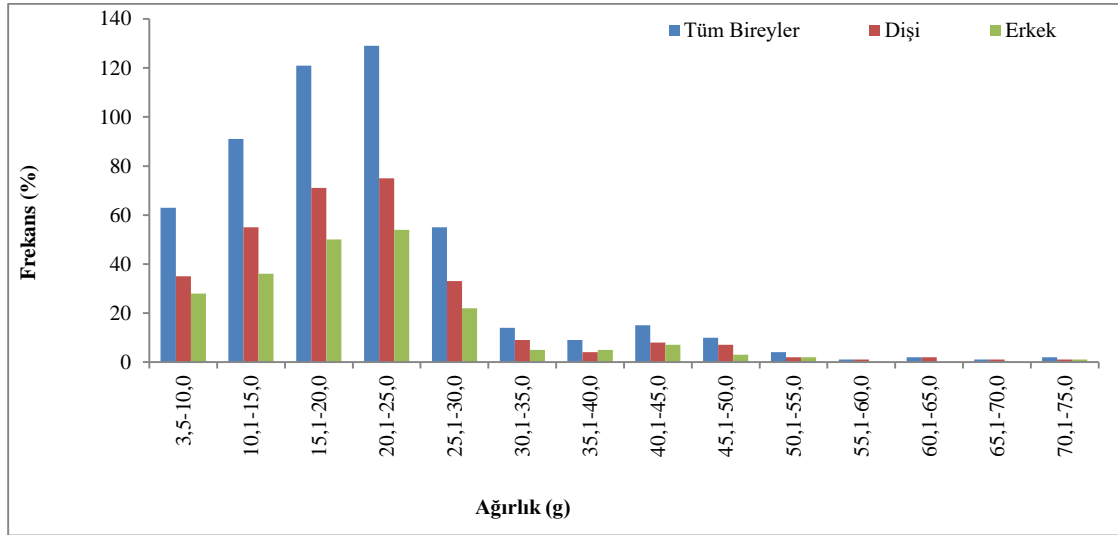
Figure 2. Total length frequency (%) of *A. mossulensis* population in the Pülümür River.

İncelenen balık örneklerinin ağırlıkları dişilerde 3,5-74,3 g, erkeklerde ise 3,6-70,2 g arasında dağılım göstermiştir (Tablo 2). Ağırlık bakımından dişi ve erkek bireyler arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Dişi ve erkek bireylerde 20,1-25,0 g ağırlık baskın durumdadır (Şekil 3). Karasu Irmağında Türkmen & Akyurt, (2000) 3,64-79,5 g; Keban Baraj Gölü'nde Başusta (Girgin), (2000) 10,0-36,0 g; Karakaya

Baraj Gölünde Alkan Uçkun & Gökçe, (2015) 16,87-56,57 g; Aşağı Fırat Havzasında Keskin, (2016) 0,22-47,96 g; Karasu Nehri'nde Serdar vd., (2017) 5,0-71,2 g; Keban Baraj Gölünde Yakut, (2019) 5,4-59,5 g olarak bulunmuşlardır. Boy ve ağırlık aralıklarındaki farklılıklar popülasyon yoğunluğu, örnekleme zamanı ve yöntemi ile çalışma ortamının ekolojik özelliklerinden kaynaklanabilir.

Tablo 2. Pülümür Nehri *A. mossulensis* popülasyonunun vücut ağırlığı frekansı (%).**Table 2.** Body weight frequency (%) of *A. mossulensis* population in the Pülümür River.

Ağırlık (g)	Dişi			Erkek			Tüm Bireyler		
	N	Ort±S.H	Min-Max	N	Ort±S.H	Min-Max	N	Ort±S.H	Min-Max
3,5-10,0	35	6,45±0,64	3,5-9,8	28	6,51±0,66	3,6-9,9	63	3,81±0,48	3,5-9,9
10,1-15,0	55	12,81±0,59	10,1-15,0	36	12,87±0,54	10,5-15,0	91	12,83±0,46	10,1-15,0
15,1-20,0	71	17,34±0,52	15,1-20,0	50	17,61±0,61	15,2-19,8	121	17,45±0,40	15,1-20,0
20,1-25,0	75	22,12±0,49	20,1-25,0	54	22,34±0,58	20,1-25,0	129	22,21±0,37	20,1-25,0
25,1-30,0	33	27,25±0,69	25,1-30,0	22	27,16±1,08	25,3-30,0	55	27,22±0,68	25,1-30,0
30,1-35,0	9	32,4±1,73	30,1-34,8	5	32,68±3,22	31,1-34,4	14	32,5±1,92	30,1-34,8
35,1-40,0	4	37,85±2,33	35,4-39,6	5	36,9±2,23	36,1-37,8	9	37,3±1,66	35,4-39,6
40,1-45,0	8	41,84±1,74	40,1-44,4	7	42,3±1,78	40,1-44,0	15	42,05±1,25	40,1-44,4
45,1-50,0	7	46,88±1,88	45,2-48,8	3	48,2±2,78	47,4-49,2	10	47,3±3,35	45,2-49,2
50,1-55,0	2	51,4±2,41	50,2-52,5	2	52,5±0,50	52,0-53,0	4	51,9±1,59	50,2-53,0
55,1-60,0	1	59,9±0,00	59,9	-	-	-	1	59,9±0,00	59,9
60,1-65,0	2	62,25±1,25	61,0-63,5	-	-	-	2	62,25±1,25	61,0-63,5
65,1-70,0	1	68,7±0,00	68,7	-	-	-	1	68,7±0,00	68,7
70,1-75,0	1	74,3±0,00	74,3	1	70,2±0,00	70,2	2	72,25±2,05	70,2-74,3

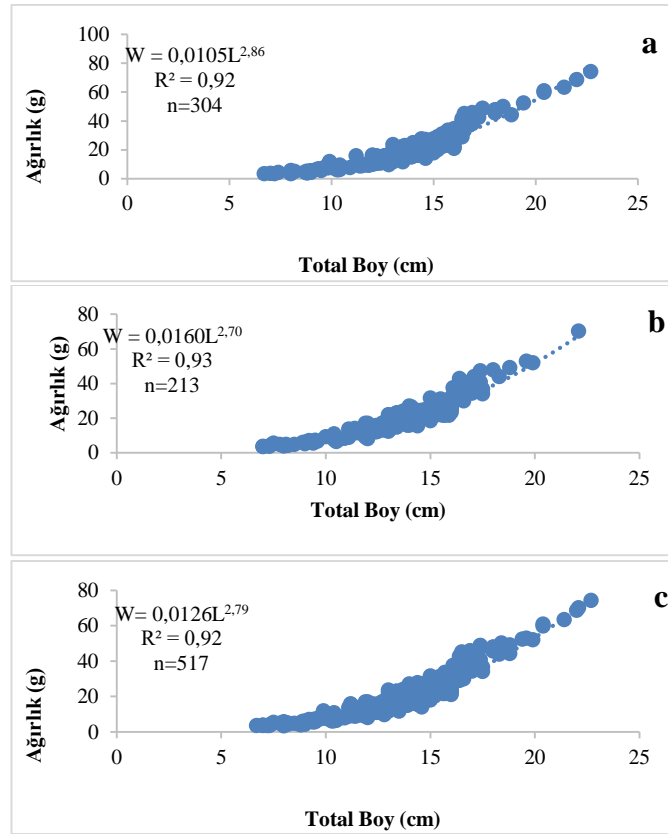
**Şekil 3.** Pülümür Nehri *A. mossulensis* popülasyonunun ağırlık frekansı (%).**Figure 3.** Weight frequency (%) of *A. mossulensis* population in the Pülümür River.

Pülümür Nehri *A. mossulensis* popülasyonunun boy-ağırlık ilişkisi dişilerde $W = 0,0105L^{2,86}$ ($R^2 = 0,92$), erkeklerde $W = 0,0160L^{2,70}$ ($R^2 = 0,93$) ve tüm bireylerde $W = 0,0126L^{2,79}$ ($R^2 = 0,92$) olarak bulunmuştur. Regresyon katsayısı olan "b" nin dişi, erkek ve tüm bireylerde istatistiki olarak 3'ten farklı olduğu tespit edilmiş ($p < 0,05$) ve Pülümür Nehri *A. mossulensis* popülasyonu büyümesinin negatif allometrik olduğu belirlenmiştir. Dişi, erkek ve tüm bireylerde total boy ile ağırlık arasında çok kuvvetli bir ilişki bulunduğu görülmüştür ($R^2 > 0,92$) (Şekil 4, Tablo 3). Karasu Irmağında, Türkmen & Akyurt, (2000); Karakaya Baraj Gölü'nde Alkan Uçkun & Gökçe, (2015); Karasu Nehri'nde Serdar vd., (2017); Murat Nehri'nde Özcan, (2019a) *A. mossulensis*'in büyümesini bu çalışmada olduğu gibi negatif allometrik büyüme bulmuşlardır. Atatürk Baraj Gölü'nde Başusta & Çiçek (2006); Keban Baraj Gölünde Yakut, (2019) *A. mossulensis*'in büyümesini pozitif allometrik büyüme bulmuşlardır. Yine Aşağı Fırat Havzasında Keskin, (2016)

bu türün büyümesini izometrik büyüme olarak bulmuştur. Farklı lokalitelerde yapılmış boy-ağırlık ilişki parametreleri Tablo 4'te verilmiştir. Balıklarda boy ve ağırlık arasındaki ilişki büyümeyi gösteren en önemli parametrelerden biridir. Bu ilişki farklı balık türlerinde değişebileceği gibi, aynı türler arasında bile farklı habitat, suyun fiziko-kimyasal özellikleri, kirlilik durumu, ortamdaki besin miktarı ve üremenin yanı sıra, örnekleme av aracı, örnekleme zamanı ve av aracının seçiciliğine bağlı olarak ta farklı değişimler gösterebilmektedir. Bu yüzden aynı türle ilgili parametreler arasında büyük farklılıklar ortaya çıkabilmektedir (Avşar, 2005).

Tablo 3. Pülümür Nehri'ndeki *A. mossulensis* popülasyonunun boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü değerleri**Table 3.** Length-weight relationship and condition factor values of *A. mossulensis* population in the Pülümür River

Cinsiyet	n	Boy-ağırlık ilişkisi parametreleri			Kondisyon faktörü
		a	b	R^2	
Dişi	304	0,0105	2,86	0,92	0,456-1,237
Erkek	213	0,0160	2,70	0,93	0,474-1,304
Tüm bireyler	517	0,0126	2,79	0,92	0,456-1,304



Şekil 4. Pülümür Nehri *A. mossulensis* populasyonunun dişi (a), erkek (b) ve tüm bireylerde (c) boy-ağırlık ilişkisi.

Figure 4. Length-weight relationship of *A. mossulensis* population in female (a), male (b) and all individuals (c) in the Pülümür River.

Kondisyon faktörü değerleri dişilerde 0,456-1,237 arasında değişmekte olup, erkeklerde ise 0,474-1,304 arasında değişmektedir. Tüm bireylerde ise kondisyon faktörü değerleri 0,456-1,304 arasında değişmektedir (Tablo 3). Dişi ve erkekler arasında kondisyon faktörü değerlerinin istatistiki olarak farklı olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Farklı habitatlarda yapılmış çalışmalarda kondisyon faktörü değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Kondisyon faktörü balığın vücut şekliyle ilgili bir

parametre olup; türün gelişimi bakımından yaşadığı ortamların uygunluk durumunu, beslenme durumu, üreme zamanları, populasyon yoğunluğu ve mevsim değişimlerinin büyüme üzerindeki etkisi hakkında bilgi vermektedir (Weatherley, 1972). Böylece kondisyon faktörü, özellikle ortamdaki besin miktarı ve mevsimlere göre değişiklik gösterdiğinden; daha önceki verilerle yakın veya farklı olabileceği söylenebilir.

Tablo 4. Farklı habitatlardaki *A. mossulensis*'in boy dağılımı, boy-ağırlık ilişkisi parametreleri ve kondisyon faktörü değerleri.

Table 4. Length distribution, length-weight relationship parameters and condition factor values of *A. mossulensis* in different habitats.

Habitat	Araştırmacı(lar)	Eşey	Boy dağılımı (cm)	Boy-ağırlık ilişkisi parametreleri		Kondisyon faktörü
				a	b	
Keban Baraj Gölü	Başusta (Girgin), (2000)	Dişi	12,5-17,0*	0,000004	3,126	0,49-0,89
		Erkek	11,2-16,5*	0,000003	3,144	0,51-0,85
Karasu Irmağı	Türkmen & Akyurt, 2000	Dişi	8,5-18,5	0,008	3,082	0,56-1,48
		Erkek	8,9-18,1	0,01	2,828	0,58-1,55
Atatürk Baraj Gölü	Başusta & Çiçek, 2006	Tüm	8,38-24,20*	0,00395	3,313	-
Karakaya Baraj Gölü	Alkan Uçkun & Gökçe, 2015	Dişi	10,8-18,6	0,206	2,065	0,54-1,96
		Erkek	12,5-19,0	0,119	2,138	0,51-1,31
Gamsiab Baraj Gölü, İran	Hedayati vd., 2016	Tüm	3,1-11,59*	0,007	3,135	-
Aşağı Fırat	Keskin, 2016	Tüm	3,3-16,5*	0,0078	3,032	0,53-1,10
Hamzeh-Ali Bölgesi	Radkhah, 2016	Tüm	1,92-7,41*	0,00006	3,09	-
Bibi-Sayyedeh Nehri	Keivany vd., 2017	Dişi	4,5-16,80*	0,0061	3,175	0,61-0,84
		Erkek	4,6-14,10*	0,0084	3,0355	0,49-0,98
Karasu Nehri	Serdar vd., 2017	Dişi	7,5-19,9*	0,0131	2,80	-
		Erkek	8,0-21,4*	0,0125	2,82	-
Azad Baraj Gölü, İran	Fazlı vd., 2019	Tüm	7,5-17,5	0,00005	2,743	0,93-1,82
Murat Nehri	Özcan, 2019a	Dişi	8,7-19,9*	0,0097	2,812	0,43-0,91
		Erkek	7,2-19,6*	0,0168	2,599	0,46-0,98
Keban Baraj Gölü	Yakut, 2019	Dişi	10,4-17,8*	0,0018	3,555	0,56-1,15
		Erkek	9,5-18,2*	0,0042	3,213	0,41-1,05
Pülümür Nehri	Bu çalışma	Dişi	6,7-22,7*	0,0105	2,86	0,456-1,237
		Erkek	7,0-22,1*	0,0160	2,70	0,474-1,304

*Total boy değeri

Sonuç olarak; ülkemizde hem coğrafi konumu hem de farklı ekolojik özellikleri bakımından zengin olan iç sularımızda bulunan birçok balık türü yaşamaktadır. Biyolojik çeşitliliğin korunmasında ve balıkçılık yönetiminde, türlerin biyolojik özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle, Pülümür Nehri'ndeki *Alburnus mossulensis* popülasyonunun boy-ağırlık ve kondisyon faktörü gibi biyolojik özelliklerinin araştırılması bilime önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alkan Uçkun, A. & Gökce, D. (2015).** Assessing age, growth, and reproduction of *Alburnus mossulensis* and *Acanthobrama marmid* (Cyprinidae) populations in Karakaya Dam Lake (Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, **39**(1), 1-14. DOI: 10.3906/zoo-1211-13
- Avşar, D. (2005).** "Balıkçılık biyolojisi ve popülasyon dinamiği", Nobel Kitapevi, 332s, Adana.
- 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.
- Başusta (Girgin), A. (2000).** Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Acanthobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulensis* ve *Chondrostoma regium* balıklarında büyüme ve kan hücrelerindeki değişimlerin incelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 70s.
- Başusta, N. & Çiçek, E. (2006).** Length-weight relationships for some teleost fishes caught in Atatürk Dam Lake in southeastern Anatolia, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, **22**, 279-280. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00778.x
- Coad, B.W. (2017).** Freshwater fishes of Iran. www.briancoad.com.
- Fazli, H., Daryanabard, G., Janbaz, A., Naderi Jolodar, M., Mirzaei, R., Hoseinpour, H. & Vahedi, N. (2019).** Age and growth of *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 in Azad Dam Reservoir and Komasi River in Kordestan Province, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **18**(4), 672-683. DOI: 10.22092/ijfs.2018.117745
- Froese, R. (1998).** Length-weight relationships for 18 less-studied fish species. *Journal of Applied Ichthyology*, **14**, 117-118.
- Froese, R. (2006).** Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, **22**, 241-253. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x
- Geldiay, R. & Balık, S. (2007).** Türkiye tatlı su balıkları. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 46, V. Baskı, 638s.
- Hedayati, S.A., Ghafari Farsani, H. & Gerami, M.H. (2016).** Length-weight relationships of two fish species from Gamsiab Reservoir, western Iran: *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 and *Luciobarbus esocinus* Heckel, 1843. *Journal of Applied Ichthyology*, **32**, 139-140. DOI: 10.1111/jai.12915
- Keivany, Y., Ghorbani, M. & Paykan-Heyrati, F. (2017).** Age and growth of *Alburnus mossulensis* (Cyprinidae) in Bibi-Sayyeddan River of Isfahan Province. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **16**(4), 1164-1177.
- Keskin, S.B. (2016).** Aşağı Fırat Havzası *Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843) popülasyonu için bazı popülasyon dinamiği parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir, 59s.
- Lagler, K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R. & Passino, D.R.M. (1977).** *Ichthyology*. John Wiley and Sons, Newyork, 506 p.
- Le Cren, C.D. (1951).** The Length-weight Relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, **20**, 201-219.
- Özcan, E.İ. (2019a).** Artificial neural networks (a new statistical approach) method in length-weight relationships of *Alburnus mossulensis* in Murat River (Palu-Elazığ) Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, **17**(5), 10253-10266. DOI: 10.15666/aeer/1705_1025310266
- Özcan, E.İ. (2019b).** Pülümür Nehri (Tunceli, Türkiye)'ndeki *Barbus lacerta* Heckel, 1843'ün boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü. *Nwsa-Ecological Life Sciences*, **14**(4), 66-73. DOI: 10.12739/NWSA.2019.14.4.5A0118
- Özcan, E.İ. (2020).** Pülümür Nehri'nde yaşayan *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843 popülasyonunun bazı büyüme özelliklerinin belirlenmesi. *Nwsa-Ecological Life Sciences*, **15**(4), 121-133. DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.4.5A0139
- Pauly, D. (1983).** Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish, Tech. Pap., 234p.
- Radkhah, A. (2016).** A study on lengthweight relationship and condition factor of *Alburnus mossulensis* in Hamzeh-Ali Region from Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, **4**(1), 124-125.
- Saler, S. & Bulut, 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., Bulut, H. & Baysal, N. (2014).** Zooplankton of Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com*, **8**(1), 1-7. (Short Communication). DOI: 10.3153/jfscm.2014001.
- Serdar, O., Özcan, E.İ. & Aydın, R. (2017).** Length-weight and length-length relationships of *Alburnus mossulensis* and *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843) in the Karasu River (Turkey). *Yunus Research Bulletin*, **2**, 171-176. DOI: 10.17693/yunusae.vi.278434

- Sparre, P. & Venema, S.C. (1998).** Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper. No. 306.1 Rev.2, Rome, FAO. 407p, 1998.
- Türkmen, M. & Akyurt, İ. (2000).** Karasu Irmağı'nın Aşkale mevkiinden yakalanan gümüş balığı (*Chalcalburnus mossulensis*, Heckel 1843)'nın populasyon yapısı ve büyüme özellikleri. *Turkish Journal of Biology*, **24**, 95-111.
- URL-1. (2021).**
[https://www.google.com/maps/place/Pülümür Nehri](https://www.google.com/maps/place/Pülümür+Nehri), 10 Ekim 2021.
- Yakut, Ü. S. (2019).** *Keban Baraj Gölü Alburnus mossulensis (Heckel, 1843) populasyonunda büyüme parametrelerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 32 s.
- Yedier, S., Konaş, S. & Bostancı, D. (2019).** Marmara Denizi'nde yaşayan *Pagellus acarne* (Risso, 1827)'nin kondisyon faktörü, boy-boy ve boy-ağırlık ilişkileri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **4**(2), 82-88.
DOI: [10.35229/jaes.542005](https://doi.org/10.35229/jaes.542005)
- 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.
- Weatherley, A.H. (1972).** *Growth and Ecology of Fish populations*. Academic Press. London, 293p.
- Zar, J.H. (1999).** *Biostatistical Analysis*, 4th edn. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 663p.



Determination of Heavy Metal Pollution in River of Artvin, Rize and Trabzon Provinces, Turkey^[*]

Hazel BAYTAŞOĞLU*

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, 53100 Rize, Turkey

Geliş/Received: 26.08.2021

Kabul/Accepted: 08.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Baytaşoğlu, H. (2021). Determination of Heavy Metal Pollution in River of Artvin, Rize and Trabzon Provinces, Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 621-626.

Atf yapmak için: Baytaşoğlu, H. (2021). Artvin, Rize ve Trabzon İlleri Akarsularının Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 621-626.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-9959-1829>

***Corresponding author:**

Hazel BAYTAŞOĞLU
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of
Fisheries and Aquatic Sciences, 53100 Rize,
Turkey.
✉: gokbuluthazel@gmail.com

Abstract: The aim of this study was to evaluate the stations selected from the provinces in the Eastern Black Sea region (Artvin, Rize, Trabzon), Turkey in terms of some physicochemical parameters and heavy metals. A total of 27 stations were selected from these rivers and their tributaries feeding the Black Sea, and sampling was carried out in 2019-2020 depending on the land conditions. Temperature, dissolved oxygen, pH, electrical conductivity, and total dissolved solids parameters were measured with a HQ 40 D brand water measuring device. For heavy metal analysis, services were purchased from the Sinop University Central Research Laboratory (SUBİTAM). As a result of the analyses made, it was determined that all stations had a very high concentration in terms of Al and some stations in terms of Cd. Furthermore, it was observed that almost all of the stations showed high quality water characteristics in terms of Mn, Zn, Pb, Ni, Fe, Cu. It has been determined that physicochemical parameters varied depending on factors such as seasonal temperatures, land structure, slope, precipitation rate, and parameters, except pH showed 1st class water characteristics according to the limits determined in the legislation. This study suggests that the pollution in this region is not at a high level and that it has suitable water conditions for life in terms of the parameters examined.

Keywords: Eastern black sea, heavy metals, pollution, river

Artvin, Rize ve Trabzon İlleri Akarsularının Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi

Öz: Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan illerden (Artvin, Rize, Trabzon) seçilen istasyonların bazı fizikokimyasal parametreler ve ağır metaller bakımından değerlendirilmesini sağlamaktır. Karadeniz'i besleyen bu akarsular ve kollarından toplamda 27 istasyon seçilmiş ve 2019-2020 yıllarında arazi şartlarına bağlı olarak örnekleme yapılmıştır. Sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözülmüş katı madde parametreleri HQ 40 D marka su ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ağır metal analizleri için SUBİTAM'dan hizmet alımı yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu, Al bakımından tüm istasyonların, Cd bakımından ise bazı istasyonların oldukça yüksek konsantrasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Mn, Zn, Pb, Ni, Fe, Cu bakımından istasyonların hemen hemen hepsinin yüksek kaliteli su özelliği gösterdiği görülmüştür. Fizikokimyasal parametrelerin mevsim sıcaklıkları, arazi yapısı, eğim, yağış oranı gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği, pH dışındaki ölçümlerin mevzuatta belirlenen sınırlara göre 1. Sınıf su özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları bu bölgede kirliliğin yüksek seviyede olmadığını, incelenen parametreler açısından canlı yaşamı için uygun su özelliğine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır metaller, akarsu, doğu karadeniz, kirlilik.

[*] This study was produced from the master thesis.

INTRODUCTION

The Eastern Black Sea Basin is one of the richest basins in terms of water resources and receives the most precipitation in Turkey. Almost all of the basin's streams get their sources from the peaks of the mountains that run parallel to the coast. Because of their geological structure, they have a high slope and precipitation rate and their flows are continuous. But for the same reasons, they drag large amounts of sand and gravel and accumulate in the areas where they spill into the sea (DOKAP, 2013). It is known that the physicochemical or ecological conditions of the rivers carrying water to the seas (fertilizers, pesticides affecting the seas, hormones, wastes from industrial establishments and houses, wastewater, erosion) affect the seas significantly (Verap et al., 2020). Previous studies have emphasized that the discharge of domestic and industrial wastes into the seas via rivers is the main cause of Black Sea pollution (Bozcaarmutlu et al., 2009; Alkan et al., 2008). Although some metals and heavy metals are necessary for the life of living things, they are considered important pollutants due to their high concentrations in aquatic environments, their accumulation properties, and their toxicity. Heavy metals in surface waters increase due to atmospheric transport, terrestrial inputs, hydrothermal activities, rocks and anthropogenic inputs resulting from human activities (Metin Dereli et al., 2017). In the literature, there are water quality studies conducted at different time intervals in different rivers in this basin (Bakan & Büyükgüngör, 2000; Boran & Sivri, 2001; Altın et al., 2009; Bayram & Önsoy, 2011; Gültekin et al., 2012; Satilmis & Bayram, 2014; Nacar & Satilmis, 2017; Nacar et al., 2018). However a limited number of stations and different pollution parameters were used in these studies. The aim of this study was to determine some physicochemical parameters and heavy metal (Al, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) concentrations in streams flowing from Artvin, Rize and Trabzon, Turkey to the Black Sea.

MATERIAL AND METHOD

Artvin, Rize and Trabzon provinces of Turkey selected as the study area are surrounded by the Black Sea in the north, Ardahan in the east, Giresun in the west, Erzurum, Gümüşhane and Bayburt in the south. There are many large and small river systems in the study area. Samples were taken from a total of 27 stations between 2019 and 2020. For the determination of physico-chemical parameters, temperature, dissolved oxygen, pH and electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS) parameters were measured in the field with the HQ 40 D brand water measuring device. Water samples were taken from a depth of approximately 0.5 m, depending on the

depth of the stream, using 2-liter polypropylene bottles. For heavy metal analysis, water samples were filtered with 0.45 micron mesh filter papers. The pH was brought to the range of 1.5 - 2.0 by adding concentrated nitric acid solution to. Before the analysis, filtration with filter paper was repeated and an ICP-MS device was used to make the measurements. For this process, services were purchased from the Sinop University Central Research Laboratory (SUBITAM). The map of the sampling area is given in Figure 1. Ethics committee approval is not required for this study.

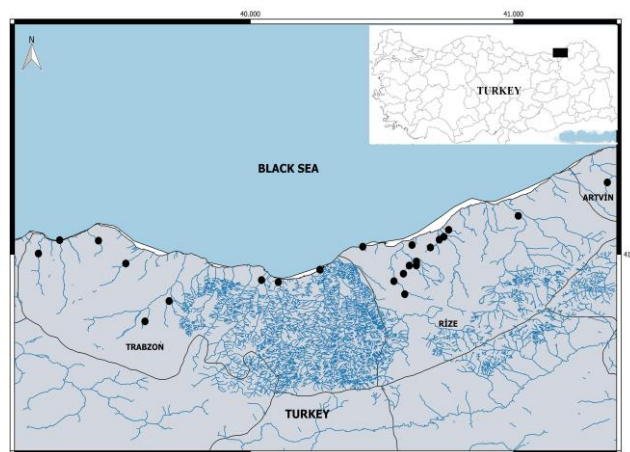


Figure 1. The map of sampling stations.

RESULTS

The descriptions of selected sampling stations from the rivers of Artvin, Trabzon and Rize provinces in the Eastern Black Sea basin are given in Table 1.

Some physicochemical parameters measured in the field during the fieldwork are given in Table 2. The temperature parameter was measured between 4.7-21.8 °C. When evaluated according to the sampling periods, the temperature parameter was found to be suitable for seasonal temperature values. The dissolved oxygen parameter was measured between 8.7 and 11.9 mg/L. Considering that the slope and precipitation rate of the study area are high, it is normal for these values to be relatively high (Table 2). The pH is expected to be in the range of 6.5-8.5 in clean waters (Sağlam, 2003). In this study, the pH ranged from 4.74-6.5. It is thought that this situation may have resulted from short-term contamination. Conductivity is the capacity of water to conduct electric current or the resistance of the solution to conduct electric current. Since conductivity is accepted as an indicator of dissolved substances in water, it is a monitoring parameter in streams. The charge and concentration of dissolved substances in water affect conductivity (Anonim, 2011). EC and TDS values are in

parallel with each other. The EC and TDS parameters was measured between 30.1-198.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ and 22.7-154.3 mg/L , respectively. When the physicochemical parameters measured in the field were compared with the limits specified in the legislation (Table 3), it was seen that the parameters other than pH showed high quality water characteristics (Table 2).

Table 1. Descriptions of sampling stations.

Station Number	Stations Names	Sampling Dates	Province	Coordinates
St-1	Stream Arhavi (A tributary of Stream Orçi)	3.11.2020	Artvin	41.2537 N 41.3565 E
St-2	Stream Potomya	12.7.2020	Rize	40.9747N 40.6313E
St-3	Stream Alakoz 2	17.7.2020	Rize	40.9604N 40.6041E
St-4	Stream Firtına 2	5.11.2019	Rize	41.1358N 41.0181E
St-5	Stream Derepazarı	30.6.2020	Rize	41.0270 N 40.4272 E
St-6	Stream Andon	5.8.2020	Rize	40.8595N 40.5868E
St-7	Stream Alakoz	17.7.2020	Rize	40.9317N 40.5818E
St-8	Stream Yeşildere	5.8.2020	Rize	40.9052N 40.5457E
St-9	Stream Sabuncular	6.8.2020	Rize	41.0619N 40.7356E
St-10	Stream Azsu	30.6.2020	Rize	41.0518N 40.7181E
St-11	Stream Büyükköy	6.8.2020	Rize	41.0243N 40.6844E
St-12	Stream Veliköy	5.8.2020	Rize	41.0329N 40.6144E
St-13	Stream Seldere	12.7.2020	Rize	40.9607N 40.6310E
St-14	Stream Manahoz	2.9.2020	Trabzon	40.9018N 40.1064E
St-15	Stream Manahoz 2	12.9.2020	Trabzon	40.8015N 40.1423E
St-16	Stream Çataklıhoca	6.8.2020	Trabzon	41.0865N 40.7536E
St-17	Stream İskefiye	3.9.2020	Trabzon	41.0483N 39.4232E
St-18	Stream Karadere 2	2.9.2020	Trabzon	40.9092N 40.0426E
St-19	Stream Kalyan	1.9.2020	Trabzon	40.8353N 39.6916E
St-20	Stream Çataklı 2	1.9.2020	Trabzon	40.7253N 40.2335E
St-21	Stream Ağasar	3.9.2020	Trabzon	41.0028N 39.1950E
St-22	Stream Yeniköy (Hayrat)	1.9.2020	Trabzon	41.0453N 39.5076E
St-23	Stream Söğütü (Hayrat)	1.9.2020	Trabzon	40.9676N 39.5270E
St-24	Stream Çataklı	22.1.2020	Trabzon	40.8020N 40.2466E
St-25	Stream Alıntaş	28.10.2019	Trabzon	40.7635 N 39.5998 E
St-26	Stream Fol	22.1.2020	Trabzon	41.0502 N 39.2758 E
St-27	Stream Cumapazarı	28.11.2019	Trabzon	40.9462 N 40.2646 E

Table 2. Some water quality parameters measured in the field.

Stations	Temperature (°C)	Dissolved Oxygen (mg/L)	pH	Total Dissolved Solids (mg/L)	Electrical Conductivity ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
St-1	11.4	11.8	5.40	25.8	39.4
St-2	16	9.58	4.81	25.9	45.1
St-3	17.7	9.33	5.60	55.2	30.1
St-4	14.4	10.73	5.45	38.5	61.7
St-5	15.0	10.39	5.39	80.1	135.7
St-6	14.2	9.49	5.04	24.1	40.5
St-7	17.7	9.33	5.60	55.2	30.1
St-8	18.2	9.29	4.80	36.7	67.8
St-9	18.2	9.15	5.27	27.7	50.9
St-10	21.8	10.02	5.57	54.1	107.5
St-11	18.5	9.34	5.63	61.0	112.3
St-12	18.6	9.29	5.11	56.7	104.1
St-13	16.4	9.53	4.74	22.7	40.2
St-14	19.0	9.54	5.66	32.9	61.9
St-15	21.1	9.38	5.29	35.8	70.4
St-16	21.2	8.86	5.24	47.6	93.2
St-17	20.9	9.42	5.76	83.5	154.2
St-18	20.7	8.70	5.93	27.7	53.5
St-19	17.6	8.7	5.9	39.8	111.2
St-20	18.3	9.25	5.48	37.0	68.2
St-21	16.3	9.29	5.33	19.54	34.5
St-22	18.1	9.33	6.2	55.3	124.1
St-23	18.2	8.18	6.5	58.4	136.2
St-24	6.5	11.4	6.2	77.4	104.5
St-25	7.8	9.11	6.5	94	153.2
St-26	4.7	11.9	6.5	154.3	198.2
St-27	15.1	9.82	5.77	56.4	119.4

Table 3. Su kalite sınıflarına göre limit değerler

Parameters	Classes			
	I	II	III	IV
Temperature (°C)	25	25	30	>30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	Outside of 6-9
Dissolved Oxygen (mg/L)	8	6	3	<3
TDS	500	1500	5000	>5000
Al (mg/L)	0.3	0.3	1	>1
Mn ($\mu\text{g}/\text{L}$)	100	500	3000	>3000
Fe ($\mu\text{g}/\text{L}$)	300	1000	5000	>5000
Ni ($\mu\text{g}/\text{L}$)	20	50	200	>200
Cu ($\mu\text{g}/\text{L}$)	20	50	200	>200
Zn ($\mu\text{g}/\text{L}$)	200	500	2000	>2000
Cd ($\mu\text{g}/\text{L}$)	3	5	10	>10
Pb ($\mu\text{g}/\text{L}$)	10	20	50	>50

According to the results obtained from the sampling stations, the highest Al value (358.8 ppb) was obtained from St-24 and St-4 stations. and the lowest Al value (4.6 ppb) was obtained from St-2 and St-13 stations (Figure 2). Al is the most abundant and common element in the Earth's crust. It enters water resources through both natural and anthropogenic sources (Lantz & MacKenzie, 1979). Its common source in freshwater systems is due to heavy rains and melting snow. and aluminum particles from rock and soil (Bjerknes et al., 2003). When the Al values measured in this study were evaluated according to the surface water quality classes, it was determined that all stations showed 4th class water characteristics and the concentrations were quite high.

Mn values were found to be higher (41.9 ppb) at St-24 and St-1 stations, compared to other stations and lower (0.3 ppb) at St-13 and St-4 stations (Figure 2). In the study conducted by Sönmez 2012 on the Karasu River (Black Sea), it was emphasized that some stations showed polluted water characteristics. Although the concentration determined at the St-2 station in the Mn measurements made in this study was relatively high, all stations were included in the 1st class water quality class.

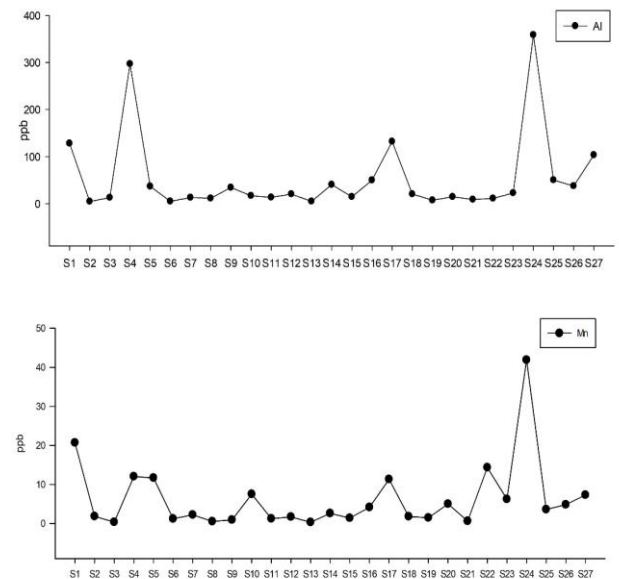


Figure 2. Al and Mn concentrations in the sampling stations.

The highest Fe values (796.9 ppb) were found at St-17 and St-24 stations and the lowest Fe values (3.1 ppb) were found at St-8 and St-19 stations (Figure 3). It is noted that Fe, which is one of the most abundant elements in the soil and the Earth's crust, is an important problem in spring waters (Gray, 1996; Türkmen, 2003). Although it acts as a catalyst in many chemical reactions it has a toxic effect when the amount of Fe oxide in the water exceeds 5 ppm (Kıracı, 2014). In previous studies, it was noted that the Fe concentration was quite high in Aksu Stream (Toroğlu et al., 2006) and increased in places in some river systems on the Central Black Sea coast (Arıman et al., 2007). When the measurement results were evaluated according to the inorganic parameter values of the surface water quality standards, it was seen that 3 stations selected in this study showed 2nd class water characteristics and 3 different stations, although in 1st Class water quality class were measured higher compared to other stations (Table 3).

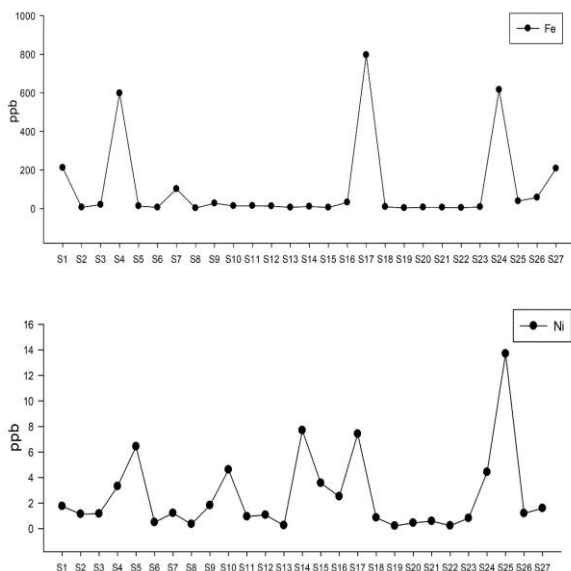


Figure 3. Fe and Ni concentrations in the sampling stations.

The highest Ni values (13.7 ppb) were found at St-25 and St-14 stations and the lowest Ni values (0.2 ppb) were found at St-19, St-22 and St-13 stations (Figure 3). Ni is mostly found in the wastewater of ceramics, coins, batteries, magnets machine parts, motor vehicle and aircraft industries. Substances such as selenium, nickel, titanium, uranium and aluminum that cause water pollution have a lethal effect for living things if their concentrations exceed the limit value.

The highest Cu values (20 ppb) were found at St-17 and St-15 stations and the lowest Cu values (0.8 ppb) were found at St-8 and St-9 stations (Figure 4). Previous study concluded that the concentration was low in copper measurements made during different studies from the Middle Black Sea Yeşilırmak, Abdal Çayı, Kızılırmak, Kürtün, Aksu streams and its branches (Arıman et al., 2007). In this study, it was determined that 1 station showed 2nd class water characteristics and 1 station had a relatively high concentration compared to other stations (Table 3).

The highest Cd values (85.2 ppb) were found at St-13 and St-7 stations and the lowest Cd values (1.5 ppb) were found at St-6 and St-22 stations (Figure 4). Cd metal is used extensively in industry as a sub-product in the production of metals such as copper, zinc, lead, and in phosphate fertilizers. With this use in industry, it is considered to be an important ecotoxicological metal (Kıracı, 2014). In the sampling studies conducted along the Gediz river, Cd concentrations varied between 1st and 4th class water quality (Kayar & Çelik, 2003). The Cd value was measured quite low in the stations selected from the Central Black Sea region (Arıman et al., 2007). In the measurements made in this study, it was determined that 4 stations showed 4th class water features and 3 stations showed 2nd class water features.

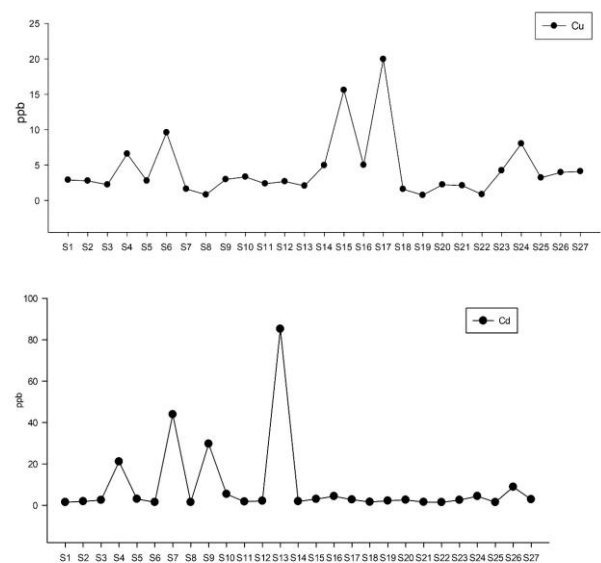


Figure 4. Cu and Cd concentrations in the sampling stations.

The highest Zn values (35.5 ppb) were found at St-24 and St-1 stations and the lowest Zn values (1.1 ppb) were found at St-19 and St-22 stations (Figure 5). Sönmez et al. (2012) and Kayar & Çelik (2003) found that the zinc values were in the polluted water criterion sampled from the Karasu and Gediz rivers, respectively. Toroğlu et al., (2006) measured the amount of zinc in Aksu Stream and determined that the stations showed 1st and 2nd class water characteristics. According to the data obtained in this study, the Zn value in the rivers of Artvin, Rize and Trabzon provinces were measured very low at all stations. When the surface waters were evaluated according to quality standards, it was determined that it showed 1st class water feature in terms of Zn.

The highest Pb values (2.6 ppb) were found at St-24 and St-17 stations and the lowest Pb values (0.5 ppb) were found at St-8 and St-2 stations (Figure 5). Pb, which is frequently used in daily routines through materials such as cosmetic products, ceramics and gasoline, increases its toxicity depending on factors such as pH of the environment, presence of organic substances, hardness of

water (Kiracı, 2014). In the Pb, measurements made from the rivers flowing into the Black Sea from the Eastern Black Sea provinces, it was observed that the concentration in all stations was quite low. When the surface waters were evaluated according to quality standards, it was determined that it showed a 1st class water feature in terms of Pb.

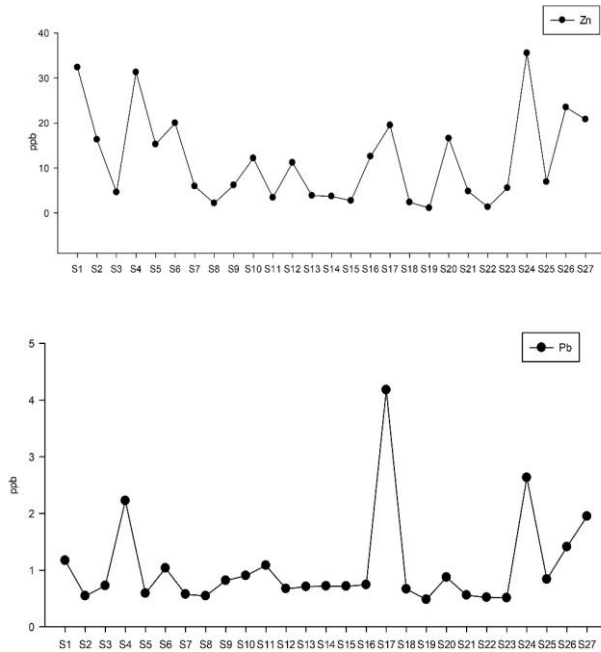


Figure 5. Zn and Pb concentrations in the sampling stations.

CONCLUSION

In conclusion, some physicochemical properties and heavy metal measurements of the streams flowing into the Black Sea from the borders of Artvin Rize and Trabzon provinces varied. In terms of temperature, oxygen, tds parameters, the stations showed 1st class water characteristics. It showed second and third class properties in terms of pH. In terms of Mn, Zn, Pb, Ni, and Fe, it was determined that almost all stations showed high quality water characteristics. However, Cd in some stations found to be very high concentration and other stations had high quality water characteristics. This study suggests that the pollution in this region is not at a high level, and that it has suitable water conditions for life in terms of the parameters examined.

REFERENCES

Alkan, A., Serdar, S. & Fidan, D. (2008). Kirlilik ve Karadeniz. *Yunus Araştırma Bülteni*, 1, 6-7.

Altın, A., Ozolcer, I.H. & Yildirim, Y. (2009). Water pollution in the Southern Coastal Region of the

Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18, 2170-2180.

- Anonim. (2011). *Çevre Sağlığı, Suların Analiz Parametreleri*. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Arman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2007). Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirleri su ve sediman ortalamalarında ağır metal kirliliği. 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*. Yaşam Çevre Teknoloji. 24-27 Ekim, İzmir.
- Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2000). The Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 41, 24-43.
- Bayram, A. & Önsoy, H. (2011). Harşit Çayı (Giresun-Tirebolu) tarafından Karadeniz'e taşınan kirleticilerin belirlenmesi. 7. *Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*, 21-23 Kasım 2011, Trabzon, Türkiye, 545-555.
- Bjerknes, V., Fyllingen, I., Holtet, L., Teien, H.C., Rosseland, B.O. & Kroglund, F. (2003). Aluminum in acidic river water causes mortality of farmed Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.) in Norwegian Fjords. *Marine Chemistry*, 83(3/4), 169-174.
- Boran M. & Sivri N. (2001). Trabzon (Türkiye) il sınırları içerisinde bulunan Solaklı ve Sürmene derelerinde nütrient ve askıda katı madde yüklerinin belirlenmesi. *E.Ü Su Ürünleri Dergisi*, 18(3-4), 343-348.
- Bozcaarmutlu, A., Sapmaz, C., Aygun, Z. & Arınç, E. (2009). Assessment of pollution in the West Black Sea Coast of Turkey using biomarker responses in fish. *Marine Environmental Research*, 67, 167-176.
- Dokap. (2013). T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Rize İl Raporu, 1-21.
- Gray, N.F. (1996). *Drinking water quality: problems and solutions*. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester, England, 315p.
- Gultekin, F., Ersoy, A.F., Hatipoglu, E. & Celep, S. (2012). Trabzon ili akarsularının yağışlı dönem su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 21(82), 77-88.
- Kayar, N.V. & Çelik, A. (2003). Gediz Nehri kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi. *Çev-Kor Dergisi*, 12(47), 17-22.
- Kiracı, A. (2014). *Azap Gölü'nün sedimentlerindeki ve sularındaki ağır metal miktarlarının belirlenmesi*. Adnan Menderes Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye, 109s.
- Lantzy, R.J. & Mackenzie, F.T. (1979). Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43(4), 511-525.
- Metin Dereli, E., Ertürk A. & Çakmakçı, M. (2017). Yüzeysel sularda ağır metallerin etkileri ve ötrofikasyon ile ilişkisi, *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 32(4), 214-230. DOI: 10.18864/Tjas201720

- Nacar, S. & Satilmis, U. (2017).** Temporal variation of organic and inorganic carbon transport from the Southeastern Black Sea (Trabzon Province) Rivers. *European Journal of Engineering & Natural Sciences*, 2(1), 149-153.
- Nacar, S., Bayram, A. & Satilmis, U. (2018).** Doğu Karadeniz Havzası (Trabzon) akarsuları tarafından Karadeniz'e taşınan toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonlarının belirlenmesi, 9. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 1-3 Kasım 2018. Adana, Türkiye, 119-131s.
- Sağlam, N., (2003).** *Su Ürünleri Mevzuatı*. Elazığ Üniversite Yayınevi. IS BN: 9759283581, 9789759283582
- Satilmis, U. & Bayram, A. (2014).** Değirmendere akarsuyu (Trabzon) tarafından Karadeniz'e taşınan kirleticilerin belirlenmesi. 8. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 7-9 Kasım 2014, İstanbul, Türkiye, 455-466.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O. & Yanık, T. (2012).** Karasu ırmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.
- Toroğlu, E., Toroğlu, S. & Alaeddinoğlu, F. (2006).** Aksu çayı'nda akarsu kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1), 93-103.
- Türkmen, A. (2003).** *İskenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve dikenli taş istiridyesinde ağır metal birikimi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 169s.
- Verep, B., Serdar, S., Özçelik A.E. & Yüksek, T. (2020).** Doğu Karadeniz havzası akarsuları fizikokimyasal su kalitesinin değerlendirilmesi ve dağılışının coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, 5(4),725-742. DOI: 10.35229/jaes.836736



Genetic analysis of Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes) family in Anatolia^[*]

Mehmet KUYUMCU¹ İsmail AKSU¹ Yusuf BEKTAŞ^{2*}

¹ Recep Tayyip Erdoğan University, The Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, Rize, Turkey

² Recep Tayyip Erdoğan University, The Faculty of Arts and Sciences, Biology, Rize, Turkey

Geliş/Received: 30.11.2021

Kabul/Accepted: 07.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Kuyumcu, M., Aksu, İ. & Bektaş, Y. (2021). Genetic analysis of Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes) family in Anatolia. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 627-634.

Atıf yapmak için: Kuyumcu, M., Aksu, İ. & Bektaş, Y. (2021). Anadolu'daki Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes) ailesinin genetik analizi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 627-634.

<https://orcid.org/0000-0003-3162-1179>
 <https://orcid.org/0000-0002-2104-9888>
 <https://orcid.org/0000-0002-8367-9746>

Abstract: We tested the mitochondrial DNA cytochrome b gene-based (1065 bp.) phylogeny and genetic diversity of tooth-carp fish (Aphaniidae Hoedeman, 1949), many of which are endemic, with a very high species diversity in Anatolia. A total of 107 individuals were studied from 29 stations belonging to 19 Aphaniid species and forty-four haplotypes were identified, all of which were species-specific.

The phylogenetic relationships generated by neighbor joining, maximum likelihood and maximum parsimony methods are fully compatible with each other. The generally well supported phylogenetic tree results and genetic distance results supported a structure divided into four lineages corresponding to four genera (*Anatolichthys*, *Paraphanius*, *Aphanius*, and *Kosswigichthys*). The genetic distance between these four lineages indicated a significant value ranging from 16.6% (between *Aphanius* and *Anatolichthys*) to 23.1% (between *Aphanius* and *Paraphanius*). Interspecies genetic distances ranged from 1.9% (between *P. boulengeri* and *P. similis*) to 24.52% (between *A. villwocki* and *P. mentoides*), except for two interspecies distances (*A. fontinalis* – *A. sureyanus*, 0.13% and *A. maeandricus* – *A. irregularis*, 0.57%).

Our results agree with previous studies of the Anatolian Aphaniidae family, which showed a diversification pattern shaped by Pliocene orogenic events. The present results indicate that mitochondrial DNA cytochrome b gene sequences are effective for Aphaniidae species identification and phylogenetic analysis.

Keywords: Anatolia, cytochrome b, phylogeny, tooth-carp.

***Corresponding author:**
Yusuf BEKTAŞ
Recep Tayyip Erdoğan University, The
Faculty of Arts and Sciences, Biology, Rize,
Turkey
 yusuf.bektas.tr@gmail.com

Anadolu'daki Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes) ailesinin genetik analizi

Öz: Anadolu'da çok yüksek tür çeşitliliğine sahip, çoğu endemik olan dişli sazancık balıklarının (Aphaniidae Hoedeman, 1949) mitokondri DNA sitokrom b genine (1065 bp.) dayalı filogenisini ve genetik çeşitliliğini test ettik. 19 Aphaniid türüne ait 29 istasyondan toplam 107 örnek incelendi ve türe özgü olan 44 haplotip tanımlandı.

Komşu birleştirme, maksimum olabilirlik ve maksimum tutumluluk yöntemleriyle oluşturulan filogenetik ilişkiler birbiriyle tam uyumlu sonuçlar verdi. Genel olarak iyi desteklenen filogenetik ağaç sonuçları ve genetik uzaklık sonuçları, dört cinse (*Anatolichthys*, *Paraphanius*, *Aphanius*, and *Kosswigichthys*) karşılık gelen dört soydan oluşan bir yapıyı destekledi. Bu dört soy grubu arasındaki genetik mesafe %16,6 (*Aphanius* ve *Anatolichthys*) ile %23,1 (*Aphanius* ve *Paraphanius*) arasında değişen ciddi bir değer gösterdi. Türler arası genetik mesafeler iki tür grubu (*A. fontinalis* – *A. sureyanus*: %0.1 ve *A. maeandricus* – *A. irregularis*: %0.6) dışında %2.8 (*P. boulengeri* ve *P. similis*) ile %24.5 arasında (*A. villwocki* ile *P. mentoides*) arasında değişmektedir.

Sonuçlarımız aynı zamanda, Pliosen orojenik olaylarıyla şekillenen bir çeşitlenme modeli gösteren Anadolu Aphaniidae familyasının önceki çalışmalarıyla da uyumludur. Mevcut sonuçlar, mitokondriyal DNA sitokrom b gen dizilerinin Aphaniidae türlerinin tanımlanması ve filogenetik analizi için etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Anadolu, dişli sazancık, filogeni, sitokrom b.

***Sorumlu yazar:**
Yusuf BEKTAŞ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-
Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, Rize, Türkiye.
 yusuf.bektas.tr@gmail.com

[*] This study was produced from the master thesis.

INTRODUCTION

Members of the family Aphaniidae Hoedeman, 1949, known as tooth-carp fish, are naturally distributed in coastal (brackish and euryhaline waters) and inland waters (creeks, streams, rivers, lakes, ponds, and marshes). The aphaniids are distributed in the coastal regions of the Mediterranean, the Gir Peninsula of northwestern India, the Red Sea, and Persian Gulf, and northeastern Somalia, and are among the most species-rich families in the order Cyprinodontiformes (Wildekamp, 1993; Coad, 2000; Gholami et al., 2014; Reichenbacher et al., 2007; Teimori et al., 2018; Esmaeili et al., 2020). The highest species diversity in aphaniids is found in the Central Anatolian and Iranian plateau (Coad, 2000). In fact, the Central Anatolian geography is considered the center of diversity of the aphaniids (Wildekamp et al., 1999). Members of the aphaniids are relict species and are considered to be the oldest known secondary freshwater fishes in Anatolia (Hrbek & Meyer, 2003). The distribution area of the family coincides with Tethys and Paratethys covering most of Europe from the early Eocene to Miocene (Hrbek & Meyer, 2003). The tooth-carp fish is considered to be a remnant of the Tethys, thought to have evolved from a common ancestor scattered around the Tethys Sea (Kosswig, 1967; Por & Dimentman, 1989). This hypothesis is supported by molecular analysis of mitochondrial DNA genes (Hrbek & Meyer, 2003).

Members of the Aphaniidae thought to have diversified due to geological events in the ancient Tethys region and the effect of ecological factors, were defined within a single genus *Aphanius* until recent studies. Hrbek et al. (2002), and Hrbek and Meyer (2003) mentioned the presence of six sublineages in analyses based on mitochondrial DNA genes (12S, 16S ribosomal RNA, NADH I and II). Subsequently, Esmaeili et al. (2020) stated that three lineages should be identified as *Aphanius*, *Aphaniops* and *Paraphanius* based on DNA barcoding. Finally, Freyhof and Yoğurtçuoğlu (2020) suggested that monophyletic species groups that emerge in phylogenetic analyses should be evaluated together with morphological characters and defined into eight lineages (*Anatolichthys*, *Kosswigichthys*, *Aphanius*, *Aphaniops*, *Paraphanius*, *Tellia*, *Esmaeilius* and *Apricaphanius*). Today, the aphaniids are represented by eight genera.

Freyhof and Yoğurtçuoğlu (2020) had already reported that 21 species of aphaniids are distributed in Anatolia and many species of toothedcarp species are threatened. According to the Red List of Threatened Species of the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2021), ten Anatolian aphaniid species are listed. Three of them are critically endangered (CR), one species endangered (EN), one species nearly threatened (NT), one

species extinct (EX), and four other least concern species (LC). In addition, eleven species were not evaluated (NE).

The aim of this study was to determine the genetic structure and phylogenetic relationships within and among Anatolian Aphaniidae species, most of which are endangered, using mtDNA cytochrome b gene sequences.

MATERIAL AND METHOD

Sampling: A total of 107 individuals from Aphaniidae distributed in Anatolia were sampled at 29 stations using electroshockers (Table 1). The collected samples were first anesthetized with tricaine methane sulfonate solution (MS222), then their species level were identified according to taxonomic keys and labeled, and fixed with 96% ethyl alcohol. Except for the DNA sequence analysis, all laboratory work was carried out in the genetics laboratory of the Faculty of Fisheries of Recep Tayyip Erdogan University.

DNA Extraction, PCR Amplification and DNA Sequencing: Genomic DNA was extracted from the ethanol-fixed fin clips using DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, USA) following the manufacturer's protocol carried out in the Qiacube Automated DNA purification system. The DNA concentration and purity of each sample were assessed by spectrophotometry (Nanodrop, 2000/c, Thermo Scientific, USA), while the integrity was assessed by 1% TAE-agarose gel electrophoresis containing 0.5 mg/l EtBr.

The vertebrate mtDNA cytochrome b (*cytb*) gene was amplified using L14724: 5'-GTGACTTGAAAAACCACCGTTG-3'; H15915: 5'-CAACGATCTCCGGTTTACA AGAC-3' primers (Anderson et al., 1981). PCR reactions were carried out in 50 µl total volume containing 5 µl of 10X reaction buffer; 5 µl MgCl₂ (25 mM); 8 µl of dNTPmix (10 mM); 1 µl of forward primer (10 pmol); 1 µl of reverse primer (10 pmol); 0.2 µl of Taq DNA polymerase (1 U); 3 µl of DNA template (50 ng/µl); and 26.8 µl sterilized pure water. PCR reactions were performed using a gradient thermal cycler Biorad T100™ (Bio-Rad, Hercules, USA). The PCR condition was as follows: 1 cycle at 95 °C for 3 min for initial denaturation, followed by 35 cycles denaturation at 95°C for 30 s, annealing at 55°C for 30 s, extension at 72°C for 1 min, ended up with a final extension for one cycle at 72°C for 5 min. Assessment of concentrations and sizes of PCR products were performed both spectrophotometrically and by 1.2% TAE-agarose gel electrophoresis containing 0.5 mg/l EtBr. The amplicons were visualized on UV Quantum-Capt ST4 system (Vilber Lourmat, France).

PCR products were directly sequenced in both directions using the L14724 and H15915 primers on an ABI

3730XL DNA Analyzer (Applied Biosystems) by MacroGen Inc. (Amsterdam, The Netherlands).

Molecular Data Analysis: The vertebrate mtDNA *cytb* raw sequences were aligned by Clustal-W (Thompson et al., 1994) and edited manually with Bioedit 7.0.0 (Hall, 1999). The number of haplotype, haplotype and nucleotide diversity were calculated using the software DNASP v.5.10.01 (Librado & Rozas, 2009). The number of polymorphic sites, the nucleotide number of conserved, variable and parsimonic informative, the nucleotide composition, number of transitions and transversions were calculated using the MEGA version X (Kumar et al., 2018). Average inter-specific and intra-specific, average genetic distances were calculated using Kimura two-parameter model (K2P; Kimura, 1980) implemented in MEGA version X (Kumar et al., 2018).

Phylogenetic analyses were performed by using neighbour joining (NJ), maximum parsimony (MP) and maximum likelihood (ML) analyses. NJ trees were generated using MEGA X (Kumar et al., 2018) with 1000 bootstrap replicates according to K2P+G method. MP analysis was performed using PAUP* 4.0b10 (Swofford, 2003) with heuristic search, TBR branch-swapping, 1000

bootstrap replicates (Felsenstein, 1985), random addition sequence with 10 replicates. According to the Akaike information criterion (AIC), jModeltest v.0.1.1 (Posada, 2008) selected the TN93+G+I as the best model evolution for the *cytb* dataset. ML analysis with 100 bootstrap replicates implemented in PhyML ver. 2.4.4 (Guindon & Gascuel, 2003). To evaluate the evolutionary relationships of Aphaniidae species, *Cyprinodon variegatus* (GenBank accession number: NC028088) was used as outgroup for rooting.

RESULTS

A total of 107 Aphaniidae specimens were collected from 29 stations during the field studies. A total of 19 species belonging to four genera (*Aphanius*, *Kosswigichthys*, *Anatolichthys* and *Paraphanius*) from the Aphaniidae family were identified based on morphological diagnostic keys. Information about the study material is given in Table 1. From Aphaniidae genera in Anatolia, *Aphanius* and *Kosswigichthys* are represented by one species, while *Anatolichthys* and *Paraphanius* are represented by 12 and 5 species, respectively.

Table 1. Sampling and location information with haplotype code.

Species	Locations	Coordinates	Sample Number	Haplotype Code
<i>Aphanius fasciatus</i>	Tuz Lake, Karataş, Adana	36°42'20.8"N 35°03'08.2"E	3	OL739303
<i>Kosswigichthys asquamatus</i>	Behramaz Stream, Maden, Elazığ	38°28'27.5"N 39°33'26.6"E	5	OL739304- OL739307
<i>Anatolichthys anatoliae</i>	İnsuyu Stream, Cihanbeyli, Konya	38°43'22.2"N 32°43'02.7"E	6	OL739308- OL739311
<i>Anatolichthys danfordii</i>	Yay Lake, Develi, Kayseri	38°19'47.1"N 35°17'40.4"E	6	OL739313
<i>Anatolichthys fontinalis</i>	Salda Lake, Yeşilova, Burdur	37°31'35.0"N 29°40'29.8"E	4	OL739314
	Karaevli Spring, Burdur	37°34'46.7"N 30°24'02.5"E	2	OL739314
<i>Anatolichthys iconii</i>	Eğirdir Lake, Isparta	37°50'48.5"N 30°52'14.9"E	2	OL739315
	Yeşilyurt Village, Sütçüler, Isparta	37°31'57.5"N 30°51'53.0"E	2	OL739315
<i>Anatolichthys irregularis</i>	Aksu Stream, Kalklık, Denizli	37°50'08.3"N 29°26'02.6"E	2	OL739316
<i>Anatolichthys maeandricus</i>	Su çıkan Stream, Dinar, Afyon	38°04'54.7"N 30°09'35.3"E	3	OL739317
<i>Anatolichthys marassantensis</i>	Hirfanlı Dam, Kırşehir	39°01'59.5"N 33°59'24.6"E	3	OL739318
	Tuz Lake, Şerflikoçhisar, Ankara	38°54'11.8"N 33°24'58.6"E	4	OL739318
<i>Anatolichthys meridionalis</i>	Çataloluk Stream, Söğüt, Burdur	37°01'31.1"N 29°50'12.5"E	3	OL739319-OL739321
	Gavurçay Stream, Elmalı, Antalya	36°38'21.8"N 29°45'13.6"E	4	OL739322-OL739323
	Akçay Stream, Elmalı, Antalya	36°37'53.2"N 29°49'42.5"E	6	OL739322, OL739323, OL739326
	Aslanlı Stream, Gölhisar, Burdur	37°09'15.9"N 29°34'34.5"E	2	OL739327
<i>Anatolichthys sureyanus</i>	Eren Stream, Burdur Lake, Burdur	37°37'45.5"N 30°04'45.6"E	9	OL739328-OL739329
<i>Anatolichthys transgrediens</i>	Acı Lake, Başmakçı, Afyon	37°49'46.7"N 29°53'33.9"E	2	OL739330-OL739331
<i>Anatolichthys villwocki</i>	Özyurt, Polatlı, Ankara	39°12'38.5"N 32°04'12.8"E	3	OL739332
	Seydi Stream, Çifteler, Eskişehir	39°24'46.2"N 31°07'43.3"E	9	OL739333-OL739335
	Beşgöz Pond, Sarayönü, Konya	38°16'23.9"N 32°20'45.9"E	1	OL739333
<i>Anatolichthys saldae</i>	Salda Lake, Yeşilova, Burdur	37°31'35.0"N 29°40'29.8"E	4	OL739336-OL739339
<i>Paraphanius alexandri</i>	Çöçelli, Pazarcık, Kahramanmaraş	37°16'23.5"N 37°06'50.6"E	2	OL739340
<i>Paraphanius orontis</i>	Asi River, Samandağ, Hatay	36°04'57.1"N 35°57'07.8"E	2	OL739341
<i>Paraphanius boulengeri</i>	Gölbaşı Lake, Adıyaman	37°48'00.6"N 37°38'40.0"E	4	OL739342
<i>Paraphanius similis</i>	Bağlı Village, Aksaray	38°16'29.9"N 34°03'34.4"E	2	OL739343
<i>Paraphanius mentoides</i>	Nemrut Lake, Tatvan, Bitlis	38°37'07.6"N 42°12'39.1"E	5	OL739344
	Kırkgöz Lake, Döşemealtı, Antalya	37°04'32.0"N 30°34'14.4"E	2	OL739344
	Düden Stream, Kepez, Antalya	36°57'11.9"N 30°44'26.0"E	5	OL739345-OL739346
Total			107	44

The mtDNA *cytb* gene of 107 individuals belonging to the Aphaniidae family was amplified and sequenced 1065 nucleotide without insertion, deletion, gap and stop codon. The *cytb* sequences were deposited in GenBank under the accession numbers OL739303-OL739346. The average nucleotide composition for 107 *cytb* sequences is 30.8% T, 28.8% C, 25.0% A and 15.5% G. For Aphaniidae species, 683 (64.1%) of the mtDNA *cytb* nucleotide sequences were conserved, 382 (35.9%)

variable and 382 (35.9%) parsimonic informative. For polymorphic nucleotide positions, 92 transitions and 39 transversions were determined, and the ratio of transition (Ti) to transversion (Tv) was calculated as Ti/Tv=2.36.

A total of 44 haplotypes of 19 Aphaniidae species distributed in Anatolia were determined. Most of the species are represented by only 1 haplotype, while *Anatolichthys meridionalis* is represented by 9 haplotypes.

The number of haplotypes, the haplotype diversity and nucleotide diversity values are shown in Table 2.

The haplotype diversity of *Anatolichthys saldae* and *Anatolichthys transgrediens* populations were the highest (Hd = 1.000), compared with the lowest haplotype diversity of *Aphanius fasciatus*, *Anatolichthys fontinalis*, *Anatolichthys iconii*, *Anatolichthys irregularis*, *Anatolichthys maeandricus*, *Anatolichthys marassantensis*, *Paraphanius alexandri*, *Paraphanius boulengeri*, *Paraphanius orontis* and *Paraphanius similis* (Hd = 0.0000). The nucleotide diversity of *Anatolichthys meridionalis* was the highest (Pi = 0.0086), compared with the lowest nucleotide diversity of *Aphanius fasciatus*, *Anatolichthys fontinalis*, *Anatolichthys iconii*, *Anatolichthys irregularis*, *Anatolichthys maeandricus*, *Anatolichthys marassantensis*, *Paraphanius alexandri*, *Paraphanius boulengeri*, *Paraphanius orontis* and *Paraphanius similis* (Pi = 0.0000) (Table 2).

Table 2. Sample size (N), number of haplotypes (HN), haplotype diversity (Hd) and nucleotide diversity (Pi) for Aphaniidae species.

Species	N	HN	Hd	Pi
<i>Aphanius fasciatus</i>	3	1	0.0000	0.0000
<i>Kosswigichthys asquamatus</i>	5	4	0.9000	0.0030
<i>Anatolichthys anatoliae</i>	6	4	0.8000	0.0020
<i>Anatolichthys danfordii</i>	6	2	0.5333	0.0005
<i>Anatolichthys fontinalis</i>	6	1	0.0000	0.0000
<i>Anatolichthys iconii</i>	4	1	0.0000	0.0000
<i>Anatolichthys irregularis</i>	2	1	0.0000	0.0000
<i>Anatolichthys maeandricus</i>	3	1	0.0000	0.0000
<i>Anatolichthys marassantensis</i>	7	1	0.0000	0.0000
<i>Anatolichthys meridionalis</i>	15	9	0.8857	0.0086
<i>Anatolichthys sureyanus</i>	9	2	0.5000	0.0005
<i>Anatolichthys transgrediens</i>	2	2	1.0000	0.0009
<i>Anatolichthys villwocki</i>	13	4	0.7949	0.0020
<i>Anatolichthys saldae</i>	4	4	1.0000	0.0020
<i>Paraphanius alexandri</i>	2	1	0.0000	0.0000
<i>Paraphanius orontis</i>	2	1	0.0000	0.0000
<i>Paraphanius boulengeri</i>	4	1	0.0000	0.0000
<i>Paraphanius similis</i>	2	1	0.0000	0.0000
<i>Paraphanius mentoides</i>	12	3	0.6212	0.0013
TOTAL	107	44		

The intergeneric distances among Aphaniidae genera ranged from 23.1% (between *Aphanius* and

Paraphanius) and 16.6% (between *Aphanius* and *Anatolichthys*) (Table 3). The intrageneric distance within Aphaniidae genera is 0% (*Aphanius*) and 8.9% (*Anatolichthys*) (Table 3).

Table 3. Average intergeneric and intrageneric distance for Aphaniidae family. The parts marked in gray indicate average genetic distances within genera.

Genera	1	2	3	4
1 <i>Aphanius</i>	0.000			
2 <i>Kosswigichthys</i>	0.183	0.003		
3 <i>Anatolichthys</i>	0.166	0.169	0.089	
4 <i>Paraphanius</i>	0.231	0.219	0.222	0.041

For *cytb*, intraspecies and interspecies genetic distance values are given in Table 4. The interspecific genetic distances among Aphaniidae species ranged from 0.1% (between *Anatolichthys fontinalis* and *Anatolichthys sureyanus*) and 24.52% (between *A. villwocki* and *P. mentoides*) (Table 4). On the other hand, the intraspecific genetic distances within Aphaniidae species ranged from 0% (*Aphanius fasciatus*, *Anatolichthys marassantensis*, *Anatolichthys iconii*, *Anatolichthys sureyanus*, *Anatolichthys fontinalis*, *Anatolichthys maeandricus*, *Anatolichthys irregularis*, *Paraphanius boulengeri*, *Paraphanius similis*, *Paraphanius mentoides*, *Paraphanius orontis*, *Paraphanius alexandri* and) and 0.9% (*Anatolichthys meridionalis*) Table 4.

Phylogenetic analyses were performed with distance-based (NJ) and character-based (ML and MP) methods based on the mtDNA *cytb* gene. The tree topologies produced by the three methods were generally compatible with each other. Anatolian Aphaniids, *Anatolichthys*, *Paraphanius*, *Aphanius*, and *Kosswigichthys* genera, constructed four lineages in tree topology. The phylogenetic trees recovered by NJ, MP and ML methods yielded identical topologies with high bootstrap supports (51-100% for NJ, MP, and ML) (Figure 1).

Table 4. Intraspecies and interspecies average genetic distance values of Aphaniidae family. The parts marked in gray indicate average genetic distances within species.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 <i>A. fasciatus</i>	0.000																		
2 <i>K. asquamatus</i>	0.183	0.003																	
3 <i>A. anatoliae</i>	0.169	0.165	0.002																
4 <i>A. marassantensis</i>	0.156	0.165	0.105	0.000															
5 <i>A. iconii</i>	0.173	0.155	0.089	0.114	0.000														
6 <i>A. villwocki</i>	0.165	0.166	0.107	0.113	0.109	0.002													
7 <i>A. transgrediens</i>	0.180	0.179	0.104	0.121	0.062	0.115	0.001												
8 <i>A. meridionalis</i>	0.152	0.165	0.097	0.100	0.082	0.102	0.105	0.009											
9 <i>A. fontinalis</i>	0.174	0.176	0.105	0.123	0.065	0.116	0.077	0.093	0.000										
10 <i>A. maeandricus</i>	0.180	0.177	0.092	0.102	0.101	0.114	0.117	0.103	0.115	0.000									
11 <i>A. danfordii</i>	0.161	0.170	0.102	0.077	0.107	0.109	0.121	0.101	0.105	0.109	0.001								
12 <i>A. irregularis</i>	0.183	0.178	0.093	0.102	0.104	0.114	0.119	0.106	0.118	0.006	0.109	0.000							
13 <i>A. sureyanus</i>	0.173	0.174	0.104	0.122	0.063	0.115	0.075	0.092	0.001	0.116	0.106	0.119	0.000						
14 <i>A. saldae</i>	0.172	0.172	0.107	0.127	0.061	0.121	0.070	0.093	0.031	0.121	0.110	0.123	0.030	0.002					
15 <i>P. boulengeri</i>	0.227	0.220	0.206	0.220	0.221	0.229	0.221	0.219	0.222	0.229	0.214	0.229	0.224	0.222	0.000				
16 <i>P. similis</i>	0.227	0.219	0.203	0.224	0.214	0.230	0.221	0.214	0.220	0.232	0.216	0.235	0.222	0.221	0.028	0.000			
17 <i>P. mentoides</i>	0.237	0.223	0.212	0.218	0.223	0.245	0.217	0.225	0.222	0.222	0.217	0.228	0.223	0.217	0.065	0.071	0.001		
18 <i>P. orontis</i>	0.215	0.199	0.193	0.207	0.206	0.218	0.199	0.208	0.213	0.212	0.215	0.212	0.214	0.208	0.059	0.076	0.064	0.000	
19 <i>P. alexandri</i>	0.222	0.216	0.206	0.214	0.228	0.228	0.221	0.216	0.221	0.230	0.217	0.230	0.222	0.224	0.019	0.032	0.065	0.062	0.000

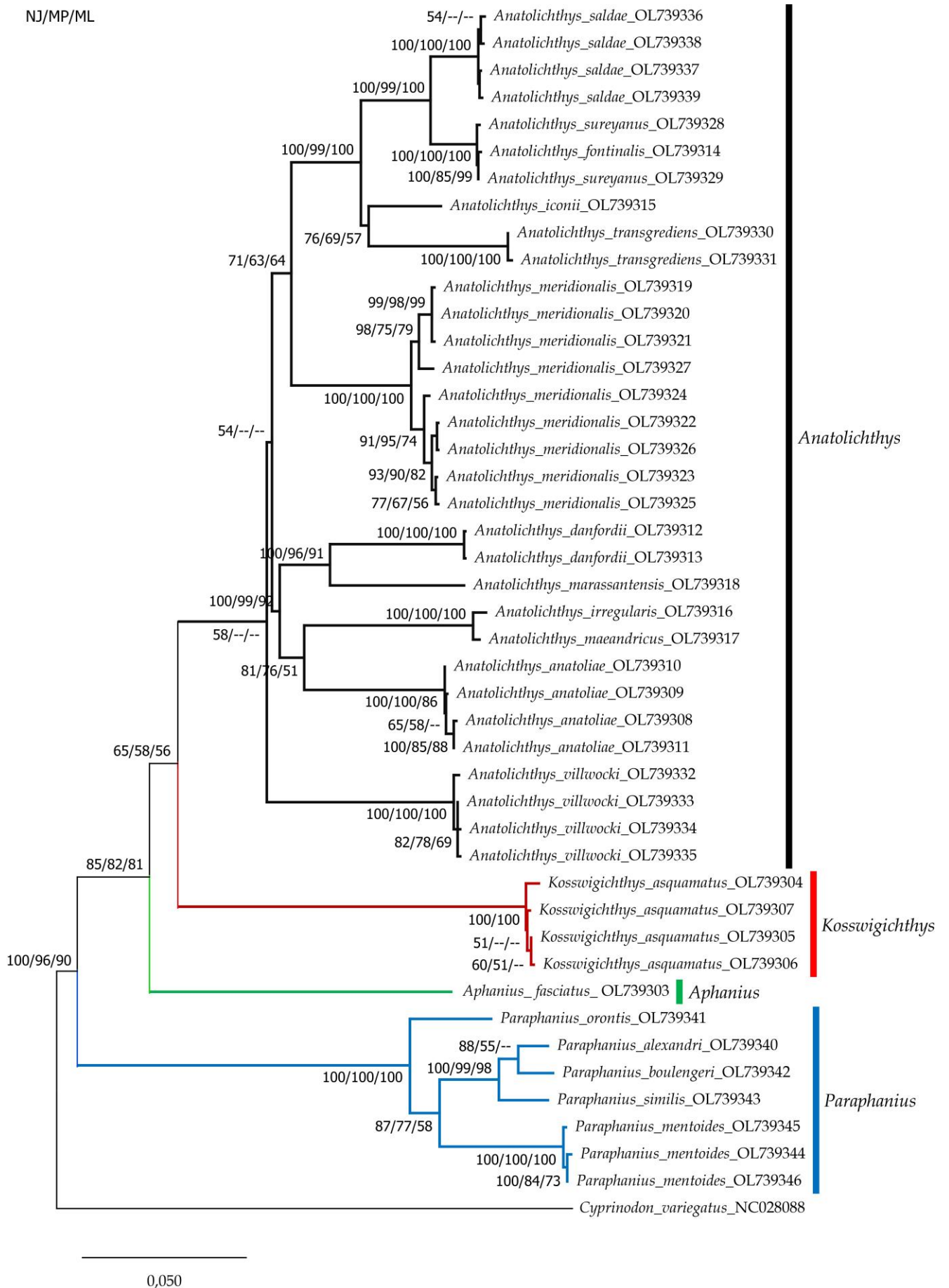


Figure 1. NJ phylogenetic tree generated based on the mitochondrial *cytb* gene. NJ, MP, and ML methods yielded the same topologies, and therefore only the NJ tree is shown. The bootstrap values are indicated on nodes (NJ/MP/ML).

DISCUSSION AND CONCLUSION

The sample size of our study was limited in order to protect populations, as most of the Aphaniiids are threatened with extinction according to the IUCN (The International Union for Conservation of Nature) Red List. Therefore, a sufficient number of samples could not be collected from some locations. Aphaniiids are represented in Anatolia by four genera (*Aphanius*, *Kosswigichthys*, *Anatolichthys* and *Paraphanius*). Nineteen out of 21 valid species distributed in Anatolia according to the literature were used in this study. *A. splendens*, which was recorded only from Lake Gölcük, could not be included in our study because it is probably extinct (Freyhof & Yogurtcuoglu, 2020). *Aphanius almiriensis* could not be sampled during fieldwork.

The partial *cytb* gene (1065 bp) of mitochondrial DNA was sequenced for 107 specimens of 19 aphaniiid species distributed in Anatolia. Forty-four *cytb* haplotypes, all species-specific, were obtained from this dataset.

A pattern in which nucleotide transitions are favored several-fold over transversions is common in molecular evolution (Stoltzfus & Norris, 2015). This theory suggests that selection on proteins plays at least a minor role in the observed bias. Therefore, the Ti/Tv ratio, which is often greater than 0.5, has been used as an important parameter such as phylogenetic tree construction and estimation of divergence (Wang et al., 2015). It is also a way to measure the degree of multiple base substitution that has occurred since the common ancestor of the two sequences (Kocher & Stepien, 1997). Ti/Tv ratio (2.36), which was calculated for the present dataset, is consistent with studies (e.g., Jacquier, et al., 2013; Bloom, 2014; Firnberg, et al., 2014) that provide direct evidence on the relative conservativeness of transitions and transversions that change amino acids and therefore, Anatolian Aphaniiid species indicate a relatively low level of genetic variation. High haplotype diversity and low nucleotide diversity determined for Aphaniiid species (*K. asquamatus*, *A. anatoliae*, *A. danfordii*, *A. meridionalis*, *A. saldae*, *A. sureyanus*, *A. transgrediens*, *A. villwocki* and *P. mentoides*) distributed in Central Anatolia (Table 2) can be explained by the fact that populations of species distributed in the Central Anatolian plateau including the Göller district, which is known to occur more recently than in other geographical regions, may have exhibited a rapid population expansion and mutation accumulation following the genetic bottleneck. In fact, the evolutionary history of the Anatolian *Pseudophoxinus* (Hrbek et al., 2004) and *Aphanius anatoliae* (Hrbek et al., 2002) species complexes is nearly identical. It is thought that the low haplotype and nucleotide diversity values determined for

the other Anatolian aphaniiid species may be due to the insufficient number of samples.

It was found that the genetic distance values (Table 4) among Aphaniiid species were compatible with both the genetic relationship model suggested by Bardakçı et al., (2004) based on RAPD analysis, and the genetic distance values obtained from the analysis of the *Aphanius* species complex based on 2 ribosomal RNA gene sequences by Hrbek et al., (2002). The genetic distances between *Anatolichthys fontinalis* - *Anatolichthys sureyanus* (0.13%, Table 4) and *Anatolichthys maeandricus* - *Anatolichthys irregularis* (0.57%, Table 4) are very low compared to other species, indicating that these species diverged recently.

Phylogenetic trees, which were constructed using three different algorithms (ML, MP, and NJ), exhibited largely consistent phylogenies for the Aphaniiid species. These topologies showed that Anatolian Aphaniiid species included four lineages corresponding to genera (*Anatolichthys*, *Paraphanius*, *Aphanius*, and *Kosswigichthys*), with high bootstrap values (Figure 1) and that is largely consistent with known phylogenetic relationships (Hrbek et al., 2002; Hrbek & Meyer, 2003; Esmaeili et al., 2020; Freyhof & Yogurtcuoğlu, 2020). In addition, the mean genetic distance between these four genera varies between 16.6% (*Anatolichthys*) and 23.1% (*Paraphanius*), supporting phylogenetic lineages that are monophyletic. The genera *Aphanius* and *Kosswigichthys* could not be tested because they are represented by a single taxon. *A. fontinalis*, *A. sureyanus*, *A. maeandricus*, and *A. irregularis* are closely related in the phylogenetic tree, consistent with genetic distance results (Figure 1).

While the tooth-carp specimens of Konya Beşgöz pond differed from all other tooth-carp species in the nearby geographically located lakes region, they clustered together with the specimens from the type locality of *A. villwockii* described by Hrbek and Wildekamp (2003) in the Sakarya basin (Figure 1). The fact that Freyhof (2014) previously reported that *A. villwocki* has distributed in Sakarya River and Ilgın Lake also supports this close relationship. Also, Geiger et al. (2014) reported a very recent biogeographic connection between the Sakarya River and Ilgın Lake basins, and stated that *Alburnus nasreddini* and *Squalius recurvirostris* in Ilgın Lake are more closely related to *S. pursakensis* and *A. escherichii* in Sakarya River. In addition, Aksu and Bektaş (2019) determined that *G. fahrettini*, which was identified from Lake Ilgın, is expected to be genetically close to other species in the Göller district (which is geographically closer to Lake Ilgın), and is closely related to it. *G. sakaryaensis* from the Sakarya River basin (geographically further away from Ilgın Lake). This phenomenon can be explained by the possibility of connecting the Upper

Sakarya Basin to the Ilgin Lake basin by a large freshwater paleo lake that continued until the upper Neogene period in Central Anatolia (Popov et al., 2004).

Turkey is a speciation center for the family Aphaniidae, as it has 19 species and a high rate of endemism. However, the species belonging to this ecologically important family have become unable to survive due to various factors. Anatolian aphanids are threatened by climate change (1), food pollution by chemical pesticides and fertilizer waste in wetlands (2), destruction of reeds and wetlands, which are their habitat for irrigation projects (3). In addition, invasive species such as the mosquito fish *Gambusia holbrooki*, introduced in Turkey as part of biological control against mosquitoes, have a bit of competition, predation, and aggression pressure on Anatolian Aphanids. *Aphanius splendens* is already extinct. As a result, most aphanid species are listed as threatened on the IUCN Red List. Because variable environmental conditions can influence species dispersal capacity and population structure (Schönhuth et al., 2003; Whitehead, 2009), the determination of species diversity, phylogenetic relationships, and distribution areas are necessary for the development of in situ conservation strategies.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank to Davut Turan (Rize), Fahrettin Küçük (Isparta), Baran Yoğurtçuoğlu (Ankara), Esra Bayçelebi (Rize), Cüneyt Kaya (Rize) and Salim Serkan Güçlü (Isparta) for their assistance in the fieldwork and species identification.

REFERENCES

- Aksu, I. & Bektas, Y. (2019).** Mitochondrial phylogeny and biogeography of the genus *Gobio* (Teleostei: Cyprinidae) in Turkey. *Zoology in the Middle East*, **65**(2), 128-141. DOI: [10.1080/09397140.2019.1586126](https://doi.org/10.1080/09397140.2019.1586126)
- Anderson, S., Bankier, A.T., Barrell, B.G., de Bruijn, M.H.L., Coulson, A.R., Drouin, J., Eperon, I.C., Nierlich, D.P., Roe, B.A., Sanger, F., Schreier, P.H., Smith, A.J.H., Staden, R. & Young, I.G. (1981).** Sequence and organization of the human mitochondrial genome. *Nature*, **290**, 457-465.
- Bardakçı, F., Tatar, N. & Hrbek, T. (2004).** Genetic relationships between Anatolian species and subspecies of *Aphanius* Nardo, 1827 (Pisces, Cyprinodontiformes) based on RAPD markers. *Biologia*, **59**(5), 559-566.
- Bloom, J.D. (2014).** An experimentally determined evolutionary model dramatically improves phylogenetic fit. *Molecular Biology and Evolution*, **31**, 1956-1978. DOI: [10.1093/molbev/msu173](https://doi.org/10.1093/molbev/msu173)
- Coad, B.W. (2000).** Distribution of *Aphanius* species in Iran. *Journal of the American Killifish Association*, **33**, 183-191.
- Esmacili, H.R., Teimori, A., Zarei, F. & Sayyadzadeh, G. (2020).** DNA barcoding and species delimitation of the Old World tooth-carps, family Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Plos One*, **15**, 1-26. DOI: [10.1371/journal.pone.0231717](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231717)
- Firnberg, E., Labonte, J.W., Gray, J.J. & Ostermeier, M. (2014).** A Comprehensive, HighResolution Map of a Gene's Fitness Landscape. *Molecular Biology and Evolution*, **31**, 1581-1592. DOI: [10.1093/molbev/msu081](https://doi.org/10.1093/molbev/msu081)
- Freyhof, J. & Yoğurtçuoğlu, B. (2020).** A proposal for a new generic structure of the killifish family Aphaniidae, with the description of *Aphaniops teimorii* (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Zootaxa*, **4810**(3), 421-451. DOI: [10.11646/zootaxa.4810.3.2](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4810.3.2)
- Freyhof, J. (2014).** *Aphanius danfordii*, The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3.
- 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., Kovačić, M., Laporte, M., Lorenzoni, M., Marčić, 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)
- Gholami, Z., Esmacili, H.R., Erpenbeck, D. & Reichenbacher, B. (2014).** Phylogenetic analysis of *Aphanius* from the endorheic Kor River basin in the Zagros Mountains, southwestern Iran (Teleostei: Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, **52**, 130-141. DOI: [10.1111/jzs.12052](https://doi.org/10.1111/jzs.12052)
- Guindon, S. & Gascuel, O. (2003).** A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood. *Systematic Biology*, **52**(5), 696-704. DOI: [10.1080/10635150390235520](https://doi.org/10.1080/10635150390235520)
- Hall, T.A. (1999).** BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, **41**, 95-98.
- Hrbek, T. & Meyer, A. (2003).** Closing of the Tethys Sea and the phylogeny of eurasian killifishes (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae). *Journal of Evolution Biology*, **16**, 17-36. DOI: [10.1046/j.1420-9101.2003.00475.x](https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2003.00475.x)

- Hrbek, T. & Wildekamp, R.H. (2003).** *Aphanius villwocki*, a new species from the Sakarya basin of central Anatolian plain, Turkey (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **14** (2), 137-144.
- Hrbek, T., Küçük, F., Frickey, T., Stölting, K. N., Wildekamp, R. H. & Meyer, A. (2002).** Molecular phylogeny and historical biogeography of the *Aphanius* (Pisces, cyprinodontiformes) species complex of Central Anatolia, Turkey. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **25**, 125-137. DOI: [10.1016/s1055-7903\(02\)00203-8](https://doi.org/10.1016/s1055-7903(02)00203-8)
- Hrbek, T., Stölting, K.N., Bardakçı, F., Küçük, F., Wildekamp, R.H. & Meyer, A. (2004).** Plate tectonics and biogeographical patterns of the *Pseudophoxinus* (Pisces: Cypriniformes) species complex of central Anatolia, Turkey. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **32**, 297-308. DOI: [10.1016/j.ympev.2003.12.017](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2003.12.017)
- Jacquier, H., Birgy, A., Le Nagard, H., Mechulam, Y., Schmitt, E., Glodt, J., Bercot, B., Petit, E., Poulain, J., Barnaud, G., Gros, P.A. & Tenailon, O. (2013).** Capturing the mutational landscape of the betalactamase TEM-1. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **110**, 13067-13072. DOI: [10.1073/pnas.1215206110](https://doi.org/10.1073/pnas.1215206110)
- Kimura, M. (1980).** A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, **16**, 111-120.
- Kocher, T.D. & Stepien, C.A. (1997).** *Overview of the Classification and Phylogeny of Fishes*. 29-30 s. T.D. Kocher and, C.A. Stepien (ed), *Molecular Systematics of Fishes*, 1997, Academic Press, ISBN: 9780080536910, 314s.
- Kosswig, C. (1967).** *Tethys and its relation to the peri-Mediterranean faunas of freshwater fishes*. In: C.G. Adams & Ager, D.V., (Eds.), *Aspects of Tethyan biogeography*. Systematics Association Publication, 313-324pp.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. & Tamura, K. (2018).** MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology*, **35**, 1547-1549. DOI: [10.1093/molbev/msy096](https://doi.org/10.1093/molbev/msy096)
- Librado, P. & Rozas, J. (2009).** DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, **25**, 1451-1452. DOI: [10.1093/bioinformatics/btp187](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp187)
- Popov, S. V., Rögl, R., Rozanov, A. Y., Steininger, F. R., Shcherba, I. G. & Kovac, M. (Eds) (2004).** Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys. 10 maps Late Eocene to Pliocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **250**, 1-46. ISBN 978-3-510-61370-0.
- Por, F.D. & Dimentman, C. (1989).** The legacy of Tethys. An aquatic biogeography of the Levant. *Monographiae Biologicae*, 165-168.
- Posada, D. (2008).** jModelTest: phylogenetic model averaging. *Molecular Biology and Evolution*, **25**(7), 1253-1256. DOI: [10.1093/molbev/msn083](https://doi.org/10.1093/molbev/msn083)
- Reichenbacher, B., Sienknecht, U., Küchenhoff, H. & Fenske, N. (2007).** Combined otolith morphology and morphometry for assessing taxonomy and diversity in fossil and extant killifish (*Aphanius*, Prolebias). *Journal of Morphology*, **268**, 898-915. DOI: [10.1002/jmor.10561](https://doi.org/10.1002/jmor.10561)
- Schönhuth, S., Luikart, G. & Doadrio, I. (2003).** Effects of a founder event and sup-plementary introductions on genetic variation in a captive breeding population of the endangered Spanish killifish. *Journal of Fish Biology*, **63**, 1538-1551. DOI: [10.1111/j.1095-8649.2003.00265.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2003.00265.x)
- Swofford, D.L. (2003).** PAUP. Phylogenetic Analysis Using Parsimony. Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Teimori, A., Esmacili, H.R., Hamidan, N. & Reichenbacher, B. (2018).** Systematics and historical biogeography of the *Aphanius* dispar species group (Teleostei: Aphaniidae) and description of a new species from Southern Iran. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, **56**, 579-598. DOI: [10.1111/jzs.12228](https://doi.org/10.1111/jzs.12228)
- Thompson, J.D., Higgins, D.G. & Gibson, T.J. (1994).** CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighing, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acid Research*, **22**, 4673-4680. DOI: [10.1093/nar/22.22.4673](https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673)
- Wang, J., Raskin, L., Samuels, D.C., Shyr, Y. & Guo, Y. (2015).** Genome measures used for quality control are dependent on gene function and ancestry. *Bioinformatics*, **31**(3), 318-323. DOI: [10.1093/bioinformatics/btu668](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu668)
- Whitehead, A. (2009).** Comparative mitochondrial genomics within and among species of killifish. *BMC Ecology and Evolution*, **9**, 11. DOI: [10.1186/1471-2148-9-11](https://doi.org/10.1186/1471-2148-9-11)
- Wildekamp, R.H., Küçük, F., Ünlüsayın, M. & Neer, W.V. (1999).** Species and subspecies of the genus *Aphanius* Nardo, 1827 (Pisces, Cyprinodontidae) in Turkey (Received; 1996). *Turkish Journal of Zoology*. **23**, 23-44.
- Wildekamp, R.H. (1993).** A World of Killies, Atlas of the Oviparous Cyprinodontiform Fishes of the World, Volume I, The Genera *Adamas*, *Adinia*, *Aphanius*, *Aphyoplatys* and *Aphyosemion*. Published by the American Killifish Association, Inc., 311p, U.S.A.



Sıcaklık Şoku Uygulaması ile Triploid Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*) Üretimi ve Kuluçka Performansının Belirlenmesi ^[*]

Fatma DELİHASAN SONAY^{1*} Nadir BAŞÇINAR² Süleyman AKHAN³

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Rize, Türkiye

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

³ Antalya Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Antalya, Türkiye

Geliş/Received: 28.06.2021

Kabul/Accepted: 28.10.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Sonay Delihasan, F., Başçınar, N. & Akhan, S. (2021). Sıcaklık Şoku Uygulaması ile Triploid Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*) Üretimi ve Kuluçka Performansının Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 635-641.

How to cite: Sonay Delihasan, F., Başçınar, N. & Akhan, S. (2021). Triploid Black Sea Trout (*Salmo trutta labrax*) Production by Using Heat Shocks and Determination of Incubation Performance. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 635-641.

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0511-4782>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5295-0871>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9122-1495>

***Sorumlu yazarın:**

Fatma DELİHASAN SONAY
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 53100 Rize-Türkiye
✉: fatma.delihasan@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, triploid Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*) üretmek için termal şok protokolünün optimizasyonu amaçlanmıştır. Triploidizasyon işlemi için yumurtalar döllendikten sonra 10, 15 ve 20. dakikalarda dört farklı sıcaklıkta (26, 28, 30 ve 32 °C) şok uygulanmıştır. Deneysel gruplarda ploidi oranı NOR (Nükleolar Organizatör Bölgeleri) boyama ve eritrosit büyüklüğü yöntemleri ile belirlenmiştir. En yüksek triploid oranları, döllendikten 15 dakika sonra 10 dakika sıcaklık şoku uygulamasıyla 32 °C'de %86,15 ve 28 °C'de %81,26 olarak tespit edilmiştir. Kuluçka randımanı 28 °C sıcaklık şoku grubunda daha başarılı bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen bulguların, Karadeniz alabalığında triploid stok üretimi için kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Eritrosit büyüklüğü, NOR, *Salmo trutta labrax*, triploid oranı.

Triploid Black Sea Trout (*Salmo trutta labrax*) Production by Using Heat Shocks and Determination of Incubation Performance ^[*]

Abstract: In this study, optimization of thermal shock protocol for triploid Black Sea trout (*Salmo trutta labrax*) production was aimed. In total, four different temperature regimes (26, 28, 30, and 32°C) were applied to fertilized eggs following fertilization at 10th, 15th, and 20th minutes for the triploidization process. Ploidy rate in experimental groups was determined by NOR (Nucleolar Organizer Regions) and measures of erythrocyte size. The highest triploid rates were determined to be 86.15% at 32°C and 81.26% at 28°C with a 10 minutes shock treatment 15 minutes after fertilization. Hatching efficiency was more successful at the 28°C heat shock group. It was concluded that the findings of the study could be used for the production of triploid Black Sea trout stock.

***Corresponding author's:**

Fatma DELİHASAN SONAY
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, 53100, Rize, Turkey
✉: fatma.delihasan@erdogan.edu.tr

Keywords: Erythrocyte size, NOR, *Salmo trutta labrax*, triploid rate.

GİRİŞ

Balık yetiştiriciliğinde temel amaç, mümkün olan en kısa zaman diliminde verimli ve sağlıklı ürünler elde etmektir. Bu amaçla, son yıllarda alabalık üretiminde triploidizasyon uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Triploid balıklar kısır olduğu için diploid balıklara göre önemli avantajları vardır. Metabolik enerjinin gamet üretimi yerine somatik büyüme için

kullanılması, daha fazla biyokütle elde edilmesi, daha kaliteli balık eti üretimi, hastalıklara karşı direncin artması ve doğal popülasyonlara kaçması durumunda genetik ve ekolojik olarak daha az tehdit etmeleri en önemli avantajlardandır (Johnson vd., 2004; Sonay, 2013). Genetik etkinin sınırlı olmasından dolayı birçok uluslararası organizasyon (NASCO, FAO, ICES)

^[*] Bu çalışma, doktora tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the doctoral thesis.

tarafından yetiştiricilikte ve balıklandırma uygulamalarında triploidizasyonun kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, triploid balıkların Avrupa Birliği mevzuatına göre genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) olarak kabul edilmemesi triploid balık üretimini artırmıştır (Yılmaz vd., 2017). Triploid balık üretmek için ısı şoku (sıcaklık, soğukluk), hidrostatik basınç ve kimyasal uygulamaları gibi çeşitli çevresel şoklar kullanılmaktadır (Felip vd., 1997; Özden vd., 2003). Kahverengi alabalıklarda (*Salmo trutta*) sıcaklık şoku ile birçok triploidizasyon çalışması yürütülmüş ve bu çalışmalarda şok için uygun sıcaklık ve yaşama oranları belirlenmiştir (Arai & Wilkins, 1987; Crozier & Moffett, 1989; Quillet vd., 1991). Ayrıca, Karadeniz alabalığında (*Salmo labrax*) (Çakmak vd., 2019), kaynak alabalığında (*Salvelinus fontinalis*) (Dubé vd., 1991), Aras alabalığında (*Salmo trutta caspius*) (Kalbassi vd., 2009), gökkuşuğu alabalığında (Dillon, 1988; Happe vd., 1988) sıcaklık şoku uygulanarak triploid balık elde edilmiştir.

Triploid oranını belirlemede; kromozom sayımı veya karyotipleme, nükleolar bölgelerin gümüş nitrat ile boyanması (NOR (Nucleolar Organizer Region)), proteinlerin elektroforezi, çekirdek ve hücre boyutunun ölçümü, eritrosit büyüklüğü ve DNA içeriği yöntemleri kullanılmaktadır (Felip vd., 2001; Bai vd., 2011; Kenanoğlu vd., 2013; Kim vd., 2017).

Karadeniz alabalığı, Doğu Karadeniz’de yayılım gösteren anadrom ve endemik bir salmonid türüdür (Akhan vd., 2011a; Çakmak vd., 2019). Yüksek ekonomik değere sahip olan türün Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bazı alabalık çiftliklerinde ticari olarak kültürü yapılmaktadır (Canyurt & Akhan, 2009; Akhan vd., 2011b; Sonay, 2013), ancak kültür koşullarında gökkuşuğu alabalığına oranla daha yavaş büyüdüğü için üretim miktarı yeterli düzeye ulaşamamıştır (Aksungur vd., 2005).

Bu çalışmada, triploid Karadeniz alabalığı üretimi için sıcaklık şoku derecesi, şok zamanı ve süreleri belirlenerek Karadeniz alabalığının kuluçka randımanı üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Bu çalışmada, 2⁺ yaşlı damızlık Karadeniz alabalıkları Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Fakültesi Prof. Dr. İbrahim Okumuş Araştırma Ünitesi'nden temin edilmiştir. Araştırmada ortalama boyu 64,8 ± 6,2 cm (53,9 - 73,8 cm), ortalama ağırlığı 4094,6±800,4 g (2789 - 5335 g) olan 9 adet dişi damızlık ile ortalama boyu 62,0 ± 1,6 cm (59,5 - 63,9 cm) ve ortalama ağırlığı 2731,0 ± 484,7 g (2012-3130 g) olan 6 adet erkek damızlık kullanılmıştır. Damızlık balıklar %10'luk benzokain çözeltisinden 0,5 ml/l kullanılarak bayıltılmıştır (Serezli vd., 2005). Boy-ağırlık verileri

alındıktan sonra sağım ve dölleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir sıcaklık şok uygulaması için farklı damızlık balıklar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yumurtaların ortalama çapı 5,6±0,3 mm ve kuluçka suyu ortalama 11,3±0,64 (9,9-12,4) °C olarak belirlenmiştir.

Yumurtaları dölleme işlemi sonrasında her bir grupta ortalama 1080±344,19 adet olacak şekilde üç tekerrürlü 16 grup (4 diploid ve 12 triploid) oluşturulmuştur. Kontrol (diploid) grubu 10-12 °C su sıcaklığında tutulmuş, diğer gruplara ise döllenikten sonra 10, 15, 20. dakikalarda 26, 28, 30 ve 32 °C sıcaklık şoku uygulanmıştır. Sıcaklık şok süresi tüm triploid gruplarda 10 dakika sürmüştür (Arai & Wilkins, 1987; Crozier & Moffett, 1989). Döllülük oranını belirlemek amacıyla 10-12 saat sonra 50 adet yumurta örneklenmiş ve glasiyel asetik asit, aseton, saf su (1:1:1) çözeltisinde 3-5 dakika bekletildikten sonra mikroskop altında çekirdek bölünmesi tespit edilmiştir (Serezli, 2004). Kuluçka dolabına yerleştirilen döllenmiş yumurtaların her gün düzenli olarak su sıcaklık parametreleri ve ölü yumurta sayıları belirlenmiştir. Kuluçka dönemi süresince elde edilen verilerden döllülük oranı, çıkış oranı ve kuluçka randımanı değerleri belirlenmiştir (Tablo 1) (Hisar vd., 2003; Baki, 2006):

Döllülük oranı (%)=(Döllü yumurta adedi/ Toplam yumurta adedi) x100

Çıkış oranı (%)=(Canlı yavru adedi/ Döllü yumurta adedi) x100

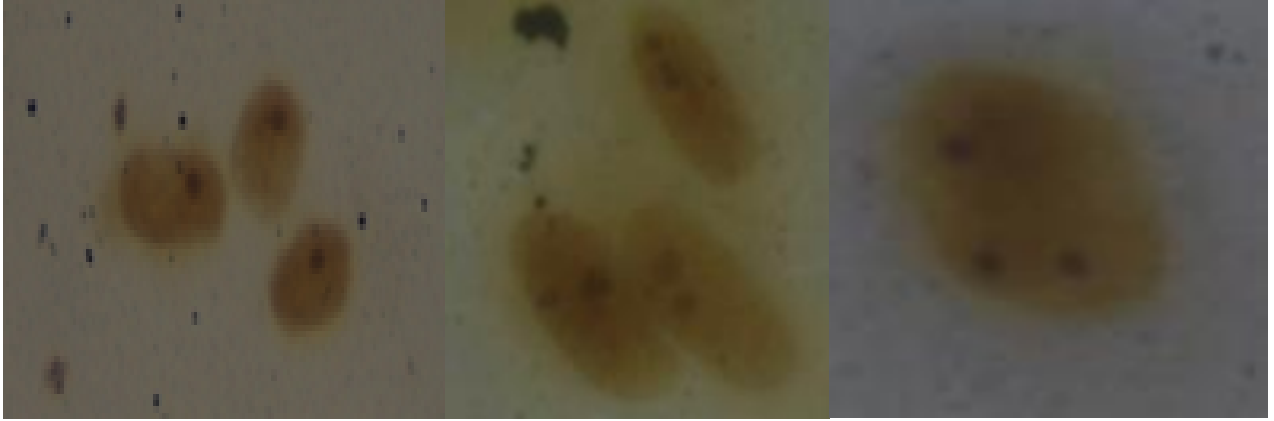
Kuluçka randımanı (%)=(Çıkan canlı yavru adedi/ Toplam yumurta adedi) x 100

Sıcaklık şoku uygulaması sonucu elde edilen triploid oranını belirlemek amacıyla iki farklı yöntem (NOR boyama, eritrosit büyüklüğü) kullanılmıştır. NOR bölgesinin gümüş nitrat boyama tekniği besin kesesini tamamen tüketip aktif yüzmeye ve yem almaya başlayan larvalarda (n=50) (Howell & Black, 1980; Saygun, 2005), eritrosit boyama yöntemi ise ortalama diploidlerde boy 4,98±1,69 cm ve ağırlık 1,41±1,19 g, triploidlerde boy 5,57±0,67 cm ve ağırlık 1,45±0,65 g olan yavrularda (n=50) gerçekleştirilmiştir (URL 1; Gao vd., 2007; Dorafshan vd., 2008). Eritrositleri boyanan balıkların aynı zamanda NOR oranlarına da bakılarak triploid bireyler kontrol edilmiştir. NOR boyamada her bir balıktan üç tekerrürlü preparatlar hazırlanmış ve her preparattan 1000x büyütmede 50 adet hücre sayılmıştır. Elde edilen verilerden, tek nükleoli içeren hücreler haploid, bir ve iki nükleoli içerenler diploid ve bir, iki, üç ve daha fazla nükleoli içeren hücreler ise triploid olarak kabul edilmiştir (Şekil 1) (Piferrer vd., 2000; Okumura vd., 2001; Jankun vd., 2007). Eritrosit çap ve çekirdek ölçümlerinden ploidiyi belirlemek için her balıktan üç tekerrürlü preparatlar hazırlanmış ve her preparattan 50 eritrosit hücresinin major aksis, minor aksis, çekirdek major aksis ve çekirdek minor aksis ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilerden; eritrosit yüzey alanı (µm²), eritrosit hacmi (µm³), çekirdek yüzey

alanı (μm^2) ve çekirdek hacmi (μm^3) belirlenmiştir (Tablo 2) (Akhan vd., 2011a; Akhan vd., 2011b; Dorafshan vd., 2008).

Çalışma sonunda verilerin değerlendirilmesi için Excel ve SigmaPilot 11. paket programı kullanılmıştır.

Diploid ve triploid eritrosit ölçümlerinin karşılaştırılması t testi veya Mann Whitney testiyle, grupların karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.



Şekil 1. NOR preparatları (A: tek nukleoli, B:iki nukleoli, C: üç nukleoli).
Figure 1. NOR preparations (A: one nucleoli, B: two nucleoli, C: three nucleoli).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada dört farklı sıcaklık şoku uygulanan yumurtaların kuluçka performansı ve triploid oranları belirlenmiştir (Tablo 1). Döllenen triploid ve diploid yumurtalarda; gözlenme 220,4 gün-derece (GD), yumurtadan çıkış 386,1 GD ve çıkıştan sonra besin kesesi tüketimi 414,2 GD’de gerçekleşmiştir, gruplar arasında gözlemsel olarak bir fark görülmemiştir. Sıcaklık şoku uygulamasının döllenme oranı üzerine etkisi görülmemiştir. En iyi döllenme oranı 28 °C şok uygulanan triploid deneme grubunun kontrol grubunda belirlenmiştir. Çalışma sonuçları Kankaya, (1998)’nin yaptığı triploid gökkuşağı alabalıklarında sıcaklık şok uygulaması ile benzerlik göstermiş ve şok uygulamasının döllenme oranı üzerine olumsuz etkisi gözlemlenmemiştir. Çıkış oranı ve kuluçka randımanı gruplar arasında farklılıklar göstermiştir ($P<0,05$) (Tablo 1). Çıkış oranı ve kuluçka randımanı değerleri diploid gruplarda triploidlerden daha başarılı olmuştur. Karadeniz alabalığında (Akhan vd., 2011b; Çakmak vd., 2019), kahverengi alabalıkta (Quillet vd., 1991; Crozier & Moffett, 1989; Arai & Wilkins, 1987), kaynak alabalığı (*S. fontinalis*) (Dubé vd., 1991), diploid ve triploid salmonid hibritlerde (Gray vd., 1993), gökkuşağı alabalığında (Solar vd., 1984; Kankaya, 1998; Blanc vd., 2000) benzer sonuçları elde etmişlerdir. Triploid gruplarda meydana gelen yaşama oranındaki düşüklük yüksek sıcaklık şoku ve süresi (Kalbassi vd., 2009), yumurta kalitesi veya farklı menşeli yumurtaların triploidizasyon uygulamalarına karşı duyarlı olduğu düşünülmektedir (Arai & Wilkins, 1987).

Alabalıklarda farklı sıcaklık, şok süresi ve zamanı uygulamaları ile triploid balık üretimi birçok çalışma ile

ortaya konulmuştur (Solar vd., 1984; Arai & Wilkins, 1987; Crozier & Moffett, 1989; Liu & Quillet, 1989; Dubé vd., 1991; Ojolic vd., 1995; Kankaya, 1998; Blanc vd., 2000; Kalbassi vd., 2009; Akhan vd. 2011a; Akhan vd., 2011b; Kızak vd., 2013; Çakmak vd., 2019). Bu çalışmada, döllenene yumurtalara dört farklı sıcaklık şoku uygulanmış, en yüksek triploid oranı 28 ve 32 °C’lerde elde edilmiştir. Ancak 32 °C grubunda yaşama oranı diğer gruplara göre düşük bulunmuştur. Gruplar arasındaki triploid oranı değerleri 28 °C ve 32 °C sıcaklık şoku uygulamalarında istatistiksel farklılık ($P<0,05$), 26°C ve 30°C uygulamalarında ise benzerlik göstermiştir. 28°C döllenme işleminden 10 dakika sonra 10 dakika sıcaklık şoku ile %79,26±1,05 ve döllenme işleminden 15 dakika sonra 10 dakika sıcaklık şoku ile %81,26±3,94 triploid oranı elde edilmiştir ($P<0,05$) (Tablo 1). Kahverengi alabalıklarda 28 °C de triploid oranını; Quillet vd., (1991) %84,2-94,7 olarak, Crozier & Moffett, (1989) %60-100 ve Kalbassi vd., (2009) %27-84 olarak bildirmiştir.

Ploidy oranını belirlemek amacıyla iki farklı yöntem (NOR boyama ve eritrosit ölçümü) kullanılmıştır. NOR boyama tekniği larval safhadan damızlık boyuta kadar farklı büyüklüklerde uygulanabilen basit, ucuz ve kısa sürede ploidi oranını belirlemede kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. NOR bölgeleri AgNO_3 ile boyanmaktadır (Felip vd., 1997; Piferrer vd., 2000; Gündoğdu, 2016). NOR boyama yöntemi salmonidlerde (Lozano vd., 1992; Jankun vd., 2007), kalkanda (*Scophthalmus maximus*) (Piferrer vd., 2000; Piferrer vd., 2003), levrekte (*Dicentrarchus labrax*), (Sola vd., 1993; Felip vd., 1997), ve turna balığında (*Esox lucius*) (Jankun vd., 1998) uygulanmıştır. Bu çalışmada, NOR lokasyonları incelenerek hücrelerin nukleolileri sayılarak ortalamaları

alınmıştır. Diploid hücrelerin nukleoli ortalaması 1,10 ile 1,96 arasında belirlenirken, triploid hücrelerin nukleoli ortalaması 1,60 ile 2,83 arasında değişmiştir. Ortalama 1,52 ile 1,96 arasında ploidy oranlarında belirsizlik görüldüğünden dolayı yavru balıklardan örnekleme yapılmış NOR lokasyonları ve eritrosit çapları da kullanılarak ortalama NOR>1,80 olan bireyler triploid, diğerleri ise diploid olarak kabul edilmiştir. Ortalama nukleoli sayısı triploidlerde diploidlerden önemli ölçüde daha yüksektir. Kalkan balıklarında (*S. maximus*) ploidi

oranının belirlenmesinde kullanılan NOR boyama yöntemi sonucu; 1,10 ile 1,85 arasında olanları diploid, 1,50 ile 2,35 arasında olanları triploid olarak bildirmiş, fakat 1,50 ile 1,85 arasında diploid ve triploidlerin çakışmasından dolayı NOR>1,735 olanları triploid olarak kabul etmiştir (Piferer vd., 2000). Salmonlarda (*Oncorhynchus mykiss*, *O. kisutch*) ortalama nukleoli ortalaması triploidlerde 2,75 olarak belirlenirken diploidlerde 1,63 olarak belirlenmiştir (Lozano vd., 1992).

Table 1. 26, 28, 30 ve 32°C’lerde uygulanan sıcaklık şok zamanı, şok süresi, triploid oranı, döllenme oranı, çıkış oranı ve kuluçka randımanı verileri. **Table 1.** Data of heat shock time, shock duration, triploid rate, fertilization rate, hatching rate and hatching efficiency at 26, 28, 30, and 32°C.

Şok sıcaklığı (°C)	Şok süresi (Dakika)	Döllenme sonrası şok zamanı (Dakika)	Triploid oranı (%)	Döllenme oranı (%)	Çıkış oranı (%)	Kuluçka randımanı (%)
Kontrol	-	-	0	78,33±2,88	75,82±7,72 ^a	56,01±5,31 ^a
26	10	10	66,67±3,09	80,00±5,00	47,35±7,56 ^b	30,22±8,16 ^b
26	10	15	63,22±5,28	75,00±5,00	46,93±8,19 ^b	29,06±6,99 ^b
26	10	20	41,33±2,26	76,68±2,89	64,92±5,72 ^a	46,89±2,49 ^a
Kontrol	-	-	0	86,68±2,89	81,87±3,59 ^a	64,37±0,68 ^a
28	10	10	79,26±1,05 ^a	81,68±2,89	49,48±10,22 ^b	39,44±7,01 ^b
28	10	15	81,26±3,94 ^a	78,33±2,89	46,75±11,73 ^b	36,19±8,07 ^b
28	10	20	67,44±9,29 ^b	73,33±14,43	47,84±16,99 ^b	35,71±9,23 ^b
Kontrol	-	-	0	80,00±5,00	70,74±6,64 ^a	30,98±3,97 ^a
30	10	10	72,96±4,60	78,33±2,89	28,32±6,09 ^b	20,02±4,06 ^{ab}
30	10	15	52,52±6,39	83,33±2,89	19,59±12,40 ^b	12,72±7,66 ^b
30	10	20	59,35±3,52	78,33±5,77	14,81±11,29 ^b	9,26±9,12 ^b
Kontrol	-	-	0	83,33±5,77	66,40±6,14 ^a	43,20±3,50 ^a
32	10	10	62,73±11,06 ^a	85,00±5,00	14,47±9,89 ^b	10,61±7,16 ^b
32	10	15	86,15±8,74 ^b	81,67±2,89	16,09±16,29 ^b	19,15±12,02 ^b
32	10	20	74,08±5,43 ^c	81,67±5,77	19,84±7,39 ^b	18,31±4,18 ^b

Kontrol grubuna (diploid) ait yumurtaların döllenme işlemi 10-12 °C su sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

NOR boyama ile elde edilen verilerin kontrol edilmesi amacıyla yavru balıklardan alınan kan örneklerinin eritrosit büyüklüklerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Triploid ve diploid Karadeniz alabalıklarının eritrosit ve çekirdek büyüklükleri ölçülmüş, elde edilen verilerden eritrosit ve çekirdek yüzey alanı ve hacmi hesaplanmıştır (Tablo 2). Triploid balıklara ait eritrosit ve çekirdek bulguları diploidlerden daha yüksek değerlerde hesaplanmıştır (P<0,001) (Tablo 2). Triploid balıkların eritrosit büyüklükleri, hücre hacimleri ve yüzey alanları diploid balıklardan daha büyük olduğu birçok

araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Karadeniz alabalığında (Akhan vd., 2011a; Çakmak vd., 2019), kaynak alabalığında (*S. fontinalis*) (Woznicki & Kuzminski, 2002), Aras alabalığında (*S.t. caspius*) (Dorafshan vd., 2008), kalkan balığında (*S. maximus*) (Cal vd., 2005), levreklerde (*D. labrax*) (Peruzzi vd., 2005), Sibiry mersin balığında (*Acipenser baeri*) (Dorota vd., 2006), tilapia balığında (*Tilapia aurea*) (Valenti, 1975) ve kanal yayın balığında (*Ictalurus punctatus*) (Wolters vd., 1982) yapılan çalışmalarda triploidler diploidlerden daha yüksek eritrosit büyüklüğüne sahip olduğu belirlenmiştir.

Table 2. Triploid ve diploid bireylerde eritrosit ve çekirdeklere ait veriler.

Table 2. Data of erythrocytes and nucleus in triploid and diploid individuals.

	Triploid	Diploid	Oran (T/D)	P
Eritrosit minor aksis (µm)	10,93±0,06	7,58±0,09	1,44	<0,001
Eritrosit major aksis (µm)	17,08±0,16	14,66±0,86	1,16	<0,001
Eritrosit yüzey alanı (µm ²)	146,99±6,41	87,25±1,20	1,68	<0,001
Eritrosit hacmi (µm ³)	1074,75±28,37	446,45±12,87	2,40	<0,001
Çekirdek minor aksis (µm)	5,10±0,34	4,00±0,03	1,28	<0,001
Çekirdek major aksis (µm)	8,01±0,04	7,05±0,05	1,14	<0,001
Çekirdek yüzey alanı (µm ²)	32,29±2,43	22,16±0,15	1,46	<0,001
Çekirdek hacmi (µm ³)	112,56±7,46	59,05±1,90	1,90	<0,001

Mayotik triploid balık üretimi; yumurtaların döllenmesinden hemen sonra çevresel şok (sıcaklık şoku, basınç, kimyasallar) uygulanarak, mayoz bölünme bloke edilip, ikinci kutup hücresinin döllenmeden sonra tutulması ile gerçekleşmektedir. Şok uygulamasının

zamanı ve süresi farklı balık türlerinde triploid oranını etkilemektedir.

SONUÇ

Balık yetiştiriciliğinde triploidizasyon uygulanabilir bir üretim yöntemidir. Üreticiler daha kısa

sürede fazla ürün elde etmek için triploid balık üretimini tercih etmektedir. Fakat triploid balık üretimi bazı zorluklar içermektedir. Sıcaklık şoku uygulaması ile triploid balık elde edilmesi en fazla kullanılan ve en pratik uygulanabilir yöntemdir. Sağlıklı bir triploidizasyon uygulaması için balık türüne göre uygun zamanda ve uygun sıcaklıkta uygulama yapmak esastır. Bu çalışmada Karadeniz alabalığı olarak bilinen *Salmo trutta labrax* türünde sıcaklık şoku ile triploid uygulaması çalışılarak, uygun sıcaklık ve uygulama zamanları belirlenmiştir. Sonuç olarak, triploid Karadeniz alabalıklarında döllenmiş yumurtalara uygulanacak sıcaklık şokunun döllenme işleminden 15 dakika sonra 28°C'de 10 dakika uygulama şeklinde yapılması durumunda en ideal döllenme ve yaşama oranları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ülkemiz endemik türü olan Karadeniz alabalığı triploid uygulamalarında kullanılabilir. Ayrıca, triploid birey oranını belirlemede hızlı, kolay ve en yaygın olarak kullanılan eritrosit ölçümü yanı sıra, NOR boyama yönteminin erken safhada (larval safhada) ploidi oranını belirlemede kullanılabileceği de bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma doktora tezinden üretilmiş ve Karadeniz Teknik Üniversitesi BAP tarafından 2009.117.001.5 nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akhan, S., Serezli, R. & Delihasan Sonay, F. (2011a).** Hematology of diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Black Sea trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814) and their F₁ hybrids. *The Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgeh*, **63**, 4.
- Akhan, S., Delihasan Sonay, F., Okumus, I., Köse, Ö. & Yandi, I. (2011b).** Inter-specific hybridization between Black Sea trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Aquaculture Research*, **42**, 1632-1638. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02755.x
- Aksungur, M., Yılmaz, C., Tabak, İ., Aksungur, N. & Mısır, D.S. (2005).** Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*, 1811)'nin kültür şartlarına adaptasyonu. *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **17**, 349-359.
- Arai, K. & Wilkins, N.P. (1987).** Triploidization of brown trout (*Salmo trutta*) by heat shocks. *Aquaculture*, **64**, 97-103. DOI: 10.1016/0044-8486(87)90345-0
- Bai, Z., Liu, F., Li, J. & Yue, G.H. (2011).** Identification of triploid individuals and clonal lines in *Carassius auratus* complex using microsatellites. *International Journal of Biological Sciences*, **7**(3), 279-285. DOI: 10.7150/ijbs.7.279
- Baki, B. (2006).** Gökkuşluğu alabalıklarından (*Oncorhynchus mykiss*, W., 1792) elde edilen yumurtaların iki farklı su kaynağında açılma süreleri, larva çıkışı ve büyümelerinin karşılaştırılması. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye, 88s.
- Blanc, J.M., Vallée, F. & Dorson, M. (2000).** Survival, growth and dressing traits of triploid hybrids between rainbow trout and three charr species. *Aquaculture Research*, **31**, 349-358. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2000.00446.x
- Cal, R.M., Vidal, S., Camacho, T., Piferrer, F. & Guitian, F.J. (2005).** Effect of triploidy on turbot haematology. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular and Integrative Physiology*, **141**, 35-41. DOI: 10.1016/j.cbpb.2005.03.007
- Canyurt, M.A. & Akhan, S. (2009).** Development and situation of trout culture in Turkey. pp. 90-94. In: *15th Annual 15th International Scientific Conference Proceedings: Research for Rural Development 2009. 20-22 May 2009*, Jelgava, Latvia.
- Crozier, W.W. & Moffett, I.J.J. (1989).** Experimental production of triploid brown trout, *Salmo trutta* L., using heat shock. *Aquaculture & Fisheries Management*, **20**, 343-353. DOI: 10.1111/j.1365-2109.1989.tb00362.x
- Çakmak, E., Çankırılıgil, E.C., Düzgüneş, Z.D., Özel, O.T., Eroğlu, O. & Firidin, Ş. (2019).** Triploid Black Sea trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814) induced by heat shock and evaluation of triploidy with different techniques. *Genetics of Aquatic Organisms*, **3**(1), 01-07. DOI: 10.4194/2459-leticf 831-v3_1_01
- Dillon, J.C. (1988).** Production of triploid rainbow trout for evaluation in South Dakota waters. The Degree Master of Science, South Dakota State University, Wildlife and Fisheries Sciences. South Dakota. 69 p.
- Dorafshan, S., Kalbassi, M.R., Pourkazemi, M., Amiri, B.M. & Karimi, S.S. (2008).** Effects of triploidy on the Caspian salmon *Salmo trutta caspius* haematology. *Fish Physiology & Biochemistry*, **34**, 195-200.
- Dorota, F.B., Jankun, M. & Wosnicki, P. (2006).** Chromosome number and erythrocyte nuclei length in triploid Siberian sturgeon *Acipenser baeri* Brandt. *Caryologia*, **59** (4), 319-321. DOI: 10.1080/00087114.2006.10797932
- Dubé, P., Blanc, J.M., Chouinard, M. & Noüe, J. (1991).** Triploidy induced by heat shock in brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture*, **92**, 305-311. DOI: 10.1016/0044-8486(91)90036-7
- Felip, A., Zanuy, S., Carrillo, M. & Piferrer, F. (2001).** Induction of triploidy and gynogenesis in teleost fish with emphasis on marine species.

- Genetica*, **111**, 175-195. DOI: [10.1023/a:1013724322169](https://doi.org/10.1023/a:1013724322169)
- Felip, A., Zanuy, S., Carrillo, M., Martinez, G., Ramos, J. & Piferrer, F. (1997)**. Optimal conditions for the induction of triploidy in the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.), *Aquaculture*, **152**, 287-298. DOI: [10.1016/S0044-8486\(96\)01509-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01509-8)
- Gao, Z., Wang, W., Abbas, K., Zhou, X., Yang, Y., Diana, J.S., Wang, H., Wang, H., Li, Y. & Sun, Y. (2007)**. Haematological characterization of loach *Misgurnus anguillicaudatus*: Comparison among diploid, triploid and tetraploid specimens. *Comparative Biochemistry & Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology*, **147**, 1001-1008. DOI: [10.1016/j.cbpa.2007.03.006](https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.03.006)
- Gray, A.K., Evans, M.A. & Thorgaard, G.H. (1993)**. Viability and development of diploid and triploid salmonid hybrids. *Aquaculture*, **112**, 125-142. DOI: [10.1016/0044-8486\(93\)90439-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90439-6)
- Gündoğdu, H. (2016)**. *Endemik Beyşehir kababurun balığı, Chondrostoma beysehirense (Bogutskaya, 1997) üzerine sitogenetik araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya, Türkiye, 43s.
- Happe, A., Quillet, E. & Chevassus, B. (1988)**. Early life history of triploid rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Aquaculture*, **71**, 107-118. DOI: [10.1016/0044-8486\(88\)90278-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90278-5)
- Hisar, S.A., Yanık, T. & Hisar, O. (2003)**. Hatchery and growth performance of two trout pure breeds, *Salvelinus alpinus* and *Salmo trutta fario*, and their hybrid. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, **55**(3), 154-159. DOI: [10.46989/001c.20357](https://doi.org/10.46989/001c.20357)
- Howell, W.M. & Black, D.A. (1980)**. Controlled silver-staining of nucleolar organizer regions with a protective colloidal developer: A 1-step Method. *Experientia*, **36**, 1014-1015. DOI: [10.1007/BF01953855](https://doi.org/10.1007/BF01953855)
- Jankun, M., Kuzminski, H. & Furgala-Selezniow, G. (2007)**. Cytologic ploidy determination in fish-an example of two salmonid species. *Environmental Biotechnology*, **3**(2), 52-56.
- Jankun, M., Woznicki, P., Dajnowicz, G., Demska-Zakes, K., Luczynski, M.J. & Luczynski, M. (1998)**. Heterochromatin and NOR location in Northern Pike (*Esox lucius*), *Aquatic Science*, **60**, 17-21.
- Johnson, R.M., Shrimpton, J.M., Heath, J.W. & Heath, D.D. (2004)**. Family, induction methodology and interaction effects on the performance of diploid and triploid chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, **234**, 123-142.
- Kalbassi, M.R., Dorafshan, S., Pourkazemi, M. & Amiri, B.M. (2009)**. Triploidy induction in the Caspian Salmon, *Salmo trutta caspius*, by heat shock. *Journal of Applied Ichthyology*, **25**, 104-107. DOI: [10.1111/j.1439-0426.2008.01177.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01177.x)
- Kankaya, E. (1998)**. *Gökkuşuğu alabalığında (Oncorhynchus mykiss W., 1792) ısı şoku uygulamasıyla triploidi oluşturulması üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 53s.
- Kenanoğlu, O.N., Yilmaz, S., Ergun, S. & Aki, C. (2013)**. A preliminary study on the determination of triploidy by chromosome analysis at the different stages of development in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Marine Science & Technology Bulletin*, **2**(2), 17-21.
- Kızak, V., Güner, Y., Türel, M. & Kayım, M. (2013)**. Comparison of growth performance, gonadal structure and erythrocyte size in triploid and diploid brown trout (*Salmo trutta fario* L, 1758). *Turkish Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **13**, 571-580. DOI: [10.4194/1303-2712-v13_4_02](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_4_02)
- Kim, H.S., Chung, K.H. & Son, J.H. (2017)**. Comparison of different ploidy detection methods in *Oncorhynchus mykiss*, the rainbow trout. *Fisheries & Aquatic Sciences*, **20**, 29. DOI: [10.1186/s41240-017-0074-8](https://doi.org/10.1186/s41240-017-0074-8)
- Liu, F.G. & Quillet, E. (1989)**. Preliminary results on triploidy induced by heat shocks in the brown trout (*Salmo trutta*). *Journal of the Fisheries Society of Taiwan (JFST)*, **16**(2), 91-95.
- Lozano, R., Rejón, C.R. & Rejón, M.R. (1992)**. A comparative analysis of NORs in diploid and triploid salmonids: implications with respect to the diploidization process occurring in this fish group. *Heredity*, **69**, 450-457.
- Ojolic, E.J., Cusack, R., Benfey, T.J. & Kerr, S.R. (1995)**. Survival and growth of all-female diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at chronic high temperature. *Aquaculture*, **131**, 177-187. DOI: [10.1016/0044-8486\(94\)00338-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00338-0)
- Okumura, S.I., Furukawa, S., Kawai, T., Takahashi, S. & Yamamori, K. (2001)**. Comparison of nucleoli number in diploid and triploid larva of Pacific abalone *Haliotis discus hannai*. *Fisheries Science*, **67**, 176-178. DOI: [10.1046/j.1444-2906.2001.00217.x](https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2001.00217.x)
- Özden, O., Güner, Y. & Kızak, V. (2003)**. Tatlısu balık kültüründe uygulanan bazı biyoteknolojik yöntemler. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, **20**(3-4), 563-574.
- Peruzzi, S., Varsamos, S., Chatain, B., Fauvel, C., Menu, B., Falguière, C., Sèvere, A. & Flik, G. (2005)**. Haematological and physiological characteristics of diploid and triploid sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture*, **244**(1-4), 359-367. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2004.11.028](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.028)
- Piferrer, F., Cal, R.M., Álvarez-Blázquez, B., Sánchez, L. & Martínez, P. (2000)**. Introduction of triploidy in the turbot (*Scophthalmus maximus*) I. Ploidy determination and the effects of cold

- shocks. *Aquaculture*, **188**, 79-90. DOI: [10.1016/S0044-8486\(00\)00306-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00306-9)
- Piferrer, F., Cal, R.M., Gómez, C., Bouza, C. & Martinez, P. (2003).** Introduction of triploidy in the turbot (*Scophthalmus maximus*) II. Effects of cold shock timing and induction of triploidy in a large volume of eggs, *Aquaculture*, **220**, 821-831. DOI: [10.1016/S0044-8486\(02\)00535-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00535-5)
- Quillet, E., Foisil, L., Chevassus, B., Chourrout, D. & Liu, F.G. (1991).** Production of all-triploid and all-female brown trout for aquaculture. *Aquatic Living Resources*, **4**, 27-32. DOI: [10.1051/alr:1991002](https://doi.org/10.1051/alr:1991002)
- Saygun, S. (2005).** *Karadeniz'de yaşayan çeşitli yassı balıkların (Pisces, Pleuronectiformes) kromozom yapılarının karşılaştırılması.* Doktora Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun, Türkiye, 130s.
- Serezli, R. (2004).** *Doğu Karadeniz Bölgesi'nde gökkuşuğu alabalığı (Oncorhynchus mykiss) damızlık stoklarının sağım zamanı, damızlık performansı ve kuluçka randımanlarının belirlenmesi.* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, Türkiye, 104s.
- Serezli, R., Okumuş, İ. & Akhan, S. (2005).** Akuakültürde anestezinin kullanımı. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, **4**, 475-480.
- Sola, L., Bressanello, S., Rossi, A.R., Iaselli, V., Crosetti, D. & Cataudella, S. (1993).** A karyotype analysis of the genus *Dicentrarchus* by different staining techniques, *Journal of Fish Biology*, **43**, 329-337. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1993.tb00567.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb00567.x)
- Solar, I.I., Donaldson, E.M. & Hunter, G.A. (1984).** Induction of triploidy in rainbow trout (*Salmo gairdneri* RICHARDSON) by heat shock, and investigation of early growth. *Aquaculture*, **42**, 57-67. DOI: [10.1016/0044-8486\(84\)90313-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90313-2)
- Sonay, F. (2013).** *Triploid Karadeniz alabalığı (Salmo trutta labrax Pallas, 1811) üretimi ve büyüme potansiyeli ve et kalitesinin belirlenmesi.* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, Türkiye, 137s.
- URL 1. (2012).** <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/b63/00800917pdf> (22 Eylül 2012).
- Valenti, R.J. (1975).** Induced polyploidy in *Tilapia aurea* (Steindachner) by means of temperature shock treatment. *Journal of Fish Biology*, **7**, 519-528. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1975.tb04627.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1975.tb04627.x)
- Wolters, W.R., Chrisman, C.L. & Libey, G.S. (1982).** Erythrocyte nuclear measurement of diploid triploid channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Journal of Fish Biology*, **20**, 253-258. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1982.tb04706.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb04706.x)
- Woznicki, P. & Kuzminski, H. (2002).** Chromosome number and erythrocyte nuclei length in triploid brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Caryologia*, **55** (4), 295-298. DOI: [10.1080/00087114.2002.10797879](https://doi.org/10.1080/00087114.2002.10797879)
- Yılmaz, S., Çelik, E.Ş., Kenanoğlu, O.N. & Ergün, S. (2017).** Asidik stresin triploid ve diploid gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın hematolojik, immunolojik ve biyokimyasal kan parametreleri üzerine etkileri. *Alın Teri Journal of Agricultural Sciences*, **32**(2), 17-24. DOI: [10.28955/alinterizbd.320262](https://doi.org/10.28955/alinterizbd.320262)



Güney Doğu Karadeniz'den Avlanan *Liocarcinus depurator* (Crustacea: Decapod: Brachyura)'ün Üreme Biyolojisi^[*]

Hatice ONAY^{1*} Sabri BİLGİN²

^{1*} Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi, Rize, Türkiye

² Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi, Sinop, Türkiye

Geliş/Received: 02.09.2021

Kabul/Accepted: 26.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Onay, H. & Bilgin, S. (2021). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi, Rize, Türkiye. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 6(4), 642-650.

How to cite: Onay, H. & Bilgin, S. (2021). Reproduction Biology of the *Liocarcinus depurator* (Crustacea: Decapoda: Brachyura) Captured from Southeast Black Sea. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 642-650.

<https://orcid.org/0000-0003-3463-7360>
 <https://orcid.org/0000-0003-2321-547X>

***Sorumlu yazarın:**

Hatice ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi, Rize, Türkiye

✉: hatice.bal@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışma Aralık 2012- Kasım 2013 ayları arasında Güney Doğu Karadeniz'de beam trol ile avlanan *Liocarcinus depurator* (Crustacea: Decapod: Brachyura)'ün üreme özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. İyidere, Merkez ve Çayeli istasyonlarından 2 m genişliğinde kirişli trol (Beam trol) kullanılarak 0-30+ metre derinliklerde örnekleme yapılmıştır. En yüksek GSI değerleri dişilerde Ağustos- Kasım aylarında, erkeklerde ise Mart ayında tespit edilmiştir. %50 cinsi olgunluk erkekler için 32,28 mm (KG) dişiler için ise 28,19 mm (KG) olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma sonuçları *L. depurator* türü üzerinde yapılacak daha sonraki çalışmalar için önemli bir kaynak olacaktır.

Anahtar kelimeler: Brachyura, crustacea, karadeniz, *Liocarcinus depurator*, üreme.

Reproduction Biology of the *Liocarcinus depurator* (Crustacea: Decapoda: Brachyura) Captured from Southeast Black Sea

Abstract: This study was carried out to determine the reproductive characteristic of *Liocarcinus depurator* (Crustacea: Decapod: Brachyura) captured from South-eastern Black Sea between December 2012 and November 2013. The samples were taken at depth of 0-30+ m by using 2 meters width beam trawl in Iyidere, Cayeli and the Centre Stations. The maximum GSI values were observed between August and November in females and in March in males. 50% sexual maturity length was calculated as 32.28 mm (KG) for males and 28.19 mm (KG) for females. The results of this study will be an important knowledge for further studies on the *L. depurator* species.

***Corresponding author's:**

Hatice ONAY

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Fishing Technology, Rize, Turkey

✉: hatice.bal@erdogan.edu.tr

Keywords: Blacksea, brachyura, crustacea, *Liocarcinus depurator*, reproduction.

GİRİŞ

Liocarcinus depurator Kuzey Denizi'nde, Atlantik Okyanusu'nda, Akdeniz'de ve Karadeniz'de dağılım göstermektedir (Ateş, 1999; Horton & Lilley, 2008; Telnes, 2012). Geniş bir batimetre, sıcaklık ve habitatta dağılım gösterebilen bir türdür (Zariquiey-

Álvarez, 1968, Minervini & diğerleri, 1982; Pérès & Picard, 1965; Christiansen, 1982). En yaygın olarak çamurda, kıyı-litoral çamurda ve hem orta kıyı altı hem de kırıntı dolgulu kumlarda bulunmasına rağmen, çeşitli alt tabakalarda bulunur (Schembri & Lanfranco, 1984).

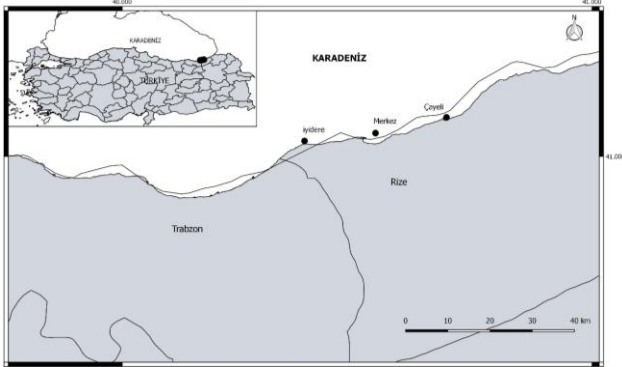
[*] Bu çalışma, Hatice ONAY'IN yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by Hatice ONAY.

Crustacea, mollusca, polychaete, ophiuroid ve balıkların ana besin kaynağını oluşturdukları rapor edilmiştir (Freire, 1996). Karadeniz’de yengeç türleri üzerinde yapılan çalışmalar genelde sistematik ve bulunurluk çalışmalarıdır (Anosov, 2000; Ateş vd., 2010; Bilgin ve Çelik, 2004; Bilgin, 2019; Gönlügür-Demirci, 2006; Micu vd., 2010; Micu vd., 2011). Literatürde türün biyolojisi ile ilgili çalışmalar vardır (Abello, 1989; Fernández, 1991; Guerao & Abello, 2011; Guerao & Rotllant, 2005; Muiño vd., 1999; Pinheiro ve Fransoza, 2002; Rufino vd., 2005; Severino-Rodrigues vd., 2012) ancak Karadeniz’de türün biyolojisi ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Aydın vd., 2013; Aydın, 2018). Bu çalışmanın amacı *L. depurator* türünün, üreme biyolojisinin detaylı şekilde belirlenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Bu çalışma, Rize civarında 3 istasyondan (İyidere, Merkez ve Çayeli), 4 farklı derinlik grubundan, 2 m genişliğinde ve 15 mm ağ gözü açıklığına sahip kırıli trol (Beam trol) kullanılarak Aralık 2012 ve Kasım 2013 tarihleri arasında aylık olarak yürütülmüştür (Şekil 1).

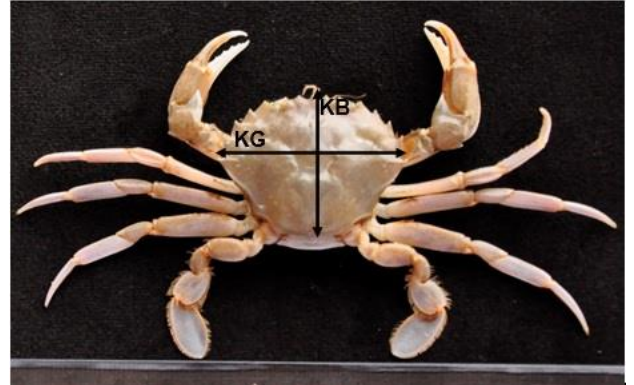


Şekil 1. Örneklem istasyonları.

Figure 1. Sampling stations.

Metot: İyidere istasyonu; bu istasyon genel olarak dip yapısı bakımından kum, çakıl ve kabuk yapıdan oluşmaktadır. Merkez istasyonu; bu istasyonun dip yapısının, kabuk ve küçük kaya döküntülerinden oluştuğu, yer yer makro alglerle (*Zostera sp.*, *Ulva sp.*) kaplı, yer yer ise kumluk alanların baskın olduğu alanlar mevcuttur. Çayeli istasyonu; bu istasyonun dip yapısı yer yer kumluk ve makro alglerle (*Zostera sp.*, *Ulva sp.* ve *Cystoseira sp.*) kaplıdır. Araştırmada her istasyondan sahilden başlanarak 30 m ve üzeri derinliklerden dip yapısına bağlı olarak 10 ve 30 dakika arasında değişen sürelerde ortalama 2,2 knot hızla farklı derinliklerden çekimler yapılmıştır. Çekimler RTEÜ, Su Ürünleri Fakültesine ait SUAR isimli araştırma teknesiyle yapılmıştır. Çekim yapılan derinlikler 4 gruba ayrılmıştır. Birinci derinlik: sahilden başlayarak 5 m arasındaki alan, ikinci derinlik: 5-10 m arasındaki alan,

üçüncü derinlik: 10-20 m arasındaki alan ve dördüncü derinlik: 20-30+ m arasındaki alan. Çekimler sonucunda elde edilen ürün aynı gün içerisinde RTEÜ, Su Ürünleri Fakültesi, Balıkçılık laboratuvarına getirilmiştir. *L. depurator* türünün karapaks boyu rostrumun ucundan karapaksın posterior ucuna kadar olan mesafe temel alınarak ölçülmüştür. Karapaks genişliği karapaks üzerindeki sağ ve soldan 5. dişlerin uçtan uca olan mesafesi temel alınarak ölçülmüştür (Muiño vd., 1999). Ağırlıklar 0,001 g hassasiyetteki terazide tartılmış, boylar ise 0,001 mm hassasiyetli dijital kumpasla ölçülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. *Liocarcinus depurator* türünün karapaks boyu (KB) ve karapaks genişliği (KG) ölçüm konumları.

Figure 2. Carapace length (KB) and carapace width (KG) measurement positions of *Liocarcinus depurator* species.

Cinsiyet tespiti toraksın altında kalan karın bölgesi erkeklerde daha dar ve sivri, dişilerde ise karında çok sayıda pleopod vardır ve açık olarak daha geniştir.

Gonad Gelişim Safhaları ve Gonado Somatik İndeksin Tespiti: Dişi bireylerin ovaryum safhaları, 1: olgun olmayan, 2: gelişen, 3: erken olgunluk, 4: yaklaşık olgun. 5: boşaltmış olarak 5 safhaya ayrılmıştır. Erkek bireylerin testis safhaları ise 1: olgun olmayan, 2: olgun olarak 2 safhaya ayrılmıştır. Bu sınıflandırma, Abello (1989) tarafından belirtilen özelliklere ve kişisel gözlemlere dayanılarak yapılmıştır. Gonado somatik indeks (GSI) gonad ağırlığının vücut ağırlığına yüzde oranı şeklinde aylık olarak hesaplanmış ve aylık ortalamalar belirlenmiştir. GSI değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$GSI = \frac{GW}{YVW} * 100$$

Burada, GSI = Gonado somatik indeks, GW = Gonad ağırlığı (g), YVW= Yengeç vücut ağırlığı (g).

Embriyo safhalarının tespiti: Embriyo gelişim safhaları abdomendeki yumurtalarının rengine ve Abello (1989) tarafından bildirilen özelliklere göre belirlenmiş ve aşağıda belirtildiği gibi üç safhada sınıflandırılmıştır.

1. embriyo safhası: Yumurtalar açık sarımsı turuncu renklidir. Mikroskop altında yumurtalarda pigmentasyon gözlenmez.

2. embriyo safhası: Yumurtaların rengi kahve renklidir. Göz oluşmaya başlamıştır.

3. embriyo safhası: Yumurta rengi siyaha dönmüştür. Göz tamamen oluşmuştur.

%50 Cinsi Olgunluk Boyunun Tespiti: *L. depurator* türünün %50 cinsi olgunluk boyunun tespiti için tüm yıl boyunca elde edilen ve gonad ağırlıkları ile safhaları belirlenen bireyler kullanılmıştır. Dişi bireylerde yumurtalı tüm bireyler olgun yumurtasız bireyler ise gonad safhasına göre olgun (safha 3, 4, 5) ve olgun olmayan (safha 1, 2) olarak değerlendirilmiştir. Erkek bireyler de ise gonad safhası olgun ve olgun olmayan şeklinde belirlenmiş ve %50 cinsi olgunluk boyu dişi ve erkek bireyler için hesaplanmıştır. Bireylerin 2 mm sınıf aralığında toplam boy kompozisyonu çıkarılarak %50 cinsi olgunluk boyu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$P = \frac{1}{1 + e^{a+b*TB}}$$

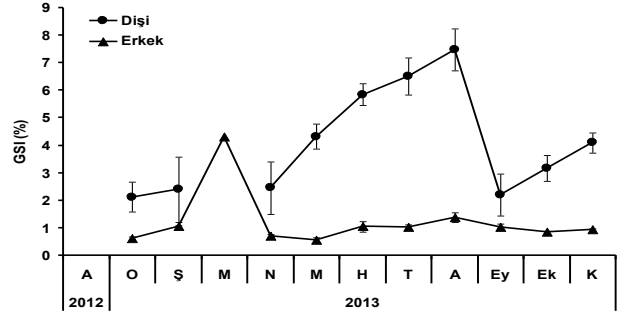
Burada, P = olgunluk oranı (%), KG = Karapaks genişliği (mm), a ve b regresyon katsayılarıdır. Ayrıca %50 cinsi olgunluk boyunu karapaks boyundan hesaplayan çalışmalar için aşağıdaki formül kullanılarak karapaks boyu ile karapaks genişliği hesaplanmıştır.

$$\text{Karapaks genişliği} = a * (\text{karapaks boyu})^{-b}$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

Boy kompozisyonu: Araştırmada süresince (Aralık 2012 ve Kasım 2013 arasında) toplamda 2715 *L. depurator* bireyi (1069 yumurtasız dişi, 212 yumurtalı dişi ve 1434 erkek) biyolojik olarak incelenmiştir. Karapaks genişliği, yumurtasız dişilerde 6,8 ve 37,5 mm (ortalama: 25,6±0,14 mm), yumurtalı dişilerde 17,3 ve 35,0 mm (ortalama: 27,0±0,21 mm), erkek bireylerde 10,1 ve 51,3 mm (ortalama: 30,0±0,18 mm) ve tüm bireylerde ise 6,8 ve 51,3 mm (ortalama: 28,0±0,12 mm) olarak hesaplanmıştır.

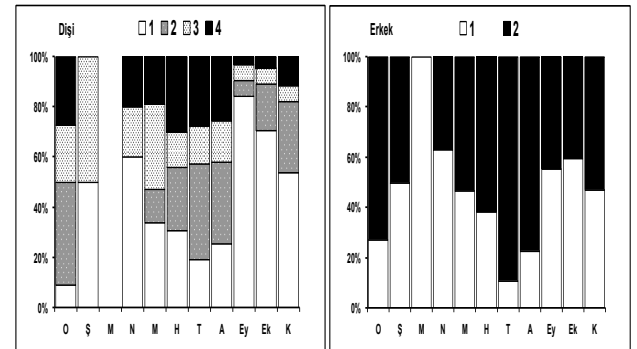
Üreme: Aylık ortalama gonadosomatik indeks (GSI) değerlerinin değişimi incelendiğinde, dişi bireylerin GSI değerlerinin Ağustos ve Kasım aylarında pik yaptığı tespit edilmiştir. Erkek bireylerin GSI değerleri ise Mart ayında diğer aylara göre net bir şekilde pik yaptığı diğer aylarda ise GSI değerlerinin birbirlerine yakın seyretmesine rağmen Ağustos ayında biraz daha yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Bu sonuçlara göre, araştırma bölgesinde *L. depurator* bireylerinin karapaksın içerisindeki ovaryumları abdomeninin altındaki setalara en yüksek seviyede Ağustos ayında yumurtlayarak yapıştığı belirlenmiştir.



Şekil 3. *L. depurator* bireylerinin ortalama gonadosomatik indeks (GSI) değerlerinin aylık değişimi. Bar çubuklar standart hatayı göstermektedir.

Figure 3. Monthly variation of mean gonadosomatic index (GSI) values of individuals of *L. depurator*. Bars show standard error.

Aylık ovaryum gelişim safhalarına göre dişi bireylerde 5. safhada birey tespit edilememiştir. 4. safhadaki bireyler Aralık, Şubat ve Mart ayları hariç diğer aylarda tespit edilmiştir. Mart ayında ise dişi birey örneklenmemiştir. Erkek bireylerde ise 1. safha olgun olmayan 2. safha ise olgun olarak değerlendirilmiştir. 2. safhadaki erkek bireyler, Aralık ve Mart ayları hariç bütün aylarda örneklenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Dişi ve erkek *L. depurator* bireylerinin aylık ovaryum gelişim safhaları. Dişi ovaryum safhaları, 1: olgun olmayan, 2: gelişen, 3: erken olgunluk, 4: yaklaşık olgun. Erkek testis safhaları, 1: olgun olmayan, 2: olgun.

Figure 4. Monthly ovarian developmental stages of female and male *L. depurator* individuals. Female ovarian stages, 1: immature, 2: developing, 3: early maturity, 4: nearly mature. Male testicular stages, 1: immature, 2: mature.

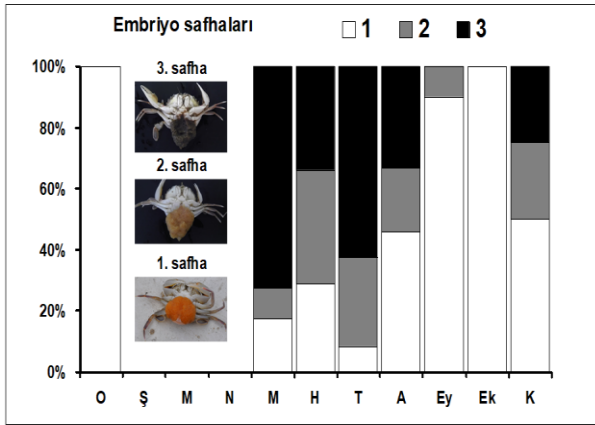
Örneklenen yengeç bireyleri abdomeninde yumurta bulunduran bireylerin yumurtaları embriyo gelişim safhalarına göre 3 safhaya ayrılmıştır. Yumurtalı bireyler, Mayıs ve Kasım ayları arasında tespit edilmiştir. Ancak, Ocak ayındaki örneklemelerde 1. safhada sadece bir birey örneklenmiştir. Ocak ayından sonra Mayıs ayına kadar yumurtalı birey her ay örneklenmemiştir (Şekil 5). Yumurtalı bireylerin varlığına göre, araştırma bölgesinde *L. depurator* türünün yumurtlamasının Şubat, Mart ve Nisan ayları hariç yıl boyunca devam ettiği belirlenmiştir.

Araştırma bölgesinde örneklenen *L. depurator* bireylerinin %50 cinsi olgunluk boyu 2 mm sınıf aralığındaki karapaks genişliğine göre hesaplanmıştır. Erkek bireylerin (32,28 mm KG) %50 cinsi olgunluk boyu dişi bireylere (28,19 mm KG) göre daha yüksek değerde hesaplanmıştır (Şekil 6). En küçük yumurtalı dişi bireyin karapaks genişliği 17,32 mm olarak Haziran ayında örneklenen bireyler içinden ölçülmüştür. En küçük olgunluk safhasındaki erkek bireyin karapaks genişliği ise 15,5 mm olarak yine Haziran ayında örneklenen bireyler içinden ölçülmüştür.

Dişi ve erkek bireyler için %50 cinsi olgunluk boy formülü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Dişiler için: } P = \frac{1}{1+e^{9,5981-0,3405 \cdot KG}}$$

$$\text{Erkekler için: } P = \frac{1}{1+e^{5,5556-0,1721 \cdot KG}}$$



Şekil 5. Yumurtalı *L. depurator* bireylerinin aylık embriyo gelişim safhaları. 1: birinci safha, 2: ikinci safha, 3: üçüncü safha.
Figure 5. Monthly embryo development stages of ovulated *L. depurator* individuals. 1: first stage, 2: second stage, 3: third stage.

Cinsiyet oranı: Dişi: erkek cinsiyet oranının aylara ve karapaks genişliğine göre değişim grafiği ile istatistiği Tablo 1, 2'de verilmiştir.

Tablo 1. *L. depurator* türünün dişi: erkek cinsiyet oranının aylara göre değişimi. *: P<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001, ns: önemsiz.

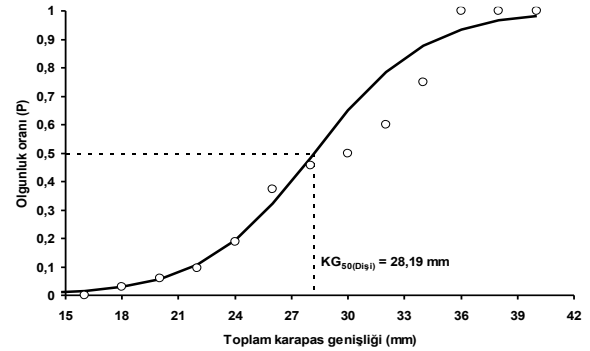
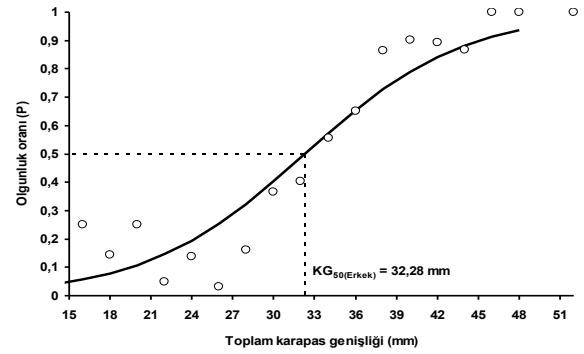
Table 1. The variation of female:male sex ratio of *L. depurator* by months. *: P<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001, ns: insignificant.

Aylar	Dişi	Erkek	χ^2	P
Aralık	78	117	7,8	**
Ocak	24	41	4,446154	*
Şubat	3	2	0,2	ns
Mart	0	1	1	ns
Nisan	13	37	11,52	***
Mayıs	176	221	5,100756	*
Haziran	404	408	0,019704	ns
Temmuz	81	67	1,324324	ns
Ağustos	99	94	0,129534	ns
Eylül	65	95	5,625	*
Ekim	183	212	2,129114	ns
Kasım	155	139	0,870748	ns
Genel	1281	1434	8,622099	**

*: P<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001, ns: önemsiz.

*: P<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001, ns: insignificant.

Genel olarak cinsiyet oranı arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2 = 8,622099$, P < 0,01). Ancak Aralık, Ocak, Nisan, Mayıs ve Eylül ayları hariç diğer aylarda dişi: erkek cinsiyet oranı arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Karapaks genişliğine göre ise 24 mm boya kadar dişi: erkek cinsiyet oranında fark bulunamazken, 24 mm karapaks genişliğinden sonra ise cinsiyet oranında fark bulunmuştur. Ayrıca ilginç olarak 24-30 mm karapaks genişliği arasında dişiler çoğunlukta iken (P<0,001), 33 mm ve daha büyük boylu yengeçlerde ise erkek bireylerin oranının istatistiksel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 61. Erkek ve dişi *L. depurator* bireylerinin %50 cinsi olgunluk karapaks genişliği (KG).

Figure 6. 50% sexual maturity carapace width (KG) of male and female *L. depurator* individuals.

Tablo 2. *L. depurator* türünün dişi: erkek cinsiyet oranının karapaks genişliğine (KG) göre değişimi.
Table 2. Variation of female:male sex ratio according to carapace width (KG) of *L. depurator* species.

KG (mm)	Dişi	Erkek	χ^2	P
9	1	0	1	ns
12	3	3	0	ns
15	9	18	3	ns
18	46	42	0,181818	ns
21	103	77	3,755556	ns
24	227	150	15,72679	***
27	345	161	66,90909	***
30	344	235	20,51986	***
33	170	236	10,72906	**
36	28	215	143,9053	***
39	5	187	172,5208	***
42	0	83	83	***
45	0	21	21	***
48	0	5	5	*
54	0	1	1	ns
Genel	1281	1434	8,622099	**

*: P<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001, ns: önemsiz.

*: P<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001, ns: insignificant.

SONUÇ

Cinsiyet oranı: Dişi ve erkek yengeçler yılın farklı zamanlarında farklı habitatları (sediment, tuzluluk sıcaklık vb.) tercih ederler (Meagher, 1971) bu durum cinsiyet farklılığına göre değişir (Thompson, 1951; Weng, 1992). *L. depurator* türünde Abello, (1989) bu oranı (1.23:1), Fernandez vd., (1991), (1: 1) ve Aydın, (2013) (0.04:1) şekilde belirlemişlerdir. Bu çalışmada aylık olarak yapılan değerlendirme göz önüne bulundurulduğunda Aralık, Ocak, Nisan, Mayıs ve Eylül ayları hariç diğer aylarda dişi: erkek cinsiyet oranı arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Abello, (1989) Haziran ayında erkek: dişi oranını en yüksek bulurken Ocak ayında ise bu oranı en düşük bulmuştur. Cinsiyet oranları arasındaki bu farklılıklar çalışmalarda kullanılan farklı avcılık yönteminden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca bu çalışmada karapaks genişliğine göre ise 24 mm boya kadar dişi: erkek cinsiyet oranında fark bulunamazken, 24 mm karapaks genişliğinden sonra ise cinsiyet oranında fark bulunmuştur. Ayrıca ilginç olarak 24-30 mm karapaks genişliği arasında dişiler çoğunlukta iken (P<0,001), 33 mm ve daha büyük boylu yengeçlerde ise erkek bireylerin oranının istatistiksel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Cinsi Olgunluk Büyüklüğü: Cinsi olgunluk büyüklüğünün değişimi çevresel faktörlere (sıcaklık, tuzluluk gibi), coğrafik bölgeye, aşırı avlanma ve dişi ile erkekler arasındaki morfolojik değişimlere bağlı olarak değişir (Severino-Rodrigues vd., 2012). *L. depurator* türü için Abello, (1989) dişi bireyler için karapaks boyunu değerlendirmeye alarak olgunluk boyunu 18-20 mm belirlemiştir. Bu çalışmada karapaks boyu hesaplandığında dişiler için 21,52 mm'dir. En küçük dişi birey boyu 19,6 üreme öncesi dişi birey boyu 20,6 ve yumurtalı en küçük dişi bireyin boyunu 18,20 mm olarak belirlemiştir. Muiño

vd., (1999) cinsi olgunluk boyunu karapaks genişliğini baz alarak değerlendirmiş dişilerde 25,5- 31,5 mm arasında erkeklerde ise 31,4- 35,7 mm olarak belirlemiştir. Erkeklerin dişilerden daha büyük olduğunu tespit etmiştir. Diğer portunidlerin olgunluk boyuna ilişkin literatürdeki cinsi olgunluk boyları Tablo 3'de verilmiştir. Olgunluk boyları arasındaki farklılığın nedeni coğrafi bölge farklılığından olabilir. Bunun yanında cinsi olgunluk boyundaki farklılıklar olgunluk boyunun belirlenmesinde ele alınan kriterlerin farklılıklarından da kaynaklanıyor olabilir.

Üreme Zamanı: Yengeçler ilkbahar ve yaz sezonu boyunca ürerler kış ve üreme için sıcaklığın uygun olmadığı zamanlarda ise üremleri azalır ya da kesilebilir (Warner, 1977). Tropikal bölgelerde Crustacea' ler yıl boyunca ürerler (Sastry, 1983) su sıcaklığı Crustacea üyelerinin embriyonik ve postembriyonik gelişiminde etkili bir faktördür düşük sıcaklık olumsuz etkilerken yaz aylarındaki sıcaklık üreme için uygundur (Giese, 1959; Pinheiro vd., 1994; Wear, 1974). Bazı yazarlar Portunitlerin üremek ve yumurtalarının inkübasyonu için uygun şartların olduğu (tuzluluk sıcaklık sediment) alanlara göç ettiklerini bildirmişlerdir. (Archambault vd., 1990; Broekhuysen, 1936; Churchill, 1919; Costlow ve Bookhout, 1959; Sandoz & Rogers, 1944; Williams ve Hill, 1982). Dişi bireyler üreme döneminde enerjilerini büyüme ve gonad gelişimi için kullanırlar (Adiyodi & Adiyodi, 1970; Adiyodi, 1985). Aylık ortalama gonadosomatik indeks (GSI) değerlerinin değişimi incelendiğinde, dişi bireylerin GSI değerlerinin Ağustos ve Kasım aylarında pik yaptığı tespit edilmiştir. Erkek bireylerin GSI değerleri ise Mart ayında diğer aylara göre net bir şekilde pik yaptığı diğer aylarda ise GSI değerlerinin birbirlerine yakın seyretmesine rağmen Ağustos ayında biraz daha yüksek değerde olduğu tespit

edilmiştir. Bu sonuçlara göre, araştırma bölgesinde *L. depurator* bireylerinin karapaksın içerisindeki ovaryumları abdomeninin altındaki setalara en yüksek seviyede Ağustos ayında yumurtlayarak yapıştırdığı belirlenmiştir. Abello, (1989) üreme döneminin temmuz ayı ile başlayıp kasım aralık aylarında ise pik yaptığını tespit etmiştir. Ovaryum gelişiminin ise şubat ile temmuz ayları arasında olduğunu bildirmiştir. Chu, (1999) Güney Çin haliçi sisteminde *Charybdis affinis* portunid türünün gonad

gelişiminin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde olduğunu, Pinheiro ve Fransozo, (2002) Pasifik'te (Birezilya, Ubatuba) dişilerde gelişmiş ovaryumları en yüksek Mart-Nisan ve Mayıs-eylül aylarında tespit etmiştir (ilkbahar ve yaz). Erkeklerde yıl boyunca olgun birey bulurken en yüksek oranda sonbaharda tespit etmiştir. Çalışmalarda gözlenen bu farklılıklar coğrafik bölgelerin farklı olmasından ve bölgelerin sahip olduğu ekolojik şartlarından (biyotik ve abiyotik) kaynaklanıyor olabilir.

Tablo 31. Bazı Portunid türlerinin %50 cinsi olgunluk boyları (*) Karapaks boyu kullanılmış, diğer çalışmalarda karapaks genişliği).

Table 3. 50% maturity lengths of some Portunit species (*) Carapace length was used, in other studies carapace width).

Tür	Dişi (mm)	Erkek (mm)	Bölge	Kaynak
<i>Liocarcinus depurator</i>	28,19	32,28	GD Karadeniz (Rize Türkiye)	Bu çalışma
<i>Liocarcinus depurator</i>	25,5-31,5	31,4-35,7	Kuzey De Arosa koyu (İspanya)	Muiño, vd., 1991
<i>Liocarcinus depurator</i>	18-20*		Kuzey batı Akdeniz (Barselona İspanya)	Abello, 1989
<i>Callinectes danae</i>	67,87	86,47	Pasifik (Birezilya Guaratuba koyu)	Marochi vd., 2013)
<i>Callinectes sapidus</i>	103,3		Pasifik (GD Iguape ve Cananea lagünleri Birezilya)	Severino-Rodrigues vd., 2012
<i>Callinectes danae</i>	62,5	74,5	Pasifik (Santa cruz kanalı Birezilya)	Araujo vd., 2011
<i>Callinectes danae</i>	59,5	70,5	Pasifik (Santa cruz kanalı Birezilya)	Araujo vd., 2011
<i>Callinectes arcuatus</i>	68,72	94,63	Pasifik (Nicoya körfezi Costa Rica)	Fischer & Wolff, 2005
<i>Callinectes ornatus</i>	65	79	Güney atlantik (GD Birezilya)	Tudesco vd., 2012
<i>Callinectes sapidus</i>	118,5		GB Türkiye (Beymelek lagün)	Sumer vd., 2013
<i>Scylla olivacea</i>	83		Pasifik (Ban Don koyu Tayland)	Overton & Macintosh, 2002
<i>Scylla paramamosain</i>	101		Pasifik (Ban Don koyu Tayland)	Overton & Macintosh, 2002
<i>Scylla olivacea</i>	99,1		Pak phanang koyu (GD Tayland)	İslam vd., 2010
<i>Portunus pelagicus</i>	58,5		Büyük Avuturalya körfezi	Xiao ve Kumar, 2003
<i>Portunus sanguinolentus</i>	63,5	60,8	Umman denizi (Karachi Pakistan)	Rasheed & Mustaqim, 2010
<i>Charybdis helleri</i>	22,39	37,43	GD Karip denizi	Bolanos vd., 2011
<i>Achelous spinicarpus</i>	32	37	Pasifik (GD kıta sahanlığı Birezilya)	Pardal- Souza & Pinheiro, 2013

Tablo 4. Bazı Portunit türlerinin üreme periyodu Y:yaz, S:sonbahar, K:kış, İ:ilkbahar, (*) düşük yoğunluk, (**) yüksek yoğunluk, (-) ovaryumlu ya da olgun gonadlı dişi yok.

Table 4. Breeding period of some Portunit species Y:summer, S:autumn, N:winter, F:spring, (*) low density, (**) high density, (-) no females with ovaries or mature gonads.

Tür	Kaynak	Yer	Y	S	K	İ
<i>C. means</i>	Broekhuysen, 1936	Den helder yarım adası (Hollanda)	-	*	**	*
<i>L. holsatus</i>	Choy, 1988	Gower yarımadası (İngiltere)	*	*	**	**
<i>L. puber</i>	Choy, 1988	Gower yarımadası (İngiltere)	*	-	**	*
<i>L. depurator</i>	Mori & Zunino, 1987	Genova körfezi (İtalya)	*	*	**	*
<i>M. tuberculatus</i>	Mori, 1987	Genova körfezi (İtalya)	-	**	**	-
<i>M. puber</i>	Gonzalez-Gurriaran, 1985	De Arousa koyu (İspanya)	*	*	**	**
<i>M. tuberculatus</i>	Abello 1989	Barselona (İspanya)	*	**	**	-
<i>L. depurator</i>	Fernandez vd., 1991	De Arousa koyu (İspanya)	*	*	**	**
<i>C. sapidus</i>	Dudley & Judy, 1971	Akdeniz Beaufort (Birleşik devletler)	**	-	-	**
<i>C. arcuatus</i>	Paul, 1982	Huizake-Caimenero lagün (Meksika)	**	*	**	**
<i>C. toxotes</i>	Paul, 1982	Huizake-Caimenero lagün (Meksika)	-	**	**	-
<i>S. serrata</i>	Prasad & Neelakantan, 1989	Umman denizi (Hindistan)	*	**	**	*
<i>P. pelagicus</i>	Ingles & Braum, 1989	Ragay körfezi (Filipinler)	**	*	**	*
<i>P. pelagicus</i>	Batoy vd., 1987	Üst Ormoc koyu (Filipinler)	**	**	**	**
<i>P. pelagicus</i>	Pillay & Nair, 1971	Cochin Backwaters (Hindistan)	*	**	**	*
<i>C. danae</i>	Pita vd., 1985	Rio halici (Santos Birezilya)	*	*	*	**
<i>A. cribrarius</i>	Pinheiro & Fransozo, 1994	Ubatuba (Sao Paul Birezilya)	**	*	*	**
<i>P. sipinimanus</i>	Santos, 1994	Ubatuba (Sao Paul Birezilya)	*	*	**	**
<i>A. cribrarius</i>	Pinheiro & Fransozo, 2002	Ubatuba (Sao Paul Birezilya)	**	*	**	**
<i>C. natator</i>	Sumpton, 1990	Moreton koyu (Avusturalya)	**	*	*	**
<i>P. pelagicus</i>	Campbell & Fielder, 1986	Moreton koyu (Avusturalya)	**	*	**	**
<i>P. sanguinolentus</i>	Campbell & Fielder, 1986	Moreton koyu (Avusturalya)	**	-	**	**
<i>C. danae</i>	Branco vd., 1992	Güney Atlantic (Birezilya)	**	*	*	**
<i>O. punctatus</i>	Du Preez & McLachlan, 1984	Elizabet Limanı (Güney Afrika)	*	**	**	*
<i>S. serrata</i>	Hill, 1975	Kleinmond Halici (Güney afrika)	**	*	*	**
<i>O. catharus</i>	Armstrong, 1988	Blueskin koyu (Yeni Zelanda)	**	-	-	**
<i>L. depurator</i>	Bu çalışma		**	*	*	-

Embriyo Gelişimi: Abello, (1989) İspanya kıyılarında yaptığı çalışmasında embriyo safalarına göre dişi bireyleri değerlendirmiştir. Yılın her ayında yumurtalı birey tespit etmiş ve dişi bireylerin yıl boyunca ürediklerini belirlemiştir. Yumurtalı bireylerin artmaya başladığı ayı Kasım pik yaptığı ayı ise ocak olarak tespit etmiştir. Mayıs ile Ekim ayları arasında ise yumurtalı birey sayısının çok

olduğunu tespit etmiştir. Muiño, (2002) yaptığı çalışmasında *L. depurator* türünün yıl boyunca ürediğini üreme başlangıcının kış ile başlayıp sonbahar (Ocak-Eylül) boyunca da devam ettiğini belirlemiştir. Tablo 4'te Portunit türlerinin üreme zamanları ile ilgili yapılan çalışmalar verilmiştir. Portunit türlerinin genelde tüm yıl boyunca ürediği görülmektedir. Çalışmalar arasındaki

ovaryumlu dişilerin bazı aylarda yoğun bulunup bazı aylarda yoğun bulunmadıkları görülmektedir. Bu farklılık nedeni coğrafik bölgelerin farklı olması ve bölge şartlarına bağlı olarak kaynaklandığı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından 2013.103.03.1 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı RTEÜ ve ilgili birimlere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abelló, P. (1989).** Reproduction and moulting in *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) in the northwestern Mediterranean sea. *Scientia Marina*, **53**(53), 127-134.
- Adiyodi, K.G. & Adiyodi, R.G. (1970).** Endocrine control of reproduction in decapod Crustacea. *Biological Review*, **45**, 121-165. DOI: [0.1111/j.1469185X.1970.tb01627.x](https://doi.org/10.1111/j.1469185X.1970.tb01627.x)
- Adiyodi, R.G. (1985).** Reproduction and its control. Pp. 147-215 in D. E. Bliss, ed.-in-chief. *The Biology of Crustacea*, Vol.9. D. E. Bliss and L. H. Mantel, eds. Integument, Pigments, and Hormonal Processes. Academic Press, New York. DOI: [10.1016/B978-0-12-106409-9.50014-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-106409-9.50014-2)
- Anosov, S.E. (2000).** Keys to identification of Brachyuran larvae of the Black Sea. *Crustaceana*, **73**(10), 1239-1246. DOI: [10.1163/156854000505218](https://doi.org/10.1163/156854000505218)
- Archambault, E.L., Wenner, E.L. & Whitaker J.D. (1990).** Life history and abundance of blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, at Charleston Harbor, South Carolina. *Bulletin of Marine Science*, **46**, 145-158.
- Armstrong, J.H. (1988).** Reproduction in the paddle crab *Ovalipes catharus* (Decapoda: Portunidae) from Blue-skin Bay, Otago, New Zealand. *New Zealand of Marine and Freshwater Research*, **22**, 529-536. DOI: [10.1080/00288330.1988.9516323](https://doi.org/10.1080/00288330.1988.9516323)
- Ateş, A.S., Kocataş, A., Kayağan, T. & Özcan, T. (2010).** An updated list of Decapod Crustaceans on the Turkish coast with a new record of the Mediterranean shrimp, *Processa acutirostris* Nouvel and Holthuis 1957 (Caridea, Processidae). *North-Western Journal of Zoology*, **6**(2), 209-217.
- Ateş, S. (1999).** *Liocarcinus depurator* and *Brachynotus sexdentatus*: two new records for the Turkish Black Sea fauna. *Turkish Journal of Zoology*, **23**, 115-118.
- Aydın, M., Karadurmuş, U. & Mutlu, C. (2013).** Ordu ili kıyılarında bulunan *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) yengeç türünün boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü üzerine bir çalışma. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, **3**(8), 112-121.
- Aydın, M. (2018).** Length-weight relationships and condition factors of five crab species (Decapoda) in the Black Sea. *Pakistan Journal of Zoology*, **50**(4), 1519-1524. DOI: [10.17582/journal.pjz/2018.50.4.1519.1524](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.4.1519.1524)
- Batoy, C.B., Sarmago, J.F. & Pilapil, B.C. (1987).** Breeding season, sexual maturity and fecundity of the blue crab, *Portunus pelagicus* (L.) in selected coastal waters in Leyte and vicinity, Philippines. *Annals of Tropical Research*, **9**, 157-177.
- Bilgin, S. & Çelik, E.S. (2004).** Karadeniz'in Sinop kıyıları (Türkiye) yengeçleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **16**(2), 337-345.
- Bilgin, S. (2019).** Review: An update list of crab species (Crustacea: Decapoda: Brachyura) with exotic crabs in the Black Sea Fauna. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **4**(2), 211-215. DOI: [10.35229/jaes.566520](https://doi.org/10.35229/jaes.566520)
- Bolanos, J., Baeza, A., Jesus, E.H., Carlos, L. & Regulo, L. (2011).** Population dynamics and reproductive output of the nonindigenous crab *Charybdis hellerii* in the south-eastern Caribbean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **92**(3), 469-474. DOI: [10.1017/S002531541100052X](https://doi.org/10.1017/S002531541100052X)
- Branco, J.O., Lunardon, M.J., Avila, M.G. & Miguez C.F. (1992).** Interação entre fator de condição e índice gonadossomático como indicadores do período de desova em *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae) da lagoa da conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **9**, 175-180. DOI: [10.1590/S0101-81751992000200002](https://doi.org/10.1590/S0101-81751992000200002)
- Broekhuysen, O.J. (1936).** On development, growth and distribution of *Carcinides maenas* (L.). *Archives Neerlandaises de Zoologie*, **2**, 257-399. DOI: [10.1163/187530137X00104](https://doi.org/10.1163/187530137X00104)
- Campbell, G.R. & Fielder, D.R. (1986).** Size at sexual maturity and occurrence of ovigerous females in three species of commercially exploited portunid crabs in S.E. Queensland. *Proceedings of the Royal Society of Queensland*, **97**, 79-87.
- Choy, S.C. (1988).** Reproductive biology of *Liocarcinus puber* and *L. holsatus* (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Gower Peninsula, South Wales. *Marine Ecology*, **9**, 227-241. DOI: [10.1111/j.1439-0485.1988.tb00330.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1988.tb00330.x)
- Christiansen, M.E. (1982).** A review of Crustacea Decapoda Brachyura in the northeast Atlantic. *Quaderni del Laboratorio di Tecnologia della Pesca*, **3**(2), 347-354.
- Chu, K.H. (1999).** Morphometric analysis and reproductive biology of the crab *Charybdis affinis* (Decapod, Brachyura, Portunidae) from the Zhujiang Estuary, China. *Crustaceana*, **7**, 72. DOI: [10.1163/156854099503690](https://doi.org/10.1163/156854099503690)
- Churchill, E.P. (1919).** Life history of the blue crab. *Bulletin of the United States Bureau of Commercial Fisheries*, **36**, 93-128.
- Du Preez, H.H. & McLachlan, A. (1984).** Biology of the three spot swimming crab *Ovalipes punctatus* (De Haan). III. Reproduction, fecundity and egg development. *Crustaceana*, **47**, 285-297. DOI: [10.1163/156854084X00540](https://doi.org/10.1163/156854084X00540)
- Dudley, D.L. & Judy, M.H. (1971).** Occurrence of larval, juvenile, and mature crabs in the vicinity of Beaufort Inlet, North Carolina. NOAA Technical Report NMFS, **637**, 1-10.
- Fernández, L., González-Gurriarán, E. & Freire, J. (1991).** Population biology of *Liocarcinus depurator*

- (Brachyura: Portunidae) in Mussel Raft Culture Areas in the Ria de Arousa (Galicia, Nw Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **71**, 375-390. DOI: [10.1017/S0025315400051651](https://doi.org/10.1017/S0025315400051651)
- Fischer, S. & Wolff, M. (2006)**. Fisheries assessment of *Callinectes arcuatus* (Brachyura, Portunidae) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Fisheries Research*, **77**, 301-311. DOI: [10.1016/j.fishres.2005.11.009](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.11.009)
- Freire, J. (1996)**. Feeding ecology of *Liocarcinus depurator* (Decapoda: Portunidae) in the Ria de Arousa (Galicia, north-west Spain): effects of habitat, season and life history. *Marine Biology*, **126**(2), 297-311. DOI: [10.1007/BF00347454](https://doi.org/10.1007/BF00347454)
- Giese, A.C. (1959)**. Annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Annual Review of Physiology*, **21**, 547-576. DOI: [10.1146/annurev.ph.21.030159.002555](https://doi.org/10.1146/annurev.ph.21.030159.002555)
- Gonzalez-Gurriaran, E. (1985)**. Reproducción de la necora *Macropipus puber* (L.) (Decapoda, Brachyura), y ciclo reproductivo en la Ria de Arousa (Galicia, NW Es-pana). *Boletín del Instituto Espanol de Oceanografía*, **2**, 10-32.
- Guerao, G. & Rotllant, G. (2009)**. Development and growth of the early juveniles of the spider crab *Maja squinado* (Brachyura: Majoidea) in an individual culture system. *Aquaculture*, **307**, 105-110. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2010.06.006](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.06.006)
- Guerao, G. & Abelló, P. (2011)**. Early juvenile development of Mediterranean *Liocarcinus depurator* (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Portunidae). *Journal of Natural History*, **45**(35-36), 2171-2189. DOI: [10.1080/00222933.2011.590948](https://doi.org/10.1080/00222933.2011.590948)
- Hill, B.J. (1975)**. Abundance, breeding and growth of the crab *Scylla serrata* in two South African estuaries. *Marine Biology*, **32**, 119-126. DOI: [10.1007/BF00388505](https://doi.org/10.1007/BF00388505)
- Horton A. & Lilley J. (2008)**. Crabs of the seashore of the British Isles. British Marine Life Study Society. 01.01.2021.
<https://www.glaucus.org.uk/CRABS.htm>.
- İslam Md.S., Kodama, K. & Kurokura, H. (2010)**. Ovarian development and size at maturity of the mud crab *Scylla olivacea* in Pak Phanang mangrove swamps, Thailand. *Marine Biology Research*, **6**, 503-510. DOI: [10.1080/17451000903335113](https://doi.org/10.1080/17451000903335113)
- John. D., Costlow, J.R. & Bookhout, C.G. (1959)**. The larval development of *Callinectes sapidus* Rathbun reared in the laboratory. *Biological Bulletin*, **3**, 116, 373-396. DOI: [10.2307/1538947](https://doi.org/10.2307/1538947)
- Marochi, M.Z., Moreto, T.F., Lacerda, M.B., Trevisan, A. & Masunari, S. (2013)**. Sexual maturity and reproductive period of the swimming blue crab *Callinectes danae* Smith, 1869 (Brachyura: Portunidae) from Guaratuba Bay, Paraná State, southern Brazil. *Nauplius*, **21**(1), 43-52. DOI: [10.1590/S0104-64972013000100006](https://doi.org/10.1590/S0104-64972013000100006)
- Meagher, T.D. (1971)**. *Ecology of the crab Portunus pelagicus in South Western Australia*. Ph.D. Thesis. University of Western Australia, Australia, 232 pp.
- Micu, D., Niță, V. & Todorova, V. (2010)**. First record of the Japanese shore crab *Hemigrapsus sanguineus* (de Haan, 1835) (Brachyura: Grapsoidea: Varunidae) from the Black Sea. *Aquatic Invasions*, **5**(1), 1-4. DOI: [10.3391/ai.2010.5.S1.001](https://doi.org/10.3391/ai.2010.5.S1.001)
- Micu, D., Niță, V. & Todorova, V. (2011)**. First record of Say's mud crab *Dyspanopeus sayi* (Brachyura: Xanthoidea: Panopeidae) from the Black Sea. *Marine Biodiversity Records*, **3**, 36. DOI: [10.1017/S1755267210000308](https://doi.org/10.1017/S1755267210000308)
- Minervini, R., Giannotta, M. & Falciai, L. (1982)**. A preliminary report on the decapod crustaceans in the estuarine area of the Tiber. *Quaderni del Laboratorio di Tecnologia della Pesca*, **3**(2-5), 305-318.
- Mori, M. & Zunino, P. (1987)**. Aspects of the biology of *Liocarcinus depurator* (L.) in the Ligurian Sea. *Investigacion Pesquera*, **51**(1), 135-145.
- Mori, M. (1987)**. Observations on reproductive biology, and diet of *Macropipus tuberculatus* (Roux) of the Ligurian Sea. *Investigacion Pesquera*, **51**(1), 147-152.
- Muiño, R., Fernández, L., González-Gurriarán, E., Freire, J. & Vilar, J. A. (1999)**. Size at maturity of *Liocarcinus depurator* (Brachyura: Portunidae): a reproductive and morphometric study. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **79**(2), 295-303. DOI: [10.1017/S0025315498000320](https://doi.org/10.1017/S0025315498000320)
- Overton J.L. & Macintosh D.J. (2002)**. Estimated size at sexual maturity for female mud crabs (genus *Scylla*) from two sympatric species within the Ban Don Bay, Thailand. *Journal Crustaceana*, **799**, 1129-1139. DOI: [10.1163/20021975-99990293](https://doi.org/10.1163/20021975-99990293)
- Pardal-Souza, A. & Pinheiro, M. (2013)**. Relative growth and reproduction in *Achelous spinicarpus* (Crustacea: Portunidae) on the south-eastern continental shelf of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **93**(3), 667-674. DOI: [10.1017/S0025315412000318](https://doi.org/10.1017/S0025315412000318)
- Paul, R.K.G. (1982)**. Abundance, breeding and growth of *Callinectes arcuatus* Ordway and *Callinectes toxotes* Ordway (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in a lagoon system on the Mexican Pacific coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **14**, 13-26. DOI: [10.1016/S0302-3524\(82\)80064-9](https://doi.org/10.1016/S0302-3524(82)80064-9)
- Pérès, J.M. & Picard, J. (1965)**. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station on Marine d'Endoume*, **31**(47), 1-137.
- Pillay, K.H. & Nair, N.B. (1971)**. The annual reproductive cycles of *Uca annulipes*, *Portunus pelagicus* and *Metapenaeus affinis* (Decapoda, Crustacea) from the south-west coast of India. *Marine Biology*, **11**, 152-166.
- Pinheiro, M.A.A., Fiscarelli, A.G. & Hattori, G.Y. (2005)**. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology*, **25**, 293-301. DOI: [10.1651/C-2438](https://doi.org/10.1651/C-2438)
- Pinheiro, M. & Fransozo, A. (1994)**. Dinamica reproductiva do siri chita *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Crustacea, Brachyura), na Enseada da Fortaleza, Ubatuba, SP. *Resumos do II Congresso de Ecologia do Brasil*, Lon-drina, Brasil, 399p.
- Pinheiro, M.A.A. & Fransozo, A. (2002)**. Reproduction of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Brachyura: Portunidae) on the Brazilian coast near 23° 30'S. *Journal of Crustacean Biology*, **22**(2), 416-428. DOI: [10.1163/20021975-99990249](https://doi.org/10.1163/20021975-99990249)
- Pita, J.B., Rodrigues, E.S., Graça-Lopes, R. & Coelho, J.A.P. (1985)**. Observações bioecológicas sobre o

- siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae), no Complexo Baía-Estuario de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, **12**, 35-43.
- Prasad, P. N., & Neelakantan, B. (1989).** Maturity and breeding of the mud crab, *Scylla serrata* (Forsk.) (Decapoda: Brachyura: Portunidae), Proceedings of the Indian Academy of Sciences. *Animal Sciences*, **98**, 341-349. DOI: [10.1007/BF03179960](https://doi.org/10.1007/BF03179960)
- Rasheed, S. & Mustaqim, J. (2010).** Size at sexual maturity, breeding season and fecundity of three-spot swimming crab *Portunus sanguinolentus* (Herbst, 1783) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) occurring in the coastal waters of Karachi, Pakistan. *Fisheries Research*, **103**, 56-62. DOI: [10.1016/j.fishres.2010.02.002](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.02.002)
- Rufino, M.M., Abelló, P., Yule, A.B. & Torres, P. (2005).** Geographic, bathymetric and inter-annual variability in the distribution of *Liocarcinus depurator* (Brachyura: Portunidae) along the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *Scientia Marina*, **69**(4), 503-518. DOI: [10.3989/scimar.2005.69n4503](https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n4503)
- Sandoz, M. & Rogers, R. (1944).** The effect of environmental factors on hatching, moulting, and survival of zoea larvae of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun. *Ecology*, **25**, 216-228. DOI: [10.2307/1930693](https://doi.org/10.2307/1930693)
- Santos, S. (1994).** *Biologia reprodutiva de Portunus spinimanus Latreille, 1819 (Crustacea, Brachyura, Portunidae) na região de Ubatuba, SP.* Doctoral Thesis, Instituto de Biociências, UNESP Botucatu, Botucatu, Brazil, 158p.
- Sastry, A.N. (1983).** Ecological aspects of reproduction. Pp. 179-270 in D. E. Bliss, ed.-in-chief. *The Biology of Crustacea*. Vol 8. F. J. Vernberg and W. B. Vernberg, eds. Environmental Adaptations. Academic Press, New York, New York.
- Schembri, P.J. & Lanfranco, E. (1984).** Marine Brachyura (Crustacea: Decapoda: Brachyura) from the Maltese Islands and Surrounding Waters (Central Mediterranean). *Centro*, **1**, 21-39.
- Severino-Rodrigues, E., Musiello-Fernandes, J., Moura, A.A.S., Branco G.M.P. & Canéo, V.O.C. (2012).** *Biologia reprodutiva de fêmeas de Callinectes danae (Decapoda, Portunidae) no Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape e Cananeia (SP).* *Boletim do Instituto de Pesca*, **38**, 31-4.
- Sumer, Ç., Teksam, I., Karatas, H., Beyhan, T. & Aydin, C.M. (2013).** Growth and reproduction biology of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, in the Beymelek Lagoon (Southwestern Coast of Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **13**, 675-684. DOI: [10.4194/1303-2712-v13_4_13](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_4_13)
- Sumpton, W. (1990).** Biology of the rock crab *Charybdis natator* (Herbst) (Brachyura: Portunidae). *Bulletin of Marine Science*, **46**, 425-431.
- Telnes, K. (2012).** Harbour crab *Liocarcinus depurator*. The marine fauna gallery of Norway.
- Thompson, J.M. (1951).** Catch composition of the sand crab fishery in Moreton Bay. *Journal Marine and Freshwater Research*, **2**, 237-244. DOI: [10.1071/MF9510237](https://doi.org/10.1071/MF9510237)
- Tudesco, C.C., Fernandes, L.P. & di Benedetto, A.P.M. (2012).** Population structure of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Brachyura: Portunidae) bycatch in shrimp fishery in northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Biota Neotrop*, **12**(1). DOI: [10.1590/S1676-06032012000100007](https://doi.org/10.1590/S1676-06032012000100007)
- Warner, G. F. (1977).** *The Biology of Crabs*. Elek Science London, London, 202 pp.
- Wear, R.G. (1974).** Incubation in British decapod Crustacea, and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **54**, 745-762. DOI: [10.1017/S0025315400022918](https://doi.org/10.1017/S0025315400022918)
- Weng, H.T. (1992).** The sand crab (*Portunus pelagicus* (Linnaeus)) population of two different environments in Queensland. *Fisheries Research*, **13**, 407-422. DOI: [10.1016/0165-7836\(92\)90061-W](https://doi.org/10.1016/0165-7836(92)90061-W)
- Williams, M.J. & Hill, B.J. (1982).** Factors influencing pot catches and population estimates of the portunid crab *Scylla serrata*. *Marine Biology*, **71**, 187-192. DOI: [10.1007/BF00394628](https://doi.org/10.1007/BF00394628)
- Xiao, Y. & Kumar, M. (2003).** Sex ratio, and probability of sexual maturity of females at size, of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, off southern Australia. *Fisheries Research*, **68**, 271-282. DOI: [10.1016/j.fishres.2003.11.012](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2003.11.012)
- Zariquiey-Alvarez, R. (1968).** Crustáceos decápodos ibéricos. *Investigation pesquera*, **32**, 1-510.



Gökkuşluğu Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Görülen *Lactococcus garvieae* Enfeksiyonu ve Tedavisi^[*]

Fikri BALTA^{1*} İsmail KARATAY²

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Hastalıklar Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 17.11.2021

Kabul/Accepted: 16.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Balta, F. & Karatay, İ. (2021). Gökkuşluğu Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Görülen *Lactococcus garvieae* Enfeksiyonu ve Tedavisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 651-661.

How to cite: Balta, F. & Karatay, İ. (2021). *Lactococcus garvieae* Infection and Treatment Observed in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 651-661.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-1823-5823>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1205-0577>

*Corresponding author:

Fikri BALTA
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su
Ürünleri Fakültesi, Hastalıklar Anabilim Dalı,
Rize, Türkiye
✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışma, 2012 Ocak ve 2017 Eylül tarihleri arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki 12 farklı Gökkuşluğu alabalık çiftliklerinden balık örnekleri toplandı. Bu örneklerden toplam 100 adet bakteri izole edildi. Tüm izolatların tanımlanması geleneksel biyokimyasal testler, API 20 strep testi ve PZR testi kullanılarak yapıldı. Pozitif kontrol olarak ATCC 43921 referans izolatı kullanıldı. API 20 strep test sonuçlarına göre izole edilen 100 bakteri izolatından 65 izolatın *Lactococcus garvieae* olduğu belirlendi. Bu izolatları moleküler olarak *L. garvieae* izolatına özel pLG-1 ve pLG-2 (16S rRNA) referans genleri kullanılarak PCR testi ile doğrulandı. Çalışmanın sonucunda, Gökkuşluğu alabalıklarından izole edilen 100 izolatın 65'inin *L. garvieae* olduğu teyit edildi. Antibiyogram test sonuçlarına göre izolatların sulfametoksazol, streptomisin ve sulfametoksazol+trimetoprim'e %100, ampisiline %94,2, oksitetrasiklin %72,5, eritromisine %55,07 ve oksolinik asit %43,5 oranında dirençli olduğu tespit edildi. Ek olarak enrofloksasin %26,09, doksisisikline %20,3, amoksiklin ve florfenikole %8,7 oranında daha düşük seviyede direnç tespit edildi. Hastalığın tedavisinde, balık üreticisine antibiyogram test sonuçlarına göre en etkili olan florfenikol, amoksiklin ve doksisisiklin antibiyotiklerden birinin kullanılması önerildi.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal ajanlar, API 20 strep, *L. garvieae*, PZR.

Lactococcus garvieae Infection and Treatment Observed in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Abstract: In this study, fish samples were collected from 12 different Rainbow trout farms in the Eastern Black Sea Region between January 2012 and September 2017. A total of 100 bacteria were isolated from these samples. Identification of all isolates were carried out by using conventional biochemical tests, API 20 strep tests and PCR tests. ATCC 43921 reference isolate was used as a positive control. According to API 20 strep test results, 65 isolates from 100 bacterial isolates were determined to be *Lactococcus garvieae*. These isolates were molecularly confirmed by PCR testing using the pLG-1 and pLG-2 (16S rRNA) reference genes specific to *L. garvieae* isolate. It was confirmed by PCR testing using the reference genes pLG-1 and pLG-2 (16S rRNA) specific to the *L. garvieae* isolate. As a result of this study, 65 isolates out of 100 bacterial isolates isolated from diseased rainbow trout were confirmed to be *L. garvieae*. According to the antibiogram test results, the isolates were 100% resistant to sulfamethoxazole, streptomycin and sulfamethoxazole+trimethoprim, 94.2% to ampicillin, 72.5% to oxytetracycline, 55.07% to erythromycin and 43.5% to oxolinic acid. In addition, lower levels of resistance were detected with enrofloxacin 26.09%, doxycycline 20.3%, amoxicillin and florfenicol 8.7%. In the treatment of the disease, the fish producer was advised to use one of the most effective antibiotics, florfenicol, amoxicillin and doxycycline, according to the antibiogram test results.

*Sorumlu yazar:

Fikri BALTA
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty
of Fisheries, Department of Diseases, Rize,
Turkey
✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Keywords: Antimicrobial agents, API 20 strep, *L. garvieae*, PCR.

[*] Bu çalışma, İsmail KARATAY'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by İsmail KARATAY.

GİRİŞ

Laktokokozis hastalığı ilk defa 1974 yılında Japonya’da kültürü yapılan sarıkuyruk (*Seriola quinqueradiat*) balıklarında görülen önemli bir bakteriyel hastalık etkeni olarak rapor edilmiştir (Kusuda vd., 1991; Çağırğan & Tanrıkul, 1997; Kusuda & Salati, 1999). Hastalık etkeni, *Lactococcus garvieae* (Synonim=*Enterococcus seriolicida*)’nın dünyanın farklı coğrafik bölgelerindeki tatlı ve tuzlu su balık türlerinde hastalık meydana getirdiği bildirilmiştir (Toranzo vd., 1994; Elder & Ghittino, 1999; Muzquiz vd., 1999; Chen vd., 2001). *L. garvieae* enfeksiyonunun İspanya, İtalya, Portekiz, İngiltere, Fransa, Avustralya, Güney Afrika ve Asya ülkelerinde kültürü yapılan gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) çiftliklerinde görüldüğü rapor edilmiştir (Çağırğan & Tanrıkul, 1997; Elder & Ghittino, 1999; Chang vd., 2002; Çağırğan, 2004; Türe vd., 2012, Balta & Dengiz Balta, 2019). *L. garvieae* ile enfekte çiğ balık tüketilmesiyle insanlarda sporadik vakalar rapor edilmiştir (Wang vd., 2007). Dolayısıyla insanlardaki hastalık olgularından etkenin izole edilmesi etkenin zoonoz karakterini ortaya koymaktadır (Zlotkin vd., 1998; James vd., 2000; Mofredj vd., 2000; Vela vd., 2000; Yiu vd., 2007). Önceden *Streptococcus garvieae* olarak tanımlanan *L. garvieae*, ilk olarak İngiltere’deki mastitisli ineklerden izole edilmiştir (Collins vd., 1983). *L. garvieae* ile enfekte çiğ balık tüketilmesiyle insanlarda sporadik vakalar rapor edilmiştir (Wang vd., 2007). Ülkemizde ise 2001 yılında Ege Bölgesinde Gökkuşağı alabalığı işletmelerinde streptokokozis enfeksiyonun ortaya çıktığı ve yüksek mortaliteye neden olduğu bildirilmiştir (Çağırğan & Tanrıkul, 1997; Diler vd., 2002; Altun vd., 2004). Ülkemizde Gökkuşağı alabalığı işletmelerinde son yıllarda ortaya çıkan *L. garvieae* enfeksiyonları hızlı bir yayılım göstermiş ve %90’a varan ölümler yüzünden sürdürülebilir üretimi engelleyerek büyük ekonomik kayıplara neden olmuştur. Karadeniz bölgesinde, özellikle yaz aylarında dere ve baraj göllerinde kültürü yapılan her boy Gökkuşağı alabalıklarında yüksek su sıcaklığının yanı sıra yoğun stoklama, düşük su kalitesi (pH, amonyak, nitrit, vs) ve strese bağlı olarak ortaya çıkan hastalık vakalarında ölümlerin %50-90’a ulaştığı ve büyük ekonomik kayıplara neden olduğu rapor edilmiştir (Türe vd., 2012; Balta & Dengiz Balta, 2019).

Ülkemizde günümüze kadar; Kubilay vd. (2005), *L. garvieae* izolatlarında antimikrobiyal duyarlılıklarının belirlenmesi, Türe vd. (2012), Pulsed Field Gel Electrophoresis (PFGE) yöntemi kullanılarak *L. garvieae*’nin genetik varlığının ve yayılımının belirlenmesi, Öztürk vd. (2013), Orta Karadeniz Bölgesi’nde Gökkuşağı alabalıklarında antimikrobiyal hassasiyeti ve hastalık

etkeninin tespit edilmesi, Türe vd. (2012), Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki Gökkuşağı alabalıklarında *L. garvieae* etkeni ve antimikrobiyal duyarlılığı ortaya konulması, Çağırğan (2004), Türkiye’den izole edilen *L. garvieae* izolatlarının biyotiplendirilmesi, Kav ve Erganiş, (2007) ise Konya Bölgesi’ndeki Gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) çiftliklerinden toplanan hastalıklı balıkların iç organlarından *L. garvieae*’nin izolasyonu, identifikasyonu ve fenotipik özelliklerinin tespit edilmesi, Akşit ve Kum, (2008) gökkuşağı alabalıklarında oldukça sık rastlanılan patojen mikroorganizmaların varlığının belirlenmesi ve antimikrobiyallere karşı hassasiyet düzeylerinin tespit edilmesi gibi birçok çalışma yapılmıştır.

Bu çalışma ile Doğu Karadeniz Bölgesindeki Trabzon, Rize, Artvin, Gümüşhane, Ordu ve Erzurum il sınırları içerisinde yer alan ticari Gökkuşağı alabalığı işletmelerinde 6 yıl boyunca meydana gelen kok enfeksiyonlarının varlığının tespit edilmesi çalışılmıştır. *L. garvieae* ile kontamine işletmelerin belirlenmesi ve hastalığın tedavisinde kullanılan antibiyotiklerin etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERIAL AND METHOD

Balık Örnekleri: Doğu Karadeniz Bölgesi’nde 2012-2017 yıllarının 12 farklı Gökkuşağı alabalığı çiftliğinden özellikle su sıcaklığının 18°C’nin üzerine yükseldiği yaz mevsiminde hastalık semptomu gösteren ve ölmek üzere olan balıklardan her seferinde en az 10 balık laboratuvara laboratuvara getirildi. Örneklemde, rengi kararmış ve çift taraflı ekzoftalmus görülen balıkların seçilmesine özen gösterildi. Bu çalışma esnasında laboratuvara toplam 4320 adet (6 ay x 6 yıl x 10 balık x 12 çiftlik) gökkuşağı alabalığı analiz edildi. Laboratuvara getirilen balıklar öncelikle 2-phenoxy etanol ile derin anestezi altına alındı. Nekroskopide sonucunda bağırsakların boylu boyuna hemorajik olan, aynı zamanda hava kesesi üzerinde yaygın kanama alanların bulunan, karaciğerinde farklı derecede renk değişimleri görülen, karaciğer ve plorik sekanın üzerinde nokta şeklindeki kanamalar gözlenen balıklar kok enfeksiyonu yönünden şüpheli olarak ele alındı. Balıklarda görülen makroskopik bulgular, işletmelerde görülen mortalite oranları ve tedavi süresince uygulanan protokoller kayıt altına alındı.

Hastalık Etkenin izolasyonu: Balıkların ön böreğinden öze yardımı ile alınan örnekler lam üzerinde bir damla steril FTS (%0,85 NaCl) ile karıştırılarak mikroskopun 40’lık objektif altında incelendi. Hareketsiz ve kok olarak görülen bakteriler Gram boyama yöntemiyle boyandı. Boyanan preparatlar 100’lük objektifte muayene edildi. Mikroskopik bakıda tek, ikili ve kısa zincirler (5-7

kok) halinde mor renkte Gram pozitif olan bakterilerin *L. garvieae* olabileceği düşünüldü. Örnekleme yapılan Gökkuşluğu alabalık işletmelerinin coğrafik yerleşimleri, örnekleme tarihi, izolasyonun yapıldığı organlar ve izolat numaralarına ait bilgiler Tablo 1’de verildi.

Mikroskopik kontrol sonrası balıkların özellikle böbrek, dalak, nadiren karaciğerlerinden ve eğer mevcutsa deri lezyonlarından Triptik Soy Agar (TSA) ve Broth (TSB), Brain Heart Infusion Agar (BHIA) ve Broth (BHIB)’a steril bir öze yardımı ile ekimler yapıldı. Ekzoftalmus semptomu gösteren ve bütünlüğünü koruyan (patlamamış) gözlerden steril öze ve swap yardımı ile göz içi sıvısından TSB’a ve TSA’ya aseptik olarak ekimler yapıldı. Bu besi yerleri 20±1°C 48 saat inkübasyona bırakıldı. TSA’da 24 ve 48 saat

sonunda üreyen küçük beyaz kolonilerin değerlendirilmeye alındı. Bu amaçla izole edilen bakterilere hareket muayenesi, Gram boyama, katalaz ve oksidaz testleri yapıldı ve hareketsiz, Gram pozitif, katalaz ve oksidaz testi negatif olan izolatlar seçildi. Çalışma esnasında izole edilen 100 bakteri izolatının TSA’da saf kültürleri üretildi. Bakterilere yapılan hareket muayenesinde hareketsiz, katalaz ve oksidaz testi negatif olan Gram boyamada mikroskopik sahada tek, ikili ve kısa zincir tarzında mor renkte olan toplam 65 adet izolat çalışmanın ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere seçildi. TSB’de üretilen bu izolatların taze kültürleri %20 gliserol içeren 1,5 ml’lik epondorf tüplerde 1 ml hacimde homojenize edilip etiketlenerek -80°C’de derin dondurucuda çalışılmak üzere stoklandı.

Tablo 1. Gökkuşluğu alabalıklarından izole edilen *L. garvieae* izolatlarına ait veriler.

Table 1. Data of *L. garvieae* isolates isolated from rainbow trout.

No	İN	Orijin	Yer	Tarih	No	İK	Orijin	Yer	Tarih
1	PY1	Böbrek	Trabzon	16.08.17	34	Y338	Böbrek	Rize	21.07.13
2	FH20	Böbrek	Rize	14.09.14	35	Y449	Böbrek	Trabzon	04.08.13
3	B116	Böbrek	Trabzon	13.08.17	36	B64	Göz	Rize	24.07.17
4	B157	Böbrek	Trabzon	23.08.17	37	B29	Böbrek	Artvin	01.07.17
5	B173	Göz	Sivas	03.09.17	38	B67	Dalak	Rize	24.07.17
6	B176	Göz	Sivas	03.09.17	39	B66	Böbrek	Rize	24.07.17
7	B185	Böbrek	Trabzon	08.09.17	40	Y380	Böbrek	Artvin	18.07.13
8	B186	Böbrek	Trabzon	08.09.17	41	B36	Böbrek	Rize	02.07.17
9	B187	Böbrek	Trabzon	08.09.17	42	B69	Böbrek	Rize	24.07.17
10	B188	Böbrek	Trabzon	08.09.17	43	B70	Dalak	Rize	24.07.17
11	B193	Böbrek	Rize	09.09.17	44	B71	Göz	Rize	24.07.17
12	B197	Böbrek	Rize	09.09.17	45	B82	Böbrek	Trabzon	31.07.17
13	B201	Böbrek	Rize	14.09.17	46	B84	Böbrek	Trabzon	31.07.17
14	Y73	Böbrek	Trabzon	21.07.14	47	B85	Böbrek	Trabzon	31.07.17
15	Y126	Dalak	Trabzon	28.08.14	48	B86	Dalak	Trabzon	31.07.17
16	Y127	Böbrek	Trabzon	28.08.14	49	B87	Böbrek	Trabzon	31.07.17
17	Y180	Göz	Trabzon	13.09.14	50	B88	Böbrek	Trabzon	31.07.17
18	Y182	Böbrek	Trabzon	13.09.14	51	B89	Göz	Trabzon	31.07.17
19	Y183	Göz	Trabzon	13.09.14	52	B90	Göz	Trabzon	31.07.17
20	Y184	Böbrek	Trabzon	13.09.14	53	B114	Göz	Trabzon	13.08.17
21	Y185	Böbrek	Trabzon	13.09.14	54	B115	Göz	Trabzon	31.07.17
22	Y196	Böbrek	Trabzon	20.10.14	55	B116	Göz	Erzurum	13.08.17
23	RT39	Böbrek	Rize	19.05.12	56	B133	Böbrek	Erzurum	13.08.17
24	R83	Böbrek	Rize	18.06.12	57	B134	Böbrek	Rize	13.08.17
25	R103	Böbrek	Trabzon	25.06.12	58	B135	Böbrek	Rize	13.08.17
26	R151	Böbrek	Trabzon	06.07.12	59	B137	Karaciğer	Rize	13.08.17
27	R164	Böbrek	Rize	21.07.12	60	B149	Böbrek	Trabzon	23.08.17
28	R165	Böbrek	Rize	21.07.12	61	B150	Dalakk	Trabzon	23.08.17
29	R197	Böbrek	Trabzon	04.08.12	62	B151	Böbrek	Trabzon	23.08.17
30	R198	Göz	Trabzon	17.07.13	63	B152	Böbrek	Trabzon	23.08.17
31	R648	Böbrek	Rize	03.10.15	64	B154	Böbrek	Ordu	23.08.17
32	R656	Böbrek	Rize	03.10.15	65	B158	Göz	Gümüşhane	23.08.17
33	B159	Göz	Trabzon	23.08.17	66	Ref.	Meme	ATCC	1984-86

İN: İzolat numarası. Ref.: *L. garvieae* (ATCC 43921) referans suşu (Collins et.al 1984/Schleifer vd., 1986).

İN: Isolate number. Ref.: *L. garvieae* (ATCC 43921) reference strain (Collins et.al 1984/Schleifer vd., 1986).

Hastalık Etkenin Tanımlanması: *L. garvieae* izolatları -80°C’den çıkarılıp önce TSB’de üretildi. Bu izolatlar TSA’ya ekilerek saflık kontrolleri yapıldı. Kontamine olanlar izolatlar yeniden saflaştırıldı. Saflaştırılan izolatların tamamına hareket, gram boyama, katalaz ve oksidaz testleri yapıldı ve %5 koyun kanı ilave

edilmiş kanlı agara ekildi. Kanlı agarda 25±1°C’de 24-48 saat inkübasyona bırakıldı.

İzolatlarının kanlı agarda hemoliz oluşturup oluşturmadıkları kontrol edildi. Kanlı agarda üreyen izolatlar API 20 strep test kitine (bioMérieux, Fransa) talimatlarına uygun olarak inoküle edildi ve 25±1°C’de soğutmalı inkübatörde 24 ve 48 saat inkübasyona bırakıldı.

API 20 strep test kitlerine 24 saat sonunda ayıraç dökülerek değerlendirme yapıldı. Şeker testleri için 48 saat sonunda son okuma yapılarak izolatlar ait biyokimyasal testlerin sonuçları değerlendirildi. API 20 strep kitlerine *L. garvieae* izolatlarının inokülasyon sonrası ilk görünümü Şekil 1’de verildi.

Bakteri Genomik DNA’ların Elde Edilmesi: *L. garvieae* izolatlarının genomik DNA’sı promega mini genomik DNA saflaştırma kiti kullanılarak üretici firma talimatına uygun olarak gerçekleştirildi.

İzolatlarının PZR’la Doğrulanması: *L. garvieae* izolatlarının tanımlanmasında 16S rRNA geninden yararlanıldı. Moleküler identifikasyonda *L. garvieae* için spesifik olan oligonükleotid primerleri pLG-1 (5'-CATAACAATGAGAATCGC-3') ve pLG-2 (5'-GCACCTCGCGGTTG-3') kullanıldı (Zlotkin vd., 1998). API 20 strep test kitleri ile tanımlanan tüm izolatların *L. garvieae* olup olmadığının doğrulanması amacıyla bu primerler yardımıyla PZR testleri yapıldı ve test sonucunda 1100 bp büyüklüğünde PZR ürünün görülmesi pozitif sonuç olarak kabul edildi. Çalışmada *L. garvieae* ATCC 43921 referans suşu pozitif ve *Vibrio anguillarum* genomik DNA’ları ise negatif kontrol olarak kullanıldı. PZR reaksiyonunda kullanılan kimyasallar ve konsantrasyonları ait bilgiler Tablo 2’de verildi. Bu çalışmada uygulanan PZR döngü koşullarına ait bilgiler Tablo 3’de verildi.

Tablo 2. PZR reaksiyonunda kullanılan kimyasallar ve konsantrasyonları.

Kimyasallar	Konsantrasyon	
5X Go Taq Buffer		5 µl
MgCl ₂	25 mM	3 µl
dNTP karışımı	10 mM	4 µl
Primer R	10 pmol	0,5 µl
Primer F	10 pmol	0,5 µl
Total DNA	50 (ng/ml)	2 µl
Taq DNA Polimeraz	5 (U/µl)	0,25 µl
ddH ₂ O		9,75 µl
Toplam		25 µl

Tablo 3. Kullanılan primerler için PZR döngü şartları.

Table 3. PCR cycling conditions for the primers used.

PZR Basamakları	Sıcaklık (°C)	Zaman	Döngü Sayısı
İlk Ayrılma	94	3 dk	1
Ayrılma	94	1 dk	
Yapışma	43	45 sn	40
Uzama	72	1 dk	
Son Uzama	72	10 dk	1
Bekleme	4	∞	

Tablo 5. Tetrasiklin’e dirençli gen primerleri ve PZR döngü şartları.

Table 5. Tetracycline resistant gene primers and PCR cycling conditions.

Primer	Hedef gen	Sekans (5' - 3')	Gen büyüklüğü (bp)	Bağ. sıcaklığı (°C)	Literatürler
tetA-F	Tet A	GCT ACA TCC TGC TTG CCT TC	210 bp	56	Ng vd., 2004.
tetA-R		CAT AGA TCG CCG TGA AGA GG			
tetB-F	Tet B	TTG GTT AGG GGC AAG TTT TG	659 bp	54	Ng vd., 2004.
tetB-R		GTA ATG GGC CAA TAA CAC CG			
tetC-F	Tet C	CTT GAG AGC CTT CAA CCC AG	418 bp	56	Ng vd., 2004.
tetC-R		ATG GTC GTC ATC TAC CTG CC			
tetD-F	Tet D	AAA CCA TTA CGG CAT TCT GC	787 bp	55	Ng vd., 2004.
tetD-R		GAC CGG ATA CAC CAT CCA TC			

Disk Difüzyon Testi: İzolatların National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS, 1997) tarafından bildirilen standart disk difüzyon yöntemi ile antimikrobiyel duyarlılık testleri yapıldı ve değerlendirildi. Bu amaçla *L. garvieae* izolatlarının 18-24 saatlik taze kültürleri steril 1,5 ml’lik fizyolojik tuzlu su (%0,9 NaCl) içeren tüplerde McFarland No: 0,5 bulanıklığına ayarlandı. Her bir izolatın hazırlanmış olan süspansiyondan 0,1 ml alınarak Müller Hilton Agar’a (MHA) yayma tarzında ekim yapıldı. Manual bir dispenser (Bioanalyse) yardımı ile antibiyotik diskleri MHA üzerine yerleştirildi. Çalışmada, ampicilin (10 µg), oksitetrasiklin (30 µg), gentamisin (10 µg), sulfadiazin-trimetoprim (25 µg), eritromisin (15 µg), sulfametoksazol (25 µg), enrofloksasin (5 µg), florfenikol (30 µg), oksolinik Asit (2 µg), amoksiklin (10 µg) ve streptomisin (10 µg) antibiyotik diskleri (Bioanalyse, Türkiye) kullanıldı. Petri kutuları 25°C’de 18 saat süresince inkübasyona bırakıldı. Üreme sonrası antibiyotik disklerinin etrafında oluşan zon çapları dijital kumpas yardımı ile ölçüldü. Antibiyogram hassasiyetine ait test sonuçları Tablo 4’de verilen inhibisyon zon çapı standart aralıkları ile karşılaştırılarak değerlendirildi.

Tetrasiklin Direnç Genlerinin Tespiti: *L. garvieae* izolatların antibiyotik direnç genleri PZR testi kullanılarak tespit edildi. Spesifik primerler kullanılarak bakteri izolatların ilgili gen bölgeleri ayrı ayrı çoğaltılarak tetrasikline dirençli kılan hedef gen bölgeleri (*tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD* ve *tetE*) varlığı belirlendi. Tetrasikline dirençli genlerinin tespiti için kullanılan primerlerin baz dizimleri, gen bölgeleri, ürün boyları ve bağlanma sıcaklıkları Tablo 5’de verildi.

Tablo 4. Antibiyotik disk konsantrasyonları ve standart inhibisyon zon çapları.

Table 4. Antibiotic disc concentrations and standard inhibition zone diameters.

Antimikrobiyeller ve Disk Konsantrasyonu	Standart inhibisyon zon çapı (mm)			Referanslar
	D	OH	H	
T-30 µg	≤ 14	15-18	≥ 19	NCCLS (1997)
OA-2 µg	≤ 10	11-12	≥ 13	NCCLS (1997)
SMZ 100 µg	≤ 12	13-16	≥ 17	NCCLS (1997)
AM-10 µg	≤ 13	14-16	≥ 17	NCCLS (1997)
AX	≤ 13	14-17	≥ 18	NCCLS (1997)
FFC-30 µg	≤ 14	15-18	≥ 19	NCCLS (1997)
S-10 µg	≤ 11	12-14	≥ 15	NCCLS (1997)
ENR-5 µg	≤ 16	17-20	≥ 21	NCCLS (1997)
E-15 µg	≤ 13	14-22	≥ 23	NCCLS (1997)
SXT-25 µg	≤ 10	11-15	≥ 16	NCCLS (1997)

T: Oksitetrasiklin, OA: Oksolinik asit, SMZ: Sulfametoksazol, AM: Ampisilin, FFC: Florfenikol, S: Streptomisin, ENR: Enrofloksasin, E: Eritromisin, SXT: Trimetoprim+Sulfametoksazol. D: Dirençli, OH: Orta hassas, H: Hassas.

tetE-F
tetE-R

Tet E

CGG CGT GGG CTA CCT GAA CG
GCC GAT CGC GTG AAG TTC CG

1180 bp

56

Guardabassi vd., 2000.

BULGULAR

Doğu Karadeniz Bölgesindeki Trabzon, Rize, Artvin, Gümüşhane, Ordu, Sivas ve Erzurum illerindeki 12 farklı Gökkuşluğu alabalığı çiftliğinden (karasal havuzlardan ve baraj göllerinde bulunan yüzer ağ kafesler) yaz aylarında yapılan örneklemeler sonucu toplam 100 bakteri izolatu elde edildi. Bu izolatların tamamına geleneksel biyokimyasal testler (Gram pozitif, katalaz ve oksidaz testi negatif) yapıldı ve testlerin sonuçlarına göre *L. garvieae* olabileceği düşünülen 65 izolata API 20 strep testi yapıldı. *L. garvieae* ATCC 43921 referans suşuna da API 20 strep testi yapıldı ve pozitif kontrol olarak kullanıldı. Standart suşun test sonuçları ile klinik izolatların test sonuçları karşılaştırılarak izolatların *L. garvieae* olabileceğine karar verildi. API 20 strep kitlerine *L. garvieae* izolatlarının inokülasyon sonrası ilk görünümü Şekil 2’de verildi.



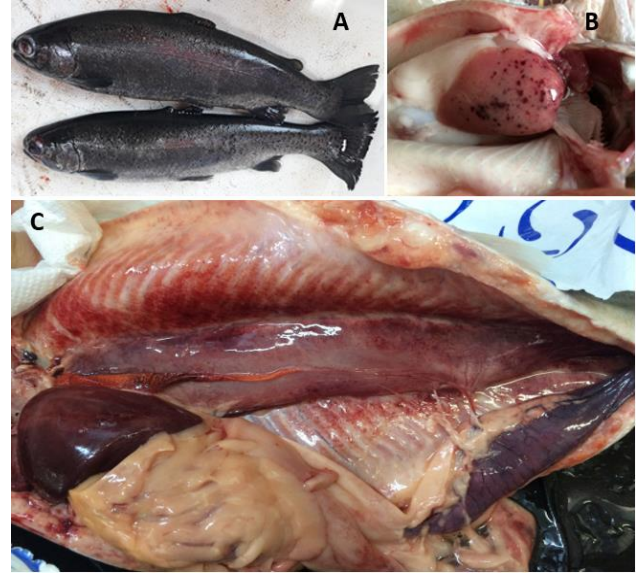
Şekil 1. API 20 strep kitlerine *L. garvieae* izolatlarının inokülasyon sonrası ilk görünümü.

Figure 1. First appearance of *L. garvieae* isolates after inoculation in the API 20 strep kits.

Klinik semptomlar ve nekropsi bulguları: Bu çalışmada, alabalık çiftliklerindeki havuzlardan örneklem yapılırken özellikle kok hastalığı için tipik makroskobik bulgu olarak renkte kararma ve gözlerde çift taraflı ekzoftalmus gösteren hasta balıklar örneklendi. Hasta balıkların su yüzeyinde halsiz bir şekilde yüzdüğü gözlemlendi. Bazı balıkların havuz çıkış suyuna toplandığı, bazı balıkların ise stresli olduğu, hızlı bir şekilde hareket ettiği ve havuz dibine kaçtığı görüldü. Hastalığın ileri vakalarında özellikle her iki gözünde ekzoftalmusun ve beraberinde gözün etrafında beyaz bir halka teşkil ettiği görüldü. Hastalığın kronik safhasında balıkların gözlerinin tek veya çift taraflı matlaşarak kör olduğu tespit edildi. Balıkların bazılarında ise gözün yerinden çıkmış olduğu ve göz çukurunun boş olduğu görüldü. Ayrıca balıklarda anüs etrafında hafif bir kızarıklık olduğu tespit edildi.

Hastalıklı semptomu gösteren Gökkuşluğu balıklarının nekropsisinde karaciğerin solgun olduğu ve bazen üzerinde nadiren peteşial kanamaların varlığı tespit edildi. Benzer şekilde pilorik sekalar üzerinde peteşial kanamalar tespit edildi. Bağırsakların şişkin, hemorajik ve

beyaz bir içerikle dolu olduğu belirlendi. Hava kesesi üzerinde yaygın kanamaların varlığı dikkat çekici bir bulgu olarak rastlandı. *L. garvieae*’nın gökkuşluğu alabalıklarında oluşturduğu hastalığın semptomları Şekil 2’de verildi.



Şekil 2. Lactococcosis’in semptomları A) Renkte kararma, B) Karaciğerde solgun görünüm ve nokta şeklinde kanamalar, C) Hava kesesi üzerinde noktasal kanama ve bağırsakta yaygın kanama.

Figure 2. Symptoms of Lactococcosis A) Darkening in color, B) Pale and petechial hemorrhaging on the liver, C) The congestion in the gut and petechial hemorrhaging on the air bladder.

Fiziksel ve Biyokimyasal Test Sonuçları: Gökkuşluğu alabalıklarındaki ortaya çıkan kok enfeksiyonlarından elde edilen izolatlarla yapılan testlerde etkenin hareketsiz olduğu, mikroskobik bakıda bakterilerin Gram pozitif, yuvarlak (kok), ikili oval veya 6-7 koktan oluşan kısa zincirler tarzında görüldüğü belirlendi. Bu çalışmada elde edilen izolatlarla ait fiziksel ve biyokimyasal test sonuçları Tablo 6’de verilmiştir. *L. garvieae*’nın gökkuşluğu alabalıklarında oluşturduğu hastalığın semptomları Şekil 3’de verildi.

API 20 strep test sonuçları: *L. garvieae* referans suşu (ATCC 43921) ile yapılan API 20 strep test sonuçlarına ait verilerin görünümü Şekil 4’de verilmiştir. Hastalıklı gökkuşluğu alabalıklardan izole edilen *L. garvieae* izolatlarının API 20 strep test kitlerine inoküle edildikten 24 saat sonra ayıraç dökülmeden önceki görünüm Şekil 5’de, ayıraçlar döküldükten sonraki görünümü ise Şekil 6’de verildi. API 20 strep test kitine ait biyokimyasal verileri *L. garvieae* referans suşuna ait API 20 strep test kitinin biyokimyasal test sonuçları ile

karşılaştırılarak değerlendirildi. *L. garvieae* referans suşunun API 20 strep test kitinde; Voges Proskuer (VP), Hippurat hidroliz (HP), Eskulin hidroliz (ESC), Pirrolidonil arilamidaz (PYRA), lösin arilamidaz (LAP) ve Arjinin dihidrolaz (ADH) pozitif iken α Galaktosidaz (α GAL), β Glukuronidaz (β GUR) β Galaktosidaz (β GAL) Alkalın fosfataz (PAL) negatif reaksiyon verdiği belirlendi. Ayrıca aynı kitteki karbonhidrat testlerinden asit üretiminde; Riboz (RİB), Mannitol (MAN), Trehaloz (TRE) ve Amigdalin (AMD) pozitif reaksiyon iken, Arabinoz (ARA), Sorbitol (SOR), Laktoz (LAC), İnulin (INU), Rafinoz (RAF) ve Glikojen (GLYG) negatif reaksiyonlar verdiği tespit edildi. API 20 strep testi sonuçlarına göre çoğunun 7143115 profili gösterdiği espit edildi. İzolatlara yapılan API 20 strep test kitleri ile yapılan testlerin sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. *L. garvieae* izolatlarına ait geleneksel ve API 20 strep test sonuçları.

Table 6. Conventional and API 20 strep test results of *L. garvieae* isolates.

Fenotipik test sonuçları	Api 20 strep testi		
Şekil (kok=K)	K (66/66)	VP	+
Hareket	- (66/66)	HIP	+
Gram	+	ESC	+
Katalaz	- (66/66)	PYRA	+
Oksidaz	- (66/66)	α GAL	-
OF	F (66/66)	β GUR	-
H ₂ S	- (66/66)	β GAL	+
İndol	- (66/66)	PAL	-
Lysin	- (66/66)	LAP	-
Ornitin	- (66/66)	ADH	+
Arjinin	+	RİB	+
Nitrat	- (66/66)	ARA	-
MR testi	+	MAN	+
VP testi	- (66/66)	SOR	-
SS testi	- (66/66)	LAC	+
Eskulin	+	TRE	+
%0 NaCl	+	INU	-
%6,5 NaCl	+	RAF	-
+10°C	+	AMD	+
+20°C	+	GLYG	-
+45°C	+	*Hemoliz	α (66/66)

K: Kok, F: Fermantatif, MR: Metil Red, VP: Voges-Proskver, SS: Simon-Sitrat, HP: Hippurat hidroliz, ESC: Eskulin hidroliz, PYRA: Pirrolidonil arilamidaz, α GAL: α Galaktosidaz, β GUR: β Glukuronidaz, β GAL: β Galaktosidaz, PAL: Alkalın fosfataz, LAP: Lösin arilamidaz, ADH: Arjinin dihidrolaz, RİB: Riboz, ARA: Arabinoz, MAN: Mannitol, SOR: Sorbitol, LAC: Laktoz, TRE: Trehaloz, INU: İnulin, RAF: Rafinoz, AMD: Amigdalin ve GLYG: Glikojen. *Hemoliz: %5 koyun kanı ile edilmiş standart agarda yapıldı.

K: Coc, F: Fermentative, MR: Methyl Red, VP: Voges-Proskauer, SS: Simon-Citrate, HP: Hippurate hydrolysis, ESC: Esculin hydrolysis, PYRA: Pyrrolidonyl arylamidase, α GAL: α Galactosidase, β GUR: β Glucuronidase, β GAL: β Galactosidase, PAL: Alkaline phosphatase, LAP: Leucine arylamidase, ADH: Arginine dihydrolyase, RİB: Ribose, ARA: Arabinose, MAN: Mannitol, SOR: Sorbitol, LAC: Lactose, TRE: Trehalose, INU: Inulin, RAF: Raffinose, AMD: Amygdalin and GLYG: Glycogen. *Hemolysis: It was done on standard agar supplemented with 5% sheep blood.



Şekil 3. Gram boyanmış *L. garvieae* izolatının mikroskopik görünümü.
Figure 3. Microscopic appearance of Gram-stained *L. garvieae* isolate.



Şekil 4. API 20 strep test kitindeki *L. garvieae* referans izolatının (ATCC43921) ayıraçlar dökülmeden önceki ve döküldükten sonraki biyokimyasal testlerin sonuçları.

Figure 4. Results of biochemical tests of the reference isolate (ATCC43921) of *L. garvieae* in the API 20 strep test kit before and after pouring the reagents.



Şekil 5. *L. garvieae* izolatları için API 20 strep testinde biyokimyasal test sonuçlarının ilk görünümü.

Figure 5. First view of biochemical test results in the API 20 strep test for *L. garvieae* isolates.

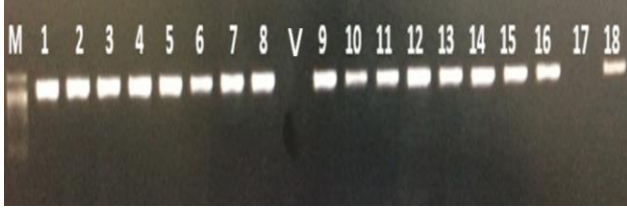


Şekil 6. *L. garvieae* izolatları için API 20 strep testinde ayıraçlar döküldükten 10 dakika sonra biyokimyasal test sonuçlarının görünümü.

Figure 6. Appearance of biochemical test results 10 minutes after pouring reagents in API 20 strep test for *L. garvieae* isolates.

VP: Voges Proskuer, HP: Hippurat hidroliz, ESC: Eskulin hidroliz, PYRA: Pirrolidonil arilamidaz, α GAL: α Galaktosidaz, β GUR: β Glukuronidaz, β GAL: β Galaktosidaz, PAL: Alkalın fosfataz, LAP: Lösin arilamidaz, ADH: Arjinin dihidrolaz, RİB: Riboz, ARA: Arabinoz, MAN: Mannitol, SOR: Sorbitol, LAC: Laktoz, TRE: Trehaloz, INU: İnulin, RAF: Rafinoz, AMD: Amigdalin ve GLYG: Glikojen.

PCR test Sonuçları: Klasik yöntemle identifiye edilen 100 izolatın 65 izolatın *L. garvieae* olduğu düşünülerek bu izolatlara API 20 strep testi yapıldı. Test sonuçları API web sisteminde *L. garvieae* olmadığı ve farklı *Lactococcus* spp., türlerine değişik oranda benzerlik göstermesinden dolayı izolatların tanımlanması fenotipik olarak doğru bir şekilde yapılamadığı tespit edildi. Bu yüzden izole edilen bakterilerden elde edilen genomik DNA'ları pLG-1 ve pLG-2 primerleri kullanılarak 16S rRNA gen bölgesi PZR ile çoğaltıldı. Pozitif kontrol olarak referans suşu (ATCC 43921) kullanıldı. *L. garvieae* referans suşunun (ATCC 43921) 1100 bp büyüklüğünde PZR ürünü verdiği görüldü. Negatif kontrol olarak *V. anguillarum* kullanıldı. Bu çalışmada sonuçta toplam 65 adet izolatın genetik olarak *L. garvieae* olduğu teyit edildi. *L. garvieae* izolatlarına ait PZR görüntüleri Şekil 7'de gösterildi.

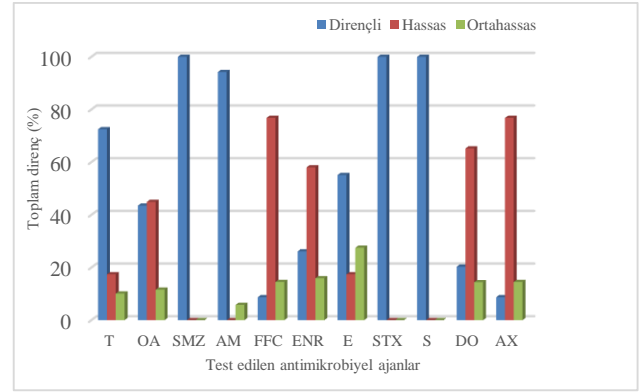


Şekil 7. *L. garvieae* izolatlarına ait PZR ürünlerin agaroz jel görünümü.

Figure 7. Agarose gel appearance of PCR products of *L. garvieae* isolates.

M; Marker (100-1500 bp), 1: *L. garvieae* (ATCC 43921); V: *V. anguillarum*, 17. Negatif kontrol (saf su), 2-8, 9-16, 18, *L. garvieae* saha izolatları

Antibiogram test sonuçları: Çalışmada kullanılan izolatlarla yapılan antibiogram testinde tespit edilen sonuçlarına göre izolatların sulfamethoksazol, streptomisin ve sulfametoksazol+trimetoprime %100, ampisiline %94,2, oksitetrasiklin %72,5 oranlarında yüksek düzeyde dirençli olduğu, diğer antibiyotiklere karşı sırasıyla; eritromisine %55,07, oksolinik asit %43,5, enrofloksasin %26,09, doksisisikline %20,3, amoksiklin ve florfenikol %8,7 düzeyinde direnç gösterdiği tespit edildi. *L. garvieae* izolatlarına karşı amoksisilin ve florfenikolün %91,3, doksikline %79,7 oranında etkili olduğu belirlendi. Antibiyotiklere karşı *L. garvieae* izolatlarının belirlenen hassasiyet ve direnç yüzdelerik profilleri Şekil 8'de verildi.



Şekil 8. *L. garvieae* izolatlarının farklı antibiyotiklere gösterdiği direnç profilleri.

Figure 8. Resistance profiles of *L. garvieae* isolates to different antibiotics.

Tetrasiklin Direnç Genlerinin Tespiti:

Çalışmada tetrasiklin direnç genleri taramasında moleküler düzeyde 65 adet *L. garvieae* izolatından 13 izolatta *tetA*, 8 izolatta *tetB*, 11 izolatta *tetC*, 15 izolatta *tetD* ve 25 izolatın *tetE* direnç genine rastlanıldığı tespit edildi. Antibiogram test sonuçlarına göre tetrasiklinlere %72,5 direnç tespit edilen izolatlardan 16, 22 ve 23 sıra nolu izolatlarda *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD* ve *tetE* moleküler düzeyde direnç genlerinde hiçbirine rastlanılmadığı belirlendi.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın sonuçlarına göre hastalıklı gökkuşuğu alabalıklardan izole edilen 65 izolatların ve 1 adet referans suşun (ATCC 43921) biyokimyasal olarak yapılan API 20 strep testi sonuçlarına göre çoğu 7143115 profili göstermiştir. Aynı izolatların *L. garvieae* ait 1100 bp büyüklüğünde olan pLG-1 ve pLG-2 oligonukleotid primerleri ile genetik olarak yapılan PZR test sonuçlarına göre *L. garvieae* olduğu doğrulanmıştır. Bu izolatların antimikrobiyel ajanlara duyarlılığını belirlemek için agar disk difüzyon yöntemi ile yapılan antibiogram test sonuçlarına göre 3 farklı antimikrobiyel ajana %100 dirençli olduğu belirlenmiştir. Antibiograma duyarlılık test sonuçlarına göre izolatların %72,5 oranında oksitetrasiklin ve %20,3 doksisisikline dirençli olması nedeni ile yapılan moleküler düzeyde tetrasiklinlere dirençli genlerin varlığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada moleküler düzeyde 65 izolatın 13 izolatın *tetA*, 8 izolatın *tetB*, 11 izolatın *tetC*, 15 izolatın *tetD* ve 25 izolatın *tetE* direnç genine rastlanıldığı tespit edilmiştir. Antibiogram testinde tetrasiklinlere % 72,5 direnç tespit edilen izolatlardan 16, 22 ve 23 sıra nolu izolatlarda *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD* ve *tetE* direnç genlerinde hiçbirine rastlanılmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, *tetG*, *tetM*, *tetO*, *tetQ* ve *tetW* gibi primerler kullanılarak tetrasikline direnç genlerin varlığının da genetik olarak çalışılması gerektiği düşünülmüştür.

Tetrasiklin direnci, sucul ortamda antibiyotik direnç genlerinin tespitine yönelik çalışmalarda sıklıkla belirleyici olduğu bildirilmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki mevcut nehirlerden izole edilen Enterobacteriaceae familyasına ait bakterileri izolatlarının tetrasiklin direnç genlerinin (*tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD* ve *tetE*) varlığını tespit ettikleri bir çalışmada 52 tetrasiklin dirençli bakteri izolatından 8'inde *tetA*, 10'unda *tetB* ve 1'inde ise her iki direnç genine rastlanılmasına karşın *tetC*, *tetD* ve *tetE* direnç genlerine ise hiç rastlanılmadığı bildirilmiştir (Sandallı vd., 2010). Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki gökkuşağı alabalık çiftliklerindeki hastalıklı balıklardan izole edilen oksitetrasikline dirençli *Yersinia ruckeri* izolatlarında 16 izolatın *tetA*, 2 izolatın *tetB*, 3 izolatın ise hem *tetA* hem de *tetB* direnç genine varlığına sahip olduğu ve nehir sularının insan sağlığını risk altında tutan antibiyotik direnç genleri için bir rezervuar olabileceğini bildirmiştir (Balta vd., 2010). Ülkemizde 29 adet *L. garvieae* izolatına ait genomik DNA'sında moleküler düzeyde 12 farklı primer kullanılarak yapılan bir çalışmada; tetrasikline (*tetB*, *tetS*), eritromisine (*ereA*, *ereB*), sulfonamide (*sull*, *sullI*), β-laktam (*ampC*, *blaTEM*, *blaPSE*), trimetoprim (*dhfr1*), aminoglikoside (*aadA*), ve florfenikol (*floR*) en yüksek düzeyde 19 izolatın *ereB*, 20 izolatın *tetB* ve 2 izolatın *tetS*, 3 izolatın *sull* ve 13 izolatın *sullI*, 12 izolatın *blaTEM* ve 14 izolatın *floR* moleküler düzeyde direnç genlerinin varlığı rapor edilmiştir (Türe ve Boran, 2015). Başka bir çalışmada ise 25 adet *L. garvieae*'nin saha izolatları arasında moleküler düzeyde bir izolatın *sull* direnç genine, altı izolatın (%24) *sullI* direnç genine ve bir izolatın *tetD* direnç genine sahip olduğu bildirilmiştir. Fakat aynı çalışmada izolatların hiç birinde moleküler düzeyde; *ermB*, *ermF*, *floR*, *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetE* *tetG* ve *dhfr1* direnç genlerinin varlığına rastlanılmadığı bildirilmiştir (Hancı & Onuk, 2018).

L. garvieae su sıcaklığının 18°C'nin üzerine çıktığı yaz mevsiminde gerek tatlı su gerek deniz balıklarında septisemiye neden olduğu, gökkuşağı alabalıklarında %50'den daha fazla ölüm meydana getirdiği ve önemli ekonomik kayıplara neden olan önemli bir bakteriyel hastalık olduğu rapor edilmiştir (Austin & Austin, 2012). Etkilenen balıklarda gözlenen dış bulgular arasında tek ya da çift taraflı ekzoftalmi, gözde periorbital ve intraoküler bölgede, yüzgeçlerin tabanda, perianal bölgede hemorajiler, abdominal kısımda şişkinlik ve anal prolapsusun varlığı bildirilmiştir (Altun vd., 2004; Kav ve Erganiş, 2007; Durmaz & Kılıçoğlu, 2015; Balta & Dengiz Balta, 2019). Nekropside peritoneal asidik sıvı birikimi, karaciğer, dalak ve böbrek dahil iç organlarda hemoraji, dalak ve karaciğerde fokal nekroz ile barsakta kanlı sıvı birikimi gözlenir (Altun vd., 2004; Kav & Erganiş, 2007; Durmaz & Kılıçoğlu, 2015; Balta & Dengiz Balta, 2019). *L. garvieae*'nin Doğu Karadeniz Bölgesindeki farklı

gökkuşağı alabalığı işletmelerinde gözlenen hastalık çıkışlarından sorumlu olup olmadıklarının araştırıldığı bu çalışmada su sıcaklığını 18°C olduğu Haziran-Temmuz aylarında başlayıp su sıcaklığının 15°C'nin altına düştüğü Ekim ayında enfeksiyonun hızla bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Farklı işletmelerden yapılan örnekleme çalışmalarında hastalıktan etkilenen balıklarda genel olarak iştahsızlık, durgunluk, renkte kararma, gözlerde bilateral ekzoftalmusi, hemoraji ve opaklaşma, vücutta abdominal şişkinlik ve anal bölgede prolapsus ile solungaçların ise solgun olduğu tespit edilmiştir. Nekropside, vücut kası ile hava kesesinde yaygın hemorajiler, dalağın renginde koyulaşma, splenomegaly, barsağın boyulu boyunca kızarıklık olduğu ve sarımsı renkli kanlı bir sıvı birikimi gözlenmiştir. Hasta balıklarda gözlenen bu bulgular, diğer araştırmacılar (Altun vd., 2004; Kav & Erganiş, 2007; Durmaz & Kılıçoğlu, 2015) tarafından *L. garvieae* ile enfekte gökkuşağı alabalıklarından bildirilen bulgulara benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

L. garvieae fakültatif anaerobik, hareketsiz, spor oluşturmayan, Gram-pozitif kok şeklindeki bir bakteridir. Mikroskopik görünümde hücreler, çiftler ve kısa zincirler şeklinde bulunmaktadır. *L. garvieae* kanlı agarda α-hemoliz oluştururken, sitokrom oksidaz ve katalaz negatiftir (Kav & Erganiş, 2007; Austin & Austin, 2012). Altun vd. (2004) gökkuşağı alabalıklarından izole edilen sekiz *L. garvieae* izolatının sitokrom oksidaz ve katalaz negatif, VP pozitif olduğunu, 4°C ile 45°C de gelişme gösterdiklerini, glikoz, fruktoz, galaktoz, mannitol ve sakkarozu fermente ettiklerini bildirmiştir. izolatlar α-hemolitik olup MacConkey agarda koloni oluşturmuştur. Söz konusu izolatlar nişasta ve jelatini hidrolize edemezken, %6.5 NaCl'de gelişme göstermiştir. Kav ve Erganiş (2007) çalışmalarında 30 adet *L. garvieae* izolatının glikoz, galaktoz, mannitol, sakkaroz, fruktoz ve arabinoz'dan asit üretimlerinin pozitif olduğunu ancak sorbitol ile ksilozdan asit üretimlerinin ise negatif olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada *L. garvieae* izolatının Gram-pozitif, fermentatif, sitokrom oksidaz ve katalaz negatif, VP testin pozitif olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan izolatların hemoliz testi, 45°C ve % 6,5 NaCl de üreme testi, glikoz, galaktoz, mannitol ve sakkaroz fermentasyon testlerinin pozitif olması diğer çalışmalarının sonuçları ile benzerlik göstermiştir (Anshary vd., 2014, Altun vd., 2004; Kav & Erganiş, 2007). Bu çalışmada izolatların sorbitol ve ksilozdan asit üretimlerinin pozitif olup Kav ve Erganiş (2007) ise çalıştıkları *L. garvieae* izolatlarının sorbitol ve ksilozdan asit üretimlerinin negatif olduğunu bildirmiştir.

İzolatların API 20 strep test sonuçları API web sisteminde *L. garvieae*'nin özelliklerine ait bir veri bulunmadığından için sisteme girilen izolatların 7143115

kod profili *L. lactis* subsp. *lactis* % 57,9, *Enterococcus faecalis* %24,1, *E. durans* %14,5 ve *E. faecium* %3,3 türlerinin biyokimyasal testlerinin benzerliğinden dolayı bu etkenleri birbirinden kesin olarak ayırt edilemediği ve yanlış identifikasyona neden olunabildiği belirlenmiştir. Bu neden yanlış identifikasyonu önlemek için *L. garvieae*'nin referans suşun (ATCC 43921) ile hem API 20 strep testi yapılarak test sonuçları değerlendirildiği gibi moleküler çalışmada aynı referans suşun genomik DNA'sı çıkartılarak PZR'da pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Kav ve Erganiş (2007), 30 *L. garvieae* izolatının API 20 strep testinin 24 saatlik test sonuçlarına göre %90 oranında *L. lactis* subsp. *lactis* ve %6.6 oranında da *E. faecalis*'e benzerlik gösterdiğini bildirilmiştir. Bu çalışmamızda 65 izolatın API 20 strep test sonuçlarının, Kav ve Erganiş (2007) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Biyokimyasal özelliklerdeki farklar, bir organizmanın fizyolojik profili üzerine önemli bir bilgi vermesine karşın, fenotipik özellikler ile tek başına tür seviyesinde yeterli tanımlama yapılamamaktadır.

Moleküler teknikler ile patojenik türleri tanımlama ve tür ile izolatlar arasındaki farkı ayırt edebilmek mümkün olduğu rapor edilmiştir (Vale vd., 2000). *L. garvieae* izolatları arasındaki genetik çeşitliliği belirlemek için RAPD (Rastgele amplifiye edilmiş polimorfik DNA) tekniğini kullanılarak yapılan bir çalışmada, izolatların 1100 bp'lik spesifik amplifikasyon ürününü verdiği bildirilmiştir (Ravelo vd., 2003). Bu çalışmadaki 68 *L. garvieae* izolatının identifikasyonu için uygulanan PZR tekniği sonuçlarına göre izolatların 1100 bp'lik amplifikasyon ürününü verdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların Ravelo vd. (2003) ve Zlotkin vd. (1998) tarafından bildirilen sonuçlar ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Aynı bölgedeki gökkuşağı alabalık çiftliklerinden ekzozofthalmus semptomu gösteren balıkların gözlerinden yapılan ekim sonucunda izole edilen *L. garvieae* izolatlarının antibiyogram test sonuçları ile birebir örtüştüğü tespit edilmiştir (Balta & Dengiz Balta, 2019). Kav ve Erganiş (2007) çalışmalarında *L. garvieae* izolatlarının ampisilin, oksitetrasiklin ve eritromisine hassas olduklarını, Durmaz ve Kılıçoğlu (2015), ise izole ettikleri *L. garvieae* izolatlarının ampisilin, eritromisine hassas, trimetoprim'e ise dirençli olduklarını bildirmiştir. Türe ve Boran (2015), ampisilinin *L. garvieae* izolatlarına karşı en etkili ajanlardan birisi olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise izolatların eritromisine %45 oranında duyarlı olması ile Kav ve Erganiş (2007), Durmaz ve Kılıçoğlu (2015) ve Türe ve Boran (2015)'in sonuçlarına benzerlik göstermesine karşın, bu araştırmacılar farklı olarak izolatların oksitetrasikline %72,5 oranında dirençli olması ve ampisiline karşı ise izolatların %100 dirençli olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmanın bulgularına göre, hastalıklı gökkuşağı alabalıklarından izole edilen bakteriyel etkenlerin gerek fenotipik tanı test sonuçlarına ve gerekse moleküler PZR teknikleri kullanılarak yapılan çalışmanın sonuçlarına göre *L. garvieae* olarak izole ve identifiye edilmiştir. Gökkuşağı alabalık işletmelerindeki suyun sıcaklığı 18°C'nin üzerine ulaştığı yaz mevsiminde örnekleme çalışması yapılan bölgede görülen hastalık vakalarından sorumlu başlıca etken *L. garvieae*'nin olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre izolatların en az üç antimikrobiyal ajana %100 dirençli olduğu belirlenmiştir. Bu durum, işletme şartlarında yanlış doz ve sürede kullanılan antimikrobiyal ajanlara karşı bakterilerde artan direnç ile açıklanması mümkündür. Farklı çalışmalarda bakterideki direnç gelişimi artmakla olduğu ve bu direnç gelişiminin ortamda bulunan diğer bakteri türlerine de değişik yollarla aktarılabilirliğini düşündürmektedir. Antibiyogram duyarlılık testi sonuçları hastalığa karşı mevcut aşuların kullanılması ve yeni aşı çalışmalarının geliştirilmesi gerektiğini düşünülmektedir.

Gökkuşağı alabalık çiftliklerinde yaz aylarında ortaya çıkan kok enfeksiyonlarında kitleler halinde ölümlere neden olmaktadır. Gökkuşağı alabalık çiftliklerinde gerçekleşen toplu ölümler nedeni ile ortaya çıkan büyük ekonomik kayıpların varlığı akuakültürdeki sürdürülebilir üretimi kısıtlamaktadır. Bu bağlamda hastalığın erken teşhis ve tedaviye erken başlanması sürdürülebilir bir üretim için şarttır. Bunun için yaz aylarında üretici ve/veya su ürünleri mühendisleri su sıcaklığının yanı sıra çevresel şartlardaki değişimleri ve suyun pH değerlerini mutlaka takip etmelidir. Balıklarda görülen sporadik ölümler dikkate alınmalı ve en yakın balık hastalıkları laboratuvarına gönderilip muayenesi yapıldıktan sonra ekimler yapılarak hastalığın etkeni tespit edilmelidir. Balıklardaki az miktarda görülen ölümler dikkate alınmayıp geç kalındığı vakalarda su sıcaklığının yüksek olması ve sudaki oksijen bağlama kapasitesinin düşük olması balıklarda oluşan iştah kaybına bağlı olarak ölüm oranları şiddetli bir şekilde artırmaktadır. Hastalık etkeninin 24 saat içinde TSA ve BHIA gibi besi yerlerinde uygun sıcaklıkta üremesi ve antibiyogram testlerinin yapılarak uygun kemoterapotik maddelerin zamanında ve uygun dozda verilmesi tedavi başarısını artırmaktadır. Bu amaçla bölgemizdeki alabalık çiftliklerinde yapılan arazi çalışmaları ile bütün çiftliklerin kontamine olduğu tespit edilmiştir. Yapılan antibiyogram hassasiyet test sonuçlarına göre amoksiklin, florfenikol ve doksiklin gibi antibiyotiklerden birinin uygun doz ve sürede kullanılması başarılı sonuçların alındığı gözlenmiştir. Ayrıca antibiyotiklerle birlikte polivitaminler veya su sıcaklığına bağlı stresi azaltmak için özellikle vitamin C kullanımının faydalı olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi; Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklen 2014.103.02.3 nolu projeden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akşit, D. & Kum, C., 2008. Gökkuşuğu alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)'nda sık görülen patojen mikroorganizmaların tespiti ve antibiyotik duyarlılık düzeylerinin belirlenmesi. *YYÜ Vet Fak Derg.*, **19**(1), 1-7.
- Altun, S., Diler, O. & Adiloğlu, A.K. (2004). Genotyping of *Lactococcus garvieae* strains from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by 16S rDNA sequencing. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, **24**, 119-125.
- Anshary, H., Kurniawan, R.A., Sriwulan, S., Ramli, R. & Baxa, D.V. (2014). Isolation and molecular identification of the etiological agents of streptococcosis in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in net cages in Lake Sentani, Papua, Indonesia. *SpringerPlus*, **3**:627, 1-11. DOI: 10.1186/2193-1801-3-627
- Austin, B. & Austin, D.A. (2012). *Bacterial Fish Pathogens. Diseases of Farmed and Wild Fish*. 5th ed., 17-118, Springer Science, Dordrech.
- 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., 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.
- Chang, P.H., Lin, C.W. & Lee, C. (2002). *Lactococcus garvieae* infection of cultured rainbow trout, *O. mykiss* in Taiwan and associated biophysical characteristics and histopathology. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, **25**(5), 319-327.
- Chen, S.C., Lin, Y.D., Liaw, L.L. & Wang, P.C. (2001). *Lactococcus garvieae* infection in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* confirmed by polymerase chain reaction and 16SrDNA sequencing. *Dis. Aquat. Org.*, **45**, 45-52. DOI: 10.3354/dao045045
- Collins, M.D., Farrow, J.A., Phillips, B.A. & Kandler, O. (1983). *Streptococcus garvieae* sp. nov. and *Streptococcus plantarum* sp. nov. *J Gen Microbiol*, **129**, 3427-3431. DOI: 10.1099/00221287-129-11-3427
- Çağırğan, H. & Tanrıkul, T.T. (1997). A *Lactococcus* in a trout farm. *Mediterranean Fisheries Congress*, 9-11 April, Izmir, Turkey, 40p.
- Çağırğan, H. (2004). Biotyping of *Lactococcus garvieae* isolated from Turkey. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **21**(3-4), 267-269.
- Diler, Ö., Altun, S., Adiloğlu, A.K., Kubilay, A. & Işıklı, B.I. (2002). First occurrence of streptococcosis affecting farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, **22**, 21-26.
- Durmaz, Y. & Kılıçoğlu, Y. (2015). Bir alabalık çiftliğinde doğal enfekte gökkuşuğu alabalıklarından (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) *Lactococcus garvieae*'nin kültür ve PCR ile saptanması ve etkenin antibiyotik duyarlılık profillerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, **10**(2), 109-115. DOI: 10.17094/avbd.58682
- Eldar, A. & Ghittino, C. (1999). *Lactococcus garvieae* and *Streptococcus iniae* infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Similar, but different diseases. *Diseases of Aquatic Organisms*, **36**, 227-231. DOI: 10.3354/dao036227
- Hancı, İ. & Onuk E.E. (2018). *Lactococcus garvieae* izolatlarının antimikrobiyal direnç profillerinin fenotipik ve genotipik olarak belirlenmesi. *Etilik Vet Mikrobiyol Derg*, **29**(2), 94-103.
- James, P.R., Hardman, S.M.C. & Patterson, D.L.H. (2000). Osteomyelitis and possible endocarditis secondary to *Lactococcus garvieae*: A first case report. *Postgrad Med. J.*, **76**, 301-303. DOI: 10.1136/pmj.76.895.301
- Kav, K. & Erganiş, O. (2007). Konya bölgesinde bulunan gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) çiftliklerinden *Lactococcus garvieae* izolasyonu, identifikasyonu ve fenotipik özelliklerinin belirlenmesi. *Vet. Bil. Derg.*, **23**(1), 7-17.
- Kubilay, A., Altun, S., Uluköy, G. & Diler, Ö. (2005). The determination of antimicrobial susceptibilities of *Lactococcus garvieae* strains. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **1**, 39-48.
- Kusuda, K., Kawai, K., Salati, F., Banner, C.R. & Fryer, J.L. (1991). *Enterococcus seriolicida* sp. nov., a fish pathogen. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **41**(3), 406-409. DOI: 10.1099/00207713-41-3-406
- Kusuda, R. & Salati, F. (1999). *Enterococcus seriolicida* and *Streptococcus iniae*. In (eds. Woo PTK, Bruno, D.W.) *Fish Diseases and Disorders*, Vol: 3, Viral, Bacterial and Fungal Infections. CABI Publishing, 303-317pp.
- Mofredj, A., Baraka, D., Kloeti, G. & Dumont, J.L. (2000). *Lactococcus garvieae* septicemia with liver abscess in an immuno-suppressed patient. *Am. J. Med.*, **109**(6), 513-514. DOI: 10.1016/S0002-9343(00)00534-9
- Muzquiz, J.L., Royo, F.M., Otega, C., Blas, I., Ruiz, I. & Allonso, J.L. (1999). Pathogenicity of

- Streptococcosis* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) dependence on age of diseased fish. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, **19**(3), 114-119.
- Öztürk, T., Didinen, B.I., Doğan, G., Özer, A. & Bircan, R. (2013).** Lactococcosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) in the middle Black Sea Region in Turkey and antimicrobial susceptibility of the aetiological agent, *Lactococcus garvieae*. *Etlik Vet. Mikrobiyol Derg.*, **24**, 7-12.
- Ravelo, C., Magariños, B., López-Romalde, S. & Toranzo, A.E. (2003).** Molecular fingerprinting of fish-pathogenic *Lactococcus garvieae* strains by random amplified polymorphic DNA analysis. *J. Clin. Microbiol.*, **41**, 751-756. DOI: [10.1128/JCM.41.2.751-756.2003](https://doi.org/10.1128/JCM.41.2.751-756.2003)
- Sandallı, C., Özgümüş, O.B. & Sevim, A., 2010.** Characterization of tetracycline resistance genes in tetracycline-resistant Enterobacteriaceae obtained from a coliform collection. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **26**(11), 2099-2103.
- Toranzo, A.E., Devesa, S., Heinen, P., Riaza, A., Nunez, S. & Barja, J.L. (1994).** *Streptococcosis* in cultured turbot caused by an *Enterococcus*-like Bacterium. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, **14**, 19-23.
- Türe, M. & Boran, H. (2015).** Phenotypic and genotypic antimicrobial resistance of *Lactococcus* sp. strains isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, **59**, 37-42.
- Türe, M., Işıdan, H., Savaş, H. & Kutlu, İ. (2012).** PFGE metodu kullanılarak *Lactococcus garvieae*'nin genetik çeşitliliğinin ve yayılımının belirlenmesi. Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü-Trabzon (TAGEM/HS/10/09/02/179) proje sonuç raporu, 61s.
- Vela, A.I., Vazquez, J., Gibello, A., Blanco, M.M., Moreno, M., Liebana, P., Albendea, C., Alcalá, B., Mendez, A., Dominguez, L. & Fernandez-Garayzabal, J.F. (2000).** Phenotypic and genetic characterization of *Lactococcus garvieae* isolated in Spain from Lactococcosis outbreaks and comparison with isolates of other countries and sources. *J. Clin. Microbiol.*, **38**(10), 3791-3795. DOI: [10.1128/JCM.38.10.3791-3795.2000](https://doi.org/10.1128/JCM.38.10.3791-3795.2000)
- Wang, C.Y., Shie, H.S., Chen, S.C., Huang, J.P., Hsieh, I.C., Wen, M.S., Lin, F.C. & Wu, D. (2007).** *Lactococcus garvieae* infections in humans: Possible association with aquaculture outbreaks. *Int. J. Clin. Pract.*, **61**, 68-73. DOI: [10.1111/j.1742-1241.2006.00855.x](https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2006.00855.x)
- Yiu, K., Siu, C., To, K., Jim, M., Lee, K., Lau, C. & Tse, H. (2007).** A rare cause of infective endocarditis; *Lactococcus garvieae*. *Int. J. Cardiol.*, **114**, 286-287. DOI: [10.1016/j.ijcard.2005.11.092](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2005.11.092)
- Zlotkin, A., Eldar, A., Ghittino, C. & Bercovier, H., (1998).** Identification of *Lactococcus garvieae* by PCR. *J. Clin. Microbiol.*, **36**, 983-985. DOI: [10.1128/JCM.36.4.983-985.1998](https://doi.org/10.1128/JCM.36.4.983-985.1998)



Changes in Fatty Acid Profiles of Guitarfish' (*Rhinobatos rhinobatos*; Linnaeus 1758) Liver Oil, a Cartilaginous Fish Species, in Different Storage Conditions

Ayşe ÖZYILMAZ^{1*} Abdullah ÖKSÜZ²

¹Iskenderun Technical University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Department of Marine Technologies, Hatay, Turkey.

²Necmettin Erbakan University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Konya, Turkey.

Geliş/Received: 11.10.2021

Kabul/Accepted: 13.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Özyılmaz, A. & Öksüz, A. (2021). Changes in Fatty Acid Profiles of Guitarfish' (*Rhinobatos rhinobatos*; Linnaeus 1758) Liver Oil, a Cartilaginous Fish Species, in Different Storage Conditions. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 662-667.

Atıf yapmak için: Özyılmaz, A. & Öksüz, A. (2021). Bir Kıkırdaklı Balık Türü Olan Kemane Balığı (*Rhinobatos rhinobatos*; Linnaeus 1758) Karaciğer Yağlarının Farklı Saklama Koşullarında Yağ Asitlerindeki Değişimler. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 662-667.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-4376-0873>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-8778-9320>

***Corresponding author:**

Ayşe ÖZYILMAZ
Iskenderun Technical University, Faculty of
Marine Sciences and Technology, Department
of Marine Technologies, Hatay,
Turkey.
✉: ayse.ozyilmaz@iste.edu.tr

Abstract: Guitarfish (*Rhinobatos rhinobatos*; Linnaeus 1758) is one of the commonly found cartilaginous fish species in the North-eastern Mediterranean. The objective of the current study is to explore the changes of fatty acid profiles in liver oil of guitarfish stored in two different storage places; one stored in refrigerator (+4°C) and the other stored in room temperature in a period of 180 days. Changes in fatty acid profiles in liver oil of the guitarfish were analyzed and observed in monthly during storage period. The results of the analysis for storing in refrigerator (+4°C) and room temperature showed some certain differences in terms of the fatty acid components of the cartilaginous fish liver oils. In particular, increasing in saturated fatty acids (SFA) and degreasing in monounsaturated fatty acids (MUFA) was observed during the storage period for the liver oils. The average levels of polyunsaturated fatty acids (PUFA) also showed some changes, in decreasing patterns, during the trial for both storage conditions.

Keywords: Fatty acid, guitarfish, liver oil, *Rhinobatos rhinobatos*, storage condition.

Bir Kıkırdaklı Balık Türü Olan Kemane Balığı (*Rhinobatos rhinobatos*; Linnaeus 1758) Karaciğer Yağlarının Farklı Saklama Koşullarında Yağ Asitlerindeki Değişimler

***Sorumlu yazar:**

Ayşe ÖZYILMAZ
Iskenderun Teknik Üniversitesi, Deniz
Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Deniz
Teknolojileri Bölümü, Iskenderun, Hatay,
Türkiye..
✉: ayse.ozyilmaz@iste.edu.tr

Öz: Kemane balığı (*Rhinobatos rhinobatos*; Linnaeus 1758), Kuzeydoğu Akdeniz'de yaygın olarak bulunan kıkırdaklı balık türlerinden biridir. Bu çalışmanın amacı, iki farklı depolama koşulunda depolanan kemane balıklarının karaciğer yağındaki yağ asidi profillerindeki değişiklikleri araştırmaktır. Depolama koşullarından biri buzdolabında (+4°C) diğeri ise oda sıcaklığıdır. Depolama süresi 180 gündür. Kemane balıklarının karaciğer yağındaki yağ asidi profillerindeki değişimler, depolama süresince aylık olarak analiz edilmiş ve izlenmiştir. Buzdolabında (+4°C) ve oda sıcaklığında depolanan yağlarda için yapılan analiz sonuçları, kıkırdaklı balık karaciğeri yağlarının yağ asidi bileşenleri açısından bazı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle depolama süresince karaciğer yağlarında doymuş yağ asitlerinde (SFA) artış ve tekli doymamış yağ asitlerinde (MUFA) azalma şeklinde gözlenmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) ortalama seviyelerinde azalmıştır.

Anahtar kelimeler: Depolama koşulu, karaciğer yağı, kemane balığı, *Rhinobatos rhinobatos*, yağ asidi.

INTRODUCTION

The cartilaginous fish species are abundant and generally are not targeted fish species, excluding few of them in the Northeastern Mediterranean (Ragheb & Hasan, 2021). The guitarfish is one of the few regarding its consumption due to its consumption. Apart from the other cartilaginous fish, this one has an economically valuable raw material. Even though guitarfish is a cartilaginous fish species, it has different meanings for the people around the regions. This fish is in consuming list for a lot of people. People around the coast of the in the Northeastern Mediterranean have different dish relating guitarfish which is pointed out in many previously published studies that the fish is consumed not only people around the Turkish coastal waters but also other parts of the Mediterranean (Lteif et al., 2016)

Some previously reported studies showed that liver oil of the cartilaginous can be considered as raw materials and turned out something useful and beneficial (Ayas et al., 2019; Yığın et al., 2019; Ozyilmaz 2016; Özyılmaz & Öksüz 2015; Ould El Kebir et al., 2007; Nechet et al., 2007). These attributes may make them as important issue to the study.

Fish lipids are known to be rich components due to their health benefit effects substances e.g., polyunsaturated fatty acids (PUFA), docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA). This health promoted fatty acids have many different positive health effects on human health (Bagge et al., 2017; Simat et al., 2015). That's why it might be useful to know the effects of two different storage conditions on the quality of oil obtained from cartilaginous fish livers.

Some studies also showed that some certain differences might be obtain with storage conditions by itself as well as different storage conditions in fish and liver oils (Ozogul et al., 2017; Özyılmaz & Öksüz, 2018a; Özyılmaz & Öksüz, 2018b; Wang et al., 2011; Boran et al., 2006; Özden, 2005). The aim of this present study is to search the changes of fatty acid profiles in liver oil of guitarfish in two different storage conditions; one storage in refrigerator (+4°C) and the other storage at room temperature for 180 days each. The results may guide the very next studies and food industry applications in this field.

MATERIAL AND METHOD

The cartilaginous fish species was chosen as the guitarfish (*Rhinobatos rhinobatos*; Linnaeus 1758) for this current study. All guitarfish used in this research were obtained from Mediterranean Sea in 2010 by professional fishermen. The map of the study area for guitarfish in Northeastern Mediterranean was given in Figure 1.

The liver parts of the all guitarfish used for the study were separated from their bodies. The livers were gathered in containers which were placed in cool chains. Fish livers were homogenized thoroughly then lipid extraction was carried out as mentioned below. Extracted lipids were divided into two batches and filled into an air tight 250 ml volume brown bottles. First batch was stored at 4°C in a fridge and the second batch was stored at room temperature in order to observe chemical changes at different storage conditions.



Figure 1. The map of the study area for guitarfish (modified from Simsek and Demirci, 2018)

Lipid analysis: It has been performed the Modified Bligh & Dyer Modified by Hanson & Olley (1963) method for determining the crude lipid levels of the cartilaginous fish' livers. This method methanol and chloroform ratio of kept 1:1 level, a total of 40 mL of chloroform and methanol, 20 mL of distilled water. Roughly, 10 g of liver samples were weighed into a 250 mL homogenizing flasks. A total of 8mL of pure water (a total volume of 16 mL), 20 mL of chloroform, and 40 mL of methanol were added the homogenate. The mixtures were homogenized at least 1 min in icy water during the whole steps of the analysis. After that, 20 mL chloroform was added the and then the mixtures were homogenized for further 30 second. Finally, 20 mL of distilled water was added the homogenate and the mixtures were homogenized another 30 s. The homogenates were transferred into two 50-mL centrifuge tubes and centrifuged for at 3000 rpm for 10 min. Aqueous layers were removed from sucking pipet. From chloroform layer, of 20 mL of mix (chloroform and lipid) transferred into a pre dried and weight

pear-shaped flask and evaporated using a rotary evaporator (Heidolph-Germany) under the vacuum.

Fatty Acid Methyl Esters (FAMES) Preparation:

The methylation process of fatty acids was started as taking approximately 45-60 mg of liver oil which was weighed into a 10 mL teflon screw cap test tube. A total of 1.5 mL 0.5 M NaOH was added on it and tightly sealed. It was heated in a heating block at 115°C for 7 minutes and then let to be cooled. Additionally, 2 mL of Boron trifluoride-methanol solution 14% in methanol (called methanolic 14% BF₃) was added to the cooled flask and heated at 115°C for 5 minutes this time. Tubes left to be cooled again and 2 mL of iso-octane was added. The tube has been shaken very well and waited until the phase separation takes place. It was taken approximately 1.5 mL from the upper phase after the separation and placed in 2 ml brown vial tubes which was stored in the freezer at -20 °C until injection.

Lipid fatty acid profile of guitarfish at the beginning of both storages (on day 0) was published in somewhere (Özyılmaz & Öksüz, 2015) and tabulated with the results of remaining storage periods. Instrument and Column: Fatty acids were analyzed by GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) using a Hewlett Packard GC (model 6890) coupled with a Hewlett Packard model 5972A HP 6890 system MS detector. Fatty acids were separated using an HPINNOWAX Polyethylene Glycol Capillary Column, Model Number: HP 19091N-133. The temperature program was kept at 120 °C for 3 minutes and with an increase of 10 °C/min, it reached 250 °C and was kept at this temperature for a while. Furthermore, Injector, detector temperatures, and identifying the individual fatty acids were described in Öksüz and Özyılmaz (2010).

Statistic: “Windows SPSS 13.00 Software” package program was used for statistical analysis and the data were analyzed at 95% confidence interval. One-way analysis of variance was used for comparison the difference between storage types and periods. To examine the effect of the duration and storage types on lipid of the fish' liver and their interaction with each other was evaluated with repeated measurements. Significance level of the values were determined at 95% level where $p < 0.05$ was considered to be significantly different.

RESULTS AND DISCUSSION

The liver oil of the guitarfish used in this study stored in two different storage conditions in a period of 180 days. The SFA, MUFA, and PUFA and their individual components of the guitarfish liver oil stored in room temperature and refrigerator (+4°C) were shown in Table 1 and Table 2. The first column in the both Tables was published in Özyılmaz and Öksüz (2015) because it was a part of a doctoral thesis study and this present one is another

major part of the same study which was too extensive to fit into one study.

Apart from that, their average fatty acid values of the oil stored in room temperature and refrigerator (+4°C) were analyzed on the days of the 30th, 60th, 90th, 120th, 150th, 180th. The all fatty acid components determined for this study did not given in this current study. Only the majority parts were given for this paper. Because it is considered that to show the results in this way in order to point out the main parts of the results.

A chromatogram of fatty acids from the wild brown guitarfish was represented in Figure 2. The mean levels of the liver oil of the guitarfish's SFA, MUFA, and PUFA were changed during the storage. The SFA in liver oil of guitarfish tend to be higher while MUFA and PUFA in liver oil of guitarfish showed a lowering pattern in refrigerator and room temperature during storage. The main components of SFA were measured as C14:0, C16:0, and C18:0 which were increased in general but the increment was not constant however at the end of the sampling data were higher than sampling in the first place for both storing conditions.

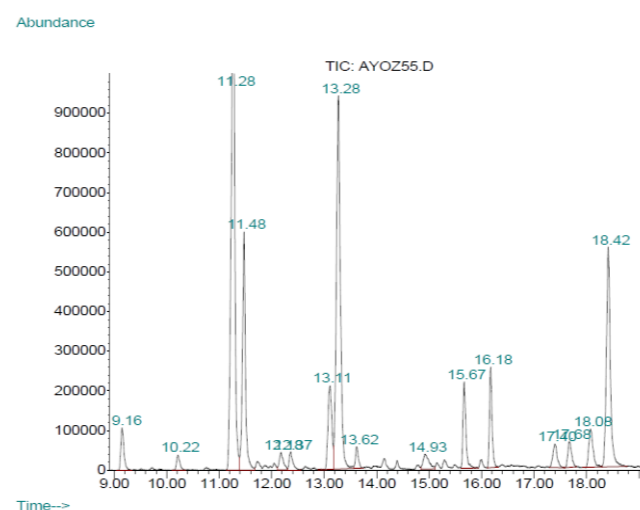


Figure 2. A typical fatty acid chromatogram of guitarfish used in this current study

A study related changes in fatty acid contents of sea bass fillet in an 18 day of storage period, it was reported that the total SFA amount was 17.64% at the beginning of the storage, increased during the storage period, and reached 19.25% at the end of the storage Ozogul et al. (2017). The SFA content in fish were reported to be increased during the storage in this previously reported study. It was observed that the SFA values obtained from the present study were higher than the results reported by other researchers. However, SFA values decreased in first 30 days of the experiment for room temperature, it generally had an increasing pattern rest of the trial during the storage period. The interaction between storage types and periods regarding

SFA values during storage had significant effects on the liver oil ($P<0.05$).

Additionally, the MUFA components especially, the average values of C18:1n9+n7 in liver oil of guitarfish at room temperature and refrigerator ($+4^{\circ}\text{C}$) changed in the range of 19.74% to 24.22%. Even though some changes were observed during the storage for both storage conditions, surprisingly the mean levels of C18:1n9+n7 in liver oil of guitarfish at the end of the trial were so close to the values at

the beginning ones. The second major fatty acid were determined as C16:1n9 which averagely was 10.85% at the beginning of the storage. It decreased 9.25% and 8.72% on the days of the 150th for liver oil stored in refrigerator and room temperature respectively. The interaction between storage types and periods regarding the average values of C18:1n9+n7 in liver oil of guitarfish in room temperature and refrigerator showed no significant effects on the liver oil ($P>0.05$).

Table 1. Changes in the fatty acid composition of guitarfish liver oil stored in refrigerator ($+4^{\circ}\text{C}$)

Fatty acids	Days						
	Day 1*	Day 30	Day 60	Day 90	Day 120	Day 150	Day 180
C14:0	1.95±0.07 ^a	2.94±0.06 ^{bd}	2.74±0.27 ^{bc}	2.62±0.26 ^c	2.92±0.09 ^{bd}	2.09±0.07 ^a	3.07±0.03 ^d
C15:0	0.74±0.01 ^a	1.12±0.02 ^{bd}	1.03±0.13 ^{bc}	0.96±0.11 ^c	1.08±0.03 ^{bcd}	0.76±0.02 ^a	1.19±0.02 ^d
C16:0	28.63±1.65 ^{ab}	29.87±0.76 ^{bc}	30.48±1.11 ^c	30.09±2.08 ^c	26.31±0.36 ^a	31.13±1.52 ^c	27.53±0.95 ^{ab}
C17:0	1.07±0.01 ^{ac}	1.30±0.16 ^b	1.26±0.16 ^b	1.07±0.04 ^a	1.30±0.12 ^b	0.90±0.02 ^a	1.52±0.03 ^c
C18:0	4.44±0.67 ^a	7.06±0.31 ^b	6.54±0.47 ^{bc}	5.97±0.33 ^c	6.22±0.58 ^c	6.27±0.15 ^c	7.09±0.14 ^b
ΣSFA	36.84	42.29	42.05	40.71	37.83	41.14	40.40
C16:1n9	10.85±0.51 ^{ab}	10.31±0.48 ^a	10.86±0.29 ^a	10.86±0.23 ^{ab}	11.03±0.26 ^{ab}	9.25±0.40 ^c	11.59±0.56 ^b
C17:1	0.96±0.01 ^a	1.16±0.22 ^{ab}	1.04±0.09 ^{ab}	1.09±0.21 ^{ab}	1.19±0.03 ^{ab}	0.97±0.04 ^a	1.26±0.02 ^b
C18:1n9+n7	22.33±0.43 ^a	19.23±0.93 ^b	21.14±0.90 ^{ac}	21.18±0.93 ^{ac}	20.29±1.20 ^{bc}	20.59±0.50 ^{bc}	21.59±0.68 ^{ac}
C20:1n9	1.56±0.72 ^a	1.16±0.20 ^a	1.24±0.14 ^a	1.11±0.07 ^a	1.41±0.10 ^a	1.68±0.08 ^a	1.30±0.00 ^a
ΣMUFA	35.7	31.86	34.28	34.24	33.92	32.49	35.75
C18:2n6	1.45±0.11 ^a	1.06±0.05 ^b	1.07±0.09 ^b	1.06±0.10 ^b	1.24±0.09 ^b	1.07±0.04 ^b	1.17±0.17 ^b
C20:4n6	3.14±0.97 ^a	3.12±0.20 ^a	3.24±0.08 ^a	3.22±0.07 ^a	3.43±0.01 ^a	3.07±0.16 ^a	3.21±0.11 ^a
C22:4n6	1.62±0.20 ^a	1.19±0.10 ^{bc}	1.24±0.03 ^{bc}	1.19±0.05 ^{bc}	1.38±0.13 ^c	1.13±0.01 ^b	1.24±0.14 ^{bc}
C22:5n6	1.48±0.11 ^a	1.30±0.12 ^b	1.39±0.04 ^{ab}	1.29±0.09 ^b	1.48±0.05 ^a	1.25±0.02 ^b	1.37±0.01 ^{ab}
Σn6	7.69	6.7	6.94	6.77	7.54	6.52	6.99
C20:5n3	4.21±0.66 ^a	3.43±0.12 ^b	3.65±0.08 ^b	3.63±0.12 ^b	3.81±0.01 ^b	3.38±0.12 ^{ab}	3.34±0.11 ^b
C22:5n3	2.16±0.51 ^a	1.93±0.08 ^{ab}	2.03±0.05 ^{ab}	1.98±0.13 ^{ab}	2.13±0.07 ^{ab}	1.73±0.02 ^b	1.97±0.09 ^{ab}
C22:6n3	13.28±0.41 ^a	9.53±0.41 ^{bc}	10.31±0.59 ^c	10.17±0.20 ^c	10.40±0.66 ^c	9.23±0.26 ^b	8.76±0.52 ^b
Σn3	19.64	14.89	15.99	15.78	16.34	14.34	14.07
ΣPUFA	27.34	21.56	22.93	22.54	23.88	20.86	21.06
Identified ΣFA	99.87	95.71	99.26	97.49	95.62	94.49	97.21
n3/n6	2.55	2.23	2.30	2.33	2.17	2.20	2.01
DHA/EPA	3.16	2.78	2.82	2.80	2.73	2.73	2.62

n=3±std; * (Özyılmaz & Öksüz 2015)

Table 2. Changes in the fatty acid composition of guitarfish liver oil stored in room temperature

Fatty acids	Days						
	Day 1*	Day 30	Day 60	Day 90	Day 120	Day 150	Day 180
C14:0	1.95±0.07 ^a	2.50±0.02 ^b	2.77±0.14 ^c	2.63±0.25 ^{bc}	2.97±0.06 ^a	1.97±0.05 ^d	3.16±0.12 ^a
C15:0	0.74±0.01 ^a	0.76±0.02 ^b	1.21±0.10 ^a	0.94±0.11 ^c	1.11±0.02 ^a	0.65±0.00 ^d	1.21±0.04 ^a
C16:0	28.63±1.65 ^a	26.74±0.21 ^a	29.93±0.68 ^b	29.88±1.91 ^c	27.85±0.40 ^{ac}	28.47±0.58 ^a	28.55±0.35 ^{ac}
C17:0	1.07±0.01 ^a	0.82±0.01 ^b	0.84±0.03 ^b	1.13±0.20 ^c	1.32±0.02 ^c	0.82±0.03 ^b	1.53±0.06 ^d
C18:0	4.44±0.67 ^a	3.86±0.26 ^b	6.88±0.32 ^c	5.68±0.58 ^d	6.21±0.09 ^d	6.76±0.12 ^c	7.13±0.14 ^c
ΣSFA	36.84	34.67	41.62	40.26	39.46	38.66	41.58
C16:1n9	10.85±0.51 ^a	14.55±0.02 ^b	11.65±0.47 ^c	11.13±0.17 ^d	11.10±0.17 ^d	8.72±0.21 ^e	11.99±0.21 ^c
C17:1	0.96±0.01 ^a	0.98±0.04 ^b	1.26±0.13 ^c	1.03±0.09 ^b	1.24±0.03 ^c	0.92±0.01 ^b	1.24±0.02 ^c
C18:1n9+n7	22.33±0.43 ^a	24.22±0.11 ^b	21.19±0.28 ^b	20.87±0.59 ^{ac}	19.74±0.27 ^c	20.58±0.36 ^{ac}	22.16±0.38 ^a
C20:1n9	1.56±0.72 ^a	2.10±0.13 ^b	1.54±0.04 ^{cb}	1.30±0.40 ^{cd}	1.36±0.24 ^{cd}	1.70±0.07 ^c	0.73±0.01 ^e
ΣMUFA	35.7	41.83	35.63	34.33	33.44	31.92	36.11
C18:2n6	1.45±0.11 ^a	0.80±0.02 ^a	1.11±0.09 ^{bc}	1.06±0.10 ^{bc}	1.16±0.01 ^b	1.01±0.02 ^c	1.14±0.08 ^c
C20:4n6	3.14±0.97 ^a	2.05±0.01 ^b	3.30±0.28 ^a	3.18±0.11 ^a	3.10±0.10 ^a	3.20±0.03 ^a	3.32±0.04 ^a
C22:4n6	1.62±0.20 ^a	1.24±0.13 ^{bc}	1.24±0.01 ^{bc}	1.20±0.03 ^{bc}	1.16±0.02 ^b	1.23±0.14 ^{bc}	1.34±0.14 ^c
C22:5n6	1.48±0.11 ^a	1.28±0.08 ^a	1.24±0.01 ^a	1.29±0.06 ^a	1.34±0.03 ^a	1.31±0.21 ^a	1.38±0.05 ^b
Σn6	7.69	5.36	6.90	6.72	6.75	6.75	7.18
C20:5n3	4.21±0.66 ^a	2.61±0.01 ^b	3.39±0.17 ^c	3.51±0.16 ^c	3.41±0.04 ^c	3.95±0.08 ^d	3.47±0.03 ^c
C22:5n3	2.16±0.51 ^a	1.53±0.01 ^b	1.87±0.02 ^c	1.90±0.06 ^c	2.02±0.01 ^a	1.87±0.13 ^c	2.10±0.04 ^a
C22:6n3	13.28±0.41 ^a	9.90±0.15 ^{ab}	8.53±0.50 ^b	9.46±0.48 ^b	9.48±0.19 ^b	10.31±0.09 ^b	9.56±0.24 ^b
Σn3	19.64	14.04	13.79	14.88	14.91	16.13	15.13
ΣPUFA	27.34	19.39	20.69	21.60	21.66	22.88	22.31
Identified ΣFA	99.87	95.89	97.95	96.20	94.56	93.45	100.00
n3/n6	2.55	2.62	2.00	2.21	2.21	2.39	2.11
DHA/EPA	3.16	3.79	2.52	2.69	2.78	2.61	2.75

n=3±std; * (Özyılmaz & Öksüz 2015)

The average amounts of PUFA on the days of the 30th, 60th, 90th, 120th, 150th, and 180th were calculated to be 27.34%, 21.56%, 22.93%, 22.54%, 23.88%, 20.86%, and 21.06 in liver oil of guitarfish stored in refrigerator and 27.34%, 19.39%, 20.69%, 21.60%, 21.66%, 22.88%, and 22.31% in liver oil of guitarfish stored room temperature respectively. These results give us information about how storage effected fatty acid compositions of the liver oil guitarfish. The mean levels of PUFA had a quick effect on the days of the 30th for both storage conditions. Additionally, storage in refrigerator for liver oil of guitarfish was better than that of room temperature regarding their average PUFA contents on the days of the 30th. This could be the beginning of the lipid oxidations which was vulnerable in unsaturated fatty acids. Based on our data, the oxidation rate showed a sharp decreased in the first month and a very smooth changes in the following months during the storage period.

The levels of DHA + EPA are issued and detailed in reports of the studies because these two fatty acids are the precious omega 3 fatty acids for a healthy life and their presences and levels are very important in order to maintain a healthy diet e.g., cell membrane, hormones (Schlotz, et al., 2012). The eicosapentaenoic acid (EPA; 20:5n-3) and docosahexaenoic acid contents (DHA; 22:6n-3) are two precious fatty acids in polyunsaturated fatty acids (PUFA). Their sums (levels of DHA + EPA) in fatty acid components especially were given in studies in order to point out their importance.

In this study, the average levels of DHA + EPA in guitarfish liver oil were calculated as 17.49%. The liver oil of two cartilaginous fish, *R. bonasus* and *A. narinari*, EPA+DHA values were reported as 13.2% and 8.0%, respectively (Navarro-Garcia et al., 2010). These values for liver oil of these two cartilaginous fish are lower than that of the liver oil of the average EPA+DHA levels obtained in this study. The mean EPA+DHA values in liver oil of males and females' *R. clavata* were calculated to be 28.8% and 31.1% from Black sea and 28.2% to 30.6% from Mediterranean, respectively (Ozyilmaz 2016). These given values for liver oil of this cartilaginous fish for *R. clavata* are higher than that of the liver oil of the average EPA+DHA levels obtained in this study. The liver oils of the guitarfish used in this current are in the range of the previously given information related the average EPA+DHA levels in different kinds of cartilaginous fish.

The average amount of C14:0, C16:0, and C18:0 were increased in general but fluctuated during the storage. The level of saturated fatty acids were much higher at the end of storage than initial one for both storage conditions. On the other hand MUFA components especially, the average value of C18:1n9+n7 decreased for stored oil in room temperature and refrigerator (+4°C).

Fish oil are generally known to have higher amount of eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n3) and (DHA, C22:6n3). However, this fish liver oil surprisingly has got greatest amount of the C18:1n9+n7 comparing other cartilaginous fish species (Ozyilmaz 2016; Özyilmaz & Öksüz 2015; Ould El Kebir et al., 2007; Nechet et al., 2007). The C18:1n9+n7 is vulnerable to oxidize.

Oxidation is one of the major problem in oil. In particular fish oil are susceptible to oxidation because it has highly unsaturated fatty acids in its structure. Oils with unsaturated fatty acids (multiple double bonds between their carbon atoms) makes them unstable. The data regarding monthly analysis of this study indicated that the average level of the saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) and their individual components e.g., EPA, DHA in muscle lipid of the fish did not have a constantly degreasing or increasing pattern during storage period in 180 days.

CONCLUSION

In conclusion, increase in all SFA components were observed and as a result, total SFA increased during storage for both storage conditions. In contrast to SFA, MUFA and PUFA decreased and this decrease may be explained by the progress of oxidation in unsaturated fatty acids. Stability of unsaturated fatty acids are vulnerable to oxidation than that of saturated fatty acids. This could be considered as an important issue for quality of the product. Unsaturated fatty acids are generally known to be less stable than saturated ones. This attributes make them vulnerable to rancidity. Based on the data of this present study, the data regarding unsaturated fatty acids oxidation is in parallel with the previously given fact. It was also supported these changes by monthly analysis. It is crucial to take the all necessary precaution to delay or prevent the fish lipid deterioration during the storage, such as proper packaging, low temperature storage and use of antioxidant.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was a part of doctoral thesis of Ayse Ozyilmaz and financially supported by MKUBAP (Project Number: 04 Y 0126). Authors would like to thank to Dr. Aydın Demirci and Sevil Demirci for helping out the providing the guitarfish and MKUBAP for the financial the support.

REFERENCES

Ayas, D., Eliuz, E., Peri, F. & Bakan, M. (2019). Determination of usage potential of some

- Mediterranean rays in fish oil production. *Marine Science and Technology Bulletin*, 8(1), 13-22. <https://doi.org/10.33714/masteb.480957>
- Bagge, C. N., Strandhave, C., Skov, C. M., Svensson, M., Schmidt, E. B., & Christensen, J. H. (2017).** Marine n-3 polyunsaturated fatty acids affect the blood pressure control in patients with newly diagnosed hypertension a 1- year follow-up study. *Nutrition Research*, 38, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2017.02.009>
- Boran, G., Karaçam, H., & Boran, M. (2006).** Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. *Food chemistry*, 98(4), 693-698.
- Hanson, S.W.F. & Olley, J. (1963).** Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemical Journal*, 89, 101-102.
- Lteif, M., Mouawad, R., Khalaf, G., Lenfant, P., & Verdoit-Jarraya, M. (2016).** Population biology of an endangered species: the common guitarfish *Rhinobatos rhinobatos* in Lebanese marine waters of the eastern Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 88(4), 1441-1459.
- Navarro-García, G., Ramírez-Suárez, J. C., Cota-Quñones, E., Márquez-Farías, F., & Bringas-Alvarado, L. (2010).** Storage stability of liver oil from two ray (Rhinoptera bonasus and Aetobatus narinari) species from the Gulf of Mexico. *Food Chemistry*, 119(4), 1578-1583.
- Nechet, S.L., Dubois, N., Gouyguou, J.P. & Berge J.P. (2007).** Lipid composition of the liver oil of the ray, Himantura bleekeri. *Food Chemistry*, 104, 559-564.
- Ould El Kebir, M.V., Barnathan, G. Gaydau, E.M. Siau, Y. & Miralle's J. (2007).** Fatty acid in liver, muscle, and gonad of three tropical rays including Non-Methylene-Interrupted Dienoic fatty acids. *Lipids*, 42, 525-535.
- Ragheb, E. & Hasan, M.W.A. (2021).** First record of Pteroplatytrygon violacea (Bonaparte, 1832) with annotation of cartilaginous fishes by-catch by gill nets (Egyptian Mediterranean). *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47(4), 387-392.
- Simsek, E. & Demirci, A. (2018).** Barotrauma treatment effects on survival rates for some discarded fish by trawl fishery. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(7), 4867-4873.
- Ozyilmaz, A. (2016).** Tocopherol, heavy metals (Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn), and fatty acid contents of thornback ray (*Raja clavata* Linnaeus, 1758) liver oil in relation to gender and origin in the Mediterranean and Black seas. *Journal of Applied Ichthyology*, 32(3), 564-568. DOI: [10.1111/jai.13041](https://doi.org/10.1111/jai.13041)
- Özden, Ö. (2005).** Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), 2015-2020.
- Özogul, Y., Durmus, M., Uçar, Y., Köşker, A.R. & Ozogul, F. (2017).** The combined impact of nanoemulsion based on commercial oils and vacuum packing on the fatty acid profiles of sea bass fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13222. DOI: [10.1111/jfpp.13222](https://doi.org/10.1111/jfpp.13222)
- Özyilmaz A. & Öksüz A. (2018 a).** The Effects of Different Storage Conditions on Fatty Acid Profile of Shark, Smooth-hound (*Mustelus mustelus*, Linnaeus 1758), Liver Oil; II. *International Fisheries Symposium*, 4-8 November 2018, Kyrenia, Cyprus, 54-55.
- Özyilmaz A. & Öksüz A. (2018 b).** The effects of storage conditions on fatty acid profile of shark, bignose shark (*Carcharhinus altimus*, Springer, 1950), liver oil; Çukurova I. *International Multidisciplinary Studies Congress*, 13-16 December 2018, Adana, Turkey.
- Özyilmaz, A. & Öksüz, A. (2015).** Determination of the biochemical properties of liver oil from selected cartilaginous fish living in the northeastern Mediterranean. *Journal of Animal and Plant Science*, 25, 160-167.
- Öksüz, A. & Özyilmaz, A. (2010).** Changes in fatty acid compositions of Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) during catching season. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(3), 381-385.
- Schlotz, N., Sørensen, J.G. & Martin-Creuzburg, D. (2012).** The potential of dietary polyunsaturated fatty acids to modulate eicosanoid synthesis and reproduction in *Daphnia magna*: a gene expression approach. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 162(4), 449-454.
- Simat, V., Bogdanovic, T., Poljac, V. & Petricevic, S. (2015).** Changes in fatty acid composition, atherogenic and thrombogenic health lipid indices and lipid stability of bogue (*Boops boops* Linnaeus, 1758) during storage on ice: effect of fish farming activities. *Journal of Food Composition Analysis*, 40, 120-125. DOI: [10.1016/j.jfca.2014.12.026](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.026)
- Wang, H., Liu, F., Yang, L., Zu, Y., Wang, H., Qu, S. & Zhang, Y. (2011).** Oxidative stability of fish oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during long-term storage. *Food Chemistry*, 128(1), 93-99.
- Yığın, C., Çakır, Ç., Cabbar, F., Kızılkaya, K., Ormanlı, B., Öztekin, H. B. & Özüdoğru, Y. (2019).** The liver lipid fatty acid composition consisting of two cartilaginous fish, thornback ray (*Raja clavata*) and common smooth-hound (*Mustelus mustelus*). *Aquatic Research*, 2(3), 143-153.



Türkiye’de Avrupa Deniz Levreği ve Çipura Yetiştiriciliğinin Üretim ve Ekonomik Göstergelerine Yakından Bir Bakış

Önder YILDIRIM* İsmail Berat ÇANTAŞ

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Muğla, Türkiye

Geliş/Received: 03.11.2021

Kabul/Accepted: 15.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Yıldırım, Ö. & Çantaş, İ.B. (2021). Türkiye’de Avrupa Deniz Levreği ve Çipura Yetiştiriciliğinin Üretim ve Ekonomik Göstergelerine Yakından Bir Bakış. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 668-673.

How to cite: Yıldırım, Ö. & Çantaş, İ.B. (2021). A Closer Look at Production and Economic Indicators of European Seabass and Gilthead Seabream Farming in Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 668-673.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2591-0310>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-2074-4985>

***Corresponding author:**

Önder YILDIRIM
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Muğla,
Türkiye
✉: onderyildirim@mu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliğinde son yıllarda en fazla üretilen ilk 3 tür içinde bulunan Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) ve çipura (*Sparus aurata*) balıklarının genel olarak illere göre üretim miktarları, değerleri, işletme sayıları ve kapasiteleri değerlendirilerek ülke ekonomisine katkıları ve potansiyellerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. 10 yıllık değişime bakıldığında 2011 yılında ülkemizin yetiştiricilik miktarı 188.790 tondan, 2020 yılında 421.411 tona çıkmıştır. 2011 yılından 2020 yılına gelindiğinde Avrupa deniz levreği 47.013 tondan 148.907 tona, çipura ise 32.187 tondan 109.749 tona çıkmıştır. Ülkemizde 2020 yılında yapılan toplam 421.411 ton yetiştiriciliğinin %61’ini bu iki tür oluşturmaktadır. Avrupa deniz levreğinin ülkemizde 11 ilde, çipura balığının ise 7 farklı ilde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu iki türün yetiştiriciliğinde de Muğla ilk sırada gelmekte, İzmir ise Muğla’yı takip etmektedir. Balık fiyatları Avrupa deniz levreğinde 2011’de 8,9 TL (5,32 USD) iken, 2020’de 29,53 TL (4,21 USD) olarak görülmektedir. Çipurada ise 2011’de 9,38 TL (5,61 USD) iken, yine 2020 yılında 28,31 TL (4,03 USD) olmuştur. Avrupa deniz levreğinde, ortalama işletme başına üretim miktarı 1.107 ton ile Mersin ilk sırada yer alırken, Çanakkale 33 ton ile en düşük üretime sahiptir. Çipurada ise ortalama tesis başına 1.135 ton ile Aydın ilk sırada yer alırken 11 ton ile Çanakkale son sırada yer almaktadır. Türkiye, dünya deniz balıkları yetiştiriciliği klasmanındaki liderliğini korumak için, zengin su kaynaklarını en optimum noktada kullanmada bilimsel verilerden yola çıkmaktadır. Çevreyle dost ve sürdürülebilir olarak dünya liderliğini koruma isteğini sürdüren ülkemiz Türkiye, gelecek öngörülerini yerli alternatif yem hammaddeleri ar-gelerine hız verme, yeni pazarlara girme, iklim değişikliğinin olası etkilerini en aza indirmek üzerine yoğunlaşmalıdır.

Anahtar kelimeler: Türkiye, Avrupa deniz levreği, çipura, iller, ekonomi.

A Closer Look at Production and Economic Indicators of European Seabass and Gilthead Seabream Farming in Turkey

Abstract: In this study, the production amounts, values, number of enterprises, and capacities of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fish, which are generally among the first 3 species in aquaculture in Turkey (on the basis of provinces), were evaluated. It is also aimed to reveal their contributions to the country's economy and their potential. When the 10-year change is tracked, the aquaculture amount of our country increased from 188790 tons in 2011 to 421411 tons in 2020. From 2011 to 2020, European sea bass increased from 47013 tons to 148907 tons and sea bream. It increased from 32187 tons to 109749 tons. In 2020, these two species account for 61% of the total 421411 tons of aquaculture in our country. European sea bass is grown in 11 provinces in our country, and sea bream is grown in 7 different provinces. While İzmir follows Muğla, Muğla comes first in the aquaculture of both species. As fish prices were 9.38 TRY (5.61 USD) in European sea bass in 2011, it became 29.53 TRY (4.21 USD) in 2020. While it was 8.9 TRY (5.32 USD) in sea bream in 2011, it became 28.31 TRY (4.03 USD) in 2020. In European sea bass, Mersin ranks first with an average

*Sorumlu yazar:
Önder YILDIRIM
Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of
Fisheries, Aquaculture, Muğla, Turkey
✉: onderyildirim@mu.edu.tr

production amount of 1,107 tons per enterprise, meanwhile Çanakkale has the lowest production with 33 tons. In sea bream, Aydın ranks first with an average of 1135 tons per facility, whereas Çanakkale ranks last with 11 tons. To maintain its leadership in the world of marine fish farming, Turkey sets out from scientific outputs in using its rich water resources at the optimum point. Our country, Turkey, which maintains its desire to maintain its world leadership in an environmentally friendly and sustainable manner, should focus its future projections on accelerating R&D of domestic alternative feed raw materials, entering new markets, and minimizing the possible effects of climate change.

Keywords: Turkey, European sea bass, seabream, provinces, economy.

GİRİŞ

Dünya su ürünleri üretimi 177,8 milyon tona ulaşmıştır. Bu toplam üretime avcılığın katkısı 92,5 milyon ton olurken, yetiştiricilik üretimi ise 85,3 milyon ton ile neredeyse yarısına ulaşmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından su ürünleri yetiştiricilik sektörü, dünyada en hızlı büyüyen gıda üretim sektörü olarak belirtilmektedir (FAO, 2021). Ülkemizde 2020 yılında, yaklaşık 364.400 ton avcılık, 421.411 ton yetiştiricilik ile toplam 785.811 ton su ürünleri üretimi gerçekleştirilmiştir. Toplam ihracat 2020 yılında 201.157 ton olarak kaydedilmiştir. Ülkemizde yapılan su ürünleri üretim miktarının, 559.932 tonu iç piyasa tarafından tüketilirken, 107.223 tonu ise balık unu ve balık yağı yapımında hammadde olarak değerlendirilmiştir. 2020 yılında, yetiştiriciliği yapılan en önemli türler 148.907 ton ile Avrupa deniz levreği, 144.182 ton ile gökkuşuğu alabalığı ve 109.749 ton ile çipura olmuştur (TÜİK, 2021).

2020 yılında deniz ve içsularda toplam tesis sayısı 2.139 iken toplam proje kapasitesi ise 516.784 ton olarak görülmektedir. Deniz balıkları tesis sayısı 432 adet olup, toplam proje kapasitesi ise 306.124 ton üretim gerçekleştirilmiştir. Deniz balıkları yetiştiriciliğinin, toplam yetiştiricilik üretimindeki payı 293.175 tondur (%69,9). Ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliğinin toplam değeri 2020 yılında 10,8 milyar TL (1,54 milyar dolar) olarak görülmektedir (TÜİK, 2021).

Su ürünleri, insan beslenmesine olan katkısı, istihdam oluşturması, gıda ve su ürünlerine sanayine hammadde sağlaması ve ihracatı yapılan en önemli canlı gıda ürünü olması nedeniyle ülke ekonomimiz için oldukça önemli bir yere sahiptir (Aydın ve Sayılı, 2009; TÜİK, 2021). Özellikle artan dünya nüfusu ile beraber talebi yükselen protein ihtiyacı ve doğal balık stoklarının çeşitli nedenlerle azalması, su ürünleri yetiştiriciliğine yönelik yatırımları arttırmaktadır (Çavdar, 2009). Dünya su ürünleri üretiminin artışının, geçmişe göre daha yavaş olmasına rağmen, arz-talep açığını doldurması beklenmektedir (FAO, 2018).

Dünya'da 2019 yılında Avrupa deniz levreği 263.215 ton, çipura ise 258.754 ton yetiştirilmiştir. Dünya su

ürünleri yetiştiricilik üretimi içinde (FAO, 2021) %0,3 'lük paya sahip olan Türkiye, denizel yetiştiricilikte Akdeniz havzasında bir numaralı yetiştirici ülke konumunda olduğu görülmektedir (Tolon, 2019). Avrupa Birliğinde toplam Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği 82.758 ton iken, çipura yetiştiriciliği 91.091 ton üretim gerçekleşmiştir. Sırasıyla Avrupa deniz levreği ve çipura toplam yetiştiricilik içinde %11 ve %7'lik payı oluşturmaktadırlar (FAO, 2021).

Türkiye'nin deniz balıkları yetiştiriciliğinde önemli iki türü çipura ve levrek balıklarının üretim miktarları incelendiğinde her geçen yıl üretimin arttığı görülmektedir. Ülkemizde son 10 yılda olduğu gibi 2020 yılında da Avrupa deniz levreği ve çipura yetiştiriciliği yapılan ilk 3 tür arasına girmektedir. Avrupa deniz levreği ve çipura yetiştiricilik sektöründeki yakalanan ivmenin sürdürülebilir olması ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

Ülkemizin su ürünleri açısından başlıca ihracatını AB ülkeleri oluşturmaktadır. Bu bağlamda Avrupa birliğine en fazla ihracatı yapılan ürünlerin Avrupa deniz levreği ve çipura olduğu, Avrupa Birliği ülkeleri arasında en başta gelen rekabet ettiğimiz ülkelerin İspanya, İtalya ve Yunanistan olduğu görülmektedir. 2000 yılında 139 milyon TL olan toplam değer, 2003 yılında 415 milyon TL, 2012 yılında 1,6 milyar TL ve 2016 yılında ise 3,2 milyar TL olduğu bilinmekte (Anonim, 2018), 2020 yılında ise bu rakamın 10,8 milyar TL olduğu dikkat çekmektedir. Türkiye su ürünleri yetiştiricilik sektörü, destek ve teşvikleri içeren su ürünleri politikaları ile 2023 yılında 600 bin ton su ürünleri üretimi ve 2 milyar dolar ihracat gelirini hedeflemektedir (TAGEM, 2019).

Bu çalışmada, Avrupa deniz levreği ve çipura yetiştiriciliğinin, iller bazında yetiştiricilik miktarları, değerleri, işletme sayıları, proje kapasiteleri incelenerek, son on yıllık yakın geçmişten günümüze doğru Türkiye profili ortaya çıkarılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Yapılan bu çalışmadaki Avrupa deniz levreği ve çipuraya ait yetiştiricilik verileri (miktar, fiyat), Türkiye İstatistik Kurumu ve ilgili Tarım ve Orman İl Müdürlüklerinin web sayfalarından süzülerek elde

edilmiştir. İşletme sayıları ve kapasiteleri ise Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü internet sitesinde yer alan güncel su ürünleri yetiştiricilik tesisleri listesinden derlenmiştir. Elde edilen veriler tablolar haline getirilerek bulgular bölümünde irdelenmiştir. Güncel Avrupa deniz levreği ve çipura fiyatlarının üretim maliyetleri ise firmalarla ikili görüşmeler neticesinde elde edilmiştir.

BULGULAR

2020 yılında yetiştiricilikte ilk sırada bulunan Avrupa deniz levreği 148.907 ton üretim miktarına ulaşmıştır. Son 10 yılda ülkemizde yapılan levrek yetiştiriciliğinin miktarı (Ton), değeri (TL ve USD) ve üretim yapılan il sayısı Tablo 1'de gösterilmektedir.

Muğla deniz balıkları yetiştiriciliğinde 205 Avrupa deniz levreği, 203 çipura işletmesi ile ilk sırada yer almaktadır. Muğla ili sahil şeridinin girintili-çıkıntılı yapısı ve yaklaşık 1124 km'lik kıyı uzunluğuna sahip olması Muğla'yı diğer illere göre daha avantajlı bir konuma getirmiştir. Yine, Ege bölgesinde yer alan İzmir 50 Avrupa Deniz Levreği, 48 Çipura işletmesi ve Aydın ise 16 Avrupa

deniz levreği ve 15 Çipura işletmesi işletme ile Muğla ilini takip etmektedirler.

Tablo 1. Türkiye'de son 10 yılda Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği (BSGM, 2021; TÜİK, 2021).

Table 1. European seabass aquaculture production in last ten years in Turkey.

Avrupa Deniz Levreği (Türkiye Düzeyi)	Miktar	Değer (TL)	Değer (USD)*	Üretim Yapılan İl Sayısı
2011	47.013	8,90	5,32	8
2012	65.512	10,99	6,13	11
2013	67.912	10,48	5,51	11
2014	74.653	12,06	5,53	11
2015	75.164	13,51	4,96	10
2016	80.847	16,80	5,56	8
2017	99.971	18,56	5,09	10
2018	116.915	20,95	4,35	10
2019	137.419	23,41	4,12	11
2020	148.907	29,53	4,21	11

*TCMB, (2012-2021)

İllere göre Avrupa deniz levreği yetiştiriciliğini özetlemek gerekirse 2020 yılında ülkemizde 11 ilde levrek yetiştiriciliği gerçekleştirilmiş Muğla 65.750 ton ile ilk sırada, İzmir 55.156 ton ile ikinci sırada, Aydın ise 18.166 ton ile 3. Sırada yer almaktadır. Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği yapılan illerdeki 2020 yılı üretim miktarları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. İllere göre Avrupa deniz levreği üretim miktarları (BSGM, 2021; TÜİK, 2021).

Table 2. European seabass aquaculture production by provinces.

Avrupa Deniz Levreği Üretimi İllere Göre (2020)	İller	Üretim Miktarı (Ton)	Türkiye içindeki payı (%)	İşletme Sayısı	Türkiye içindeki payı (%)	Proje Kapasitesi (Ton)*
1.	Muğla	65.750	44,15	205	65,07	67.068
2.	İzmir	55.156	37,04	50	15,87	74.400
3.	Aydın	18.166	12,19	16	5,07	18.220
4.	Samsun	4.300	2,88	10	3,17	9.874
5.	Antalya	1.544	1,03	5	1,58	2.150
6.	Hatay	1.389	0,93	3	0,95	1.650
7.	Mersin	1.190	0,79	10	3,17	2.545
8.	Ordu	622	0,41	6	1,90	950
9.	Trabzon	621	0,40	7	2,22	1.000
10.	Sinop	158	0,10	2	0,63	987
11.	Çanakkale	11	0,08	1	0,31	13
TOPLAM	11	148.907	100	315	100	178.857

* BSGM, (2021)

Ülkemizde son yıllarda ve 2020 yılında yetiştiriciliği yapılan türler arasında 3. Sırada çipura gelmekte olup, 2020 yılında 109.749 ton yetiştiricilik gerçekleştiği görülmektedir. Son 10 yılda ülkemizde yapılan çipura yetiştiriciliğinin miktarı (ton), değeri (kg başına TL fiyat) ve üretim yapılan il sayısı Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Türkiye'de Son 10 yılda çipura yetiştiriciliği (BSGB, 2021; TÜİK, 2021).

Table 3. Gilthead sea bream aquaculture production in last ten years in Turkey.

Çipura (Türkiye Düzeyi)	Miktar	Değer (TL)	Değer (USD)*	Üretim Yapılan İl Sayısı
2011	32.187	9,38	5,61	5
2012	30.743	8,97	5,01	7
2013	35.701	9,62	5,05	8
2014	41.873	11,04	5,06	8
2015	51.844	12,83	4,71	7
2016	58.254	14,04	4,64	7
2017	61.090	16,66	4,57	8
2018	76.680	19,70	4,09	8
2019	99.730	21,89	3,86	7
2020	109.749	28,31	4,03	7

* TCMB, (2012-2021)

Ülkemizde çipura yetiştiriciliğine bakacak olduğumuzda, 2020 yılında ülkemizde 7 ilde gerçekleştirilmiş olup, çipura yetiştiriciliğinde Muğla 52.000 ton ile ilk sırada, İzmir 33.389 ton ile ikinci sırada, Mersin ise 17.719 ton ile 3. Sırada yer almaktadır. Çipura yetiştiriciliği yapılan illerin 2020 yılı üretim özeti Tablo 4'te gösterilmiştir.

Ülkemizde, toplam Avrupa deniz levreği işletmesi 315 adet, çipura yetiştiricilik tesisi ise 290 adettir. En yüksek Avrupa deniz levreği üretimine sahip olan Muğla ilinin işletme sayısı bakımından çiftlik başına ortalama 320 ton üretim yaptığı görülmüştür. Muğla ilinin üretim bakımından 1. olmasına rağmen tesis başına üretim ortalamasının düşük olmasının sebebi, Milas ilçesinde yer alan toprak havuzlarda üretim yapan kapasitesi 50 ton altındaki işletmelerin çok sayıda olmasıdır. Aydın ili 1.135 ton ile tesis başına ortalama en yüksek üretimi yakalamıştır. Avrupa deniz levreğinde en düşük üretim 1

tesisi bulunan Çanakkale’de gerçekleştirilmiş olup tesis başına üretim 11 ton olarak görülmektedir. Çipura açısından bakacak olursak en fazla tesis 203 adetle Muğla’da görülürken, tesis başına ortalama 256 ton üretim

gerçekleştirilmiştir. Tesis başına ortalama üretimde 1.107 ton ile Mersin ilk sırada gelmektedir. En düşük üretim ise 1 tesisi bulunan Çanakkale’de ortalama 33 ton olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. İllere göre çipura üretimi (BSGM, 2021; TÜİK, 2021).

Table 4. Gilthead sea bream production by province.

Cipura Üretimi İllere Göre (2020)	İller	Üretim Miktarı (Ton)	Türkiye İçindeki Payı (%)	İşletme Sayısı	Türkiye İçindeki Payı (%)	Proje Kapasitesi(Ton)*
1.	Muğla	52.000	47,38	203	70	56.148
2.	İzmir	33.389	30,42	48	16,55	71.900
3.	Mersin	17.719	16,14	16	5,51	14.685
4.	Antalya	4.128	3,76	5	1,72	3.730
5.	Hatay	1.843	1,67	2	0,68	2.600
6.	Aydın	637	0,58	15	5,17	734
7.	Çanakkale	33	0,03	1	0,34	25
Toplam	7	109.749	100	290	100	149.822

* BSGM, (2021)

TARTIŞMA

Deniz balıkları yetiştiriciliğinde 1980’li yıllardan başlayan faaliyetler, istatistiki olarak 1986 yılındaki verilere bakıldığında, sadece 35 ton olarak yansımış ve 1996 yılında 15.241 tona yükselmiştir. 2020 yılına gelindiğinde yaklaşık 293 bin tona ulaşarak, tüm zamanların rekorunu da kırmıştır.

Avrupa deniz levreği ve çipura yetiştiriciliğinin ülkemizde bu denli yüksek olmasının sebeplerinden biri, denizlerde yüksek kapasiteli üretimin yapılabilme imkânından kaynaklanmaktadır. Yetiştiricilik tesislerinin çoğu 0-50 ton/yıl kapasite grubundaki küçük işletmelerden meydana gelmekte ve denizlerde 1000 ton/yıl üzerinde 80 işletme bulunurken, iç sularda bu sayının 3 olduğu görülmektedir (TAGEM, 2019). Ülkemizde 2020 yılında üretim yapan 315 Avrupa deniz levreği ve 290 adet çipura işletmesi olduğu görülmektedir. Bu işletmelerin üretiminin büyük kısmı ağ kafeslerde gerçekleşirken, toprak havuz işletmeleri de bulunmaktadır. Ağ kafes işletmelerin büyük bir çoğunluğu Ege Bölgesinde faaliyet göstermektedir.

Baki ve Dalgıç (2009), yaptıkları çalışmada Ordu ilinde işletmelerin ikinci bir tür olarak yetiştiriciliğe başladığını Avrupa deniz levreği üretim kapasitelerinin (60-120 ton/yıl), Ege Bölgesi’ndeki ağ kafes (500-1000 tonluk) işletmelerine oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. İşletmeler kapasitelerini artırma çabası içinde olsalar bile, hâkim rüzgâr ve yüksek dalgalardan daha az etkilenen kısmen korunaklı alanların genişleme imkânı olmayacak derecede sınırlı olması nedeniyle bunu gerçekleştiremedikleri tespit edilmiştir. Çevresel şartlar ve türün istediği su kalitesi özelliklerinden dolayı Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği Ege bölgesinde daha baskın olarak yapılmaktadır.

Taş (2007) yaptığı çalışmada Ordu ili Vona Koyu’nda 2006 yılında 634 ton levrek üretim gerçekleştirildiğini tespit etmiş, bizim çalışmamızda verilen rakamlara göre Ordu ili levrek yetiştiriciliği 2020 yılında, 622 ton olarak görülmektedir. Bu durumda levrek

yetiştiriciliğinin bu bölgede Ege bölgesi gibi artmadığı ama belirli bir istikrarı koruduğu görülmektedir.

Karadeniz Bölgesi’nde yoğun yetiştiricilik yapılmadığı için yaygın hastalıklar bulunmaması ve düşük tuzluluktan kaynaklanan lezzet farkı gibi nedenlerle pazarda tercih edilmesinin bölgede avantaj sağladığı belirtilmektedir (SÜMAE, 2012).

Hekimoğlu ve Altındeğer (2012) yaptıkları çalışmada Samsun ilinin 2010 yılında su ürünleri üretimine katkısını toplam 23.483 ton olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada, Samsun ilinin 2020 yılı Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği miktarı 4.300 ton ile Türkiye’de 4. ve önemli bir konumdadır.

Türkiye’de 2003 yılı verilerine göre 1215 adet alabalık, 86 adet sazan ve 358 adette çipura, levrek ve orkinos işletmesi olmak üzere toplam 1659 adet işletme vardır (Tekelioğlu, 2007). 2020 yılına gelindiğinde ise toplam işletme sayısının 2.139 olduğu ve üretimdeki teknolojik gelişmeler ayrıca bilgi donanımı ile birlikte üretimin arttığı dikkat çekmektedir.

Yıldırım ve Okumuş (2004) yılında yaptıkları çalışmada Muğla ilinin 21.795 ton üretimiyle, Türkiye su ürünleri yetiştiriciliğinin yaklaşık %36’sını karşıladığını, Muğla’nın Türkiye üretimindeki payı çipurada yaklaşık %75, levrekte %64 olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, Muğla ili 141.959 ton yetiştiricilik ile ülkemizdeki toplam üretimin %34’ünü, Avrupa deniz levreği üretiminin %44’ünü, çipura üretiminin ise %47’sini oluşturduğu görülmüştür. Muğla ilinin üretim payındaki bu azalmanın sebebinin diğer illerde de başlayan ve artış gösteren çipura ve Avrupa deniz levreği yetiştiriciliğinden kaynaklanmaktadır.

Yaptığımız ikili görüşmelere göre Avrupa deniz levreğinin 2021 yılında (Ekim ayı) maliyeti (yem, yavru gideri ve diğer giderler) ortalama 37 TL (4,5 USD) iken balık marketlerinde satış fiyatının ortalama 60-65 TL (7,31-7,92 USD), çipura balığının maliyeti 35 (4,2 USD) iken, balıkçı tezgahlarında satış ortalaması 50-55 TL (6,09-6,70 USD) olarak görülmektedir. Üretim dönemi boyunca

Avrupa deniz levreğinde yem giderinin yaklaşık %65, çipurada ise %60 olduğu elde edilen bilgiye göre saptanmıştır. Korkut ve Yıldırım (2003), yaptıkları çalışmada yem giderlerinin tüm maliyet unsurları içindeki değerleri balıklara göre incelendiğinde çipurada %57 ve levrekte %59 olduğunu ve yem giderlerinin yetiştiricilikte önemli bir maliyet oluşturduğu ortaya koymuşlardır. Yem giderlerinin işletme giderleri içinde oransal olarak daha fazla çıkması, özellikle döviz üzerinden ithal hammaddelere bağlanması beklenen bir durumdur. Yetiştiriciliğin gelişmesinde üretim miktarı ve değeri etkileyen unsurların başında da yem giderlerinin geldiği aşikardır.

BAKKA (2021) raporuna göre Zonguldak ilinde 1000 Tonluk bir Avrupa deniz levreği işletmesinin kuruluş maliyetinin 1,1 milyon dolar olduğu görülmektedir. Yine 1000 tonluk çipura üretim tesisinin kuruluş maliyeti 1,03 milyon dolar olduğu tespit edilmiştir. 1000 tonluk standart bir üretimde geri dönüş süresinin 6-8 yıl arasında olacağı tahmin edilmektedir (Çukurova Kalkınma Ajansı, 2020). Su ürünleri sektöründe daha yüksek fiyatların olacağı bir 10 yıllık dönem beklenmektedir. Bu fiyatlara, artan nüfus, avcılıkta yaşanan düşüşler, et fiyatlarındaki artış ve üretim maliyetlerinin artması (yem ve akaryakıt giderleri vb.) neden olacağı düşünülmektedir (BAKKA, 2021). 2030 yılındaki fiyatlandırmanın günümüze göre dolar bazında yaklaşık %25 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir (FAO, 2018). Balık unu ve balık yağı fiyatlarındaki artış da burada etkili olacaktır.

SONUÇ

Ülkemiz, su ürünleri üretiminde 1 milyon tonluk miktarı yakalamasına, az bir zamanın kaldığı rakamlardan anlaşılmaktadır. 2023 yılı hedefindeki yetiştiricilik vasıtasıyla üretim miktarı olan 600 milyon tona ise adım yaklaşmaktadır. 2020 yılına ait, 421.411 tonluk yetiştiricilik üretiminin %35'i Avrupa deniz levreğinden, %26'sı çipuradan gelmiştir.

Ülkemiz su ürünleri yetiştiriciliği 1984 yılında 2.284 ton iken, 1999 yılında 63.000 ton 2011 yılında 188.790 ton ve 2020 yılında da 421.411 tona yükselerek büyük bir değişim göstermiştir. İşletme sayısı ise 1999 yılında 1.079 iken 2020 yılında ise 2.193 adete çıkmıştır.

2020 yılında Türkiye'de toplam 421.411 ton yetiştiricilik yapılmıştır. 11 ilde toplam 148.907 tonu Avrupa deniz levreği yetiştirilmiş olup, ortalama değeri kg başına 29,53 TL (4,21 USD) olarak gerçekleşmiştir. 7 ilde 109.749 ton çipura yetiştiriciliği yapılmış olup, ortalama değeri kg başına 28,31 TL (4,03 USD) olduğu tespit edilmiştir.

Koronavirüs (Covid-19) salgınının 2020 yılının mart ayında baş göstermesi üzerine, özellikle beslenmeyle

bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi tavsiye edilmiştir. Özellikle dengeli beslenme ile birlikte vitamin D, çinko-demir minerali ve omega-3 yağ asitleri (DHA-EPA) barındıran balık tüketimi ilk akla gelenler arasında yerini almıştır. Halkımızın pandemi süresince balık tüketimine yönelik birtakım kampanyalar, Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü öncülüğünde gerçekleşmiştir. Çipura ve Avrupa deniz levreği maliyetine yakın fiyatlar ile (22,90 TL; 24,90 TL- 3,30-3,59 USD; Nisan 2020) satışa çıkarılmıştır.

Ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği iklim ve çevre koşullarının uygun olduğu, 74 ilde gökkuşağı alabalığı, 11 ilde Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği ve 7 ilde çipura yetiştiriciliği yapılmaktadır. Diğer türlerde olduğu gibi, deniz balıkları yetiştiriciliğinde özellikle Avrupa deniz levreği ve çipura üretiminde bilimsel verilerden faydalanarak hareket edilmektedir. İşletmelerin en önemli giderlerini yem oluştururken Avrupa deniz levreği ve çipura yetiştiriciliğinde yem değerlendirme oranları (FCR) 1,5-2,0 arasında değişmekte ortalama 1,8 düzeyinde görülmektedir. Toplam üretim rakamlarına bakıldığında, yetiştirilen Avrupa deniz levreği için 266.400 ton, çipura için ise 196.200 ton yem kullanılmış olduğu tahmin edilmektedir. Balık yem rasyonlarının (farklı balık büyüklük safhaları için kullanılan yavru ve büyütme yemleri içinde) %20-40'ını balık unu ve %10-20 arasında da balık yağı kullanımı oluşturmaktadır. Bu iki esas hammaddenin ülkemiz çerçevesinde üretimi yetecek düzeyde olmadığı için, çok büyük bir kısmı ithal edilmekte ve ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Buna ilaveten gün geçtikçe de artan hammadde maliyetlerinden dolayı, yem fiyatları da yükselmektedir. Bu nedenle alternatif yerli yem hammaddelerin bugünden başlanarak ar-ge çalışmalarına hız verilmesi gelecekte bu noktadaki açığımızı azaltabilecektir. Yem hammadde seçiminde çevreyle dost ilişkinin kurulması ayrı bir öneme sahiptir. Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği sağlanırken, aynı zamanda çevresel etkilerin de en aza indirilmesi de amaçlanmalıdır. İklim değişikliğinin olası etkilerinin en önce görüldüğü yer olan sucul ortam için yetiştiricilik faaliyetleri için bölgesel öngörüler şimdiden ele alınmalıdır. Aynı şekilde değişen ortam için uygun türler üzerinde de durulmalıdır. Mevcut pazarların sağlamaştırılması ve yeni alternatifler pazarlar için ihracatı geliştirme modelleri planlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aydın, O. & Sayılı, M. (2009).** Samsun İlinde Alabalık İşletmelerinin Yapısal ve Ekonomik Analizi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 97-107.
- Baki, B. & Dalgıç, G. (2009).** Ordu İli Perşembe İlçesinde Levrek (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerde Üretim ve

- Teknik Özellikler. *Anadolu J. Agric. Sci.* **24**(1), 8-1.
- BAKKA. (2021).** Zonguldak İli Levrek, Gökkuşluğu Alabalığı ve Deniz Alabalığı Yetiştiriciliği, Ön Fizibilite Raporu, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. 74 Sf.
- BSGM. (2021).** Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi/Su-Urunleri-Tesisleri-2019.pdf> (21 Ekim 2021).
- Çukurova Kalkınma Ajansı. (2020).** Adana İli Çipura Üretim Tesisi, Ön Fizibilite Raporu, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. 34s.
- FAO. (2018).** <http://www.fao.org/3/CA0191TR/Ca0191tr.Pdf> (21 Ekim 2021).
- FAO. (2021).** Global Production Statistics 1950-2017. <http://www.Fao.Org/Fishery/Statistics/Global-production/Query/En>. (21 Ekim 2021).
- Hekimoğlu, B. & Altındeğer, M. (2012).** Türkiye ve Samsun İlinde Su Ürünleri Sektörünün Mevcut Durumu Sorunları ve Çözüm Önerileri, Samsun Valiliği Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, 35s.
- Korkut, A.Y. & Yıldırım, Ö. (2003).** Türkiye’de Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Yetiştiricilikte Alternatif Yem Kaynakları *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi.* **20**(1-2), 247-255.
- SÜMAE. (2012).** Doğu Karadeniz Bölgesi Su Ürünleri Sektör Raporu. Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon. 107s.
- TAGEM. (2019).** Su Ürünleri Sektör Politika Belgesi. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/belgeler/yayin/su%20ürünleri%20sektor%20politika%20belgesi%202019-2023.Pdf>. (15.11.2020).
- Taş, B. (2007).** Vona Koyu’nda (Güney Karadeniz, Ordu, Türkiye) Su Ürünleri Yetiştiriciliği. *Journal of Fisheriesciences.Com.* **1**(4), 176-183. <https://doi.org/10.3153/Jfscm.2007021>
- TCMB. (2021).** Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Ortalama Döviz Kurları, <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/67c9353c-d201-40fb-9e19-a99dd1653d6e/Rom+ortalama+kur.Xlsx?Mod=ajperes&cacheid=rootworkspace-67c9353c-d201-40fb-9e19-a99dd1653d6e-mq-iiag> (30/10/2021).
- Tekelioğlu, N., Kumlu, M., Yanar, M., & Erçen, Z. (2007).** Türkiye’de Su Ürünleri Üretimi Sektörünün Durumu ve Sorunları.
- Tolon, T. (2019).** *Türkiye’de Geçmişten Günümüze Tarım Politikaları ve Ekonomisi.* Edition: 1, Chapter: 13, 283-298, Akçağ Yayınevi,
- TÜİK. (2021).** Türkiye Su Ürünleri İstatistikleri. <https://Data.Tuik.Gov.Tr/Kategori/Getkategori?P=tarim-111&dil=1> (29/10/2021)
- Yıldırım, Ö. & Okumuş, İ. (2004).** Muğla İli’nde su ürünleri yetiştiriciliği ve Türkiye su ürünleri yetiştiriciliğindeki yeri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi.* **21**(3-4), 361-364.



Fırtına Vadisi Meydanköy Şimşir Ormanı Arazi Karakteristiklerinin CBS Yardımıyla Tespiti ve Ekolojik Değerlendirilmesi

Turan YÜKSEK^{1*} Ali Erdem ÖZÇELİK¹ Bülent VEREP²

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

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: 11.11.2021

Kabul Tarihi: 20.12.2021

Basım Tarihi: 31.12..2021

Atıf yapmak için: Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2021). Fırtına Vadisi Meydanköy Şimşir Ormanı Arazi Karakteristiklerinin CBS Yardımıyla Tespiti ve Ekolojik Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 674-678.

How to cite: Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2021). Determination and Ecological Evaluation of Meydanköy Boxwood Forest Land Characteristics in Firtına Watershed Using of GIS. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 674-678.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2964-1760>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-5877-1738>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4238-8325>

***Sorumlu yazarın:**

Turan YÜKSEK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye.
✉: turan.yuksekt@erdogan.edu.tr

Öz: Hızlı sanayileşme, değişim ve aşırı tüketim çok ciddi çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Artan çevre sorunları ormanlık alanlar ve hassas ekosistemler üzerinde yerel veya küresel ölçekte ciddi riskler ve sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, dünya genelinde 200 önemli ekolojik bölgeden biri olarak tanımlanan Kuzeydoğu Anadolu coğrafyası içerisinde yer alan Fırtına vadisi Meydanköy şimşir ormanlarının arazi ve çevre karakteristiklerinin tespit edilmesi ve şimşir orman ekosistemi ile arasındaki etkileşimin ortaya konulmasıdır. Bu amaçla araştırma alanı arazi karakteristiklerine (eğim, yükselti, anakaya, meşcere karakteristikleri, drenaj ağı, vb) ait verilerin analizleri Google Earth Pro ve ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanı Fırtına havzası içerisinde ve Çamlıhemşin ilçe merkezine 20 km uzaklıktadır. Araştırma alanı 3,70 ha olup Şimşir ekosisteminin tamamı 1. derece sit alanı içinde ve mevcut alanın yaklaşık %75-80 arasındaki bölümünün ise Kaçkar Dağları Milli Parkı içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırma alanı arazisinin vadi tabanında ve yaklaşık %75'inin gölgeli bakımlar üzerinde olduğu ve şimşir ekosisteminin tam ortasına trafik yoğunluğu oldukça fazla olan bir yolun geçtiği tespit edilmiştir. Koruma kullanma prensibine uygun ve bazı kısıtlarını içere alan kullanım ve yönetim modelinin oluşturulması, ekosistem içindeki bazı kızılgaçların alandan çıkarılması, alan içinden geçen yol güzergahının değiştirilerek alan dışına çıkarılması Şimşir ekosisteminin sağlığının artırılması ve sürdürülebilir yönetimi için yararlı olabilir

Anahtar kelimeler: Arazi karakteristikleri, coğrafi bilgi sistemleri, meydanköy, şimşir.

Determination and Ecological Evaluation of Meydanköy Boxwood Forest Land Characteristics in Firtına Watershed Using of GIS

Abstract: Rapid industrialization and excessive consumption bring about very serious environmental problems. Increasing environmental problems cause serious risks and problems on forest areas and sensitive ecosystems on a local or global scale. The aim of this study is to determine the land and environmental characteristics of the Meydanköy boxwood forests in Firtına creek located in the Northeast Anatolian geography, which is defined as one of the 200 important ecological regions around the world, and to reveal the interaction between the boxwood forest ecosystem. The analysis of the data belonging to the land characteristics of the research area (slope, elevation, bedrock, stand characteristics, drainage network, etc.) was carried out using Google Earth Pro and ArcGIS 10.5 software. It has been determined that the research area is 20 km away from the Çamlıhemşin district center in the Firtına valley, its approximate area is 3,70 ha and the entire boxwood ecosystem is within the 1st degree protected area, and approximately 75-80 % of this area is within the Kaçkar Mountains National Park. It has been determined that the research area is on the valley floor and approximately 75% of it is on shady views, and a road with a high traffic density passes right in the middle of the boxwood ecosystem. Establishing a use and management model that complies with the conservation-use principle and includes some of its limitations, removing some alder trees within the ecosystem from the area, changing the road route through the area and taking them out of the area may be beneficial for increasing the health of the boxwood ecosystem and its sustainable management.

***Corresponding author's:**

Turan YÜKSEK
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of
Engineering & Architecture, Department of
Landscape Architecture, Rize, Turkey.
✉: turan.yuksekt@erdogan.edu.tr

Keywords: Boxwood, geographic information systems, land characteristics, meydanköy.

GİRİŞ

İnsan sağlığı ve yaşam konforu çevre ile bağlantılıdır. Çevre koşulları, insanların fiziksel, duygusal, zihinsel ve sosyal hayatında çok önemli bir yere sahiptir. Çevre koşullarının iyi olması insanların fiziksel, zihinsel gelişimleri yanı sıra iş verimliliklerini, hayata bakış açılarını pozitif yönden etkilemekte ve mutlu toplumların oluşmasına katkı sağlarken; olumsuz çevre koşulları ise insanların ruh ve beden sağlığı, fiziksel gelişimi ve hayata bakış açılarını negatif yönde etkilemektedir. Bir diğer önemli husus insanların ruh ve beden sağlığı üzerinde olumlu etkiler yapan önemli ekolojik alanların olumsuz insan davranışları, hatalı planlamalar veya plansız ve aşırı kullanımlar ve küresel iklim değişimi nedenleri ile tehdit altında olmasıdır.

Dünya genelinde sahip olduğu kaynak değeri (flora, fauna, jeolojik yapı, hidroloji, sucul yapı, iklim, vb) itibarı ile öne çıkan 200 önemli karasal ekolojik bölge bulunmaktadır. Fırtına vadisi ve Meydanköy Şimşir ormanı Kafkasya-Anadolu-Hyrcanian Ilıman Ormanları olarak tanımlanan 200 önemli karasal ekolojik bölge içinde yer almaktadır (Olson & Dinerstein, 2002). Ekolojik bölge, "o bölgeyi karakterize eden karakteristik toprak ve yeryüzü şekli kombinasyonları ile ilişkili yinelenen bir ekosistem modelidir (Brunckhorst, 2000). Bu ekosistemlerin sahip olduğu kaynak değerlerinin korunması, koruma-kullanma dengesine göre faydalanılması sürdürülebilir yönetim için çok önemlidir.

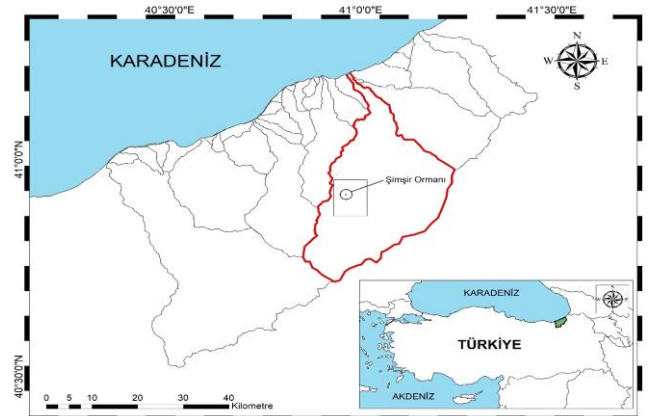
Bu çalışmanın amacı Fırtına havzası Meydanköy Şimşir ormanların yayılış alanı arazi karakteristiklerinin (yükselti, eğim, bakı vb) coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile belirlenmesi ve şimşir ormanların kurumasına etki eden risk unsurlarının ekolojik ilkeler dikkate alınarak irdelenmesidir.

Araştırma Sahası Coğrafi Konumu ve Bazı İklim Özellikleri: Çalışma konusu olarak seçilen araştırma alanı Fırtına deresi yağış havzasında ve tarihi Zilkale'ye 7,7 km, Çamlıhemşin ilçe merkezine 20 km uzaklıkta, 40° 54' 25'' – 40° 54' 30'' kuzey enlemleri ile 40° 56' 50''- 40° 57' 00'' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Araştırma alanı içinde veya yakın çevresinde bir meteoroloji istasyonu olmadığı için iklim verilerinde Pazar Meteoroloji İstasyonu verileri ile araştırma alanı ile yaklaşık aynı yükselti kademesinde ve komşu havzada yer alan Ayder Awos verilerinden yararlanılmıştır. Araştırma alanı yıllık ortalama sıcaklığı 8,6 °C, ortalama sıcaklık değerine göre en sıcak ay Temmuz (18,6 °C), en soğuk ay Ocak (-2,4 °C) tır (Yüksek, 2013). 2013-2019 Ayder Awos verilerine göre yıllık toplam yağış miktarı 958 mm'dir (Yüksek vd., 2020).

MATERYAL VE METOT

Materyal: Araştırma alanı Google Earth Pro, korunan alanlar veri tabanı, orman amenajman planı, jeolojik yapı veri tabanı ve ArcGIS 10.5 yazılımı bu çalışmanın ana materyallerini oluşturmaktadır.

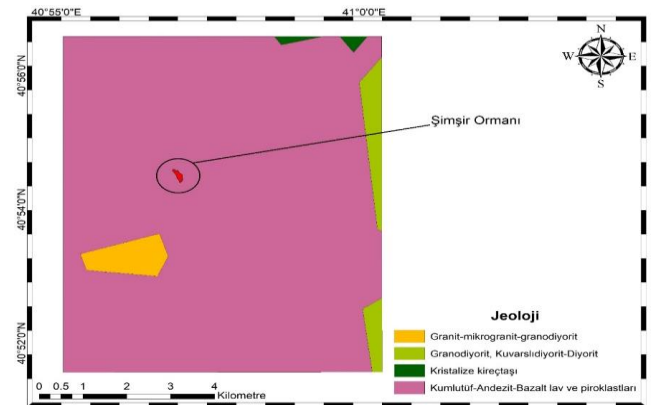
Yöntem: Araştırma alanı arazi karakteristiklerine (eğim, yükselti, anakaya, meşcere karakteristikleri, drenaj ağı, vb) ait verilerin analizleri Google Earth Pro ve ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanına ait diğer ekolojik gözlemler alan içi ve çevresinde yapılan arazi çalışmaları ile yürütülmüştür.



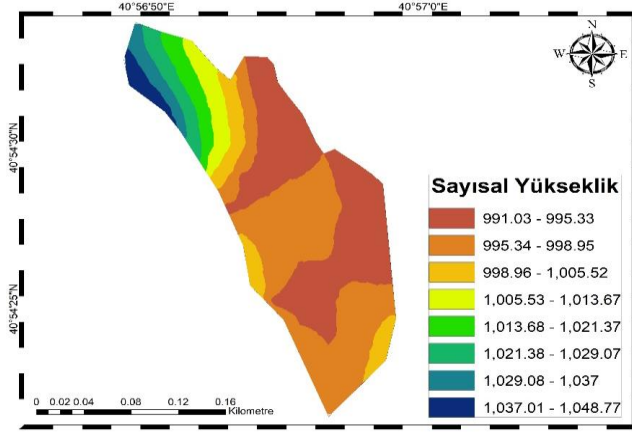
Şekil 1. Meydanköy Şimşir ormanı coğrafi (konumsal) gösterimi.
Figure 1. Geographical location of Meydanköy Boxwood forest

BULGULAR

Şimşir ekosisteminin sahip olduğu alan yaklaşık 3,70 hektar olup, şimşir ekosistemin tamamı 1. derece sit alanı içindedir. Şimşir ekosistem alanının 2,85 hektarı (%77,03) Kaçkar Dağları Milli Park Sınırları içerisinde kalmaktadır. Araştırma alanının tamamı Kumlu tuf-Andezit-Bazalt lav ve Piroklastları kayaç grubu üzerindedir (Şekil 2). Araştırma alanı 991-1048 m yükseltileri arasında yer almaktadır (Şekil 3).

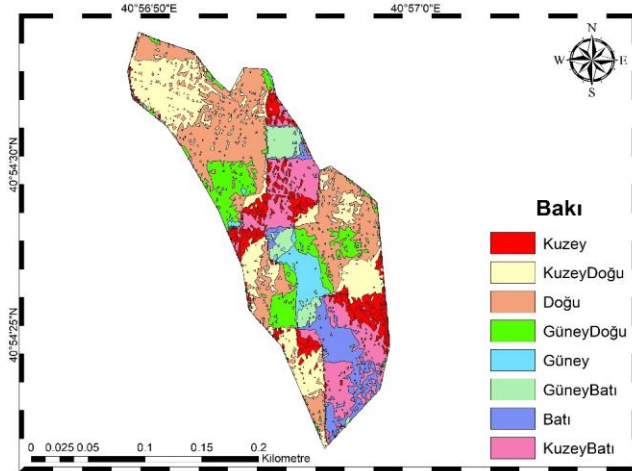


Şekil 2. Araştırma alanı kayaç guruplarının dağılımı.
Figure 2. Distribution of rock groups in the study area.



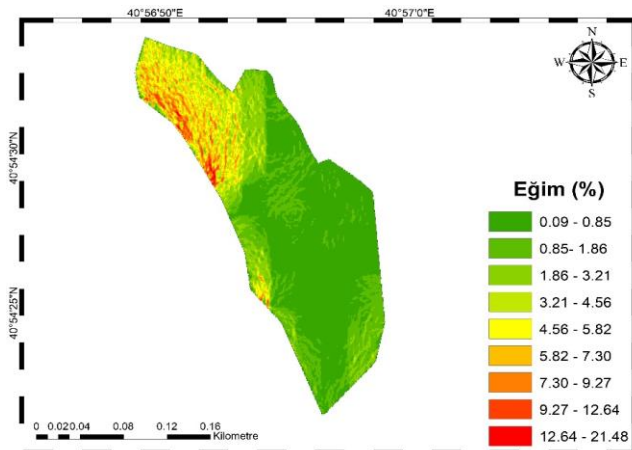
Şekil 3. Araştırma alanı yükselti kademeleri.
Figure 3. Elevation levels in the study area.

Araştırma alanındaki arazilerin %75,15'i gölgeli bakılar, %24,85'i güneşli bakılar üzerindedir. En az arazi varlığı %4 ile güney bakıda, en yüksek arazi varlığı %28,06 ile doğu bakı üzerindedir (Şekil 4).



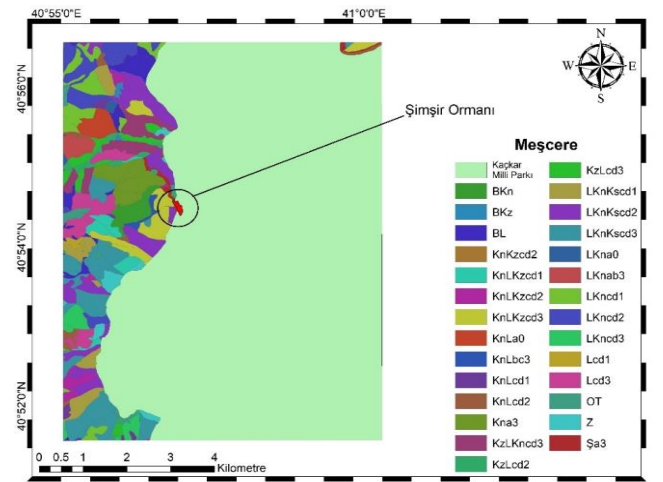
Şekil 4. Araştırma alanı bakı dağılım haritası.
Figure 4. Aspect groups in the research area.

Araştırma alanı eğimi %1-20 arasında değişmektedir. Alan içerisindeki eğim güneyden kuzeye doğru gidildikçe artmaktadır (Şekil 5).

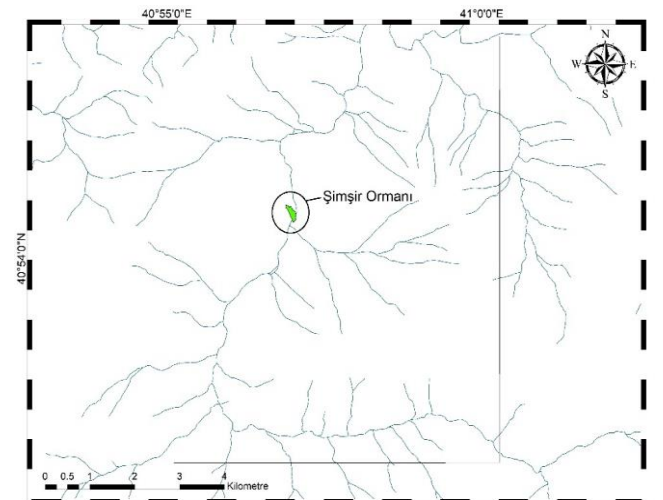


Şekil 5. Araştırma alanı eğim gurupları.
Figure 5. Slope groups in the study area.

Şimşir ormanlarının içerisinde münferit halde *Ilex colchica* Pojk, *Hedera colchica* (C.Koch), *Pteridium aquilinum* (L.), *Phyllitis scolopendrium* (L.), *Rubus* sp. (Aksoy, 1995), münferit halde değişik yaşlı kızılâğaç, *Carex* sp., *Juncus* sp., türleri bulunmaktadır. Şimşir meşceresinin etrafında değişik gelişim çağlarda kayın+ladin, kayın+kızılâğaç, kayın+ladin+kızılâğaç, bozuk kayın ve kızılâğaç meşcereleri ve bu meşcereler içinde münferit veya küçük guruplar *Castanea sativa* Mill., *Rhododendron ponticum* L., *Rhododendron luteum* L., türler yer almaktadır (Şekil 6). Araştırma alanı şimşir ormanı çevresi zengin bir drenaj ağına sahiptir. Şimşir ekosisteminin güney bölümü dere yatağı içinde kalmaktadır (Şekil 7).

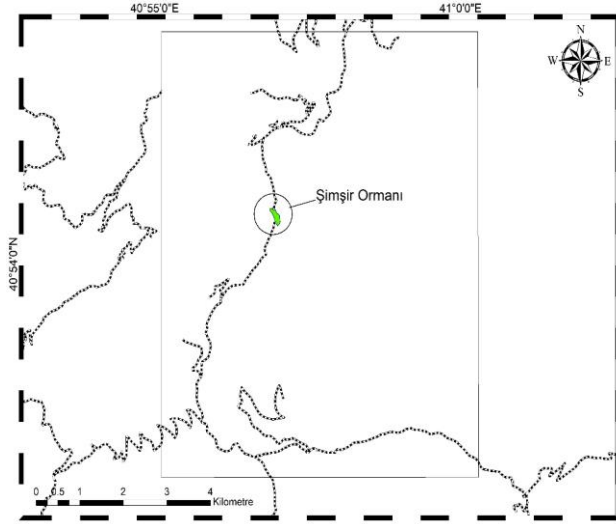


Şekil 6. Araştırma alanı ve yakın çevresindeki orman topluluklarının dağılımı.
Figure 6. Distribution of forest communities in and around the study area.



Şekil 7. Şimşir ormanı ve çevresindeki drenaj ağına dağılımı.
Figure 7. Distribution of drainage network in and around the boxwood forest.

Araştırma alanı şimşir ormanlarının içinden Çamlıhemşin ilçesinin köylere ve yaylalara bağlayan yol geçmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Araştırma alanı şimşir ormanı içinden geçen yol.
Figure 8. The road through the boxwood forest of the study area.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Fırtına vadisi şimşir ekosistemi kendine has yapısı, komşu çevreye ait diğer zengin kaynak değerleri ile sadece ülkemizin değil, tüm dünya karasal ekosistemin çok önemli bir parçasıdır. Şimşir ekosistemi Fırtına vadisi içinde kuzey-güney yönünde çok yoğun ekoturizm faaliyetlerinin yürütüldüğü bir alanda olması, şimşir ekosisteminin içinden yol geçmesi nedeniyle her zaman taşıma kapasitesinin çok üzerinde yoğun bir ziyaretçi trafiğine maruz kalmakta ve alana her mevsim gelişigüzel erişim yapılmaktadır. Araştırma alanı şimşir ekosisteminin tamamı 1. derecede sit alanı içinde ve ayrıca alanın büyük kısmı millî parklar içinde yer almasına rağmen alana ait herhangi bir koruma ve kullanma planı bulunmamaktadır. Şimşir ekosisteminde kontrolsüz kamp yapılması, kamp ateşi, piknik, çöplerin bırakılması, düğün, nişan veya diğer amaçlı resim çekimleri, okul gezileri, vb aktiviteler ile bir yandan diğer ortamlardaki kirleticiler bu hassas ekosisteme taşınırken diğer yandan yoğun ziyaretçi trafiği ile toprak özelliklerinin (toprak sıkışması, hacim ağırlığının artması, infiltrasyonun azalması, vb) bozulmasına yol açmaktadır. Yapılan araştırmalarda (Vimmerstadt vd., 1982; Gent & Ballard, 1985; Gül & Atken, 2005; Yüksek vd., 2008; Yüksek vd., 2010a; Yüksek vd., 2010b;) farklı tip orman ekosistemlerdeki ziyaretçi trafiğinin artması ile toprak özelliklerinin ve vejetasyon yapısının (Kerbiriou vd., 2008; Yüksek, 2009) önemli derecede tahrip olduğu ortaya konulmuştur. Şimşir ekosistemi içinden trafik yoğunluğu fazla olan yolun geçmesi ve araçlardan salınan emisyonlar şimşir ekosistem sağlığının bozulmasına neden olmaktadır. Yapılan araştırmalarda trafik yoğunluğu ve artan emisyon salınımı ile bitkilerin yaprak yüzeylerinin tahrip olduğu (Çepel, 1997), büyümenin olumsuz etkilendiği (Kabir vd., 2012) ve ekosistem sağlığının bozulduğu tespit edilmiştir. Şimşir ekosisteminin meşcere kapallılığının artması,

meşcere içine ulaşan güneş enerjisi miktarının azalması, ölü örtü birikiminin artması, meşcere drenaj yapısının bozulması ve küresel iklim değişiminin olumsuz etkileri nedeniyle meşcere sağlığı hızlı bir şekilde bozulmuştur. Nitekim yapılan araştırmalarda toprak sıcaklığının ve yağışın artması ile birlikte mantar popülasyonunun arttığı ortaya konulmuştur (Biederbeck & Campbell, 1971; Davies, & Whitbread, 1989). Şimşir ekosistemi içinde kısmi aralama yapılması ve ekosistemdeki kızılgaçların bir kısmının alandan çıkarılması şimşir ekosistemindeki zararlı mantar popülasyonlarının kontrol altına alınabilmesi için yararlı olabilir. Yine alanda yürütülecek drenaj çalışmaları ile topraktaki nemin mantar popülasyonlarını dengeleyecek düzeye düşürülebilir. Bunun sonucunda mantar popülasyonlarının şimşir ekosistem için tehdit oluşturması ve dahası şimşir ölümlerine neden olması engellenebilir. 1. Derecede sit alanı olan ve ayrıca alanın büyük bir kısmının Kaçkar Dağları Millî Parkı sınırları içindeki Meydanköy şimşir ormanlarının kullanılmasında koruma kullana ilkesi hassas bir şekilde uygulanmalı, alana kontrollü ve taşıma kapasitesini geçmeyen kısıtlı bir erişim sağlanmalıdır. Dış paydaş kaynakları kirleticilerin alana erişimini engellemek için orman girişinde kontrol noktasında hijyen önlemleri (ziyaretçi galoş, steril su vb) alınabilir. Alan içinde ziyaretçi gezisi için ahşaptan yürüme ve dinlenme, resim çekme alanları oluşturmak suretiyle ziyaretçilerin şimşir ekosistemi üzerindeki riskler azaltılabilir. Buna ilaveten şimşir ekosistemi içinden geçen yol güzergahı değiştirilmeli ve şimşir ekosistemi dışına çıkarılmalıdır. Bu uygulamalar sonucunda şimşir ekosistem sağlığı üzerindeki riskler azaltılmış ve şimşir ekosisteminin sürdürülebilirliği sağlanmış olabilir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, N. (1995).** Fırtına vadisi'ndeki *Buxus sempervirens* toplumlarının yayılışı ve floristik bakımdan incelenmesi. I. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 23-25 Ekim Trabzon, Türkiye, 7-15.
- Biederbeck, V.O. & Campbell, C.A. (1971).** Influence of simulated fall and spring conditions on the soil system. I. Effect on soil microflora. *Soil Science Society of America Journal*, **35**(3), 474-479.
- Brunckhorst, D. (2000).** Bioregional planning: resource management beyond the new millennium. Published by Routledge, 200p.
- Çepel, N. (1997).** Toprak kirliliği erozyon ve çevreye verdiği zararlar. TEMA Vakfı Yayın No:14, İstanbul, 111s.
- Davies, K.G. & Whitbread, R. (1989).** Factors affecting the colonisation of a root system by fluorescent

- Pseudomonads: The effects of water, temperature and soil microflora. *Plant and Soil*, **116**, 247-256.
- Gent, J.A. & Ballard, R. (1985).** Impact of intensive forest management practices on the bulk density of lower Coastal Plain and Piedmont soils. *Southern Journal of Applied Forestry*, **9**, 40-44.
- Gül, A. & Atken, M. (2005).** Korunan doğal alanlarda rekreasyonel taşıma kapasitesi ve kavramsal Yaklaşımlar. *Korunan Doğal Alanlar sempozyumu*, 8-10 Eylül 2005, Isparta, Türkiye, 485-494.
- Kabir, M., Iqbal, M.Z. & Shafiq, M. (2012).** Traffic density, climatic conditions and seasonal growth of *Samanea saman* (Jacq.) Merr. On different polluted roads of Karachi city. *Pakistan Journal of Botany*, **44**(6), 1881-1890.
- Kerbiriou, C., Leviol, I., Jiguet, F. & Julliard, R. (2008).** The impact of human frequentation on coastal vegetation in a biosphere reserve. *Journal of Environmental Management*, **88**, 715-728.
- Olson, D. M. & Dinerstein, E. (2002).** The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **89**(2),199-224.
- Yüksek, T. (2009).** Effect of visitor activities on surface soil environmental conditions and aboveground herbaceous biomass in Ayder Natural Park. *CLEAN Soil, Air, Water*, **37**(2), 170-175.
- Yüksek, F. (2013).** *Fırtına deresi havzasında doğal olarak yetişen Ayı Üzümü (Vaccinium arctostaphylos L.) populasyonlarında bazı ekolojik faktörlerin bitki ve meyve özelliklerine etkisi üzerine araştırmalar.* Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, Türkiye, 182s.
- Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2020).** Fırtına Havzasının Bazı Havza Karakteristikleri ile Arazilerin Fizyografik Özelliklere Göre Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **5**(3), 439-449.
- Yüksek, T., Cengiz, T. & Yüksek, F. (2008).** Doğal alanlarda festival etkinliklerinin koruma-kullanma açısından değerlendirilmesi: Kafkasör Kültür, Sanat ve Turizm Festivali Örneği. *Ekoloji*, **17**(67), 37-45.
- Yüksek, T., Kurdoğlu, O. & Yüksek, F. (2010a).** The effects of land use changes and management types on surface soil properties in Kafkasör protected area in Artvin, Turkey. *Land Degradation & Development*, **21**(6), 582-590.
- Yüksek, T., Yüksek, F., Eyüpreisoğlu, M., Erdoğan Yüksel, E., & Sütlü, E. (2010b).** Effect of visitor activities on topsoil hydrophysical properties in two protected areas in northern blacksea region. *1st International Turkey & Japan Environment And Forestry Symposium*, 04-06 November, Trabzon, Turkey, 264-280.
- Vimmerstadt, J., Scoles, F., Brown, J. & Schmittgen, M. (1982).** Effects of use pattern, cover, soil drainage class and overwinter changes on rain infiltration on campsites. *Journal of Environmental Quality*, **11**, 25- 28.



Simmental İneklerinde İklimsel Faktörler ile Soğuk Stresinin Davranış Özelliklerine Etkisi [*]

Akif UYSAL¹ Emrah KAYGUSUZ² Filiz AKDAĞ^{1*}

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye.

²Tarım ve Orman Bakanlığı Mezriyon İlçe Müdürlüğü, Merzifon, Amasya, Türkiye.

Geliş/Received: 08.11.2021

Kabul/Accepted: 21.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Uysal, A., Kaygusuz, E. & Akdağ, F. (2021). Simmental İneklerinde İklimsel Faktörler ile Soğuk Stresinin Davranış Özelliklerine Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 679-683.

How to cite: Uysal, A., Kaygusuz, E. & Akdağ, F. (2021). The Effect of Climatic Factors and Cold Stress on Behavioral Traits in Simmental Cows. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 679-683.

<https://orcid.org/0000-0001-9142-9731>

<https://orcid.org/0000-0002-7427-5416>

<https://orcid.org/0000-0001-6984-8526>

***Sorumlu yazarın:**

Filiz AKDAĞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner
Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı,
Samsun, Türkiye.
 filizakdag@omu.edu.tr

Öz: Bu araştırma, açık barnakta yetiştirilen Simmental ineklerinde iklimsel faktörlerin ve soğuk stresinin bazı davranış özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada, 24 baş Simmental ineğin kış mevsimi süresince dinlenme, yem yeme, yürüme ve hareketsiz ayakta bekleme gibi davranış özelliklerinin süreleri belirlenmiş ve günlük ortalama çevre sıcaklığı, rüzgar hızı, nem oranı ve yağış miktarı tespit edilerek soğuk stres indeksi hesaplanmıştır. Araştırmada günlük ortalama rüzgar hızı ve çevre sıcaklığının kış mevsiminde farklı aylarda ölçülen değerleri arasındaki farkın önemli ($P<0,01$) olduğu belirlenmiştir. Kış mevsimi süresince takip edilen davranış özelliklerinden dinlenme davranışı süresinin aylar arasındaki farkının önemli olduğu ($P<0,05$) belirlenmiştir. Araştırmada, iklimsel faktörlerden rüzgar hızı ile dinlenme süresi, çevre sıcaklığı ile yem yeme süresi arasında negatif fenotipik korelasyon ($P<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bağıl nem oranı ile dinlenme süresi, yağış miktarı ve soğuk stres indeksi ile yürüme süresi arasında önemli pozitif fenotipik korelasyon tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sonuç olarak, dinlenme davranışının rüzgar hızının düşük olduğu sıcak dönemlerde daha fazla sürdüğü, düşük çevre sıcaklığının hayvanların yem yeme süresinde, yağış ve soğuk stresinin ise yürüme süresinde artış meydana getirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, süt sığırtı yetiştiriciliğinde iklimsel faktörlerin ve soğuk stresinin hayvanlar üzerindeki olumsuz etkilerini giderebilmek için hayvan davranışlarının takip edilerek sürü yönetiminde düzenlemelerin yapılmasının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Dinlenme davranışı, rüzgar hızı, simmental, soğuk stres indeksi.

The Effect of Climatic Factors and Cold Stress on Behavioral Traits in Simmental Cows

Abstract: The aim of this study was to determine effect of climatic factors and cold stress on behavioural patterns of Simmental cattle kept in free stall barns. In this research, it is calculated that the duration of some behaviour traits of twenty four simmental cows during winter season like having lying down, eating feed, motion behaviour and standing and it is calculated that cold stress indexes of climatic factors like daily average ambient temperature, wind speed, humidity and rainfall. In this research, it is determined as significant that the difference of daily average wind speed and environmental temperature ($P<0.01$). There were also significant differences in terms of duration of behavioural lying down different months in winter season ($P<0.05$). There is a significant phenotypic correlation between the rate of wind speed and relative humidity lying down, in climatic factors and the duration of eating feed, rainfall and the duration of motion behaviour on cold stress indexes ($P<0.05$). As a result, it was observed that the lying down lasted longer in warm periods when the wind speed was low, and it was determined that low environmental temperature caused an increase in the eating feed time of the animals, and rainfall and cold stress caused an increase in the walking time. In addition, in the study, it was concluded that it would be beneficial to make regulations in herd management by monitoring animal behavior in order to eliminate the negative effects of climatic factors and cold stress on animals in dairy cattle breeding.

Keywords: Cold stress index, lying down, rainfall, simmental.

^[*]Bu çalışma, Emrah Kaygusuz'un yüksek lisans tez verilerinin bir bölümünden yararlanılarak üretilmiştir.

This study was produced by making use of a part of Emrah Kaygusuz's master's thesis data.

GİRİŞ

Soğuk stresi, merada, açık barınaklarda ve yarı açık serbest gezinmeli ahırlarda yetiştirilen süt sığırlarının düşük çevre sıcaklığında karşılaştığı temel çevresel problemlerdendir. Bağlı nem oranı, rüzgâr hızı ve solar radyasyon gibi iklimsel (meteorolojik) özellikler çevre sıcaklığının hissedilme derecesini etkileyerek hayvanlarda soğuk stresinin oluşmasına sebep olmaktadır (Angrecka & Herbut, 2015; Kaygusuz, 2020). Bu faktörlere eklenen kar, yağmur ve çamur etkenleri ise soğuk stresinin etkisini artırmaktadır (Xu vd., 2017). Barınak koşullarına, hayvanın yaşına, beslenmesine ve kıl yapısına göre kritik düşük çevre sıcaklığı, kar ve rüzgarın olmadığı dış ortamdaki gebe veya kurudaki sütçü sığır ırkları için -14°C 'dir. Fakat, bu kritik düşük çevre sıcaklığı değeri süt verim seviyesine göre değişerek, günlük süt verimi 30 litre olan laktasyondaki sütçü ırk ineklerde -40°C gibi daha düşük bir değere inebilmektedir (Kaygusuz, 2020; NRC, 1981).

Sığırlarda soğuk stresinin çeşitli verim özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek için çevre sıcaklığı, rüzgar, nem, solar radyasyon ve yağış gibi iklimsel faktörlerden yararlanılarak (Hanninen vd., 2003) rüzgar soğutma indeksi, soğuk stres indeksi ve sığır konfor indeksi gibi bazı indeksler geliştirilmiştir (Davis vd., 2003; Donnelly, 1984; Mader vd., 2010; Van Lear vd., 2014). Bu indekslerden, rüzgar soğutma indeksinde çevre sıcaklığı ve rüzgar hızı (Van Lear vd., 2014), soğuk stres indeksinde çevre sıcaklığı, rüzgar hızı ve yağmur değişkeni (Davis vd., 2003; Donnelly, 1984), sığır konfor indeksinde ise çevre sıcaklığı, nem, rüzgar hızı ve solar radyasyon değişkenleri kullanılmıştır (Mader vd., 2010). Soğuk stress indeksi, Donnelly (1984) tarafından soğuk stresinin koyunlarda etkisini belirlemek için geliştirilen, fakat ilerleyen zamanlarda özellikle yıl boyunca açıkta otlatılarak yetiştirilen sığırlara adepte edilmiş bir indekstir (Bryant vd., 2007; Davis vd. 2003).

Çevre sıcaklığı, kritik düşük sıcaklığının (-14°C) altına indiği zaman hayvanlarda soğuğa karşı bir dizi biyolojik tepki gerçekleşmekte (Könyves vd., 2017) ve hayvanların davranış özelliklerinde değişim meydana gelmektedir (Sasaki vd., 2016; Schütz vd., 2010). Hayvanların doğal (normal) davranışları onların sağlığı, refahı, üreme ve üretkenlik durumunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Hayvanların davranışları ve bu davranışlarının süreleri ise genetik yapı ile hastalıklar, barınma koşulları, ahır şekli, sürü yoğunluğu, gün ışığının uzunluğu, mevsim ve çevre sıcaklığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir (Tullo vd., 2019). Kış mevsiminde özellikle yoğun yağışlı dönemlerde hayvanlar soğuk stresinin etkisini azaltmak için sıcak, korunaklı ve rahat bir yer bulmaya çalışarak hareketlerini artırırlar (Borshch vd., 2020). Buna karşın, buzlu veya donmuş gübrenin oluşturduğu sert düzensiz yüzeylerde hareket etmek yerine (Endris & Feki, 2021) daha çok ayakta kalmayı

tercih ederler (Schütz vd., 2010). Borshch vd., (2019) kış mevsiminde sığır davranışlarında gözlemlenen en önemli değişikliğin dinlenme ve beslenme davranışlarında meydana geldiğini, soğuk strese maruz kalan sığırların konfor zonundaki döneme göre dinlenme süresinin azaldığını, yem tüketiminde ise artış olduğunu bildirmişlerdir.

Bu araştırma, sundurmalı açık barınakta yetiştirilen Simmental ineklerinin bazı davranış özelliklerine iklimsel faktörlerin ve soğuk stresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, Amasya ilinin Merzifon ilçesinde, sundurma şeklinde inşa edilmiş hayvan barınakları bulunan, özel bir süt sığırı işletmesinde yürütülmüştür. Araştırmanın hayvan materyali olarak laktasyonun erken döneminde (ilk 100 gün) olan ilk üç laktasyondaki ineklerden eşit sayıda ve tesadüfi olarak seçilen toplam 24 baş Simmental inek kullanılmıştır.

Araştırma için seçilen ineklerin bakım ve beslenme koşullarında herhangi bir değişiklik yapılmamış, işletme koşulları aynen uygulanmıştır. Hayvanların beslenmesinde hayvan başına günlük 10 kg süt yemi (%19 ham protein ve 2700 kcal metabolik enerji içeren yem), 24 kg mısır silajı, 3 kg yonca ve 4 kg samandan oluşan rasyon kullanılmış ve su ihtiyaçları ad libitum karşılanmıştır.

Araştırmada, kış mevsimi süresince ineklerin dinlenme, yem yeme, ayakta hareketsiz bekleme ve yürüme gibi bazı davranış özellikleri ile iklimsel faktörlerden çevre sıcaklığı, bağlı nem oranı, rüzgar hızı ve yağış miktarı belirlenmiş ve soğuk stres indeksi (Bryant vd., 2007; Davis vd. 2003; Donnelly, 1984) hesaplanmıştır.

Davranış özelliklerini belirlemek için aralık, ocak ve şubat aylarında 15 günlük aralıklarla dijital kamera vasıtasıyla hayvan davranışları kaydedilmiştir. Davranış kayıtları için hayvan barınaklarının bulunduğu alanları görece şekilde iki farklı yere yerleştirilen ve 24 saat kayıt yapan gece görüşlü kamera kullanılmıştır. Davranışların analizi için kış mevsimi süresince 15 gün aralıklarla sabah 07.00 - 07.30, öğlen 12.00-12.30 ve akşam 17.00-17.30 saatleri arasında günlük toplam 1.5 saatlik davranış kayıtlarından dinlenme, yem yeme, hareketsiz ayakta bekleme (ayakta durma) ve yürüme davranışları her bir hayvan için izlenmiş ve bu davranışların süreleri kaydedilmiştir (Graunke vd., 2011; Kaygusuz & Akdağ 2021).

İklimsel faktörlerin tespiti için süt sığırı işletmesinin bulunduğu ilçenin aralık, ocak ve şubat aylarına ait günlük ortalama kuru termometre sıcaklığı, bağlı nem oranı, rüzgar hızı ve yağış miktarı değerleri Merzifon Meteoroloji İstasyon Müdürlüğünden temin edilmiştir. Soğuk stresin hayvanlar üzerindeki etkisini belirlemek için

Donnelly, (1984) tarafından geliştirilen soğuk stres indeksinden (CSI; cold stress index) yararlanılmıştır (Bryant vd., 2007; Davis vd. 2003; Donnelly, 1984). Soğuk stres indeksinin hesaplanmasında (CSI) $CSI = [11.7 + (3.1 \times WS^{0.5})] \times (40 - T) + 481 + R$ eşitliğinden yararlanılmıştır.

Bu eşitlikte;

CSI: soğuk stres indeksi (MJ/m²/s)

WS: günlük ortalama rüzgar hızı (m/sn⁻¹)

T: günlük ortalama çevre sıcaklığı (°C)

$R = 418 \times (1 - e^{-0.04 \times \text{rain}})$

e⁻: doğal logaritma = 2,718

rain: günlük toplam milimetreye düşen yağış miktarını ifade etmektedir.

İstatistiksel Analiz: Bu çalışmada elde edilen verilerin normal dağılıma uygunlukları, Kolmogorov-Smirnov testi ile belirlenmiştir. Kış mevsimi süresince günlük ortalama çevre sıcaklığı, bağıl nem oranı, rüzgar hızı, yağış miktarı ve soğuk stres indeksinin aylara göre karşılaştırılmasında tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi kullanılmış, gruplar arasındaki farkın önem kontrolünde ise Benfori testinden yararlanılmıştır. Farklı aylarda gözlemlenen davranış özelliklerinin sürelerinin karşılaştırılmasında ise en küçük kareler yöntemi kullanılmış ve gruplar arasındaki farkın önem kontrolünde Duncan testinden yararlanılmıştır. Ayrıca, soğuk stres indeksi ve iklimsel faktörlerin davranış özellikleriyle arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Tüm istatistiksel hesaplamalarda SPSS 21v. program paketinden (IBM Corporation, Armonck, NY) yararlanılmıştır.

BULGULAR

İklimsel faktörler ve soğuk stres indeksinin aylara göre ortalama değer ve standart hataları Tablo 1'de verilmiştir. İklimsel faktörlerden rüzgar hızı ve çevre sıcaklığının kış mevsiminde farklı aylarda ölçülen günlük

ortalama değerleri arasındaki fark önemli (P<0.05) olarak belirlenmiştir. Simmental ineklerinde kış mevsiminde gözlemlenen bazı davranış özelliklerinin sürelerine ait ortalama değer ve standart hataları Tablo 2'de verilmiştir. Davranış özelliklerinin farklı aylara göre karşılaştırılmasında, sadece dinlenme davranış süresinin aylar arasındaki farkının önemli olduğu (P<0,05) belirlenmiştir.

Davranış özellikleri ile iklimsel faktörler ve soğuk stres indeksi arasındaki fenotipik korelasyon katsayıları Tablo 3'de verilmiştir. Davranış özelliklerinden dinlenme süresinin rüzgar hızı (P<0,05) ve bağıl nem oranıyla (P<0,01); yem yeme süresinin çevre sıcaklığıyla (P<0,05), yürüme süresinin ise yağış miktarıyla arasında önemli (P<0,05) fenotipik korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Soğuk stres indeksinin ise hayvan davranışlarından sadece yürüme davranışı ile arasında önemli seviyede fenotipik korelasyon olduğu (P<0,05) tespit edilmiştir.

Tablo 1. İklimsel faktörlerin kış mevsimine ait ortalama değer ve standart hataları ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$).

Özellikler	Aralık	Ocak	Şubat	P değeri
Rüzgar hızı (m/sn)	1,08±0,09b	0,75±0,09b	1,47±0,10a	0,001
Çevre sıcaklığı (°C)	4,67±0,52a	1,59±0,38b	3,12±0,82ab	0,003
Bağıl nem oranı (%)	72,74±1,92	73,96±1,51	67,57±2,52	0,096
Yağış miktarı (kg/mm)	1,53±0,64	0,53±0,20	1,26±0,69	0,410
SSİ (MJ/m ² /s)	1027,28±11,58	1034,67±7,95	1065,06±14,64	0,080

a,b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05); SSİ: Soğuk stres indeksi

Tablo 2. Simmental ineklerde bazı davranış özelliklerinin sürelerine (dakika) ait ortalama değer ve standart hatalar ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$).

Table 2. Mean value and standard errors of the duration (minutes) of some behavioral traits in Simmental cows ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$).

Aylar	Dinlenme	Yem yeme	Ayakta bekleme	Yürüme
Aralık	11,49±1,70a	10,30±1,32	6,23±1,64	0,16±0,04
Ocak	7,75±1,21b	9,11±0,93	9,71±1,16	0,21±0,02
Şubat	6,93±1,11b	10,94±0,86	9,71±1,07	0,21±0,02
P değeri	0,05	0,339	0,164	0,370

a,b: Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05)

Tablo 3. Davranış özellikleri ile iklimsel faktörler ve soğuk stres indeksi arasındaki fenotipik korelasyon katsayıları.

Table 3. Phenotypic correlation coefficients among climatic factors and cold stress index and behavioral traits.

Özellikler	Dinlenme süresi	Yem yeme süresi	Ayakta kalma süresi	Yürüme süresi
Rüzgar hızı	-0,216*	0,054	0,130	0,119
Sıcaklık	0,086	-0,221*	0,108	-0,098
Bağıl nem oranı	0,278**	-0,089	-0,158	0,025
Yağış miktarı	0,075	-0,159	0,064	0,213*
SSİ	-0,113	0,114	-0,006	0,238*

SSİ: Soğuk stres indeksi; *: P<0,05; **: P<0,01

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kış mevsiminde farklı aylarda ölçülen bağıl nem oranı ve yağış miktarının tüm aylarda birbirine yakın değerlerde gerçekleştiği, çevre sıcaklığının ise aralık ve şubat aylarında (4,67°C – 3,12°C) birbirine yakın fakat ocak ayından daha yüksek olduğu ve rüzgar

hızının aralık ayında şubattan daha düşük hıza sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, kış mevsiminde tüm aylarda çevre sıcaklığının sütçü sığırlar için bildirilen konfor aralığına yakın değerlerde gerçekleştiğini, buna karşın iklimsel faktörlerin hayvanlar üzerindeki olumsuz etkilerinin en az hissedildiği dönemin aralık ayı olduğunu göstermektedir. Koç ve Uğurlu, (2019)

laktasyondaki süt sığırlarının metabolik ve fizyolojik faaliyetlerini yürütebildikleri konfor çevre sıcaklığını 5°C-15°C arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte NRC, (1981) rüzgar, kar ve çamur olmadığı durumlarda dış ortamda yetiştirilen kurudaki sığırlar için kritik düşük çevre sıcaklığı değerini -14°C olarak bildirmiş ve bu değer laktasyondaki ineklerde süt verim düzeyine göre -40°C'ye kadar inebildiği bildirmiştir. Angrecka & Herbut, (2015) hayvanların hissettikleri çevre sıcaklığında rüzgar, nem ve solar radyasyon gibi çevresel faktörlerin etkili olduğunu bildirmişlerdir. Byrant vd., (2007) sütçü sığırların sıcak havaya oranla soğuğa karşı daha dayanıklı olduklarını ve laktasyonun pik döneminde olan inekler için kritik çevre sıcaklığının kuru çevre koşullarında -30°C olduğunu bildirmiştir. Bu araştırmanın bir diğer bulgusu olarak soğuk stres indeksi kış mevsimi süresince birbirine yakın değerlerde ve 1027-1065 MJ/m²/s aralığında belirlenmiştir. Byrant vd., (2007) Yeni Zelanda da yaptığı araştırmada 1990-2002 yılları arasında soğuk stres indeksini 746-1457 MJ/m²/s değerleri arasında belirlemiş ve süt sığırları için soğuk stres indeksinin üst eşik değerinin 1300 MJ/m²/s olarak alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

Simmental ineklerin kış mevsimi süresince gözlemlenen bazı davranış özellikleri değerlendirildiğinde, araştırmada hayvanların dinlenme süresinin aralık ayında diğer aylara göre daha fazla sürdüğü tespit edilmiştir. Bu sonucun, rüzgar hızının düşüklüğüne bağlı olarak çevre sıcaklığının aralık ayında diğer aylara göre daha yüksek hissedilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Schütz vd., (2010) Yeni Zelanda da yıl boyunca açıkta otlatılarak yetiştirilen süt sığırlarının rüzgarlı ve rüzgarla birlikte yağışın olduğu zamanlarda dinlenme için harcadıkları sürede azalma olduğunu, kapalı barınaklarda günde 12-15 saat süren dinlenme davranışının açık alanda yetiştirilen sığırlarda 10.0-11.8 saate indiğini bildirmiştir. Borshch vd., (2019) meralarda veya açık barınaklarda soğuk strese maruz kalan sığırların konfor zonundaki döneme göre daha az dinlenme davranışı gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Bu araştırmada davranış özellikleri ile iklimsel faktörler ve soğuk stres indeksi arasında belirlenen fenotipik korrelasyon katsayıları değerlendirildiğinde; dinlenme süresindeki artışın rüzgar hızındaki azalma ve bağıl nem oranındaki artışla, hayvanların yem yeme süresindeki artışın ise çevre sıcaklığındaki düşüşle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Tullo vd., (2019) sığırlarda dinlenme süresinin uzunluğunun genellikle daha iyi refah göstergesi olduğunu ve bu davranış üzerinde mevsim, sıcaklık ve ahırın bulunduğu enlem gibi birçok faktörün etkili olduğunu bildirmişlerdir. Schütz vd., (2010) süt sığırlarında iklimsel faktörlerin hayvan davranışları üzerinde etkili olduğunu, yağmur ve yağmur ile rüzgarın ortak etkisi sonucunda dinlenme davranışında %50 oranında azalma meydana geldiğini bildirmiştir. Aynı

araştırmada davranışlar üzerinde tek başına rüzgarın etkisinin, rüzgar ile yağışın ortak etkisinden daha düşük olduğunu bildirmiştir. Uzal, (2008), aşırı soğuk havalarda hayvanın fiziksel aktivitesi ve yem tüketimi artmasına bağlı olarak hayvanların dinlenme süresinin azaldığını ve ayakta kalma süresinin arttığını bildirmiştir. Aynı çalışmada, düşük çevre sıcaklığında ve ıslak zeminde yatan hayvanların vücuttan gizli ısı kaybı durumunda kendi ısı dengesini sağlamak için yatmak yerine ayakta kalmayı tercih ettiklerini ve ayakta kalma süresinin uzamasıyla da yem yeme süresinin arttığı bildirilmiştir. Girma & Gebremariam, (2019) soğuk havaya maruz kalan sığırların vücut rezervlerini ve vücut sıcaklıklarını korumak için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduklarını ve yem miktarının artırılması ile soğuk stresinin etkisinin belli bir düzeye kadar hayvanlar tarafından tolere edilebildiğini bildirmişlerdir.

Bu araştırmada, iklimsel faktörlerden yağış miktarının ve soğuk stres indeksinin yürüme süresiyle ilişkili olduğu, yağış ve soğuk stres indeksindeki artışa paralel olarak yürüme süresinde de artış meydana geldiği belirlenmiştir. Bu sonuca benzer olarak Borshch vd., (2020) barınak olmadan açıkta otlatılarak yetiştirilen sığırların serbest gezinmeli barınaklarda yetiştirilen sığırlara oranla hareket etme sürelerinin daha fazla olduğu ve hayvanların soğuk stresin etkisini azaltmak için özellikle yağışlı havalarda sıcak, korunaklı ve rahat bir yer bulmaya çalışarak hareketlerini artırdıklarını bildirmişlerdir. Buna karşın Endris & Feki, (2021) serbest gezinmeli açık barınaklarda yetiştirilen sığırların kış mevsiminde buzlu yüzeylerde ve donmuş gübrenin oluşturduğu sert düzensiz zeminlerde hareket etmeyi tercih etmediklerini, bu nedenle hareket sürelerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Hanninen vd., (2003) ise buzağılar üzerinde yaptıkları araştırmada yürüme süresinin (hareket etme) kapalı barınaklarda yetiştirilen buzağılarda, açıkta yetiştirilen buzağılara oranla daha fazla sürdüğünü, fakat bu farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç olarak bu araştırmada, iklimsel faktörlerin ve soğuk stresinin hayvan davranışları üzerinde etkili olduğu, özellikle hayvan refahının önemli bir göstergesi olan dinlenme davranışının rüzgar hızının düşük olduğu sıcak dönemlerde daha fazla sürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca, düşük çevre sıcaklığının hayvanların yem yeme süresinde, yağış ve soğuk stresinin ise yürüme süresinde artış meydana getirdiği belirlenmiştir. Süt sığırını yetiştiriciliğinde iklimsel faktörlerin ve soğuk stresinin hayvanlar üzerindeki olumsuz etkilerini giderilebilmek için hayvan davranışlarının takip edilmesi ve akabinde sürü yönetiminde düzenlemelerin yapılmasının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Araştırmada iklimsel faktörlerin temininde yardımcı olan Merzifon Meteoroloji İstasyon Müdürlüğüne teşekkür ederiz. Bu araştırma, OMU Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (PYO.VET.1904.20.001).

KAYNAKLAR

- Angrecka, S. & Herbut, P. (2015).** Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*, **60**(2), 81-87.
- Borshch, A.A., Ruban, S., Borshch, A.V. & Babenko, O. (2019).** Effect of three bedding materials on the microclimate conditions, cows behavior and milk yield. *Polish Journal of Natural Sciences*, **34**(1), 19-31.
- Borshch, O., Ruban, S., Gutiy, B., Sobolev, A., Kosior, L., Fedorchenko, M., Kirii, A., Pivtorak, Y., Salamakha, I., Hordiichuk, N., Hordiichuk, L., Kamratska, O. & Denkovich, B. (2020).** Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation. *Ukrainian Journal of Ecology*, **10**(6), 98-102. DOI: [10.15421/2020_265](https://doi.org/10.15421/2020_265)
- Bryant, J.R., López-Villalobos, N., Pryce, J.E., Holmes, C.W. & Johnson D. L. (2007).** Quantifying the effect of thermal environment on production traits in three breeds of dairy cattle in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **50**(3), 327-338.
- Davis, M.S., Mader, T.L., Holt, S.M. & Parkhurst, A.M. (2003).** Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. *Journal of Animal Science*, **81**(3), 649-661.
- Donnelly, J.R. (1984).** The productivity of breeding Ewes grazing on Lucerne or grass and clover pasture on the table lands of Southern Australia III* lamb mortality and weaning percent age. *Australian Journal Agricultural Research*, **35**(5), 709-721.
- Endris, M. & Feki, E. (2021).** Review on Effect of Stress on Animal Productivity and Response of Animal to Stressors. *Journal of Animal & Veterinary Advances*, **20**(1), 1-14.
- Girma, F. & Gebremariam, B. (2019).** Review on Effect of Stress on Production and Reproduction of Dairy Cattle. *Journal of Scientific & Innovative Research*, **8**(1), 29-32.
- Graunke, K.L., Schuster, T. & Lidfors, L.M. (2011).** Influence of weather on the behaviour of outdoor-wintered beef cattle in Scandinavia. *Livestock Science*, **136**(2-3), 247-255.
- Hanninen, L., Hepola, H., Rushen, J., De Passille, A.M., Pursiainen, P., Tuure, V. M., Syrjälä-qvist, L., Pyykkönen, M. & Saloniemi, H. (2003).** Resting behaviour, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, **53**(1), 21-28.
- Kaygusuz E. (2020).** Açık barınaklarda yetiştirilen Simmental ineklerinde soğuk stresinin süt verimi, süt bileşimi ve bazı davranış özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Samsun, Türkiye, 39s.
- Kaygusuz, E. & Akdağ, F. (2021).** Effect of Cold Stress on Milk Yield, Milk Composition and Some Behavioral Patterns of Simmental Cows Kept in Open Shed Barns. *Kocatepe Veterinary Journal*, **14**(3), 351-358.
- Koç H.U. & Uğurlu, M. (2019).** Süt sığırlarında ısı stresinin verim özellikleri üzerine etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **59**(1), 30-35.
- Könyves, T., Zlatkovic, N., Memisi, N., Lukac, D., Puvaca, N., Stojšin, M., Halász, A. & Miscevic, B. (2017).** Relationship of temperature-humidity index with milk production and feed intake of holstein-frisian cows in different year seasons. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, **47**(1), 15-23.
- Mader, T.L., Johnson, L.J. & Gaughan, J.B. (2010).** Components of the Comprehensive climate index. *Journal of Animal Science*, **88**, 2153-2165.
- NRC. (1981).** *Effect of environment on nutrient requirements of domestic Animals*. National Acad. Pres. Washington. D.C.
- Sasaki, Y., Uematsu, M., Kitahara, G. & Osawa, T. (2016).** Reproductive performance of Japanese Black Cattle: Association with herd size, season, and parity in commercial cow-calf operations. *Theriogenology*, **86**(9), 2156-2161.
- Schütz, K.E., Clark, K.V., Cox, N.R., Matthews, L.R. & Tucker, C.B. (2010).** Responses to short-term exposure to simulated rain and wind by dairy cattle: time budgets, shelter use, body temperature and feed intake. *Animal Welfare*, **19**(4), 375-383.
- Tullo E., Mattachini G., Riva E., Finzi A., Provolo G. & Guarino M. (2019).** Effects of Climatic Conditions on the Lying Behavior of a Group of Primiparous Dairy Cows. *Animals*, **9**(11), 869.



Solaklı Akarsu Havzasında Kurulmuş Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri

Bülent VEREP^{1*} Çağlar ÇALIŞ²

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 53100, Rize, Türkiye

²Trabzon İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 61050, Trabzon, Türkiye

Geliş/Received: 10.12.2021

Kabul/Accepted: 22.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Verep, B. & Çalış, Ç. (2021). Solaklı Akarsu Havzasında Kurulmuş Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 6(4), 684-699.

How to cite: Verep, B. & Çalış, Ç. (2021). Environmental Effects of Established River Type Hydropower Plants in Solaklı River Basin. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 684-699.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-4238-8325>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-5825-6055>

*Corresponding author:

Bülent VEREP
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty
of Fisheries, 53100, Rize, Turkey
✉: bulent.verep@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, nehir tipi hidroelektrik santrallerin çevresel etkileri, akarsu üzerinde su kalite değişimlerinin incelenmesiyle belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için Çambaşı HES ve Regülatörü çalışma alanı olarak seçilmiş ve baraj öncesi, susuz ara bölge ve kuyruk suyu bölgelerinin fizikokimyasal su kalite değişimleri aylık olarak izlenmiştir. İncelenen fizikokimyasal su kalite parametreleri; su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve çözülmüş oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik, pH, toplam çözülmüş katı madde, ORP, AKM, nitrit ve nitrit azotu, nitrat ve nitrat azotu, fosfat ve fosfat fosforu, sülfat, BOI₅ ve KOI olarak sıralanabilir. Bunların yanında sudaki çözülmüş ağır metal konsantrasyonları da analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde ortalama olarak su sıcaklığı 12,76±0,68 °C, çözülmüş oksijen 10,13±0,23 mg/L, iletkenlik 85,21±29,51 µS/cm, toplam çözülmüş katı madde 56,8±9,15 mg/L, pH 7,43±0,18, ORP -38,97±13,96, AKM 16,44±7,41, NO₂ 0,004±0,001 mg/L, NO₂-N 0,001 mg/L, NO₃ 2,27±0,27 mg/L, NO₃-N 0,54±0,056, PO₄ 0,58±0,19 mg/L, PO₄-P 0,19±0,07 mg/L, SO₄ 17,89±8,11 mg/L, BOI₅ 2±0,29 mg/L ve KOI 10,49±5,09 mg/L olarak tesbit edilmiştir. Çalışmada baraj sonrası ve öncesi bölgeler arasındaki su kalite değişimleri önemli ölçüde olduğu anlaşılmıştır. Nitekim su kalite değişimleri artış yönünde olup sülfat için % 144, KOI için % 137, AKM için % 107, iletkenlik % 102, fosfat için % 84, nitrit için % 67, TDS %39, çözülmüş oksijen % 6,5 ve su sıcaklığı için %11 düzeyinde değişimler olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla nehir tipi hidroelektrik santrallerin su kalitesi üzerindeki etkileri önemli olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Çevresel etki, nehir tipi hidroelektrik santraller su kalitesi, solaklı vadisi.

Environmental Effects of Established River Type Hydropower Plants in Solaklı River Basin

Abstract: In this study, the environmental effects of river-type hydroelectric power plants were investigated by examining the water quality changes on the river. For this purpose, Çambaşı HEPP and Regülatörü were selected as the study area and physicochemical water quality changes of the non-water intermediate zone and tail water regions were monitored monthly. Physicochemical water quality parameters examined; water temperature, dissolved oxygen and dissolved oxygen saturation, electrical conductivity, pH, TDS, ORP, SS, NO₂ and NO₂-N, NO₃ and NO₃-N, PO₄ and PO₄-P, SO₄, BOI₅ and COD can be listed as. In addition, dissolved heavy metal concentrations in water were also analyzed. When the results were evaluated, the average water temperature was 12,76±0,68 °C, dissolved oxygen 10,13±0,23 mg/L, electrical conductivity 85,21±29,51µS/cm, total dissolved solids 56,8±9,15 mg/L, pH 7,43±0,18, ORP -38,97±13,96, SS 16,44±7,41, NO₂ 0,004±0,001 mg/L, NO₂-N 0,001 mg/L, NO₃ 2,27±0,27 mg/L, NO₃-N 0,54±0,056, PO₄ 0,58±0,19 mg/L, PO₄-P 0,19±0,07 mg/L, SO₄ 17,89±8,11 mg/L, BOI₅ 2±0,29 mg/L and COD were determined as 10,49±5,09 mg/L. In the study, it was understood that water and post-dam regions were significant. As a matter of fact, changes in water quality were increased, %144 for sulfate, %137 for KOI, %107 for SS, conductivity %102, %84 for phosphate, %67 for nitrite, TDS %39, dissolved oxygen %6,5 and water temperature it was found to be %11. Therefore, the effects of river type hydroelectric power plants on water quality can be said to be important.

*Sorumlu yazar:

Bülent VEREP
Recep Tayyip Erdoğan University,
Faculty of Fisheries, 53100, Rize, Turkey.
✉: bulent.verep@erdogan.edu.tr

Keywords: Environmental Impact, River type hydroelectric power plants, Solaklı Valley Water quality.

¹) Bu çalışma, Çağlar ÇALIŞ'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by Çağlar ÇALIŞ.

GİRİŞ

Yüzyıllardır doğa ile iç içe yaşayan insanlık, artan nüfus ile birlikte enerji, endüstri ve kentleşme faaliyetlerine daha fazla ihtiyaç duymuştur. Çağın gereksinimlerinin artması beraberinde insanları doğal kaynaklara daha fazla ilgi duymaya yöneltmiştir. Bu durum doğal kaynakların yönetiminde yeni hassasiyetlere ve doğal kaynakların kullanımı ile doğanın korunması arasında çelişkilere neden olmuştur. Hızla artan nüfus ve beraberinde ortaya çıkan ihtiyaçların doğal kaynaklara yönelik baskıyı artırması ile çevre sorunları ortaya çıkmıştır.

Ülkemizde 26 su toplama havzası bulunmaktadır. Yütürülen çalışmalarda ülkemizde yıllık yüzeysel su potansiyelinin 95 km³'ünün ekonomik olarak geliştirilebilir nitelikte olduğu belirlenmiştir. Ancak iklim koşulları ve küresel iklim değişiminin etkileri dikkate alındığında Türkiye'nin yenilenebilir tatlı su potansiyelinin toplam 234 km³ dolayındadır. Günümüzdeki ekonomik şartlar çerçevesinde ülkemizin tüketilebilir yüzey ve yeraltı suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 110 milyar m³ seviyesindedir. Ülkemizde yılda kişi başına düşen su miktarı toplam 3451 m³ olmasına karşın, kişi başına düşen tüketilebilir su miktarı 1621 m³ seviyesindedir (Yüksek, 2004). Ancak küresel iklim değişimi nedeniyle ülkemiz su kaynaklarına ait verilerde ciddi seviyede değişimler olabileceği öngörülmektedir.

Dünyamızda artan nüfus ve buna bağlı olarak hızlı gelişen teknolojik gelişmeler insanların ihtiyaçlarının sonucunda dünyada ve Türkiye'de enerji açığı hissedilir oranda görünmeye başlamıştır. Ülkemizin enerji açığı çeşitli yollardan temin edinilmeye çalışılmaktadır. 2015 yılı itibarıyla Türkiye'de üretilen enerjinin özkaynaklarımızın %59,2'undan elde edilmiştir. Enerji açığımızın büyük bir bölümü petrol ve ürünleri'den (%8,9) ve doğalgaz ve ürünlerinden (%31,9) elde edilmekte ve ülkemizde gelişen ihracatımıza rağmen, elde edilen gelirlerimiz çoğu enerji açığımız olan petrole gitmektedir. Ülkemizdeki enerji açığı cari açığımızı negatif yönde etkilemekle beraber enerji üretiminde güvenilir olmamıştır. Bu nedenle de enerji üretiminde ülkenin öz kaynakları içerisinde hidrolik potansiyel, yenilenebilir kaynaklar olması açısından en önemli ulusal niteliği ile güvenilir enerji arzını sağlayan kaynak oluşu gibi özelliklerle son yıllarda hızlı bir şekilde artarak ilk sıraları almıştır.

Bu gelişimin en önemli göstergesi olarak enerjiye yönelik talep artmakta ve artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için tükenmekte olan fosil yakıt kaynakları yanında yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmektedir. Gelecek yıllarda doğacak enerji açığımız ona göre değerlendirilmez. Ülkemizin enerji kaynaklarımız enerji ihtiyaçlarını karşılayacak aşamada değildir. Bu sebeple enerji kaynaklarının uygun bir kombinasyonu ile enerji

üretiminin ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir (Akpınar, 2008). Ülkemizde su kaynakları potansiyelinin önemli bir bölümünün kullanılmamış olması son yıllarda Hidroelektrik enerjiye ilgiyi artırmıştır. O kadar ki hükümetler Enerji Arz Güvenliği Belgesi'nde 2030 yılına kadar tüm hidroelektrik potansiyelin kullanımını hedeflemektedir (Anonim, 2009). Bu hedefin doğal sonucu olarak ülkemizde neredeyse tüm akarsular üzerinde bir ya da birden fazla hidroelektrik santral projeleri geliştirilmiş ve yüzlerce HES işletmesi kurulmuştur. Türkiye'nin 2016 yılı verilerine göre akarsudan elde edilen hidrolik enerji santral sayısı 596 adettir (DSİ, 2016).

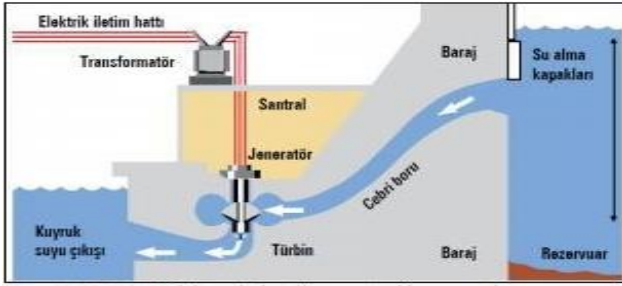
Hidroelektrik santraller için suyun önemli olmasının yanı sıra, su nehir akışı boyunca oluşan ekosistemin sürekliliğinin sağlanmasına da temel teşkil eder. Nehir yapısı boyunca sudan dolayı veya direkt etkilenen birçok yapı mevcuttur. Bu nedenle nehir akışı boyunca, mevcut su miktarı, kalitesi, besin taşınım yapısı ve içeriği nehir ekosistemleri ve çevresi için yaşamsal derecede öneme sahiptir. Bütün bu gereksinimleri tanımlayan ve ekosistemin devamı için gereken akış miktarını belirten kavram olarak can suyu kavramı karşımıza çıkmaktadır. Çevresel akış miktarının (can suyu) doğru belirlenmesi halinde ekosistemin sürekliliğinin yanı sıra mevcut su döngüsü de korunarak enerji üretimi açısından da süreklilik sağlanmış olur. HES'ler doğa tahribatına inşaat aşamasında başlayarak, işletme aşamasında da devam ederek vadiler boyunca doğal dengeyi bozmaktadır. Akarsu yatakları, flora ve fauna üzerinde geri dönüşü olmayan hasarlara neden olmaktadır. HES'lerin doğal yaşama etkileri; turizm, tarım ve hayvancılık v.b. ekonomik faaliyetlerin yanı sıra yöre halkının gelenek ve yaşam şekline yönelik değişikliklere neden olmaktadır.

Hidroelektrik Santraller: Hidrolik elektrik santraller; suyun sahip olduğu potansiyel enerjiden faydalanarak mevcut enerjiyi türbinler vasıtasıyla mekanik enerjiye ve mekanik enerjiyi de jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren yapılardır. Bu tesisler su kütesinin düşey mesafeden düşürülmesi prensibine göre çalışır. Hidroelektrik santraller suyun enerjisinden faydalanarak elektrik üreten yapılardır. Barajda biriken su yerçekimi potansiyel enerjisi içermektedir. Su, belli bir yükseklikten düşerken, enerjinin dönüşüm prensibine göre yerçekimi potansiyel enerjisi önce kinetik enerjiye (mekanik enerji) daha sonra da türbin çarkına bağlı jeneratör motorunun dönmesi vasıtasıyla potansiyel elektrik enerjisine dönüşür ve bu şekilde elektrik enerjisi üretilir (Yıldız, 2010). Hidroelektrik santraller, düşülerine göre, ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre, kapasitelerine göre ve üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre olmak üzere beş kısımda incelenebilir. Tablo 1'de Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması verilmiştir (Akkaya vd., 2009).

HES'ler temel olarak doğal akışlı (nehir tipi), depolamalı (baraj tipi) ve pompalı rezervuarlı olmak üzere üç grupta değerlendirilir (Şekil 1). Buna karşın Türkiye'de an itibari ile 'nehir tipi HES' ve 'baraj tipi HES' olmak üzere iki farklı tip HES mevcuttur. Üçüncü tip HES'lerin de yakında gündeme gelmesi beklenmektedir (DSİ, 2011). Şekil 2'de Nehir Tipi HES, Baraj Tipi HES ve Pompajlı Rezervuarlı verilmiştir.

Tablo 1. Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması (Akkaya vd., 2009).
Table 1. Classification of hydroelectric power plants (Akkaya et al., 2009).

Düşülerine Göre (m)	Ürettikleri Enerjinin Özellik ve Değerine Göre	Kapasitelerine Göre (kw)	Yapılışlarına Göre	Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre
Açık Düşümlü Santraller H< 15 Orta Düşümlü Santraller 15<H<50	Baz Santraller	Küçük Santraller <99 Düşük Santraller 100-999	Yer Altı Santrali Yarı Gömülü veya Batık Santraller	Nehir Santraller Kanal Santraller
Yüksek Düşümlü Santraller H > 50	Pik Santraller	Orta Santraller 1000-9999 Yüksek Santraller >10000	Yer Üstü Santrali	Baraj Santraller Pompaj Rezervuarlı Santraller



Şekil 1. Hidroelektrik santralinin genel yapısı (USGS, 2021).

Figure 1. General structure of the hydroelectric power plant (USGS, 2021).



Şekil 2. Hidro elektrik santral (HES) tipleri (Anonim, 2001)

Figure 2. Hydroelectric power plant (HEPP) types (Anonymous, 2001)

Hidroelektrik enerji kaynakları; yenilebilir ve temiz olmaları, yerli doğal kaynaklar kullanılarak yapılmaları, bakım ve işletme giderlerinin düşük olmaları, fiziki ömürlerinin uzun oluşu gibi sebeplerle doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıtlarda elde edilen enerjiye oranla çevreci yenilebilir enerji kaynaklarıdır. Bu tip santrallere genel olarak yükleme havuzu, çökeltim havuzu, cebri boru, su iletim kanalı ve yolu, regülatör, santral binası ve salt sahasından meydana gelirler. Bu santrallerin su tutma kapasiteleri çok azdır; kısa sürede içerisinde nehirden gelen suyla hazneleri dolmaktadır. Nehrin içine su toplamak için bir set çekilerek nehrin suyu tünelle veya bir boru ile santrale yönlendirilip elektrik üretilir. Ekseriyetle nehir santrallerinin gücü 25 MW'dan az olur. Nehir tipi HES'lerin kuruluş ve işletilme maliyetleri düşük seviyelerde ve çevreye verdikleri olumsuz etki azdır (Akpınar vd, 2005). Nehir tipi Hidroelektrik santraller son

Nehir Tipi (Regülatör) HES'ler: Nehir Tipi Santrallerde akarsuyun üzerine yapılan bir regülatör (düzenleyici) ile su seviyesi bir miktar kabartılır (Şekil 1). Bu durumda debilerin su alma yapısı tarafından daha kolay alınır, düşüde kazanılmış olur. Böylece tesislerde debi düzenlenmesi olmaz. Mevsimlere bağlı olarak santralin üreteceği elektrik enerjisi değişir. Güvenilir enerji akarsuyun doğal şartlarda gelen minimum debisi ile sınırlıdır, Üretilmesi planlanan elektrğin çoğu ikincil enerjidir.

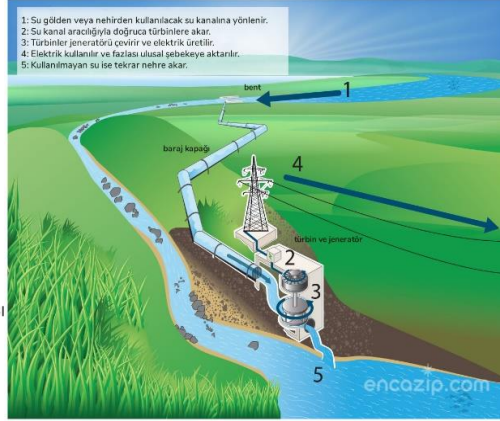
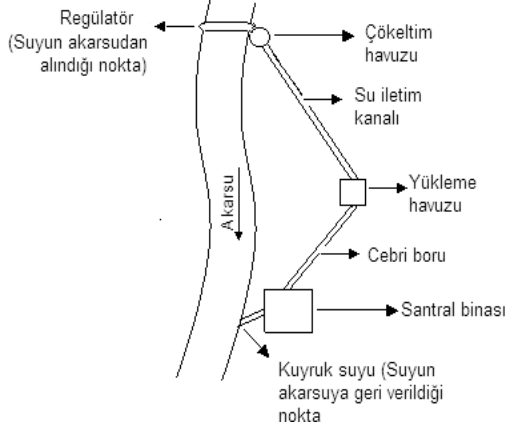
zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Bu santrallerin iki avantajı vardır. Bu santrallerin maliyetleri oldukça düşük seviyede, ikinci olarak böyle santrallerin inşaat süreleri kısa ve uluslararası bankalar tarafından fazla desteklenmektedir. Dünyanın her tarafında bu tip santrallerin yapımı devam etmektedir.

Akarsuyun üzerine yapılan bir regülatör yardımı ile suyun seviyesi kabartılarak yönlendirilir. Bu şekilde akarsudan alınacak olan debi daha kolaylıkla ve sürekli alınması sağlanır. Bu tip tesislerde debi düzenlemesi yapılamaz. Çünkü bu santraller biriktirmeli değildir. Dolayısıyla üretilecek olan enerji yağış şartlarına çok sıkı olarak bağlıdır üretilecek güvenilir enerji akarsuyun debisine çok sıkı bir şekilde bağlıdır (DSİ, 2011). Akarsudan su çevirme işlemi, genellikle bir regülatör ve su iletim sistemi (açık kanal, kondüvi veya tünel) ile gerçekleştirilir. Sistemi oluşturan ünite ve elemanlar genelde şu kısımlardan ibarettir; Çevirme Yapısı (Regülatör), Çökeltim havuzu, Su iletim Sistemi (İsale Hattı), Yükleme Odası (denge bacası), biriktirme havuzu, Cebri Boru, Santral ve salt Tesisler, Enerji Nakil Hattı ve Servis Yolları ve Site Tesisleri (Şekil 3).

Hidroelektrik Santral ve Çevre: Hidroelektrik santrallerin kalkınmaya ve gelişmelere olan katkılarının olumlu etkileriyle beraber; nehirlerdeki biyolojik çeşitlilik, ekosistemler ve birincil derecede besin zinciri ve hizmet destekli oluşumlar üzerinde negatif yıpranmalar oluşturduğu artık bir realite olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu olumsuz durumlar bölgesel olarak durmayıp bütün akarsu boyunca etkisini artırmaktadır. Daniel vd., (1996)'nin çalışmalarında 2025 yılında dünyadaki %70'ine erişim sağlanacağı düşünülmektedir. Bu çalışma düzenlenirken dünya üzerinde erişilebilir su %54 oranındadır. Tahmin edilen %70 oranına talep artışı enerjide yaşam standartlarındaki gelişme, küresel anlamda sıcaklıklardaki değişimler ve artan nüfus sayısı 2025 yılına gelmeden varılabileceği yönünde ortak bir düşünce oluşumu mevcuttur.

Nehirlerdeki akıştan; suyu depolama veya direkt sudan faydalanabilmek için oluşturulan yapılara baraj denmektedir. İlk hidroelektrik santrali 1882 yılında kurulan Appleton WI'den bu yana hızlı bir gelişim göstermiştir. Baraj kapasiteleri ve büyüklüklerine göre sulama, içme suyu kullanımı, elektrik üretimi, taşkın kontrolü ve balık üretimi gibi gelişme göstermiştir. Hidroelektrik santraller insanlık için çok önemli

faýdalarının yanında, zayıf bir planlama, tasarım veya işletim hem nehir ekosistemi üzerinde hemde nehirlerden hizmet ve besin sağlayan oluşumlar üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir. Barajlar su akışını (hacim ve zamanlama), su kimyasını, nehir kanalının fiziksel yapısını ve taşkın alanların, üst ve alt akıntı ile bağlantının temel bileşenleri nehirin her yerinde değişiklik meydana getirir.



Şekil 3. Nehir tipi hidroelektrik santral şeması ve yapısı (Yurtseven, 2011)

Figure 3. Diagram and structure of river type hydroelectric power plant (Yurtseven, 2011)

Memba (Upstream) Etkileri: Barajlar ve değiştirilmiş akış rejimleri habitat yaşamlarını üzerindeki etkileri geniş bir ölçekte tanımlanabilir. Memba etkileri doğal nehir habitatı üzerinde barajlardan kaynaklı oluşan etkilerden en önemlilerden bir tanesidir. Büyüklüklerine göre farklılık arz edecek olsalar bile regülatörden veya baraj yapısından önce nehir sisteminden farklı olarak yeni bir göl ya da birikme sistemi meydana getirmektedir. Bu birikme, artık oluşan habitatı nehir habitatından ziyade göl habitatı olarak incelenecek olan yapı baraj yüksekliği, vadi morfolojisi ve depolama karakteristiği gibi havza şekli, oluşan hacim diğer etkenlere bağlı olacaktır.

Bilim insanlarının sıklıkla üzerinde tartıştığı konu olan, baraj yapısından kaynaklı kaybolan nehir ekosisteminin yerine oluşan göl habitatının bu olumsuz durumu giderilmesidir. Yapılan bazı çalışmalar, doğal göl ve sulak alanların özellik olarak nehir birikmelerinden kaynaklı oluşan yapılardan oldukça farklı olmasıdır. Sonradan oluşan su birikintilerinin su seviyesi kullanım şekline ve amacına göre günlük, dönemsel veya yıllık olarak sürekli dalgalanmaktadır. Dalgalanmalar arasında oluşan zaman farkından yeni ekosistemler oldukça zayıf olup ortam olarak da farklı fiziksel ve kimyasal oluşumlar meydana gelmektedir (Geray vd., 2008). Avustralya'nın güneyinde oluşturulan su biriktirme yapısı üzerinde yapılan araştırmalarda nehir habitatında yoğun kayıplardan kaynaklı tatlı su istakozunun neslinin tükenmekte olduğu, nehir sisteminde ve sucul alanda yaşayan birçok canlısının yok olmayla karşı karşıya olduğu bildirilmiştir.

Biriktirme oluşturmak için meydana gelen setlerin olumsuz etkisi sera gazı salınımlarına neden olmaktadır. Normal akış dönemlerinde akıntıya hareket etmesi gereken organik madde içeriği yoğun olan toprak ve biyokütle zaman içerisinde birikerek karbondioksit ve metan gazlarının salınımına neden olmaktadır. Bu oluşan salınımların yoğunluğu ve oranı birçok etkene bağlı olarak değişmektedir. Örneğin birikintinin derinlik, organik maddelerin tutulma süresi, sıcaklık gibi etkenlerin yanı sıra maddelerin kimyasal içerikleride dahil edilmelidir (Allan vd., 1993).

Balıklar Üzerine Etkisi: Su depolamak için akışın veya nehrin önünü kesecek şekilde inşa edilen yapıların nehir sürekliliğinde kesintiye neden olmaktadır. Bu yapılar akışın hem nehir akışı doğrultusunda hemde yatay doğrultuda suyu engellemektedir. Oluşan set etkisinin azaltmak için bazı mühendislik yaklaşımları (balık geçitleri, merdivenler, asansörler) olmasına rağmen neredeyse tamamına yakınının havza içerisindeki normal akış düzenindeki hareket özgürlüğünü sağlayamadığı ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde örneğin tropikal bölgelerde inşa edilen barajlarda balık geçitleri için yapıların ya olmadığı; olanların ise bütün balık türleri için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan geçitler daha çok somon balıkları için yapılar bu türün dışında kalan canlılar dikkate alınmamıştır. Her balık türünün göç ederken hızlarının farklılığı ve türünden kaynaklı fiziksel özellikleri farklı yapıların oluşturulmasını gerekli kılmaktadır (Berkün vd., 2008).

Sucul canlılar farklı zamanlarda farklı gereksinimler için değişik alanlarda bulunabilirler. Özellikle beslenme ve yumurtlama için göç edip uygun ortamlar arayabilirler. Göç hareketleri nehir akışı boyunca yönelim olarak nehirde diğerine veya nehirde göl ya da denize şeklinde ya da tam tersi yönlerde gerçekleşebilir. Geçitleri olmayan setlerin varlığı bazı kalıcı bozulmaların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Örneğin nüfusun kendi içinde setten kaynaklı tecrit hali oluşması, kendilerini yenilemede bozulmalar, gen akışında kesintiler ve yerel olarak balıkların ve diğer sucul canlıların zamanla tükenmesi gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Nehir üzerinde yapılan barajların en önemli etkilerinden biri de popülasyonda azalmaya sebebiyet vermesidir. Popülasyondaki azalma ticari anlamda üretimde olan canlıları içermektedir (somon, mersin balığı). Reyes ve arkadaşlarının Fransa'da Rhone Nehri ve İspanya'da Guadalquivir Nehri üzerinde yaşayan organizmalar, su tortu ve tohum gibi sayısız bileşen halindedir. Hareket özelliği sayesinde uygun yumurtlama ve üreme ortamlarına geçiş, tohum taşınımı sayesinde türlerde çeşitliliği ve çoğalma, organik maddelerin iletimi ile diğer organizmaların beslenmesi ve yapıtaşlarını oluşturmaları gibi birçok kazanım elde edilmektedir (Berkün vd., 2008).

Nehirdeki akış birikmesinin neden olduğu bir diğer olumsuz etki hızın düşmesi ve bitkilerin çoğalmasını ya da tozlaşmasını sağlayan tohum yapılarının batık olması veya rüzgârla kıyıya süpürülmüş olmasıdır. Bu olumsuz etkinin sonucunda tohum taşınımı gerçekleşmez ve türlerin yayılması engellenmiş olur. Üremeyi sağlayan tohumların çok küçük bir kısmı savaklardan, türbinlerden veya geçitlerden geçip sürekliliği sağlayabiliyorlar. Barajlarda bu yapılar ki özellikle geçitler sürekli açılmayıp ihtiyaç durumlarında açılmaktadır. Dünya üzerindeki nehir yapılarının bu kadar yoğun bir şekilde kullanılmış olması bütün bu sayıları üreme ve taşınım üzerindeki set etkisini küresel bir realite haline getirmiştir.

Mansap (Downstream) Etkileri: Nehirler yıllık 15-20 milyar ton karasal materyali, okyanuslara bir taşıyıcı mekanizma gibi çalışırlar. Bu devasa miktardaki çökelti ya da tortu küresel jeolojik döngüde, kimyasal döngüde ve kıyasal ekosistem döngülerinde hayati öneme sahiptir. Nehir üzerine yapılan yapılardan kaynaklı bu döngüler üzerinde bozulmalar meydana gelmektedir. Normal sediment akışının %30'a yakını bu yapılar tarafından tutulduğu tahmin edilmektedir. Bu yapısal bozulmalar sonuç olarak katı madde hareketleri ve kanal yapısını, besin taşınımını, ısı rejimi, habitat yapısını ve nehir içerisindeki organizmaların yeniden yapılanmasını engellemektedir. Bu sediment aktarımındaki kısıtlama gün geçtikçe artmaktadır.

Nehirden faydalanabilmek için nehir yatağı üzerinde yapılan müdahaleler kanal kesitinin yani normal akışın sağlandığı alanın daralmasına ve azalmasına neden olabilmektedir. Nehir üzerinde yapılan baraj çalışmalarının sonuçlarının sonuçları birçok parametreye göre değişkenlik arz edebilir. Örneğin barajın kurulduğu alan, barajın büyüklüğü, barajın amacı, nehrin jeomorfolojik yapısı, nehrin içerisindeki toprak yapısı gibi etmenler oluşacak etkilerin büyüklüğünü belirlemektedir.

Baraj yapılarında en önemli sorun birikme yapılarının verimli çökeltilerle dolmasıdır. Barajların birikme kısımlarının verimli çökeltilerle dolması baraj ömürlerini direkt olarak etkilemektedir. Bu çökelti birikmesinin bir problem olarak tespiti 1920 yılına uzanmaktadır. Bu soruna çözüm geliştirilmesi 1960'lara denk gelmektedir. Kurulan baraj yapılarında ölü boşluklar bırakılarak çökeltilerin bu boşluklara dolması sağlanarak baraj ömürlerinin artması sağlanmıştır. Örneğin Hoover Barajı arkasında oluşan Mead Gölü'nün 78 metre aşağısında oluşan çökeltiyi ortadan kaldırmak için ölü bir hacim bırakılmıştır. Bu şekilde oluşturulan ölü hacim nedeniyle verimli çökelti ya da tortuların kanal boyunca ilerlemesi engellenmektedir.

Feamside, (2004) yaptığı çalışmada; barajlarda biriken çökelti ya da tortu hem mansap için hemde akışın ulaştığı noktalarda oluşturduğu deltalar üzerindeki habitat yapısı için çok sert etkilerinin olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Baraj tarafından tutulduğu için çökelti ve tortu yapısı olarak zayıf olan akış ilerleyişi süresince daha ince olan toprak yapısı üzerinde erozyon etkisi yapmaktadır. Bu daralmalar yıllar içerisinde çok aşırı noktalara ulaşmış nehir yatak yapısının kaybolmasıyla sonuçlanmıştır. Nehir yatağının kaybolma sürecinin süresini belirleyecek olan durum ise verimli çökelti ve tortu geçişine ne kadar müsaade edildiğidir.

Nehir kanal yapısının aşınma ve kesmeden kaynaklı bozulmasının bir diğer etkisi kanal içerisindeki alüvyon koridorunun taşınım ve kıvrım sayısının zamanla azalmasıdır. Nehir kendi doğal yapısından farklı olarak dolaşımın azalmasından kaynaklı ilerleyen süreçlerde mendereslerin (kıvrımların) oluşumunun kısıtlanması ve nehirdeki sucul ekosistemin sürekliliğini sağlayan diğer kanal kenarı ve kanal dışı habitatların bozulması gibi önemli sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Missourui Nehri üzerindeki Fort Peck Barajı üzerinde yapılan bir çalışmada nehirdeki düşük akım ve düşük korumadan kaynaklı baraj sonrası oluşan menderes (kıvrımlı) yapının yıllık oluşma oranı 25 ft iken bu oran zamanla 6 ft gibi bir orana düşmüştür. Missouri nehrinde yapılan bir diğer çalışmada menderes oluşma yapısındaki azalmadan kaynaklı Kanada kavağının yenilenme oranında düşüş tespit edilmiştir.

Elektrik üretimi sağlamak için kurulan barajların nehrin doğal akış rejimine etkileri normal baraj yapılarından görece farklıdır. Üretimde oluşabilecek dalgalanmaları engellemek için oluşturulan barajlar gerek görüldüğü takdirde farklı çalışma durumlarına geçerek üretimin durmasını engellemektedir. Bu yaklaşım nedeniyle akış üzerinde günlük hızlı akış dalgalanmaları meydana gelmektedir. Hızlı ve günlük değişen akış dalgalanmaları nehir yaşamı ve ekosistemi üzerinde olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Bu tekil santral yapısının yanı sıra nehir kaynağından akışın bittiği noktaya doğru sürekli bir eğim durumu var ise nehir üzerinde sıralı bir şekilde santral dizisi kurulabilmektedir. Sıralı bir halde yapılan barajlar nehir akış hızını düşürmekte ve yüksek oranda suyun akışını engellemektedir. Tekil baraj yapısı için tespit edilen sorunlar sıralı santral yapılarında daha fazla olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Mansap Suyu Sıcaklık Değişimi: Temiz su organizmaları, yaşam döngüleri süresince ısı rejim bileşenleri ile ekolojik olarak ilişki içerisinde. Isıl rejimdeki yapısal bütünsellik akış rejimindeki bütünsellik kadar önemlidir. Nehir düzenlenmesinden kaynaklı oluşan termal rejim değişikliği barajın bulunduğu arazinin pozisyonuna, barajın kullanım şekli ve amacına, salık verilen suyun derinliğine ve mekanizmasına, iklimsel ve jeomorfolojik yapısına bağlıdır. Isıl rejimdeki değişimler sadece baraj yapısını ve yakın çevresini değil akış boyunca bir bütün yapıyı etkilemektedir.

Su biriktirme yapılarında oluşan derinliğe bağlı olarak suyun sıcaklığı ve suda çözülmüş oksijenin miktarı değişkenlik göstermektedir. Su yüzeyinden barajın dip noktasına kadar barajı sürüm, metalimniyon ve hipolimniyon diye üç tabaka halinde inceleyebiliriz. Bu tabakalar içerisinde hipolimniyon tabakası sıcaklık bakımından en düşük sıcaklığa sahip olup su yapısının en alt kısmında yer alır ve santral yapısından itibaren nehir akışına bırakılan suyu temsil etmektedir. Bu katmanın sıcaklığının düşük olmasının aktarılan suyun bu katmandan aktarıldığı düşünüldüğünde beraberinde ekosistem için önemli problemleri getirmektedir. Yaz aylarında bu durumun tersi bir oluşum da barajın yüzeyine yakın olan kısımdan veya epilimniyon tabakasından bir miktar akış serbest bırakılarak sıcaklık artışı bir miktar sağlanabilir. Örneğin, Duncan ve Cline (2002)'nin yaptıkları bir çalışmada, yaz aylarında baraj sonrası akıştaki suda sıcaklık artışının yaklaşık olarak 2,7 °C arttığını ve bunun da 1 °C ve 5,5 °C arasında değiştiğini göstermişlerdir.

Suyun sıcaklık değerleri değişimin etkilediği bir diğer durum ise canlı organizmaların yumurtlama dönemlerinde istenilen sıcaklıkta bir değer sağlanamamasıdır. Belirli sıcaklık aralığının uygun olduğu bir canlı türünde örneğin bir balık türünde 19-21 °C iken

barajın hipolimniyon tabakasından 16-18 °C derece de akış bırakıldığı uygun yumurtlama olmayacağından üreme gerçekleştirilmeyecektir. Bu durumu ortadan kaldırmak için su biriktirme yapısının epilimniyon tabakasından yumurtlama dönemini kapsayacak şekilde hipolimniyon tabakasına görece daha sıcak olan akışın serbest bırakılmasıdır.

Mansap Suyu Miktarının Etkileri: Nehir akışının engellenip üzerine biriktirme yapısı oluşturularak baraj yapısının nehir doğrultusuna olan akış önemli ölçüde engellenmiş olur. Nehir yapılarının en önemli bileşeninin su olduğu göz önüne alındığında akışta oluşan azalmalar nehir ekosistemi ve çevresi üzerinde yıkıcı etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Nehir üzerindeki akış tanımlanırken, bu akışı karakterize eden farklı özellikler bulunmaktadır. Örneğin; nehir akışının hızı, suyun kalitesi, suyun miktarı ve zamanlaması gibi nehir akış miktarının olması gerekenden daha düşük olması beraberinde çeşitli sorunları da getirmektedir.

Mansap suyunun az olması halinde nehirdeki ekosistem, içerisindeki canlı yaşamın zayıflamasından dolayı önemli ölçüde zarar görecektir. Sadece akışın geçtiği nehir yatağı değil bir bütün olarak havza yapısı da etkilenebilmektedir. Birincil etkilenebilecek canlı grubu olarak karşımıza balıklar çıkmaktadır. Nehir ekosisteminde balıkların yaşamlarında en belirleyici etken olan suyun azlığı halinde yaşam alanlarının yok olacağı tehdidiyle karşılaşılacaktır. Nehirdeki suyun akış hızı, derinliği ve makul seviyedeki bulanıklık sayesinde nehir yapısının kendisini yenilemesini sağlar. İçerisinde bulunan atık suyu ve zararlı katı partikülleri uzaklaştırabilmektedir. Baraj yapısı tarafından suyun engellenmesi veya uygun miktardaki suyun mansaba bırakılmaması halinde nehirdeki yenilenme gerçekleşmeyecek ve kirlilik oranı nehir ekosistemini tehdit edici noktaya ulaşacaktır.

Nehirdeki akıştan yararlanabilen canlı gruplarının içerisinde insanlar da önemli bir kullanıcı olarak durmaktadır. Nehir suyu farklı alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin tarımsal arazilerinin sulanmasında, içme suyu olarak kullanılmasında ve yerleşim yeri kırsal bir bölge ise alt yapı yani kanalizasyon yokluğunda direkt evsel atıklarını atabileceği bir atık alanı olarak da kullanılabilir. Suyun eksikliği veya tükenmişliği bu faaliyetleri de engelleyecektir. Bu kullanım alanına ek olarak bazı bölgelerde nehirlerden turistik amaçlı faydalanma ve eğlendirilen alanı olarak kullanımı da mümkündür. Böyle bir kullanım da, akım eksikliğinden direkt etkilenecektir. Daha önce de belirtildiği gibi su nehir ekosistemindeki her bir canlı organizma için hayati önemlidir. Suyun ekosistemdeki önemi bu kadar açık ve aleni iken suyun sistemde olması gerektiği kadar yani canlı yaşamlarının idame edilebilmesi ve nehrin doğal yapısının

bozulmaması için gerekli olan miktarın akışı sağlanması gerekmektedir.

Su Kaynakları Üzerine Etkisi: Nehir tipi HES tesislerinin su kaynakları açısından neden olduğu ilk ve en önemli etki derelerin su miktarı ve rejimi üzerine yapmış oldukları etkidir. Tesislerin üretim aşamasında üzerinde buldukları derenin doğal şartlarda taşıdığı su miktarının önemli bir kısmı regülatörlerle su iletim kanallarına veya tünellerle alınacağından deredeki su akışlarında değişiklikler olacaktır. Dere yatağına yeterli oranlarda su bırakılmaz ise sucul canlıların habitatları olan su ortamı olumsuz etkilenecektir. Özellikle yağışları azaldığı kurak dönemlerde bu etkiler çok daha fazla olacaktır (Ak vd., 2009). Böyle durumlarda dere yatağına bırakılacak olan can suyunun ölçülmesi oldukça fazla önem taşımaktadır. Ölçümlerin kontrolleri DSİ tarafından kurulan Alet Gözlem İstasyonları aracılığı ile yapılmaktadır (Güner vd.,2008).

Tesislerin su kaynaklarını kirletmesi ve sedimentasyon oluşturması ağırlıklı olarak santral inşaatları sırası yaşanmaktadır. Özellikle havzaların yukarı bölümlerinde planlanan tesislere ait düzenleyici, su alma yapısı, santral binası, yardımcı bina ve tesisat gibi birçok birimin inşa edilmesi sürecinde belirli bir bölge tahrip edilmektedir. Su kaynakları açısından en önemli zararlar ulaşım yolları ile açık yada tünel şeklindeki su iletim kanallarının yapımı sırasında gerçekleşmektedir. İnşaatlar sırasında ortaya çıkan hafriyatın arazi yapısının da engebeli olması ile uygun tekniklerle depolanmayarak eğimli şeylerden aşağıya gelişigüzel bırakılması ile hem su kaynakları kirlenmekte hem de dere yatağı bazı durumlarda dolmaktadır (Oğuz vd., 2008).

Sarp ve dik vadilerin oluşu tesislerin inşaat aşamasında tünel ve ulaşım aşamasında ortaya çıkan hafriyatların taşınmasında sorun olmaktadır. Örneğin, en küçük çaplı ve 10 km uzunluğundaki bir tünelden yaklaşık 120 bin m³ (yaklaşık 300 bin ton) kaya çıkarılmakta, bazı durumlarda bu miktar yeni açılan yollarla birlikte iki katına kadar çıkmaktadır. Vadilerde depolanması oldukça zor olan bu hafriyat en kolay olarak şeyvlerden aşağıya bırakılmaktadır (Güner vd., 2008). Bu uygulama sonucunda sonucunda ise hafriyat dökümü yapılan yerdeki bitki örtüsü zarar görmekte, bazı yerlerde ise tamamen yok olmakla buralarda, habitat ayrılmalarına/parçalanmalarına yol açmaktadır. Bununla birlikte bazı bölgelerde dere yatağının dolarak sucul sistemin de bozulmasına neden olmaktadır (Albayrak, 2008).

Üzerinde tesis kurulması planlanan derelerden regülatörlerle üretim amaçlı alınacak olan su miktarının ne kadar olacağı, diğer bir ifadeyle o derenin doğal yatağında ne kadar su bırakılacağı konusu çok önemli bir sorun teşkil etmektedir. ‘Can suyu’ veya ‘telafi suyu’ olarak adlandırılan bu miktar, deredeki çevrebilimle ilgili

yaşamın sürdürülebilmesi (devamı) için yeterli olacağı düşünülen su miktarıdır. Su miktarının belirlenmesinde; deredeki suyun debisi ve akış rejimi, yerel halk tarafından kullanım durumu, dere kenarı vejetasyonu, sucul canlılar ve yaban hayatı gibi birçok farklı etmen gözönünde bulundurulmalıdır. Su kullanım hakkı anlaşması yönetmenliğine göre, mansaba bırakılacak su miktarı ‘projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10’u olacaktır’ ibaresi ile tesislerin üretimi sırasında doğal mecraya bırakılacak su miktarı rakamsal bir ifadeye dönüştürülmüştür (Anonim, 2010).

Enerji üretiminde çevre dostu kavramlar ve yatırımlar geliştirilmek suretiyle oluşacak çevresel etkinin azaltılmasına çalışılmaktadır. Son dönemde yaşanan gelişmeler modifiye edilerek hidroelektrik sanayi için de uygulanmaktadır. Özellikle belirli bölgelerde küçük ölçekli uygulamalarla geliştirilen teknolojileri nehir ekosistemleri için olumsuz etkileri olmadan mümkün olan en yüksek miktarda elektrik üretebilmektedir. Karlılık hedef alınarak yapılan klasik enerji üretimi uygulamaları yerine küçük bazı yatırımlar veya projelerde yapılacak değişiklikler sayesinde, çevresel açıdan etkili sonuçlar alınabilmektedir. Örneğin, balıkların korunmasının söz konusu olduğu ve ekosistem bütünlüğü taşıyan projelerin enerji üretimi ile optimize şekilde yürütülmesi gerekmektedir (Muluk vd., 2009).

Sucul Ekosistem Üzerine Etkisi: Sucul ekosistemlerde çevresel etkilerin azaltılmasında öngörülen ve ülkemizde halihazırda uygulanmayan belli başlı noktalar şöyledir (Karr vd., 1998).

1. Su kalitesinde meydana gelecek değişim,
2. Balık stokları ve bu stokların sucul ekosistem üzerinde oluşturması muhtemel etkiler,
3. Havza bazında taşıma kapasitelerinin tespit edilip bu doğrultuda çevresel etkinin çıkarılması,
4. Balık geçitlerinin işlerliği ve balıkların yukarı göç (upstream) yapabilmeleri için bu yerlerin dizayn edilmesi,
5. Akarsudan aşağı yöne doğru yapılan balık göçlerinde (down stream) bariyerler ve kollektörler kullanılması,
6. Çevresel/ekosistem su ihtiyacının bölgenin özelliklerine göre tespit edilmesi,
7. HES’lerin inşaatı ve işletilmesi esnasında su ürünleri ve faunaya olan etkinin izlenmesi ve gerekli önlemlerin zamanında alınabilmesi için iyileştirme projeleri yürütülmesi,
8. Ticari açıdan önem taşıyan türlerde balıklandırma programları uygulanması,
9. Aynı bölgeyi kullanan sektörler, tarım, turizm, balıkçılık gibi çatışmanın engellenmesi.

Can suyu akarsulardaki doğal yaşamın sürdürülebilmesi engellemeyecek çevrebilimle ilgili eşik ifade etmektedir. Can suyu hem çevreyle ilgili devamlılığı sağlayacak miktarda olmalıdır. Bölgede derelere atılan kanalizasyon ve evsel atıklar çevre ve insan sağlığı bakımından oldukça sakıncalı olan bu uygulama su miktarının bolluğu kırsalda yaşayan insan sayısının azlığı, atık konsantrasyonlarının hastalık oluşturmayacak seviyede kalmasını sağlamaktadır. Ancak suların iletim hatlarına alınmasıyla, akarsularla taşınmakta olan evsel atıkların ortamdaki uzaklaştırılması oldukça zor olacak, hastalık yapan atık konsantrasyonunun can suyu içinde fazla miktarda bulunması önemli sorunlar meydana getirecektir. Bunun sonucundan ise hem insan sağlığı hemde hayvan sağlığı olumsuz olarak etkilenecektir (Kurdoğlu vd., 2010). Can suyu miktarının net olarak belirlenmesi aslında su kaynaklarının korunması için yeterli bir durum değildir. Akış şartlarının burada önemli bir etkisi bulunmaktadır, su akışının yılın her dönemi düzenli olması gerekmektedir. Sudaki yaşam oksijene bağlı olduğu için suda oluşacak kısa süreli bir kesilme dahi geri dönüşü olmayan yıkımlara yol açabilecektir. Bu nedenle akarsulardaki akışın sürekliliğinin sağlanabilecektir. Aynı zamanda canlıların üreme ve göç dönemlerinde, by pass kanalları sayesinde, mevsimsel özelliklere göre belirli seviyelerde akış korunabilecektir (Anonim, 2008).

Solaklı Vadisi HES'leri: Araştırma alanı olan Solaklı dere havzasında toplam 36 nehir tipi HES yapılması planlanmaktadır. Bu nehir tipi HES'lerin 1'i ön inceleme aşamasında, 14 adeti planlama aşamasında, 10 adeti proje aşamasında, 7 adeti inşaat aşamasında ve 4 adeti işletme aşamasında bulunmaktadır (Tablo 2).

Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali:

Çambaşı Regülatörü ve hidroelektrik santrali; Trabzon ili Çaykara ilçesinde Solaklı deresi ve kolları üzerinde Çambaşı Regülatörü, Ögene Regülatörü ve 45 MW gücündeki Hidroelektrik santralinden oluşmaktadır. Çambaşı HES santral binası ise Çaykara ilçesinin 1,5 km güneyinde ve Çambaşı Regülatör yeri santral yerinin yaklaşık 7,5 km güneyinde Solaklı deresinin Haldizen kolu üzerinde, Ögene Regülatörü ise Çambaşı Regülatörünün 1,8 km batısında Ögene deresi üzerinde bulunmaktadır. Çambaşı Regülatörü ve HES Projesi'nin tesis edilmesi ile yaklaşık 45 MW Kurulu güç ile yılda ortalama 190 GWh enerji üretilmektedir. Çambaşı Regülatörü ve HES Projesi'nde Regülatörlerle çevrilen su Çambaşı Regülatörü'nden yaklaşık 6380,3 m uzunluğundaki enerji tüneliyle Çambaşı Santraline iletilmektedir.

Çambaşı Regülatörü'nden yaklaşık tünel-1'e kadar 2096,1 m uzunluğunda, yaklaşım tüneli-1'den yaklaşım tüneli-2'ye kadar 2655,9 m uzunluğunda yaklaşım tüneli'nden denge bacasına kadar 1628,3 m

uzunluğundadır. Enerji tüneli iletim hattı, Çambaşı Regülatörü'nden alınan 20 m³/sn debinin öncelikle denge bacasına, oradan da çelik kaplamalı tünel ile santral binasına iletilmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle regülatörle çevrilen suyun santral binasına enerji tüneliyle ulaştığı durumlarda, nehrin tünel çevrilmesiyle nehir yatağında su miktarının azalması özellikle sucul canlılar üzerinde etkilere neden olmaktadır. Santral yapısını bir bütün olarak incelediğimizde; santralde regülatörler, iletim tüneli, yaklaşım tüneli gibi ana kısımlar mevcuttur. Santral ile ilgili teknik bilgilendirme Tablo 3.'de genel olarak verilmiştir.

Tablo 2. Solaklı Deresi havzasına ait hidroelektrik santral proje listesi (DSİ, 2013).

Table 2. Hydroelectric power plant project list of Solaklı Stream basin (DSI, 2013).

Sıra No	Hidroelektrik Santralin Adı	İlçe	Tesisin Bulunduğu Akarsu
1	Kayalar Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Demirkapı Deresi
2	Solaklı Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere
3	Holo Reg. ve HES	Of	Holo Dere
4	Çark Reg. ve HES	Of	Çark Dere
5	Kurtali Reg. ve HES	Çaykara	Alisostal Deresi
6	Nursu Reg. ve HES	Of	Bölümlü Deresi
7	Hadi Reg. ve HES	Çaykara	Maltepe (Hadi) Deresi
8	Maltepe Reg. ve HES	Çaykara	Maltepe (Hadi) Deresi
9	Yeşilçamlık Reg. ve HES	Çaykara	Dermiyoz Deresi
10	Güven Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Siron Deresi
11	Derin Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı-Eğri (Yeşilalan) Deresi
12	Demirkapı Reg. ve HES	Çaykara	Demirkapı-Şekersu, Kuzugözü, Kanlı D.
13	Kısacık Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Demirkapı Deresi
14	Çınar Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
15	Kutlu Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı-Akköse Dereleri
16	Güneyce Bar. ve HES	Of	İyidere
17	Uzungöl-II Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen
18	Uzungöl-I Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen
19	Balıca Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere
20	Derebaşı HES	Çaykara	Büyükdere
21	ATM-I Reg. ve HES	Çaykara	Köknar Dere
22	Şirin Reg. ve HES	Çaykara	Eğridere
23	Esentepe Reg. ve HES	Of	Ögene Dere
24	Yeşilalan Reg. ve HES	Çaykara	Kozno Dere
25	Volkan Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
26	Çambaşı Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı Dere
27	Çaykara Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı Dere
28	Ataköy HES	Çaykara	Karaçam Dere
29	Kemerçayır Reg. ve HES	Of	Baltacı Dere
30	Üçhanlar Reg. ve HES	Of	Baltacı Dere
31	Balkodu-II Reg. ve HES	Çaykara	Kavlatan Dere
32	Güneşli II ve HES	Of	Solaklı Dere
33	Üçharmanlar Reg. ve HES	Of	Baltacı
34	Çamlıkaya Reg. ve HES	Çaykara	Karaçam
35	Balkodu-I Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
36	Arca Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere

Elektrik üretim lisansı 25.04.2008 tarihi ve 1583-4 sayılı karar ile EPDK tarafından verilmiştir. Projelendirme sürecinde santral kurulu gücü 45 MW olarak belirlenmiş yürürlükte olan ÇED yasasına göre kurulu gücü 10 MW ile 50 MW arasında olan projeler Ek-2 listesine göre değerlendirilmiştir. Çevre ve Orman İl Müdürlüğü tarafından 24.07.2007 tarihinde 'ÇED Gerekli Değildir' kararı alınmıştır. Çalışma sahasında çok fazla sayıda HES santral projeleri planlanması sebebiyle nehir tipi HES'lerin etkilerine yönelik bu çalışma birçok soruya cevap niteliğinde olacaktır (Anonim, 2010).



Şekil 4. Çambaşı regülatörü ve çevresi (Anonim, 2010)
Figure 4. Çambaşı regulator and its surroundings (Anonymous, 2010)

Elektrik üretim lisansı 25.04.2008 tarihi ve 1583-4 sayılı karar ile EPDK tarafından verilmiştir. Projelendirme sürecinde santral kurulu gücü 45 MW olarak belirlenmiş yürürlükte olan ÇED yasasına göre kurulu gücü 10 MW ile 50 MW arasında olan projeler Ek-2 listesine göre değerlendirilmiştir. Çevre ve Orman İl Müdürlüğü tarafından 24.07.2007 tarihinde ‘ÇED Gerekliliği Değildir’ kararı alınmıştır. Çalışma sahasında çok fazla sayıda HES santral projeleri planlanması sebebiyle nehir tipi HES’lerin etkilerine yönelik bu çalışma birçok soruya cevap niteliğinde olacaktır (Anonim, 2010).

Tablo 3. Çambaşı regülatörü ve hidroelektrik santrali (Anonim, 2010).
Table 3. Çambaşı regulator and hydroelectric power plant (Anonymous, 2010)

Santralin Adı	Çambaşı Regülatörü-HES
Santralin Yeri	Solaklı Deresi / Çaykara / Trabzon
Kurulu Güç	45 MW
Enerji Üretimi	190 GWh/yıl
Santral Bileşenleri	Ögene Regülatörü
	Çambaşı Regülatörü
	İletim ve Yaklaşım Tünelleri
	Denge Bacası ve Cebri Boru
İletim Kanalı	Santral Binası
	Uzunluk : 8332,5 m
Cebri Boru	Genişlik : 3,5 m (iç çap)
	Uzunluk : 931,9 m
Çökeltim Havuzu	Çap : 2,3 m
	Çambaşı / 1 Göz: 6 m X 130 m (2 gözlü)
Yükleme Havuzu	Ögene / 1 Göz: 5 m X 16,05 m (2 gözlü)
	Çambaşı / 15 m X 10 m X 0,4 m
Yaklaşım Kanalı	Tünel 1 : 462,9 m (uzunluk) & 4,3 m (çap)
	Tünel 2 : 545,6 m (uzunluk) & 4,3 m (çap)
Proje Debisi	Çambaşı : 20 m ³ /s (santral)
	Ögene : 12 m ³ /s
	Tip : Francis- Düşey Eksenli
Türbin	Verim : 0,93
	Adet : 3
	Brüt Düşü : 274,75 m
(Çevresel Akış)	Temmuz- Mart : 0,6 m ³ /s
	Nisan-Haziran: 1,2 m ³ /s

MATERYAL VE METOD

Çalışma Alanı: Trabzon ilinin güneydoğusunda olan çalışma alanımız Of ilçesinin güneyin kesiminde olan Solaklı Havzası alanı içerisindedir (Şekil 5). Çalışma alanı olan Solaklı Deresi havzasının toplam alanı 758,822

km² ve havzanın toplam çevresi 180,479 km’dir. Araştırma yeri olarak Solaklı deresi üzerinde Taşkiran Mevkii’sinin arasında kalan Çambaşı HES ve Regülatör arasında içermektedir (Şekil 5). Üç farklı ilçedeki topraklardan meydana gelen Solaklı havzası, Of, Dernekpazarı, Çaykara’dan meydana gelir. İlçelerin içinde en geniş olanı güneyde bulunan Çaykara’dır. Çaykara ilçesinin, doğu bölümünde Karadeniz Bölgesi, güneydoğusunda Trabzon ili, 40° 15’40”30’’ doğu boylamları ve 40°33’-40° 55’ kuzey enlemleri arasında bulunur.



Şekil 5. Araştırma alanının yeri (Google Maps, 2019).
Figure 5. Location of the research area (Google Maps, 2019).

Solaklı Deresi üzerinde Çaykara İlçesi (Uzungöl yönünde) çıkışında bulunan Nehir Tipi Hidroelektrik santral şeklinde inşaa edilmiş ve işletmede olan Çambaşı HES Santralinin kuyruk suları (3.Nokta), santralin 6 km yukarısında HES ve su alma yapısı regülatör arabölgesini temsilen (2.Nokta) ve Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii, Çambaşı Regülatörünün 2 km yukarısında ise memba sularını içeren (1.Nokta) üç örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 6, 7 ve 8).



Şekil 6. Bir numaralı örnekleme istasyonu (Taşkiran Mevkii).
Figure 6. Sampling station No. 1 (Taskiran Locality).



Şekil 7. İki numaralı örnekleme noktası (Ataköy Köprü 250 m aşağısı).
Figure 7. Sampling point number two (Ataköy Köprü 250 m below).



Şekil 8. Üç numaralı örnekleme istasyonu (Çambaşı HES)
Figure 8. Sampling station number three (Çambaşı HEPP)

Arazide Ölçüm Çalışmaları, Numune Alınması ve Saklanması: Arazi çalışmaları Çaykara İlçesi çıkışında bulunan Çambaşı HES başlayarak Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii kısmına kadar belirlenen noktalar arasındadır. Çalışma 2017 Kasım-2018 Ekim tarihleri arasında bir yıl süreyle her ayın ortasında ölçüm yapılacak şekilde yürütülmüştür. Ölçülecek parametreler için Çambaşı HES'in kuyruk suyunun bulunduğu yerden Taşkiran Mevkii arasında 3 farklı ölçüm noktası seçilmiştir. Her bir noktadan suyun kalite ölçüsünü gösteren numuneler alınmıştır.

Solaklı havzası akarsularında belirlenen üç istasyondan iki paralel olacak şekilde altı adet su numunesi alınarak her ay Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası Laboratuvarında analiz edilmiştir. Su numuneleri Yüzeysel Suları Su Kalitesi Yönetimi Yönetmenliğine bağlı olarak ileri sürülmüş su numunesi alma tebliğine göre su kaynağını en iyi temsil edecek noktalardan, akarsu yüzeyinden yaklaşık 50 cm derinlikten ve akıntı yönüne doğru alınmıştır. Numune alım noktasının sıcaklığı, çözünmüş oksijen yüzdesi, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve pH sı numune alım sırasında elektrometrik yöntemle ölçüm yapan taşınabilir arazi tipi Hach Lange HQ40D multiprobla ölçülmüştür.

Araç ve Gereçler: Hach Lange HQ40D multiprobla ve 6 adet 1 L su numune kaplarıyla su numune örnekleri alınarak; Arazi çalışmaları 2017 Kasım - 2018 Ekim tarihleri arasında Çaykara İlçesi çıkışında bulunan Çambaşı HES başlayarak Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii kısmına kadar belirlenen noktalar arasındadır.

Hach Lange HQd Field multi cihazı kullanılarak arazide direkt olarak, çözünmüş oksijen (mg/l), sıcaklık (°C), pH, ORP (mV), elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$), çözünmüş katı madde (mg/l) parametreleri ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Hach Lange HQd Field multi cihazı, her ay arazi çalışmalarında su kalitesi parametreleri ölçülmeden önce kalibre edilmiştir. Çalışma sonunda cihaz saf su ile temizlenerek bir sonraki kullanıma kadar muhafaza edilmiştir. Cihazın kullanım süresince, kullanılan standartlar ve problemler, kullanım ömürlerine bağlı kalmarak yenileriyle değiştirilmiştir.

Su Örneklerinin Alınması: Çalışmada kullanılan fiziko kimyasal analiz yapılacak su örnekleri tespit edilen istasyonlardan Ekim 2017 ile Ekim 2018 tarihleri arasında periyodik olarak ayda bir kez olmak üzere bir yıl boyunca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmenliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'ne uygun olarak alınmıştır (T.C. Resmi Gazete 2009). Örnekler 1L'lik polietilen şişelere birkaç kez çalkalanarak örnekleme şişelerinde hava boşluğu kalmayacak şekilde alınmıştır. Kimyasal verileri alınmak üzere aynı gün Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası Laboratuvarı'na getirilmiş ve fiziko-kimyasal analizleri yapılmıştır.

Yapılan ölçümler ve izlenen parametreler: Çalışma bölgesinde belirlenen istasyonlardan alınan su numuneleri üzerinde arazide öncelikle fiziko-kimyasal parametreleri (su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve doygunluğu, elektriksel iletkenlik, TDS, pH ve ORP) yerinde Hach Lange multiprob kullanılarak ölçülmüştür. Kimyasal ve diğer parametreler ise (Askıda Katı Madde, Nitrit, Nitrat, Fosfat, Sülfat, BOI_5 , KOI ve Ağırmetaller ve iz elementler) örnek şişelerinin buz kaplarında laboratuvara ulaştırılmasıyla laboratuvar koşullarında analiz edilmiştir.

BULGULAR

Su Sıcaklığı: Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan su sıcaklığı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında su sıcaklığı değerleri $7,7^\circ\text{C}$ ve $18,4^\circ\text{C}$ arasında değiştiği, ortalama su sıcaklığının $12,76^\circ\text{C}$ civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük su sıcaklığı ($7,7^\circ\text{C}$) Ocak ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek su sıcaklığı ($18,4^\circ\text{C}$) ise Ekim ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Su sıcaklığının yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

pH: Çalışmada gerçekleştirilen pH ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında periyodu sürecinde içerisinde yapılan pH ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında pH değerleri 7,11 ve 7,94 arasında değiştiği, ortalama pH 7,441389 civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük pH ($7,11$) Ocak ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek pH ($7,94$) ise Aralık ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. pH yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çözünmüş Oksijen ve Doymunluğu: Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan çözünmüş oksijen ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında çözünmüş oksijen değerleri $8,78$ mg/L ile $11,41$ mg/L arasında değiştiği,

ortalama çözünmüş oksijen 10,14 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük çözünmüş oksijen (8,78 mg/L) Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İstasyonda) kaydedilirken en yüksek çözünmüş oksijen (11,41 mg/L) ise Nisan ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan çözünmüş oksijen doygunluğu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında çözünmüş oksijen değerleri % 91,2 mg/L ile % 109 mg/L arasında değiştiği, ortalama çözünmüş oksijen doygunluğu % 97,58 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük çözünmüş oksijen doygunluğu (% 91,2 mg/L) Aralık ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek çözünmüş oksijen doygunluğu (% 109 mg/L) ise Kasım ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen doygunluğu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Toplam Çözünmüş Katı Madde: Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan TDS ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında TDS değerleri 26,7 mg/L ve 79,2 mg/L aralığında değiştiği, TDS ortalama 56,8 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük TDS (26,7 mg/L) Nisan ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek TDS (79,2 mg/L) ise Eylül ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) ölçülmüştür. TDS yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Elektriksel İletkenlik: Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan elektriksel iletkenlik ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında elektriksel iletkenlik değerleri 63,3 μ S/cm ve 152,1 μ S/cm arasında değiştiği, ortalama elektriksel iletkenlik 108,5889 μ S/cm civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük elektriksel iletkenlik (63,3 μ S/cm) Nisan ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek elektriksel iletkenlik (152,1 μ S/cm) ise Ekim ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Askıda Katı Madde: Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan askıda katı madde ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında askıda katı madde değerleri 1 mg/L ve 125 mg/L arasında değiştiği, ortalama askıda katı madde 19,22 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük askıda katı madde (1 mg/L) Nisan ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek askıda katı

madde (125 mg/L) ise Aralık ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Askıda katı madde yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

ORP: Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan ORP ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında ORP değerleri -11,4 mv ile -63,8 mv arasında değiştiği, ortalama ORP (-63,8 mv) Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek ORP (-11,4mv) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. ORP yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Nitrit Azotu ve Nitrit(NO₂): Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrit Azotu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrit azotu değerleri 0,001 mg/L ve 0,048 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrit azotu 0,033667 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrit Azotu (0,001 mg/L) Kasım ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrit Azotu (0,048 mg/L) ise Mayıs ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrit Azotu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrit ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrit değerleri 0,002 mg/L ve 0,157 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrit 0,037167 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrit (0,002 mg/L) Kasım ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrit (0,157 mg/L) ise Mayıs ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrit yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Nitrat Azotu ve Nitrat (NO₃): Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrat Azotu sıcaklığı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrat Azotu değerleri 0,14 mg/L ve 2 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrat Azotu 0,543056 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrat Azotu (0,14 mg/L) Kasım ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrat Azotu (2 mg/L) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrat Azotu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrat değerleri 0,5 mg/L ve 9 mg/L aralığında değiştiği, ortalama

Nitrat 2,275556 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrat (0,5 mg/L) Ağustos ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrat (9 mg/L) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Fosfat Fosforu ve Fosfat: Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Fosfat fosforu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Fosfat fosforu değerleri 0,01 mg/L ve 0,75 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Fosfat fosforu 0,189167 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Fosfat fosforu (0,01 mg/L) Kasım-Ağustos ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.), Ekim ayında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Fosfat fosforu (0,75 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Fosfat fosforu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Fosfat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Fosfat değerleri 0,02 mg/L ve 0,99 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Fosfat fosforu 0,603333 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Fosfat (0,02 mg/L) Kasım-Ağustos ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek Fosfat (0,99 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Fosfat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Sülfat (SO_4^{2-}): Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan sülfat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında sülfat değerleri 2 mg/l ve 113 mg/L aralığında değiştiği, ortalama sülfat 17,88889 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük sülfat (2 mg/L) Aralık-Mart ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek sülfat (113 mg/L) ise Mart ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Sülfat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI₅): Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan biyokimyasal oksijen ihtiyacı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 0,94 mg/L ve 4,19 mg/L aralığında değiştiği, ortalama biyokimyasal oksijen ihtiyacı 1,99 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük biyokimyasal oksijen ihtiyacı (0,94 mg/L) Mart ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı (4,19 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı yıllık değişimi mevsimsel

eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI): Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan kimyasal oksijen ihtiyacı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 5 mg/L ve 34,8 mg/L aralığında değiştiği, kimyasal oksijen ihtiyacı 10,49139 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük kimyasal oksijen ihtiyacı (5 mg/L) Temmuz ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı (34,8 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Ağır Metal ve İz Element Analizleri: Çalışmamızda istasyonlardan temin edilen su örnekleri ağır metal açısından incelenmek üzere akredite bir laboratuvara gönderilmiştir. Mevsimsel olarak ağır metal ve diğer iz elementler açısından incelemesi yapılan su örnekleri ICP-MS sistemi kullanılarak ACME Laboratuvarı (Kanada) tarafından analiz edilmiştir.

Analiz sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde toksik metallerin ölçüm sınırı değeri altında olduğu ve Al, Ba, Ca, K, Mg, Na, S, Sr, Zn gibi iz elementler analizlerinde ise belirli seviyelerde sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4). Bunlardan Al, Zn, Ba değerlerinin yüzey suları açısından tavsiye edilen değerlerin üzerinde olduğu diğerlerinin ise bu limitlerin altında olduğu değerlendirilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Ağır metal ve iz element analiz değerleri (mg/L).

Table 4. Heavy metal and trace element analysis values (mg/L).				
Ağır metal	Baraj Öncesi-1	Susuz Bölge-2	Kuyruk Suyu-3	Ortalama
Al	<0,6	<0,6	0,3519	
As	<3	<3	<3	
Ba	<0,08	0,194	<8	
Ca	0,1708	0,1798	0,1915	0,1807
Cd	<0,7	<0,7	<0,7	
Co	<0,3	<0,3	<0,3	
Cr	<0,3	<0,3	<0,3	
Cu	<80	<80	<80	
Fe	<10	<10	<10	
K	0,002	0,0175	0,0175	0,0183
Li	<1	<1	<1	
Mg	0,0325	0,0225	0,225	0,0258
Mn	<0,05	<0,05	<0,05	
Na	0,0018	0,006	0,0475	0,0958
Ni	<0,3	<0,3	<0,3	
Pb	<4	<4	<4	
S	0,005	<0,005	<0,005	
Sr	0,8125	0,6375	0,0065	0,07
Zn	0,915	0,833	0,743	0,83033

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde Çambaşı HES ve Regülatörü öncesi, susuz ara bölge ve kuyruk suyu bölgesi sularının fizikokimyasal su kalite değişimleri göze çarpmaktadır. Nitekim; ortalama olarak su sıcaklığı 12,76±0,68 (min-max) °C, çözünmüş oksijen 10,13±0,23 (min-max) mg/L, elektriksel iletkenlik 85,21±29,51(min-max) µS/cm, toplam çözünmüş katı

madde $56,8 \pm 9,15$ (min-max) mg/L, pH $7,43 \pm 0,18$ (min-max), ORP $-38,97 \pm 13,96$ (min-max), askıda katı madde $16,44 \pm 7,41$ (min-max), nitrit $0,004 \pm 0,01$ mg/L (min-max), nitrit azotu $0,001$ (min-max) mg/L, nitrat $2,27 \pm 0,27$ (min-max) mg/L, nitrat azotu $0,54 \pm 0,056$ (min-max) mg/L, fosfat $0,58 \pm 0,19$ (min-max) mg/L, fosfat fosforu $0,19 \pm 0,07$ mg/L (min-max), sülfat $17,89 \pm 8,11$ (min-max) mg/L, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI₅) $2 \pm 0,29$ (min-max) mg/L ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) $10,49 \pm 5,09$ (min-max) mg/L olarak tesbit edilmiştir. Tüm parametreler ayrı ayrı değerlendirildiğinde nehir tipi santrallerin üzerinde kurulmuş olduğu akarsuyun su kalitesi üzerinde önemli değişimler oluşturduğu görülmektedir. Bu

değişimlerin çoğunlukla ilgili parametrelerin artması yönünde olduğu açık bir gerçektir (Tablo 5).

Çalışmada baraj sonrası (kuyruk suyu veya mansap) ve öncesi (menba) bölgeler arasındaki su kalite değişimlerinin önemli ölçüde olduğu anlaşılmıştır. Nitekim; su kalite değişimleri artış yönünde olup sülfat için % 144, KOI için % 137, AKM için % 107, iletkenlik için % 102, fosfat için % 84, nitrit için % 67, TDS için % 39, biyokimyasal oksijen ihtiyacı için % 31, nitrat için % 25, pH için % 5, çözünmüş oksijen için % 6,5 ve su sıcaklığı için % 11 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). Dolayısıyla nehir tipi hidroelektrik santrallerin suyunu kullanmış olduğu akarsuyun fizikokimyasal su kalitesi üzerindeki etkileri önemli olduğu söylenebilir.

Tablo 5. Fiziko-kimyasal su kalite değerlerinin baraj sonrası ve öncesi değişim yüzdesi.

Table 5. Percentage of change in physico-chemical water quality values after and before the dam.

Parametreler	Baraj Öncesi-1	Ara Bölge-2	Kuyruk Suyu-3	Ortalama	±SS	% Değişim
Su Sıcaklığı °C	12,07	12,80	13,42	12,76	± 0,68	11
AKM	12,25	12,08	25	16,44	± 7,41	106,9
Çöz. O ₂	9,95	10,06	10,4	10,13	± 0,23	6,5
Çözünmüş O ₂ Doy. (%)	97,36	96,98	98,82	97,72	± 0,97	1,89
İletkenlik (µS/cm)	81,80	116,28	57,55	85,21	± 29,51	102
TDS (mg/L)	47,29	65,56	57,55	56,8	± 9,15	38,6
pH	7,25	7,43	7,62	7,43	± 0,18	5,1
ORP (mV)	-23,35	-43,33	-50,23	-38,97	± 13,96	115
Nitrit Azotu (NO ₂ -N) (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	± 0	0
Nitrit (NO ₂) (mg/L)	0,03	0,05	0,04	0,04	± 0,01	66,6
Nitrat Azotu	0,61	0,50	0,53	0,54	± 0,06	22
Nitrat (NO ₃) (mg/L)	2,57	2,20	2,05	2,27	± 0,27	25
Fosfat fosforu (PO ₄ -P) (mg/L)	0,13	0,19	0,26	0,19	± 0,07	100
Fosfat (PO ₄) (mg/L)	0,43	0,52	0,79	0,58	± 0,19	83,7
Sülfat (SO ₄) (mg/L)	11	15,84	26,83	17,89	± 8,11	143,9
BOI ₅ (mg/L)	1,87	1,79	2,34	2	± 0,30	30,7
KOI (mg/L)	6,88	8,28	16,32	10,49	± 5,10	137,2
Ortalama						58,6

Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan Yerüstü Su Kalite Yönetmeliğinin Ek-5'inde ileri sürülen Yerüstü su kütlelerinde bazı parametreler için çevresel kalite standartları ve kullanım maksatları tablosunda belirtilen su kalite kriterlerine göre baraj öncesi, susuz arabölge ve baraj sonrası bölge suları fizikokimyasal su kalite sınıfları değerlendirilmiş olup (I: Çok iyi, II: İyi, III: Orta, IV: Zayıf) aşağıda Tablo 6'da tüm parametreler için kalite durumu değerlendirilmiştir. Baraj yapılarında enerji üretimi öncesi, ara bölge ve kuyruk suyu su kalite sınıfları çoğunlukla önemli ölçüde değişmemiştir. Hemen hemen tüm parametreler için baraj öncesi su kalite sınıfı 1.sınıf iken kuyruk suyu kalitesi de fosfat fosforu (o-PO₄-P) hariç 1.sınıftır. Sadece fosfat fosforu baraj öncesi 1.sınıf iken ara bölge ve kuyruk suyu su kalite sınıfı 2.sınıfa düşmüştür. Tablo y'ya göre baraj faaliyetleri nedeniyle su kalite parametrelerinde önemli değişimler mevcut olduğu halde bu değişimler, fosfat fosforu hariç olmak üzere henüz su kalite sınıfını değiştirebilecek düzeyde olmadığı görülmektedir.

Çalışma sonuçları irdelendiğinde şu bir açık gerçektir nehir tipi HES'ler bulunduğu çevre üzerinde etkili olmakla beraber üzerinde kuruldukları akarsuyun su kalitesi üzerinde oldukça etkilidirler. Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar araştırıldığında literatürün çok zayıf olduğu görülmektedir. Nitekim çoğunlukla nehir tipi HES'lerin çevresel ve sosyal etkileri üzerine araştırmaların ağırlıklı derleme şeklinde yoğunlaştığı görülmüştür (Ak vd., 2009; Özdemir vd., 2009; Atılğan vd., 2011; Kurdoğlu vd., 2010; Yurtseven, 2011; Tabak vd., 2011; Uzun, 2011; Yılmaz vd., 2012; Bodur vd., 2013; Ülke vd., 2013; Küçükbaşoğlu vd., 2015).

Ancak Koralay (2015) Solaklı deresi Karaçam kolu üzerindeki HES'lerle ilgili çalışmasında nehir tipi santrallerin akarsu su kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir (Arca ve Çamlıkaya,). Bu çalışmada ilgili barajların hem inşaat hem de işletme aşamalarında akarsuyun fizikokimyasal bazı parametreleri üzerinde etkileri araştırılmış ve AKM, pH ve sıcaklık parametreleri üzerinde önemli değişimler oluşturduğu belirlenmiştir. Bu

araştırmada ise baraj öncesi ve baraj sonrası kuyruk suları fizikokimyasal su kalite özellikleri arasında hemen hemen bütün parametreler üzerinde önemli derecede artış olduğu gözlenmiştir (Tablo 5).

Nehir tipi santrallerin akarsu kalitesi üzerindeki etkileri üzerinde nadir doğrudan ölçüm ve gözleme dayanan araştırmalardan biri olan Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Yapısal Elemanlarının Çevresel Etkileri isimli çalışmada ise fizikokimyasal su kalite değişimleri (su hızı, seki derinliği, çözülmüş oksijen, su sıcaklığı, pH, elektrik iletkenliği, bulanıklık, dere enkesiti, ıslak çevre

ölçümleri) ve akarsuyun fiziksel habitat koşullarının değerlendirilmesi yapılmış olduğu görülmüştür (Yurtseven ve Serengil, 2015). Bu çalışmada havzanın ekolojik ve hidrolojik anlamda en az şekilde etkilenebilmesi için hidroelektrik santrallerin havzanın çıkış noktasına (mansabına) yakın uzaklıklarda inşa edilmesi tavsiye edilmektedir. Çünkü akarsuyun hangi noktasında inşa edilirse edilsin bu santralin kurulduğu noktanın aşağısındaki akarsuyun ekolojik ve hidrolojik özellikleri sediment ve akış özelliklerindeki değişimler nedeniyle eskisi gibi olamayacağı ileri sürülmektedir.

Tablo 6. Kıtaçi Yerüstü Su Kalite standartlarına göre su kalite sınıflaması.

Table 6. Water quality classification according to Inland Surface Water Quality standards.

Parametreler	Baraj Öncesi-1	Sınıf	Ara Bölge-2	Sınıf	Kuyruk Suyu-3	Sınıf
Su Sıcaklığı (°C)	12,07	-	12,80	-	13,42	-
AKM (mg/L)	12,25	-	12,08	-	25	-
Çözülmüş O ₂ (mg/L)	9,95	1	10,06	1	10,4	1
İletkenlik (µS/cm)	81,80	1	116,28	1	57,55	1
TDS (mg/L)	47,29	-	65,56	-	57,55	-
pH	7,25	1	7,43	1	7,62	1
Nitrat Azotu (mg/L)	0,61	1	0,50	1	0,53	1
Nitrat (NO ₃) (mg/L)	2,57	-	2,20	-	2,05	-
Fosfat fosforu (PO ₄ -P) (mg/L)	0,13	1	0,19	2	0,26	2
Fosfat (PO ₄) (mg/L)	0,43	-	0,52	-	0,79	-
BOI ₅ (mg/L)	1,87	1	1,79	1	2,34	1
KOI (mg/L)	6,88	1	8,28	1	16,32	1

ÖNERİLER

Bu çalışmada gerek yerinde gerçekleştirilen gözlemler ve gerekse inceleme ve değerlendirmeler ışığında hidroelektrik santrallerin inşaat ve işletme aşamalarında çevresel etkiyi en aza indirmeleri bağlamında yapılabilecek öneriler aşağıdaki maddelerle sunulmuştur.

Hidroelektrik santrallerin üzerinde kuruldukları akarsuya bırakılmak durumunda kaldıkları can suyu akarsu ekosistemini destekleyen en önemli parametre olması sebebiyle ilgili akarsu havzasının hidrolojik özellikleriyle daha gerçekçi bir şekilde hesaplanması ve bırakılıp bırakılmaması hususunda gerekli önlemlerin alınması veya izleme programının kontrollü şartlar altında olmasına dikkat edilmelidir.

Hidroelektrik santrallerin elektrik üretimi süreci olan işletme aşamalarında özellikle HES'e giren ve çıkan suların HES faaliyetleri nedeniyle fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlerin önemli olduğu bu çalışmada belirlenmiştir. Dolayısıyla gerek can suyu bırakılan susuz ara bölgede ve gerekse HES kuyruk sularının su kalitesinin ilgili yönetmeliklere uygunluğunu kontrol edilmelidir. Bunun için Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinin HES'lerin işletme süreçleri boyunca belirli periyotlarla susuz ve kuyruksuyu bölgelerine bırakılan suların Kıtaçi Yerüstü Su Kalite Standartlarına ve deşarj standartlarına uygunluğunu su örneklerinin analizlenmesi yoluyla kontrol etmesi tavsiye edilir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan Su Kirliliği Yönetmeliği kapsamında bulunan çeşitli sektörlerle ait kullanılmış suların deşarjı konusunda çeşitli su kalite standartları mevcuttur. Ancak birçok sektöre ait mevcut kıstaslara rağmen HES'lere yönelik herhangi bir deşarj standart tablosu ve mevcut tablolardan herhangi birinin kullanılabileceği konusunda bir ifade de mevcut değildir. Bu sebeple burada ileri sürdüğümüz önerilerden 2. maddedeki kontrollerin yapılabilmesi için HES'lerle ilgili bir tablonun eklenmesi veya mevcut tablolardan birinin kullanılabilmesi için ilgili yönetmelik veya deşarj standartları eklerine bu konuda yönetsel bir ifade koyulması tarafımızca önerilmektedir.

Diğer taraftan HES'lerin işletme aşamalarında gerek evsel sıvı ve katı atıklarının bertarafında çevreye duyarlı olmaları, akarsu yatağına asla bırakılmaması, mümkünse geri dönüşüm süreçlerine katmaları mümkün değilse en yakın belediye hizmetlerine vermeleri ve gerekse işletme sürecinde kullandıkları her türlü yakıt, kimyasal madde ve diğer maddelerin ilgili kanun ve yönetmelikler ışığında kullanılması, gerekli olursa ilgili kurumlara bildirilerek gerekli izinlerin alınması tavsiye edilir.

TEŞEKKÜR

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi; Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri

tarafından desteklenen FYL-2017-834 nolu projeden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akkaya, U., Gültekin, A., Dikmen, Ç.B. & Durmuş, G. (2009).** Baraj ve Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel Etkilerinin Analizi: Ilısu Barajı Örneği. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- Ak, O. (2009).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Sucul Ekosistem Üzerine Etkileri. *Su Ürünleri Araştırma Merkezi Yunus Araştırma Bülteni*, 9(2), 16-20.
- Ak, O., Aksungur, M. & Özdemir, A. (2009).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinde ÇED Süreci ve Sucul ekosisteme Etkide Doğal Alabalıkların Yeri. *Doğal Alabalık Çalıştay: Sürdürülebilir Yetiştiricilik, Koruma ve Balıklandırma*, 22-23 Ekim 2009, s. 135-139 Trabzon.
- Ak, O., Çakmak, E., Aksungur, M. & Çavdar, Y. (2008).** Akarsu Üzerindeki Faaliyetlerin Sucul ekosisteme Etkisine Bir Örnek: Yaanbolu Deresi(Arsin, Trabzon). *Su ve Enerji Kullanımı Kongresi*, 22-23 Ekim, Artvin: 334-340.
- Akpınar, E. (2005).** Nehir Tipi Santrallerin Türkiye'nin Hidroelektrik Üretimindeki Yeri. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 1-25.
- Akpınar, A., vd. (2009).** Çoruh Havzasındaki Küçük Hidroelektrik Santrallerin Durumu. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Haziran-2009, 249-254 s, Diyarbakır.
- Akpınar, A., Kömürcü, M. İ. & Filiz, M.H. (2008).** Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz enerji Kaynakları. *7. Ulusal Enerji Günleri, Sempozyum Bildiri Kitabı*, 12-24 s, Editörler Zekai Şen, Ahmet Duran Şahin, İstanbul.
- Albayrak, A. (2008).** Hidroelektrik Santrallerinin (HES) Çevresel Etkilerinin Rize İli Açısından Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XXVI. Bölge Müdürlüğü 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, 25-26 Eylül 2008, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, 408-418 s, Artvin.
- Allan, J.D. & Flecker, A.S. (1993).** Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43, 32-43.
- Anonim. (2001).** Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 132 s. Yayın No: DPT: 2555-ÖİK: 571 Ankara.
- Anonim. (2008/a).** Dokuzuncu Kalkınma Planı Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, TC. Başbakanlık DPT Yayın No: DPT: 2718-ÖİK: 671, s.26, Ankara.
- Anonim. (2009/a).** Hidroelektrik Santrallerin yapımı ile İlgili İnşaat Mühendisleri Odası Görüşü, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı: 454, yıl:54/2009-2, Ankara.
- Anonim. (2009/b).** Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetlerinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Antlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmenlik. Devlet Su İşleri. http://dsi.gov.tr/ska/yonetmenlik_tamami.htm.
- Anonim. (2010).** Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Projesi, Proje Tanıtım Dosyası.
- Anonim. (2010).** Elektrik İşleri Etüt İdaresi. Hidroelektrik Etütler Dairesi Başkanlığı. http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji_gozlemist.html.
- Atılğan, E., Soğuklu, Ş. & Aslan, H., (2011).** Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevreye Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasına Dair Öneriler: Trabzon İli Örneği. *Yunus Araştırma Bülteni*, 4, 7-12.
- Berkün, M., Aras, E. & Koç, T. (2008).** Barajların ve Hidroelektrik Santrallerinin Nehir Ekolojisi Üzerine Etkiler. *TMMOB-Türkiye Mühendislik Haberleri*, 452(6), 41-48.
- Bodur, G. & Şenyuva, E. (2013).** Üniversite Öğrencilerinin Hidroelektrik Enerji Santrallerine (HES) İlişkin Görüşleri ve Çevreye Yönelik Tutumları Arasındaki İlişki. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 2(4), 27-38.
- Daniel, D. (1981).** Hydropower: An Old Technology for a New Era. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 23(7), 16-45.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2010).** Hidroelektrik Enerji Raporu, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji.html> (Erişim tarihi: 18.11.2010).
- DSİ. (2011).** <http://www.dsi.gov.tr>.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2014).** <http://www.dsi.gov.tr/toprak/su/kaynaklar.html> (Erişim tarihi: 24. 04. 2014).
- DSİ. (2015).** Çevre ve Temiz Enerji Hidroelektrik, Ankara, Orman Su İşleri Bakanlığı Yayınları (Erişim tarihi: 02.06.2015).
- DSİ. (2016).** Orman Su İşleri Bakanlığı 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
- Duncan W. & Cline R. (2002).** Mechanical Governors for Hydroelectric Units, United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
- Feamside, P.M. (2004).** Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of greenhouse gases. *Environmental Conservation*, 22(1), 7-19.
- Geray, U. (2008).** Su Krizinde Ülkeye Özgü Bakış. *TMMOB 2. Su Politikalar Kongresi*, Bildiriler Kitabı, 567-576 s.
- Güner E., Tor. O.B. & Altın M. (2008).** Küçük Hidroelektrik Santrallerin Projelendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Bazı Teknik Hususlar. ELECO, Busa, TÜRKİYE.
- Karr, J.R. (1998).** Rivers as sentinels: using the biology of rivers to guide landscape management, Pages 502-528 in RJ Naimman, RE Bilby (eds), *River Ecology and Management: Lessons from the Coastal Ecosystems*. Springer, NewYork.

- Koralay, N. (2015).** *Solaklı Deresi Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri.* Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, Trabzon.
- Kurdoğlu, O. & Özalp, M. (2010).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santral Yatırımların Yasal Süreç, Çevresel Etkiler, Doğa Koruma ve Ekoturizmin Geleceği Kapsamında Değerlendirilmesi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt: 2, 688-707 s, 20-22 Mayıs 2010, Artvin.
- Muluk, Ç.B., Turak, A., Yılmaz, D., Zeydanlı, U. & Bilgin, C.C. (2009).** Hidroelektrik Santral Etkiler Uzman Raporu: Barhal Vadisi. Kaçkar Dağları Sürdürülebilir Orman Kullanımı ve Koruma Projesi, TEMA-ODTÜ-Doğa Koruma Merkezi.
- Oğuz, S. (2008).** Yenilebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santraller. *VII: Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTEs*, 479-492s. İstanbul.
- Tabak, İ., Aksungur, M., Zengin, M., Yılmaz, C., Aksungur, N., Alkan, A., Zengin, B. & Mısır, D.S. (2001).** Karadeniz Alabalığının Biyoekolojik Özelliklerinin Tespiti ve Kültüre Almabilirliğinin Araştırılması Projesi. TAGEM/HAYSUD/98 /12/01/2007, Sonuç Raporu, 193s. (2001), Trabzon.
- U.S.G.S. (2021).** Hydroelectric Power Water Use, <http://water.usgs.gov/edu/wuhy.html>, son erişim tarihi: 22.012.2021.
- Uzun, O. (2011).** Hidroelektrik Santraller (HES) ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Düzce Örneği. *Ormancılık Dergisi*, 7(2), 1-13.
- Ülke, A. & Sağlam, C.G. (2013).** Nehir Tipi Santraller ve Karadeniz Bölgesindeki Örnekleri. *Su Yapıları Sempozyumu*, 449-458, 2013.
- Yıldız, D. (2010).** Hidroenerji, Hidroloji ve Su Kaynakları Yönetimi İlişkisi. *VI. Ulusal Hidroloji Kongresi*, 22-24 Eylül, Pamukkale, Denizli.
- Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H.İ. & Kaya, M. (2012).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Coğrafi Ortam Üzerine Etkilerine Bir Örnek: Ayancık HES. *Journal of New World Sciences Academy*, 7(3), 50-67.
- Yurtseven, İ. (2011).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin, Havzalar Üzerindeki Etkileri, *İstanbul University Journal of the Faculty of Forestry*, 61(1), 55-62, 2011.
- Yurtseven, İ. & Serengil, Y. (2015).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Yapısal Elemanlarının Çevresel Etkileri. *4. Su Yapıları Sempozyumu*, 519-529, 19-20-21 Kasım 2015, Antalya.
- Yüksek, T. (2004).** Türkiye'nin Su Kaynakları ve Havza Planlamasına Dönük Genel Değerlendirmeler, *KAÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 71-83.



Beytepe Göleti'nin Zooplankton Faunası Üzerine Bir Ön Çalışma (Ankara/Turkey)

Meral APAYDIN YAĞCI^{1*} Vedat YEĞEN² Belgin YOLDAŞ² Tuncay VURAL² Abdulkadir YAĞCI¹

^{1*} Tarım ve Orman Bakanlığı Koyunculuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bandırma, Balıkesir, Türkiye
² Tarım ve Orman Bakanlığı Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 32500, Eğirdir, Isparta, Türkiye

Geliş/Received: 01.06.2021

Kabul/Accepted: 23.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Apaydın Yağcı, M., Yeğen, V., Yoldaş, B., Vural, T. & Yağcı, A. (2021). Beytepe Göleti'nin Zooplankton Faunası Üzerine Bir Ön Çalışma (Ankara/Turkey). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 700-704.

How to cite: Apaydın Yağcı, M., Yeğen, V., Yoldaş, B., Vural, T. & Yağcı, A. (2021). A Preliminary Study on Zooplankton Fauna of Beytepe Pond (Ankara/Turkey). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 700-704.

* [ID: https://orcid.org/0000-0002-2108-1853](https://orcid.org/0000-0002-2108-1853)
[ID: https://orcid.org/0000-0001-5349-1497](https://orcid.org/0000-0001-5349-1497)
[ID: https://orcid.org/0000-0002-4104-3184](https://orcid.org/0000-0002-4104-3184)
[ID: https://orcid.org/0000-0002-3366-4482](https://orcid.org/0000-0002-3366-4482)
[ID: https://orcid.org/0000-0002-7897-1734](https://orcid.org/0000-0002-7897-1734)

***Sorumlu yazarın:**

Meral APAYDIN YAĞCI
Tarım ve Orman Bakanlığı Koyunculuk
Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bandırma-
Balıkesir, Türkiye
✉: meralyagci@gmail.com

Öz: Araştırmada Beytepe Göleti'nde (Ankara / Türkiye) zooplankton ve bazı su kalitesi parametreleri incelenmiştir. Çalışmanın materyalini oluşturan zooplankton örnekleri 3 istasyondan (2, 3 ve 4) ve su kalitesi parametreleri 5 istasyondan (1,2,3,4 ve 5) 24.09.2018 tarihinde alınmıştır. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre değerlendirildiğinde; Nitrat azotu ve ortofosfat değerleri açısından gölet 2. sınıf kalitede; toplam azot ve toplam fosfor açısından ise 3. kalite özellikle bulunmuştur. Gölette, Rotifera dan 11, Cladocera'dan 2 tür olmak üzere toplam 13 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Maksimum tür sayısı 2. istasyonda (11 tür) bulunurken, minimum tür sayısı 3. ve 4. (5 tür) istasyonda belirlenmiştir. Baskın türler *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis* ve *Trichocerca pusilla* olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Rotifera, Cladocera, Beytepe göleti, Fizikokimyasal parametreler.

A Preliminary Study on Zooplankton Fauna of Beytepe Pond (Ankara/Turkey)

***Corresponding author's:**

Meral APAYDIN YAĞCI
Sheep Breeding Research Institute, Republic of
Turkey Ministry of Agriculture and Forestry,
Bandırma, Balıkesir, Turkey
✉: meralyagci@gmail.com

Abstract: In this research, zooplankton and some water quality parameters were investigated in Beytepe Pond (Ankara / Turkey). The material of the study consists of zooplankton samples taken from 3 stations (2,3 and 4) and water quality parameters taken from 5 stations (1,2,3,4 and 5) in the field study on 24.09.2018. When evaluated according to the Surface Water Quality Regulation, the pond is of 2nd class quality in terms of nitrate nitrogen and orthophosphate values; In terms of total nitrogen and total phosphorus, it was found to be 3rd quality. In the pond, a total of 13 zooplankton species were identified 11 from Rotifera and 2 from Cladocera. While the maximum number of species was found at station 2 (11 species), the minimum number of species was determined at stations 3rd and 4th (5 species). The dominant species were found as *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis* and *Trichocerca pusilla*.

Keywords: Rotifera, Cladocera, Beytepe pond, Physicochemical parameters

GİRİŞ

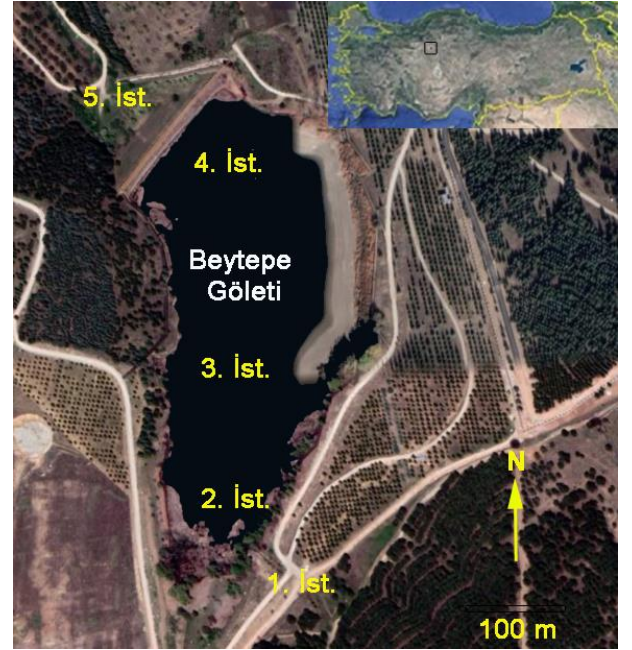
Zooplankton, birçok balık ve kuş türünün ana besin kaynağıdır (Wetzel, 2001; Altındağ vd., 2009). Aynı zamanda sucul ekosistemde balık üretimi ve balıkçılık açısından büyük öneme sahiptir (Dirican & Musul, 2008). Zooplankton türlerinin genellikle su kalitesi ve trofik durumun yararlı göstergeleri olduğu bilinmektedir (Michaloudi vd. 1997). Bazı zooplankton türleri çeşitli göl ve nehirlerde su kalitesinin göstergesi olarak kullanılmıştır. Türkiye’de birçok göl, gölet vb. içsu ekosisteminde zooplankton dağılımı üzerine çalışmalar mevcuttur (Dorak 2013; Gündüz vd., 2013; Bozkurt & Aktaş, 2016; Öcalan ve Saler, 2016; Bulut & Saler, 2018;). Bu çalışmada Beytepe Göleti’nde (Ankara / Türkiye) zooplankton ve bazı su kalitesi parametreleri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Sahası: Beytepe Göleti, Ankara – Eskişehir Yolu’nun 10. km’sinde bulunmaktadır. 1965-1966 yıllarında sulama ve balıkçılık amaçlı inşa edilen gölet, Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü’ne bağlı faaliyet göstermiş, Genel Müdürlüğün 2005 yılında lav edilmesiyle birlikte Mülga Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’na devredilmiştir. Gölet halen Tarım ve Orman Bakanlığı’nın uhdesinde olup bakanlığın çim alanlarının sulamasında kullanılmaktadır (Metin 2005; URL 2021). Göletin en derin yeri 16 m olup ilk kurulduğundaki yüzey alanı 103.600 m²’dir. Deniz seviyesinden 970 m yüksekte olan gölet, coğrafi konum olarak 39° 52.8’ K enlemi ve 32° 44.5’D boylamında yer almaktadır. İlk kurulduğu 1966 yılından 2005 yılına kadar yüzey alanı yaklaşık 34.000 m² küçülerek 68.260 m²’ye düşmüştür Karasal iklimin hüküm sürdüğü bir bölgede bulunan gölet, yağmur ve kar suyu dışında Maslak Deresi tarafından beslenmektedir. 2003 yılında ASKİ tarafından gölete yağmur suyu kolektörü bağlanmıştır (Metin 2005).

Çalışma materyali zooplankton (2,3 ve 4 istasyon) ve su kalitesi parametreleri 5 istasyondan (1,2,3,4 ve 5.istasyon) 24.09.2018 tarihinde Beytepe Göleti’nden alınmıştır (Şekil 1). Zooplankton örnekleri plankton kepçesi ile (55 µm göz açıklığında) horizontal olarak alınmış ve % 4’lük formaldehit ile fikse edilmiştir. Ayrıca, yüzey suyu sıcaklığı (°C), çözülmüş oksijen (mg / L), çözülmüş oksijen doygunluğu (%), derinlik (m), secchi disk (m), pH, tuzluluk ve iletkenlik (µS/cm) gibi bazı su kalitesi parametreleri (WTW multi 340i model pH ve iletkenlik ölçer ve WTW oxi 3210 model oksijenmetre kullanılması ile) istasyonlarda çalışma anında ölçülmüştür. Kimyasal analizler laboratuvarında (toplam alkalinite, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, sülfat, organik madde, amonyum, amonyak, nitrit, nitrat, toplam azot,

ortofosfat, toplam fosfor, bulanıklık, silikat, klor) her istasyon için yapılmıştır (Apha, 1995; Anonymous, 2004). Türleri tanımlamak için Olympus model invert, stereo ve araştırma mikroskopları kullanılmıştır. Koste (1978), Negrea (1983), Segers (1995), Nogrady & Segers (2002) kaynaklarından faydalanılarak türler tanımlanmıştır. Ayrıca, Ustaoglu (2004), Ustaoglu vd. (2012)’ye göre zooplankton türlerinin kontrolü sağlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma sahası.
Figure 1. Study area.

BULGULAR VE SONUÇ

Araştırma yerindeki ölçüm sonuçları ve laboratuvarında yapılan analiz sonuçları Tablo 1’ de verilmiştir. Laboratuvar analiz sonuçlarına göre; azot fraksiyonlarından amonyum azotu (NH₄⁺-N), amonyak azotu (NH₃⁺-N) en yüksek gölet çıkış noktasında (5. İstasyon) bulunmuştur. Gölet çıkış noktası yüzeysel su kalitesi yönetmeliğine göre, IV. kalite sınıfında yer almaktadır. Nitrit azotu (NO₂⁻-N), nitrat azotu (NO₃⁻-N) ve toplam azot (TN)) değerleri ise gölet giriş noktasında (1. istasyon) en yüksektir. Beytepe göleti, yüzeysel su kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde, nitrat azotu (NO₃⁻-N) olarak II. sınıf, toplam azot (TN) olarak III. sınıf su özelliği taşımaktadır. Yapılan analizlere göre orto-fosfat ve toplam fosfor (TP) sonuçlarının gölet giriş ve gölet çıkış (1 ve 5. istasyon) istasyonlarında, diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yüzeysel su kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde, gölet orto-fosfat bakımından II. sınıf su, toplam fosfor bakımından III. sınıf su özelliği göstermiştir. Tuzluluk, suda çözünen herhangi

bir tuz içeriğinin miktarına denir. Tatlı suyun tuzluluğu içeriğinin toplam yoğunluğu olarak hesaplanır. Tuzluluk değeri gölet giriş noktasında (1. istasyon) en yüksek değerde ölçülmüştür, Batu (2017) 'de yaptıkları çalışmada Beytepe Göleti'nde en yüksek tuzluluk değerini, Ekim, Aralık 2011, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos 2012'de, ‰0,4 olarak ve en düşük tuzluluk değeri ise Mart 2012'de 0.1 olarak ölçmüşlerdir. Secchi derinliğini ise yapılan çalışmada en yüksek değeri Haziran 2012'de 194 cm olarak ve en düşük ışık geçirgenliği değeri Eylül 2012'de 64 cm olarak ölçmüşlerdir. Elektriksel iletkenlik, 25°C'de 1 cm³ çözeltinin sahip olduğu ohm olarak direncinin tersidir. Elektriksel iletkenlik değerini, suda erimiş olarak bulunan katı maddeler oluşturmaktadır. Beytepe Gölet'inde yapılan ölçümlerde elektriksel iletkenlik değeri (Tablo 1) en yüksek gölet giriş kısmında ölçülmüştür ve Korkmaz ve Korkmaz (2002) tarafından yapılan mevsimsel bir araştırmada elektrik iletkenliği 735-778 µmhos olarak ölçülmüştür. pH değerleri gölet giriş noktasında (1. istasyon) en yüksek olarak bulunmuş olup, yüzeysel su kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde olması gereken sınırlar içerisinde. Bulanıklık ve organik madde değerlerinin ise gölet çıkış noktasında (5. istasyon) diğer ölçüm noktalarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sülfat ise bütün ölçüm noktalarında yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Suda çözülmüş olarak bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzlarının miktarı, toprağın yapısı ve endüstri atıklarının sulara karışması önemli ölçüde etkili olmaktadır (Ağaoğlu vd., 1999). Çalışmada ölçülen yüksek kalsiyum ve magnezyum değerleri bu görüşü doğrular niteliktedir (Tablo 1).

Elektriksel iletkenlik, tuzluluk ve pH değerleri gölet giriş noktasında (1. istasyon) en yüksek bulunurken, bulanıklık ve organik madde değerleri ise gölet çıkış noktasında diğer istasyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Gölde Korkmaz ve Korkmaz (2002) tarafından yapılan mevsimsel bir araştırmada su sıcaklığı 4.3-25.0 °C, pH 7.8-8.3, elektrik iletkenliği 735-778 µmhos, çözülmüş oksijen 6.1-7.7 mg/L, alkalinite 47.5-102.5 mg/L olarak bulunmuştur. Metin (2005) gölde yaptıkları araştırmada su sıcaklığı (-3 °C)-28 °C, pH 6-8, elektriksel iletkenlik 720-890 µm/cm arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Bu araştırmada tek seferlik örneklemede su sıcaklığı 20.3-21.1 °C, pH 8.08-8.46, elektrik iletkenliği 831-1029 (µS/cm), çözülmüş oksijen 7.14-8.65 mg/L, toplam alkalinite 225.46-365.63 mg/L arasında değişim göstermiştir.

Beytepe Gölet'inde Rotifera (% 85) ve Cladocera (%15) gruplarına ait toplam 13 zooplankton türü belirlenmiştir. Maksimum tür 2. istasyonda (11 tür), minimum tür 3 ve 4. istasyonlarda (5 tür) bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 1. I,II,III,IV ve V. istasyonlarında ölçüm sonuçları.

Table 1. Measurement results at stations I, II, III, IV and V.

Parametreler	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5
Su sıcaklığı (°C)	21,1	20,3	20,6	20,3	-
Çözünmüş oksijen (mg/L)	8,65	7,14	7,96	7,67	-
Çözünmüş oksijen doygunluğu (%)	100,3	88	98,7	95	-
pH	8,46	8,08	8,1	8,11	-
Elektriksel iletkenlik (µS/cm)	1029	835	831	834	-
Salinite (‰)	0,4	0,3	0,3	0,3	-
Derinlik (m)	-	2	6	10	-
Secchi derinliği (m)	-	1,2	1,2	1,2	-
Toplam alkalinite (mg/L)	365,63	248,15	236,80	225,46	353,56
Kalsiyum (mg/L)	140,68	92,58	88,98	89,78	102,60
Magnezyum (mg/L)	20,67	19,69	21,88	22,61	22,12
Toplam sertlik (°F)	45,14	32,65	32,80	33,36	36,33
Sülfat (mg/L)	615,3	650,2	643,2	652,4	251,4
Organik madde (mg/L)	20,70	21,46	18,90	15,55	32,26
Amonyum (mg/L)	0,046	0,031	0,026	0,048	2,851
Amonyak (mg/L)	0,042	0,028	0,024	0,044	2,737
Nitrit (mg/L)	0,3623	0,0115	0,0092	0,0106	0,0099
Nitrat (mg/L)	4,337	0,093	0,088	0,091	0,110
Toplam azot (mg/L)	19,974	10,247	10,221	9,346	9,038
Orto-fosfat (mg/L)	0,093	0,022	0,022	0,022	0,089
Toplam fosfor (mg/L)	0,359	0,036	0,039	0,051	0,295
Bulanıklık (NTU)	0,55	2	1,8	2	14,6
Silikat (mg/L)	17,9	5	3,8	3,4	13,9
Serbest Klor (mg/L)	0,14	0,23	0,28	0,32	0,54

Tablo 2. Beytepe Göleti zooplanktonu.

Table 2. Zooplankton of Beytepe Pond.

TÜRLER	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4
ROTIFERA			
Brachionidae			
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	▲		▲
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	▲	▲	▲
<i>Keratella tecta</i> Gosse, 1851		▲	
Lepadellidae			
<i>Colurella colurus</i> (Ehrenberg, 1830)	▲	▲	
Filiniidae			
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	▲		
Lecanidae			
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1886)			▲
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	▲		
<i>Lecane ludwigi</i> (Eckstein, 1893)	▲		
Mytilinidae			
<i>Mytilina mucronata</i> (Müller, 1773)	▲		
Synchaetidae			
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	▲	▲	▲
Trichocercidae			
<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)	▲	▲	▲
CLADOCERA			
Bosminidae			
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1776)	▲		
Chydoridae			
<i>Coranotella rectangula</i> (Sars, 1861)	▲		

Gölet de baskın türler *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis* ve *Trichocerca pusilla* olarak belirlenmiştir. Saler (2020), Dedeyolu Göleti'nde (Elazığ-Türkiye) 25 zooplankton türü belirlemiş olup, bunlardan 6 tür (*Keratella cochlearis*, *K. tecta*, *Filinia longiseta*, *Lecane luna*, *P. dolichoptera* ve *Bosmina longirostris*) Beytepe göleti zooplanktonu ile benzerdir. Bunun yanısıra 35 zooplankton türü Tahar Çayı (Tunceli) zooplankton dağılımında tespit edilmişken (Öcalan & Saler, 2016), bunlardan *Brachionus quadridentatus*, *K.tecta*, *K.cochlearis*, *L.luna*, *L. bulla* ve *B.longirostris* türleri bu çalışmada Beytepe Göleti'nde de bulunmuştur. Ayrıca Kocagöl Göleti'nde (Adana) belirlenen *Coranotella rectangula* türü (Bozkurt & Aktaş, 2016), Beylerli (Denizli) ve Keçiözü (Isparta) Göleti'nde belirlenen *L. bulla*, *L.luna*, *K.cochlearis*, *P. dolichoptera* ve *B.*

longirostris türleri (Apaydın Yağcı vd., 2017) Beytepe Göleti'nde de mevcuttur. Dedeyolu göleti'nde dört mevsimde gözlenen ve tüm sıcaklık aralıklarında yaşayabildiği belirtilen *K. cochlearis* türü ötrofikasyon göstergesi olarak ifade edilmektedir (Saler 2020). Bunun yanısıra Çamlığöze Baraj Gölü'nde zooplanktonik organizmalar içerisinde Rotifera tür kompozisyonun fazla bulunması ile barajın ötrofik bir yapı sergilediği rapor edilmiştir (Dirican & Musul, 2008). Bu çalışmada 2,3 ve 4. istasyonlarda *K.cochlearis* türü baskın olarak bulunmuştur. Çalışmamızda tespit edilen *F. longiseta*, *K. cochlearis* ve *B. longirostris* türleri Sakarya Nehri'nde belirlenmiş olup (Dorak 2013), ötrofik suların indikatörü olarak belirtilmiştir.

Korkmaz & Korkmaz (2002) Beytepe Göleti'nde yaptıkları çalışmada Rotifera'dan 5 cins (*Ascomorpha* sp, *Polyarthra* sp, *Keratella* sp, *Lecane* sp, *Testudinella* sp), Cladocera'dan 3 cins (*Bosmina* sp, *Daphnia* sp, and *Ceriodaphnia* sp), Copepoda'dan 1 cins (*Cyclops* sp) bildirmişlerdir. *Testudinella* sp, *Daphnia* sp, *Ceriodaphnia* sp ve *Cyclops* sp. cinsi bu çalışmada tespit edilememiştir. Metin (2005) gölde yaptıkları çalışmada 22 Rotifera, 9 Cladocera ve 2 Copepoda türünü rapor etmişlerdir. *B. quadridentatus*, *K. tecta*, *C. colurus*, *L. bulla*, *L. ludwigi*, *M. mucronata*, *T. pusilla* ve *C. rectangula* zooplankton türleri ilk kez bölge için tür kapsamında bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır. Tespit edilen zooplankton türleri Türkiye biyoçeşitliliğine bölge için katkı sağlayabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 03-05 Eylül 2019 tarihinde Elazığ da düzenlenen Uluslararası "2nd International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries" sempozyumunda poster bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S., Ekici, K., Alemdar, S. & Dede, S. (1999). Van ve Yöresi Kaynak Sularının Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Araştırmalar. *Van Tıp Dergisi*, 6(2), 30-33
- Altındağ, A., Buyurgan, Ö., Kaya, M., Özdemir, E. & Dirican, S. (2009). A survey on some physicochemical parameters and zooplankton structure in Karaman Stream, Antalya, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(9), 1710-1716.
- Anonymous. (2004). Water pollution control ordinance. 25687, 31.12.2004, Ministry of Environment and Forestry, Ankara.
- Apaydın Yağcı, M., Yeğen, V., Yağcı, A. & Uysal, R. (2017). A preliminary study on zooplankton species in different aquatic habitats of Anatolia (Turkey). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 3(1), 45-50. DOI: 10.17216/LimnoFish277465
- APHA. (1995). American water works association, water environment federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edn. Washington.
- Batu, A. (2017). *Mogan Gölü, Beytepe Göleti ve Delice Nehri(Kızılırmak) Mavi-Yeşil Algleri Üzerine İncelemeler*. Yüksek Lisans Tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Türkiye, 113s.
- Bozkurt, A. & Aktaş, M. 2016. Distribution of Cladocera Species in Different Waters of Turkey. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2(3), 137-143. DOI: 10.17216/LimnoFish.279722
- Bulut, H. & Saler, S. 2018. Seasonal variations in zooplankton community of an aquatic ecosystem at Susurluk Basin (Balıkesir-Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(4), 2530-2535.
- Dirican, S. & Musul, H. (2008). Çamlığöze Baraj Gölü (Sivas-Türkiye) zooplanktonu faunası üzerine bir çalışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 17-21.
- Dorak, Z. 2013. Zooplankton abundance in the lower Sakarya River Basin (Turkey): Impact of environmental variables. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 19(1), 1-22.
- Gündüz, E., Saygı, Y., Yıldız Demirkalp, F., Çağlar, S.S., Atasağun, S. & Kılınç, S. (2013). Seasonal composition and population density of zooplankton in Lake Karaboğaz from the Kızılırmak Delta (Samsun, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 37, 544-553. DOI: 10.3906/zoo-1301-14
- Korkmaz, S. & Korkmaz, Ş. (2002). A research on seasonal composition of zooplankton in Beytepe Reservoir. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(4), 338-343. DOI: 10.1501/Tarimbil_0000000770
- Koste, W. (1978). Rotatoria, die rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk, Begründet von Max Voigt Überordnung Monogononta, I Textband. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 672P and II Textband, 234p.
- Metin, H. (2005). *Beytepe Göleti Zooplanktonik Organizmalarının Tespiti ve Mevsimsel Dağılımlarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Türkiye, 121s.
- Michaloudi, E., Zarfadjian, M. & Economidis, P. (1997). The zooplankton of Lake Micri Prespa. *Hydrobiologia*, 351, 77-94.
- Negrea, S. (1983). *Fauna republici socialiste Romania*. Crustacea, Cladocera. 4, 12, Acedemia Rep. Soc. Romania, Bucuresti, 367p.
- Nogrady, T. & Segers, H. (2002). *Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia*, Vol.6, Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World. Coordinating editor: H.J.F.Dumont.

- Kingston Ont. Canada Gent Univ.,Belgium
Backhuys Pub. Leiden, The Netherlands, 264p.
- Öcalan, A. & Saler, S. (2016).** Tahar Çayı (Tunceli) Zooplanktonu. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **28**(2), 1-10.
- Saler, S. (2020).** Dedeyolu Göleti (Elazığ-Türkiye) Zooplanktonu. *Ecological Life Sciences*, **5A0141**, **15**(4), 143-154.
- Segers, H. (1995).** *The Lecanidae (Monogononta)*, Vol. 2, Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world, coordinating editor: H. J. F. Dumont. Gent Univ., Belgium, SPB Academic Publishing., The Netherlands, 226p.
- URL. 2021.** https://arastirma.tarimorman.gov.tr/millibotanik/Haber/65/Buyuk-Golet-_beytepe-Goleti_-Su-Kalitesinin-Artirilmesi-Calismalarina-Baslanilmistir Erişim Tarihi: 05/12/2021.
- Ustaoğlu, M.R. (2004).** A checklist for zooplankton of Turkish inland waters. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **21**, 191-199.
- Ustaoğlu, M.R., Altındağ, A., Kaya, M., Akbulut, N., Bozkurt, A., Özdemir Mis, D., Atasagun, S., Erdoğan, S., Bekleyen, A., Saler, S. & Okgerman, H. (2012).** A checklist of Turkish rotifers. *Turkish Journal of Zoology*, **36**(5), 607-622. DOI: 10.3906/zoo-1110-1
- Wetzel, R.G. (2001).** *Limnology: Lake and river ecosystems*, Third Edition. Academic Press, London, 1006p.



Göksu Irmağı (Türkiye) Güncel Balık Faunası ve Ekolojik Durumunun Değerlendirilmesi

Fahrettin KÜÇÜK^{1*} İskender GÜLLE² Salim Serkan GÜÇLÜ¹ Davut TURAN³

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta, Türkiye

² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Burdur, Türkiye

³ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 29.09.2021

Kabul/Accepted: 26.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Küçük, F., Gülle, İ., Güçlü, S.S. & Turan, D. (2021). Göksu Irmağı (Türkiye) Güncel Balık Faunası ve Ekolojik Durumunun Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 705-711.

How to cite: Küçük, F., Gülle, İ., Güçlü, S.S. & Turan, D. (2021). Current Fish Fauna of Göksu River (Turkey) and Evaluation of Its Ecological Status. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 705-711.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-0470-9063>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-9256-449X>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-3298-3657>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-9586-6223>

***Sorumlu yazarın:**

Fahrettin KÜÇÜK
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta,
Türkiye
✉: fahrettinkucuk@isparta.edu.tr

Öz: Orta Toroslar'daki karst alanlardan beslenen Göksu Irmağı, Doğu Akdeniz Havzası'nın Akdeniz'e dökülen en büyük akarsuyudur. Bu çalışmada, 2014-2017 yılları arasında farklı tarihlerde yapılan örnekleme, gözlem ve literatür taraması ışığında; Göksu Irmağı balık faunasının güncel taksonomik durumu, dağılım alanları, IUCN koruma ölçütleri ve akarsu bölgelerinin ekolojik yapısı değerlendirilmiştir. Çalışmamızda akarsuyun acısu bölgesi hariç 8 familyadan; 7'si yerli, 2'si egzotik ve 2'si göç eden tür (diadrom) olmak üzere toplam 11 tür belirlenmiş olup, bunlardan 6'sı Türkiye için endemiktir. Akarsuyun üst havzasındaki bu yüksek endemizm oranı oldukça dikkat çekicidir. Irmağın ana kollarını oluşturan, yukarı-orta havza drenaj alanı içerisindeki Göksu Çayı ve Ermenek Çayı (Gevne Çayı)'nın üzerinde gerçekleşen karayolu, köprü, baraj ve HES yapımı gibi fiziki tahribatların akarsu ekosisteminin doğal yapısını bozduğu, akarsu yatağında kısmi kurumalar ve habitat parçalanmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu baskılar sonucunda, Göksu Çayı ve Gevne Çayı'nın baskın balık türü olan endemik Toros sirazı (*Capoeta caelestis*) popülasyon yoğunluğunun önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Aynı olumsuz etkenler nedeniyle Gevne Çayı'nın Beyreli Köyü (Hadim-Konya) ile Dumlugöze (Sarveliler-Karaman) arasında kalan yaklaşık 45 km'lik üst kesiminde 2004-2009 yılları arasında nadiren örneklenen kırmızıbenekli alabalık (*Salmo opimus*) popülasyonunun yok olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Akarsu ekolojisi, balık faunası, çevresel etki, koruma ölçütleri.

Current Fish Fauna of Göksu River (Turkey) and Evaluation of Its Ecological Status

Abstract: The Göksu River, fed by the Central Taurus karst areas, is the largest river of the Eastern Mediterranean Basin flowing into the Mediterranean. In this study, within the scope of the samples and observations we made on different dates between 2014-2017, and in the light of other research findings; the current taxonomic status of the Göksu River fish fauna, distribution areas, IUCN conservation criteria and ecological structure of the river regions were evaluated. In our study, except for the brackish water region of the stream; A total of 11 taxa were identified, belong to 8 families; 7 native (as 6 endemic and 1 widespread), 2 exotic and 2 migratory (diadromous). The high rate of endemism in the upper basins of the river is quite remarkable. There have been physical destructions such as the construction of highways, bridges, dams and HEPPs on Göksu Stream and Ermenek Stream (Gevne Stream) within the upper-middle basin drainage area, which form the main branches of this river. It has been observed that these destructions disrupt the natural structure of the river ecosystem, causing partial drying in the river bed and habitat fragmentation. As a result of these pressures on the stream, it has been determined that the population density of the endemic Taurus scraper (*Capoeta caelestis*), which is the dominant fish species of Göksu and Gevne streams, has decreased significantly. Due to the same negative factors, it was determined that the red spotted trout (*Salmo opimus*) population, which was rarely sampled between 2004 and 2009, disappeared in the upper part of the Gevne Stream, approximately 45 km between Beyreli Village (Hadim-Konya) and Dumlugöze (Sarveliler-Karaman).

***Corresponding author's:**

Fahrettin KÜÇÜK
Isparta University of Applied Sciences,
Eğirdir Fisheries Faculty, Isparta, Türkiye
✉: fahrettinkucuk@isparta.edu.tr

Keywords: Conservation criteria, environmental impact, fish fauna, river ecology.

GİRİŞ

Göksu Irmağı, Doğu Akdeniz Havzası'nın en büyük akarsuyudur. Orta Toroslar'ın 1500 m yükseltisindeki dağlık alanlardan doğan ırmağın yukarı havzasında neojen tortul ve karstik karbonat ana kayası hakimdir. Dik bir topografyaya sahip olan Göksu havzası, neojen tortul ve karbonat ana kayalarına oyulmuş derin vadiler ve geçitler ile karakterize olmuştur (Akbulut vd., 2009). Doğu Akdeniz Havzası'nın 11.213 km² ile en büyük drenaj alanına sahip bu akarsu 260 km uzunluğunda olup; Antalya, Konya, Karaman ve Mersin il sınırları içerisinde yer almaktadır (Tekin & Can, 2019). Mut İlçesi'nin yukarisında kalan kolları üst havzayı oluşturmakta iken, buradan Akdeniz'e kadar olan yaklaşık 126 km uzunluğundaki kısım aşığı havzayı temsil etmektedir (Yıldırım vd., 2018).

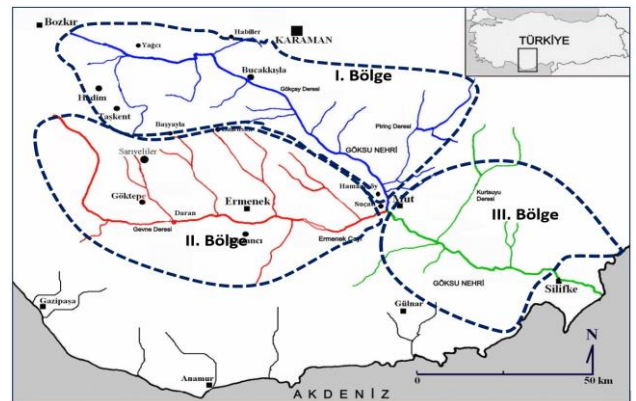
Göksu Çayı (veya Hadim Göksuyu) Mut İlçesi yakınlarındaki "Suçatı" bölgesinde diğer büyük kol olan Ermenek Çayı (veya Ermenek Göksuyu) ile birleşerek "Göksu Irmağı" adını alır. Aşığı havzada Pirinç Suyu, Murat Çayı ve Kurtsuyu Çayı da ırmağa karışarak, Silifke'nin güneyinden kendi adını taşıyan deltadan Akdeniz'e dökülür (Munsuz & Ünver, 1983; Küçük vd., 2007).

Akarsuyun balık faunasına ilişkin ilk kayıtlar Ladiges (1966), Balık (1980) ve Bogutskaya (1997) tarafından yapılmış, yakın dönemde yapılan en kapsamlı çalışmada ise 7 familyaya ait 13 takson kaydı verilmiştir (Küçük vd., 2007). Bunların dışında Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nce yaptırılan "Karaman İli Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi (2016)" kapsamında; Göksu Irmağı'nın yukarı havzasındaki balıkların güncel sistematik durumu ve yayılış alanlarına ilişkin ayrıntılı bir proje raporu bulunmaktadır (Küçük vd., 2017a). Bunun yanı sıra, ırmağın akarsu ağzı ile ilk 6 km arasında kalan acısü (östarin) bölgesinde yaşayan deniz ve tatlısu kökenli türlerin listesi İnnal vd., (2020) tarafından ayrıntılı bir şekilde çalışılmıştır. Bu bilimsel kayıtlara ek olarak, yakın zamanda ırmağın yukarı havzasından yeni bir nemachilid türü tanımlanmıştır (Çiçek vd., 2020; Yoğurtcuoğlu vd., 2020). Yukarıda sözü edilen çalışmalar ışığında, havzanın genelini kapsayan en son araştırmanın yapıldığı 2007'den bu yana, yeni balık türleri kaydedilmiş olmasına karşın; son yıllarda havzanın neredeyse tamamını kapsayan karayolu, köprü, baraj ve HES yapımı gibi fiziki değişimlerin akarsu hidrolojisine, dolayısıyla balık faunası ve habitatlar üzerine yaptığı olumsuzlukların havzanın genelini kapsayacak şekilde yeniden gözden geçirilmesi gerekliliği doğmuştur. Bu amaçla, çalışmamızda ırmağın acısü (östarin) bölgesi dışında kalan kısımlarının balık faunası çeşitliliği, güncel taksonomik durumu ve habitatlarının ekolojik yapısı araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Göksu Irmağı havzasının deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1276 m, yıllık ortalama su akımı 95,2 m³/s'dir (Akbulut vd., 2009). Irmağın aylık ortalama debisi nisan'da en yüksek (241.14 m³/s) eylül'de en düşüktür (37 m³/s) (Yıldırım vd., 2018). Göksu Irmağı su kalitesi Gibbs diyagramına göre "Su-Kayaç Etkileşimi" bölgesinde yer alırken; Piper diyagramına göre ise Ca-Mg-HCO₃ sınıfı sularından oluşmaktadır (Yıldırım vd., 2018; Demirel vd., 2011). Göksu Irmağının pH değerleri farklı araştırmacılar tarafından 7,5-8,6 (Kılıç, 2020), 7-8,9 (Demirel vd., 2011), 7,7-8,5 (Yıldırım vd., 2018) ve 7,2-8,6 (Akbulut vd. 2009) aralığında belirlenmiştir. Irmağın elektriksel iletkenlik değeri 393 µS/cm ve çözünmüş oksijen içeriği 8 mg/L'dir (Demirel vd., 2011). Başka bir çalışmada ise özünmüş oksijen konsantrasyonu ortalama 8,3 mg/l (4,2-11,6 mg/l aralığında) olarak belirlenmiştir (Kılıç, 2020). Sıcaklık değerleri Demirel vd. (2011) tarafından 11-34 °C; Yıldırım vd. (2018) tarafından ise 14-24 °C aralığında bildirilmiştir. Kılıç (2020), su kalitesinin pH, ÇO, KOİ, SO₄, Na⁺, TÇK, NO₃ parametreleri bakımından I. Sınıf; BOİ açısından I.-II. Sınıf; NO₂ ve NH₄⁺ parametreleri bakımından I-IV. sınıf olduğunu bildirmiştir.

Göksu Irmağı havzası sınırlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları havzanın üç farklı bölgesi esas alınarak yapılmıştır. I. Bölge: Göksu Irmağı'nın Hadim Göksuyu olarak da bilinen kuzey havzasını oluşturmaktadır. II. Bölge: Göksu Irmağı'nın Ermenek Göksuyu (Gevne Çayı) olarak da bilinen güney havzasını oluşturmakta, III. Bölge: Suçatı (Mut ilçe merkezi) mevkisinden Silifke Regülatörü'ne kadar olan kısmı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Göksu Irmağı ve örnekleme bölgeleri (I. Bölge: Hadim Göksuyu olarak da bilinen kuzey havzası, II. Bölge: Ermenek Göksuyu veya Gevne Çayı, III. Bölge: Suçatı (Mut) mevkisi- Silifke Regülatörü arası, I. ve II. bölgeler ırmağın Yukarı Havzasını, III. Bölge ise aşığı havzasını oluşturmaktadır).

Figure 1. Göksu River and sampling regions (Region I: northern basin, also known as Hadim Göksuyu, Region II: Ermenek Göksuyu or Gevne Stream, Region III: between Suçatı (Mut) location- Silifke Regulator, regions I and II upstream of the river. Basin and Region III constitutes its lower basin).

I. Bölge (Hadim Göksuyu): Yukarı Göksu Havzasının kuzeydeki kollarını kapsayan bölge, Göksu Irmağı'nın yaklaşık 1500 m yükseltide doğduğu Dedemli Köyü (Hadim) ile Suçatı (Mut) arasında kalan ve akarsuyun dağlık ve engebeli bölgelerden oluşur. Irmak üst bölgede Dedemli kaynaklarının yanı sıra Hadim yönünden gelen Balcılar Çayı ile de beslenir. Bölgede akarsu yatağının eğimi oldukça yüksek olduğundan çoğunlukla derin vadiler ve kanyonlar oluşur. Suyun rengi ve görünümü taşkın dönemleri dışında (Aralık-Mart) maviturkuaz renktedir (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. Irmak yatağında su içerisinde kalan kayalar üzerinde yoğun kireç tabakası ile kaplanmış karakteristik bir bölgesi (Şahinbükü Mevkisi-Bucakkışla).

Figure 2. A characteristic region (Şahinbükü Locality-Bucakkışla) covered with dense lime layer on the rocks remaining in the water in the river.

Kaynak bölgesindeki dere ve çaylar üzerinde Avşar ve Bozkır barajları yapılmıştır. Bu barajlarda toplanan sular Bağbaşı Barajı'na aktararak, buradan "mavi tünel" aracılığı ile Beyşehir Sulama Kanalı'na bağlanmaktadır. 2021 yılı içerisinde tamamlanması planlanan bu proje ile Göksu Irmağı'ndan yıllık yaklaşık 414 milyon m³ su, havza aktarımı yapılarak "Konya Kapalı Havzası'na" verilmesi amaçlanmaktadır (Anonim, 2021). Irmağın Bağbaşı Barajı ile Bucakkışla (Karaman) arasındaki kesiminde 3 adet Nehir Tipi HES bulunur. Söz konusu su yapıları ile ırmağın suları yaklaşık 3750-4000 m uzunluğundaki yapay bir kanala alınarak, yeterli yükselti farkı (yaklaşık 100 m) yaratılıp elektrik enerjisi üretilmektedir.



Şekil 3. Hadim Göksu'su üzerinde yapılan baraj sonucunda su altında kalmış olan Kravga Köprüsü (Bucakkışla).

Figure 3. Kravga Bridge (Bucakkışla), which was submerged as a result of the dam built on Hadim Göksu.

II. Bölge (Gevne Çayı veya Ermenek Göksuyu): Yukarı Göksu Havzasının güneydeki kollarını içine alan bu bölgenin en önemli akarsuyu, Batı Toroslar'ın 2100 m

yükseltilerindeki Geyik Dağları'ndan doğan ve yaklaşık 150 km uzunluğundaki Gevne Çayı'dır. Bu çay, Mut ilçesi yakınlarındaki "Suçatı" bölgesinde kuzeyden gelen kol ile birleşerek Göksu Irmağı'nı oluşturur. Bu kol üzerinde 4 adet nehir tipi HES'in yanı sıra Gezende ve Ermenek HES ve baraj gölleri de bulunur. Ancak çayın kaynak bölgesi ile Ermenek Baraj Gölü arasında kalan yukarı havzasında tipik "Alabalık Bölgesi" özelliği gösteren habitatlar bulunmasına karşın (Şekil 4), Çayarası (Alanya) bölgesinde kalan kısımlarının Alanya-Taşkent-Hadim karayolu inşası ve HES'lerin yapımı nedeniyle doğal yapısı büyük oranda tahrip olmuş, yer yer kurumuştur (Şekil 5).



Şekil 4. Gevne Çayı, alabalık bölgesi (Çayarası-Alanya).
Figure 4. Gevne Stream, trout zone (Çayarası-Alanya).



Şekil 5. Gevne Çayı'nda taşkın materyali ve rüsubat birikimi (Çayarası-Alanya).

Figure 5. Flood material and sediment accumulation in Gevne Stream (Çayarası-Alanya).

III. Bölge: Aşağı Göksu Havzası içerisinde, Silifke ilçe merkezinin yaklaşık 3 km kuzeyinde bulunan Silifke Sulama Regülatörü ile Suçatı (Mut) arasında kalan ve akarsuyun kuş uçuşu yaklaşık 60 km uzunluğundaki kesimidir (Şekil 6). Bu bölgeye akarsuyun acısu bölgesi dahil edilmemiştir. Bölgede akarsuyun eğimi görece azalarak menderesler oluşturmakta olup nehir yatağının genişliği genellikle 40-75 m'den yer yer 90-140 m'ye kadar ulaşmaktadır.



Şekil 6. Göksu Irmağı'nın aşağı havza sınırı olan ve anadrom balıklar için engel oluşturan Silifke sulama regülatörü (Silifke).

Figure 6. Silifke irrigation regulator (Silifke), which is the downstream boundary of Göksu River and creates an obstacle for anadromous fish.

Örnekleme: Çalışma 2014-2017 tarihleri arasında akarsuyun acısu bölgesi hariç tüm havzalarında gerçekleştirilmiştir. Örneklemler, ırmağın akıntılı kesimlerinde elektroşoker ve serpmme ağ yardımıyla; aşağı havzadaki durgun bölgeler ve baraj göllerinde ise farklı göz açıklığındaki uzatma ağları ve ıgırıp yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Örnekleme çalışmalarının yanı sıra amatör balıkçılardan temin edilen balık örnekleri de kullanılmıştır.

Tanımlama ve Değerlendirme: Aynı alanda daha önce yapılan çalışmalar gözden geçirilerek örnekler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi İçsu Balıkları Koleksiyonu (IFC-ESUF) ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Zooloji Müzesi (FFR) örnekleri de incelenmiştir. Familya isimleri

Schönhuth vd. (2018) ve Fricke vd. (2021)'ne göre düzenlenmiş, geçerli türler ise Turan & Bayçelebi (2019), Küçük vd. (2014, 2017b), Yoğurtçuoğlu vd. (2021) ve Fricke vd. (2021)'den alınmıştır. Ayrıca taksonların Kırmızı Listedeki (IUCN, 2021-1) koruma durumları dikkate alınarak, popülasyonların mevcut durumları "artan", "sabit" ve "azalan" şeklinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Göksu Irmağı'nın ana kolu ve Gevne Çayı'nda 2014-2017 tarihleri arasında yapılan örneklemlerde tespit edilen balık taksonları, dağılım alanları ve popülasyonların görece (gözlemsel) yoğunluk durumları artan (+), sabit (*) ve azalan (-) şekilde Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Göksu Irmağı'nın (acısu bölgesi hariç) güncel balık faunası, IUCN (2021-1) kırmızı liste kategorileri ve popülasyonların güncel durumları.
Table 1. Current fish fauna of the Göksu River (excluding the brackish region), IUCN (2021-1) red list categories and current population status.

Takson	2007	2017	2021	Dağılım Bölgesi	Kökene	IUCN (2021-1)	Güncel Durum
ANGUILLIDAE							
<i>Anguilla anguilla</i>	+	+	+	1, 2	Deniz/Katadrom	CR	(-)
SALMONIDAE							
<i>Salmo opimus</i>	+	+	+	3	Tatlısu/Endemik	NE	(-)
CYPRINIDAE							
<i>Cyprinus carpio</i>	+	+	+	1,3	Tatlısu	VU	(-)
<i>Capoeta caelestis</i>	+	+	+	1,2,3	Tatlısu/Endemik	LC	(-)
<i>Carassius gibelio</i>	-	+	+	1, 3	Tatlısu/Yabancı	LC	(+)
<i>Luciobarbus pectoralis</i>	+	+	+	1,2	Tatlısu/Endemik	LC	(*)
GOBIONIDAE							
<i>Gobio microlepidotus</i>	+	+	+	1,2	Tatlısu/Endemik	CR	(*)
LEUCISCIDAE							
<i>Chondrostoma toros</i>	+	+	+	1,3	Tatlısu/Endemik	NE	(*)
NEMACHEILIDAE							
<i>Seminemacheilus tubae</i>	+	+	+	1,2	Tatlısu/Endemik	NE	(*)
ATHERINIDAE							
<i>Atherina boyeri</i>		+	+	2	Deniz	LC	(+)
POECILIDAE							
<i>Gambusia holbrooki</i>	+	+	+	1,2	Tatlısu/yabancı	LC	(*)

(2007) Küçük vd. (2007), (2017) Küçük vd.(2017), (2021)* Bu çalışma, (1) 1.Bölge, (2) 1.Bölge, (3) 1.Bölge

I. Bölge'de yapılan örneklemler ve gözlemlerimizde söz konusu su yapılarının bulunduğu akarsu kesimlerinde yer yer kurumalar olduğu, dolayısıyla akarsuyun doğal akış rejiminin etkilendiği belirlenmiştir. Bölgenin baskın türü *Capoeta caelestis* (Toros sirazı)'tir. Ancak bölgedeki HES'ler bu türün popülasyonunun parçalanmasına, dolayısıyla yoğunluklarının azalmasına neden olmaktadır (Şekil 7).

Bölgede yaygın olan diğer türlerden *Anguilla anguilla* (yılanbalığı) ve *Luciobarbus pectoralis* (Asi bıyıklıbalığı)'in denizden yaklaşık 90-100 km içerdeki Bucakkışla yakınlarına kadar ulaştıkları, ırmağın endemiklerinden *Chondrostoma toros* (Toros kababurun balığı)'un ise Suçatı bölgesine kadar yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Akarsuyun Alanözü ve Habiller (Güneysınır-Konya) yakınlarındaki en üst kollarında yoğun olmayan *Gobio microlepidotus* ve *Seminemacheilus tubae* popülasyonlarına rastlanır. Ayrıca ergin yılanbalığı bireylerinin denizden yaklaşık 150 km mesafede olan

Bucakkışla mevkilerine kadar ulaştıkları ve bu bölgede yerel avcılar tarafından avlandıkları tespit edilmiştir.



Şekil 7. Irmak yatağındaki kireç kaymağı tutmuş kayaları kazıyarak beslenen *C. caelestis*'in kireç tortusu ile dolu sindirim kanalı (Şahinbükü-Bucakkışla).

Figure 7. Digestive tract filled with lime deposits of *C. caelestis* fed by scraping the lime-cream-covered rocks in the river (Şahinbükü-Bucakkışla).

II. Bölge'de, ağırlıklı olarak Gevne Çayı'nda 2004-2009 yılları arasında yaptığımız örneklemlerde *C. caelestis*'in baskın balık türü olduğunu, ancak; 2014-2017

yılları arasındaki örnekleme ve gözlemlerde, yukarıda sözü geçen su yapıları nedeniyle, akarsu rejiminin değişmesi ve bazı bölgelerinin yer yer kurumasına bağlı habitat kayıpları sonucunda popülasyonların büyük oranda parçalandığı ve türün yoğunluğunun yaklaşık on yıl öncesine göre büyük oranda azaldığı belirlenmiştir.

Ermenek Baraj Gölü'ne Elmayurdu yakınlarında dökülen Kapız Dere'den 10.10.2004 tarihinde 1 adet ve Çayarası (Alanya) bölgesinden 18.10.2009 tarihinde 2 adet *Salmo opimus* (Kırmızıbenekli alabalık) bireyi yakalanmıştır. Ancak 2014-2017 tarihlerinde aynı habitatlarda yaptığımız örneklemelemlerde ise Çayarası bölgesinde söz konusu balıklara rastlanılmazken; Ermenek Baraj Gölü'ne dökülen Kapız Dere'de (Güneyyurt) 2015 ve 2016 yılında yoğun olmayan bir popülasyon tespit edilmiştir (Şekil 8, 9). Fakat bu popülasyonun da çok düşük yoğunlukta olduğu, olası gökkuşağı alabalığı predasyonu ve aşırı avcılık nedeniyle yok olma tehlikesi ile karşı karşıya bulunduğu izlenmiştir.



Şekil 8. Kapız Dere'de (Güneyyurt-Ermenek) aynı habitatı paylaşan *S. opimus* (üst) ve *O. mykiss* (alt).
Figure 8. *S. opimus* (top) and *O. mykiss* (bottom) sharing the same habitat in Kapız Dere (Güneyyurt-Ermenek).



Şekil 9. Kapız Dere'deki (Güneyyurt, Ermenek) kırmızıbenekli alabalık habitatı üzerinde bulunan bir alabalık çiftliği.
Figure 9. A trout farm located on the Ceyhan trout habitat in Kapız Creek (Güneyyurt, Ermenek).

2012 yılında işletmeye açılan Ermenek Baraj Gölü'nde ise *A. boyeri*, *C. carpio*, *C. gibelio* ve *O. mykiss* türlerinin varlığı belirlenmiştir. Akarsuyun diğer bir kolu olan Balkusan Deresi'ndeki örneklemelemlerde (yaklaşık 150

m²) 75-80 adet *Gobio microlepidotus* ve 2-3 adet *Capoeta caelestis* bireyine rastlanmıştır.

III. Bölge'de akarsu yatağı çevresinde yoğun meyvecilik tarımı yapılmakta, bunun yanında akarsu yatağında yer yer kum-çakıl ocakları bulunmaktadır. Suyun rengi ve görünümü aralık-mart aylarında yoğun alüvyon taşınması nedeniyle bulanık, diğer dönemler ise mavi-turkuaz görünüşlüdür. Nehir ağzından yaklaşık 25 km yukarıya kurulmuş olan 3,5-4 m yüksekliğindeki Göksu Sulama Regülatörü'nün deniz-tatlısu arasında göç eden (diyadrom) balıkların akarsu içindeki hareket ve dağılımlarını önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir.

Regülatörden denize kadar olan acısu bölgesinde denizel kökenli Sparidae, Moronidae, Carangidae, Soleidae, Sciaenidae, Sillaginidae ve Engraulidae familyası üyesi türlerin yanı sıra; Anguillidae, Mugilidae ve Clupeidae üyesi göç eden (diyadrom) türler ile tatlısu kökenli *Aphanius fasciatus*, *Acanthobrama orontis*, *Capoeta caelestis*, *Chondrostoma toros*, *Luciobarbus pectoralis*, *Clarias gariepinus*, *Pomatoschistus anatoliae*, *Gambusia holbrooki* ve *Oreochromis niloticus* olmak üzere toplam 32 tür kaydı verilmiştir (İnnal vd., 2020).

Ancak regülatörün hemen altında, deniz tarafında, yaptığımız örneklemelemlerde tatlısu kökenli türlerin (*A. anguilla*, *C. caelestis*, *C. toros* ve *L. pectoralis*) baskın oranda bulunduğu belirlenmiştir. Irmağın acısu bölgesinde çok yoğun olarak bulunan denizel kökenli Mugilidae ve Clupeidae üyesi bazı türlerin yaklaşık 3,5-4 m yüksekliğindeki regülatöre kadar ulaştıkları, ancak daha üst bölgelere geçemedikleri izlenmiştir. Göksu Deltası'ndaki drenaj kanallarında Kaya vd. (2020) tarafından tanımlanan *Oxynoemacheilus cilicicus*'a ise bu çalışmada ırmak gövdesinde rastlanamamıştır.

SONUÇ

Akdeniz Bölgesi'nin en önemli akarsularından olan bir olan Göksu Irmağı'nda 2014-2017 yılları arasında farklı tarihlerde yaptığımız örnekleme ve gözlemler ile bölgede yapılan diğer ihtiyofauna kayıtlarının değerlendirilmesi sonucunda; ırmağın acısu bölgesi hariç, aşağı ve üst havzasında 11 balık türü tespit edilmiştir.

Söz konusu türlerden *Chondrostoma toros* (Toros kababurun balığı) Göksu Irmağı için endemik olan bir türdür. Diğer türlerden *Salmo opimus* ve *Capoeta caelestis* Akdeniz Bölgesi'ndeki akarsularda (Kaya vd., 2019), *Gobio microlepidotus* ise Göksu Irmağı'nın üst bölgesinin yanı sıra Beyşehir Gölü havzasında da yayılış gösterir (Turan & Bayçelebi, 2019). *Gobio microlepidotus* ile aynı habitatı paylaşan ve ilk olarak Çiçek (2020) tarafından Alanözü Baraj Gölü'nden tanımlanan *Seminemacheilus dursunavsari*, ICZN kriterlerini karşılamaması sebebiyle *nomen nudum* olarak kabul edilmiş ve Yoğurtçuoğlu vd.

(2020) tarafından *Seminemacheilus tubae* ismiyle yeniden tanımlanmış ve taksonomik durumu sabitlenmiştir (Yoğurtçuoğlu vd., 2021).

2014-2017 yılları arasındaki örnekleme ve gözlemlerimizde Gevne Çayı'ndaki *Salmo opimus* popülasyonunun yok olduğu, Kapız Dere popülasyonunun ise regülatör yapısı, olası gökkuşağı alabalığı predasyonu ve amatör balıkçı baskısı nedeniyle büyük tehlike altında bulunduğu belirlenmiştir. Örneklemelerimizde yerel adı "ak memet" olan ve Asi, Ceyhan, Seyhan ırmaklarında da yaşayan *Luciobarbus pectoralis*, Göksu Irmağı'nın aşağı havzasında yayılış göstermekle birlikte, akarsu ağız bölgesinde dahi zaman zaman yoğun popülasyonlar oluşturmaktadır. Doğu Akdeniz bölgesi akarsularında yaşayan diğer bir tür *Acanthobrama orontis* (Küçük vd., 2014; İnnal vd., 2020)'in Silifke sulama regülatörünün altında kalan bölgeyi tercih ettiği gözlenmiştir.

Kaynak bölgesindeki çaylar üzerine DSİ tarafından yapılan "Mavi Tünel Projesi" ile bölgedeki bazı balık türlerinin Konya Kapalı Havzası'na geçişi sağlanacağı, bu nedenle popülasyon genetiği yönüyle ilgili türlerin izlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Dedemli (Hadim) ile Bucakkışla (Karaman) arasında kalan bölgede kurulan çok sayıda nehir tipi HES projeleri üzerindeki balık geçitlerinin işlevsiz oluşu ve akarsu yatağının zaman zaman kuruması, akarsu içinde göç eden balıkların yoğunluklarının azalmasına neden olduğu 2004, 2014-2017 yılı örneklemelerimizde belirlenmiştir. Akarsuyun aşağı havzasında (Suçatı bölgesi ile Silifke sulama regülatörü arası) balıkların göç ve yayılışlarını engelleyen en önemli yapı yaklaşık 4 m yüksekliğindeki Silifke sulama regülatörüdür. Bu regülatör göç eden türler açısından, akarsuyun aşağı ve yukarı havzalarını birbirinden bıçak gibi ayırmaktadır. Özellikle yılanbalığı elverleri, Asi bıyıklı balığı ve kefallerin bu engeli aşamadığı görülmektedir. Limnodrom ve diadrom balık göçlerine engel olan ve yüksekliği çok fazla olmayan bu bariyerin balık asansörü, balık savağı, balık burgusu, balık merdiveni ve ıslak boru yöntemleriyle çok kolay ve düşük maliyetli uygulamalar ile aşılması mümkün görünmektedir. Ayrıca akarsu yatağının kum-çakıl ocağı şeklinde kullanımı, habitatları olumsuz etkileyen diğer baskılar olarak değerlendirilmiştir.

Göksu Irmağı jeolojik yapısının ve topoğrafyasının bir sonucu olarak bazı kesimlerde insan yerleşimi ve ulaşım açısından zorlu koşullar göstermekle birlikte, hemen hemen tüm kesimlerinde insan müdahalesine maruz kalmış ve doğal özelliğini önemli ölçüde yitirmiş bir akarsudur. Akarsuyun balık faunası üzerinde barajlar, nehir tipi HES'ler, regülatörler, yoğun su çekimleri sonucu oluşan kuruma ve kuraklık olayları başlıca tehdit unsurları olmakla birlikte; küçük akarsulardaki kaçak avcılık faaliyetleri ve akarsu yatağı

tahribatları diğer önemli olumsuzluklar olarak tespit edilmiştir.

Önümüzdeki süreçte, orta-uzun vadede, özellikle yağış-akış rejimlerine bağlı hidrolojik düzensizliklerin balık faunası üzerinde en yıkıcı etkiyi oluşturacağı düşünülmektedir. Bu durum önlenmesi için, ırmağın kılcıl beslenme damarlarını oluşturan küçük-orta büyüklükteki kollarında mutlaka yeterli su akışının sağlanması gerekmektedir. Mevzuatta (RG, 15 Haziran 2019, 30802 "Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik") yer verilen "...doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarı projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10'u kadar olmak zorundadır." şeklindeki %10'luk cansuyu veya çevresel akış oranı uygulansa bile yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Zira özellikle yukarı havzadaki yan kolların çok değişken debili ve kırılğan bir ekosistem yapısında olduğu görülmektedir. Ayrıca akarsuyun sığ yatak bölgelerinde yapılan düzleştirilme, genişletme ve küreme gibi makinalı kazıların balıkların saklanma ve beslenme alanlarını tamamen ortadan kaldırdığı gözlemlenmiş olup, bu durumlara son verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2021).** DSİ, IV. Bölge Müdürlüğü, Konya.
- Akbulut, N., Bayarı, S., Akbulut, A. & Şahin, Y. (2009).** *Rivers of Turkey. In Rivers of Europa, Tockner K, Robinson CT, Uehlinger U (eds).* Elsevier, Academic Press: New York; 643-772.
- Balık, S. (1980).** *Güney Anadolu Bölgesi içsularında yaşayan tathisu balıklarının sistematik ve zoocoğrafik yönden araştırılması.* Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyolojik Oseanografi Bölümü (Doçentlik Tezi), İzmir, Türkiye, 139 s.
- Bogustkaya, N. (1997).** *Chondrostoma beysheirensis, a new cyprinid fish from Beyşehir Lake, Central Turkey. Ichthyological Exploration of Freshwaters, 8(2), 151-158.*
- Çiçek, E. (2020).** *Seminemacheilus dursunavsari, a new nemachelid species (Teleostei: Nemacheilidae) from Turkey. Iranian Journal of Ichthyology, 7(1), 68-77. DOI: 10.22034/iji.v7i1.494*
- Demirel, Z., Özer, Z. & Özer, O. (2011).** Investigation and modeling of water quality of Göksu River (Cleadnos) in an international protected area by using GIS. *Journal of Geographical Sciences, 21(3), 429-440. DOI: 10.1007/s11442-011-0855-4*
- Fricke, R., Eschmeyer, W.N. & Fong, J.D. (2021).** Eschmeyer's catalog of fishes: genera/species by family/subfamily. [http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/Species By Family.asp](http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/Species%20By%20Family.asp), 28 Eylül 2021.

- İnnal, D., Tocan, B., Gülle, İ., Çağlan, D.C., Dügel, M. & Avşar, D. (2020).** Diversity and distribution of the ichthyofauna in the Göksu River estuary, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 72(4), 667-676.
- Kaya, C., Küçük, F., Turan, D.(2019).** New Data on the Distribution and Conservation Status of the Two Endemic Scrapers in the Turkish Mediterranean Sea Drainages (Teleostei: Cyprinidae). *International Journal of Zoology and Animal Biology*, 2(9), 000185. DOI: 10.23880/izab-16000185
- Kaya, C., Turan, D., Bayçelebi, E., Kalaycı, G. & Freyhof, J. (2020).** *Oxynoemacheilus cilicicus*, a new nemacheilid loach from the Göksu River in southern Anatolia (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa*, 4808(2), 284-300. DOI: 10.11646/zootaxa.4808.2.3
- 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.
- Küçük, F., Gümüş, E., Gülle, İ. & Güçlü, S.S. (2007).** The Fish fauna of the Göksu River (Türkiye): Taxonomic and zoogeographic features. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7, 53-63.
- Küçük, F., Bektaş, Y., Güçlü, S.S. & Kaya, C. (2014).** The systematic position of *Acanthalburnus microlepis* (De Filippi, 1863) and contributions to the genus *Acanthobrama* (Cyprinidae: Leuciscinae) in Turkey. *Iranian Journal of Ichthyology*, 1(2), 96-105.
- Küçük, F., Gülle, İ. & Güçlü, S.S. (2017a).** *Karaman ili'nin karasal ve iç su ekosistemleri biyolojik çeşitlilik envanter ve izleme işi sonuç raporu*. EMS Çevre Araştırmaları Sosyal Hizmetler ve Eğitim Danışmalık Tic. Ltd. Şti. Ankara.
- Küçük, F., Turan, D., Güçlü, S. S., Mutlu, A. G. & Çiftci, Y. (2017b).** Two new species of *Chondrostoma* Agassiz, 1832 (Teleostei: Cyprinidae) from the Ceyhan, Seyhan and Göksu rivers in the East Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 795-803. DOI: 10.4194/1303-2712-v17_4_15
- Ladiges, V.W. (1966).** Sübwasserfische der Türkei 4. Teil: Die Gattung *Chondrostoma* (Cyprinidae) in der Türkei. *Cyprinidae. Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst. Band*, 63, 101-109.
- Munsuz, N. & Ünver, İ. (1983).** *Turkey freshwater*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları (882-247), Ankara, 392 s.
- Schönhuth, S., Vukić, J., Šanda, R., Yang, L. & Mayden, R.L. (2018).** Phylogenetic relationships and classification of the Holarctic family Leuciscidae (Cypriniformes: Cyprinoidei). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127, 781-799. DOI: 10.1016/j.ympev.2018.06.026
- Tekin, S. & Can, T. (2019).** Göksu Nehri Havza'sının jeomorfometrik analizler ile değerlendirilmesi. *Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı* 28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara.
- Turan, D. & Bayçelebi, E. (2019).** Range Extension of *Gobio microlepidotus* Battalgil, 1942 in the Southern Anatolia (Pisces: Cyprinidae). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(2), 156-160. DOI: 10.35229/jaes.556220
- Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M.A. & Geçgel, C. (2018).** Göksu Nehri akış yolu boyunca ana element değişimlerinin İncelenmesi. *HİDRO'2018: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu*, Ankara, Turkey. Proceedings Book, 206-213.
- Yoğurtçuoğlu, B., Kaya, C., Geiger, F. M. & Freyhof, F. (2020).** Revision of the genus *Seminemacheilus*, with the description of three new species (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa* 4802(3), 477-501. DOI: 10.11646/zootaxa.4802.3.5
- Yoğurtçuoğlu, B., Kaya, C. & Freyhof, J. (2021).** *Oxynoemacheilus nasreddini*, a new nemacheilid loach from Central Anatolia (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa* 4974(1), 135-150. DOI: 10.11646/zootaxa.4974.1.5



Morphological Variation of *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) from Turkey [*]

Tuğba ERGÜL KALAYCI^{1*} Kafiye GÜMÜŞSOY¹ Çiğdem GÜL²

¹Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Rize, Turkey
²Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

Geliş/Received: 25.11.2021

Kabul/Accepted: 21.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Ergül Kalaycı, T., Gümüüşsoy, K. & Gül, Ç. (2021). Morphological Variation of *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) from Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 712-716.

Atf yapmak için: Ergül Kalaycı, T., Gümüüşsoy, K. & Gül, Ç. (2021). Türkiye'deki *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) Türünün Morfolojik Çeşitliliği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 712-716.

* <https://orcid.org/0000-0002-4790-0263>
<https://orcid.org/0000-0002-6700-7480>
<https://orcid.org/0000-0003-4736-2677>

*Corresponding author:
Tuğba ERGÜL KALAYCI
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of
Art and Science, Department of Biolog, Rize,
Türkiye
✉: tugba.ergul@erdogan.edu.tr

Abstract: The Parsley frog is represented by a single species from Anatolia which is called *Pelodytes caucasicus*. This species is categorized as a near threatened in the conservation list and has very limited distribution along the North East Black Sea and its populations have been poorly studied. In this study, we analyzed morphological variation of 59 specimens from different localities from Anatolia (Artvin; Karagöl, Rize; Çat and Trabzon; Hıdırnebi) unraveling the morphological differences among *P. caucasicus* populations. For this purpose, we used multivariate analysis such as principal component analysis (PCA) and linear discriminant analysis (LDA). Although there was considerable an overlap among morphological variation of localities according to PCA analysis, slight differences were observed in LDA analyses. In PCA analysis, the Head Width (HW), Head length (HL), and Snout vent length (SVL) are primarily discriminating characters for *P. caucasicus*. In LDA analysis, the NL, HW, and HL are primarily discriminating characters. This study will contribute to the limited data of *P. caucasicus* and enlarge the knowledge of geographic variation for *P. caucasicus* in Anatolia.

Keywords: Caucasian, morphometric differences, *P. caucasicus*, Turkey.

Türkiye'deki *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) Türünün Morfolojik Çeşitliliği

*Sorumlu yazar:
Tuğba ERGÜL KALAYCI
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen
Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Rize,
Türkiye
✉: tugba.ergul@erdogan.edu.tr

Öz: Anadolu'da Pelodytidae familyasının Parsley kurbağası *Pelodytes caucasicus* adı ile bilinen tek türü dağılışı göstermektedir. Bu tür koruma listelerine tehdiye açık olarak kategorize edilir. Doğu Karadeniz boyunca kısıtlı yayılıma sahiptir ve popülasyonları az çalışılmıştır. Bu çalışmada Anadolu'daki (Artvin; Karagöl, Rize; Çat ve Trabzon; Hıdırnebi) *P. caucasicus* popülasyonları arasındaki morfolojik farklılıkları ortaya çıkarmak için 59 bireyin morfolojik çeşitliliği analiz edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda temel bileşenler analizi (PCA) ve doğrusal ayırım analizi (LDA) gibi çoklu analizler kullanılmıştır. Temel bileşenler analizinde lokaliteler arası çakışmalar gözüksede doğrusal ayırım analizinde az da olsa farklılık gözlenmiştir. Temel bileşenler analizine göre Baş Genişliği (HW), Baş Uzunluğu (HL) ve Burun Ucu-Kloak Arası Mesafe (SVL) öncül ayırıcı karakterlerdir. Doğrusal ayırım analizine göre NL, HW ve HL öncül ayırıcı karakterlerdir. Bu çalışma *P. caucasicus*'ün kısıtlı verisine katkı sağlamış ve türün coğrafik varyasyonu ile ilgili bilgiyi genişletmiştir.

Anahtar kelimeler: Kafkasya, morfolojik farklılıklar, *P. caucasicus*, Türkiye.

INTRODUCTION

The Pelodytidae family is represented by one genus (*Pelodytes*) and four species overall its distribution areas. Three of species of *Pelodytes* (*P. atlanticus*, *P. ibericus*, *P. punctatus*) inhabited in Iberian Peninsula and

around France and one of them (*P. caucasicus*) inhabited to Caucasian region.

Pelodytes caucasicus, is an endemic species of the Caucasian Isthmus, the region delimiting Europe and Asia, and lying between the Black Sea in the west and the

[*] This study was produced from the master thesis.

Caspian Sea in the east (Litvinchuk & Kidov, 2018). This species is distributed in the western Republic of Georgia, Krasnodar Region of Russia, and extreme northeastern Turkey, along with isolated populations in the central part of Turkey's northern coast and Georgia-Azerbaijan border area (Kaya et al., 2009). Caucasian Parsley frog (*P. caucasicus*) is characterized by fragmented populations, and little information about its population's features exists. Above all, *P. caucasicus* is cataloged as Near Threatened (NT) in the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Threatened Species.

Body size is a fundamental morphological trait and important in a physiological, ecological, and behavioral context of a species (Schäuble, 2004). The population of species that inhabit a wide range of environments frequently displays divergent morphologies that correlate with differences in ecological parameters (Rivera, 2008). Despite that, in some situations morphological differentiation of amphibians can be very small and involves mainly differences in body proportions (Babik & Rafinski, 2000).

Comparative studies are pivotal for expanding awareness about the current situation of populations and tender differences among populations and for explaining the reason for the effects of different factors on populations. Previously, some works have been carried out on distribution, ecology, breeding, age structure, helminth parasites, hematology, morphology, and serology of *P. caucasicus* in Turkey (Steiner, 1968; Franzen, 1999; Arıkan et al., 2003; Tosunoğlu & Taşkavak 2004; Arıkan et al., 2007; Erişmiş et al., 2009, Yıldırımhan et al., 2009, Litvinchuk & Kidov, 2018). Limited studies are existing about morphological characters of *P. caucasicus* through its distribution area, especially in Turkey. In addition to that, newly introduced areas are involved in literature in Turkey. Thus far, possible morphological separation during species evolution remains completely unknown.

In this study, we determined whether morphological characters differ significantly from one locality to another and characterized these differences for *P. caucasicus*. Body differences were analyzed using multivariate methods such as principal component analysis (PCA) and linear discriminant analysis (LDA). Specimens of three different populations from Artvin, Rize, and Trabzon were evaluated according to morphological variation according to PCA and LDA for the first time in literature

MATERIAL AND METHOD

Morphological data were obtained from 59 specimens from 3 different localities Karagöl; Artvin (latitude/longitude: 41.38; 41.85) (16♂, 2♀), Çat; Rize

(latitude/longitude: 40.86; 40.94) (21♂, 1♀) and Hıdırnebi; Trabzon (latitude/longitude: 40.96; 39.43) (17♂, 2♀) throughout the Eastern Black Sea region of Turkey (Figure 1). The morphological measurement was taken with the permission of the local ethics committee of Çanakkale Onsekiz Mart University for animal experiments (approval reference number: 2019/09). No specimens were taken to the laboratory. All measurements were taken in the field.

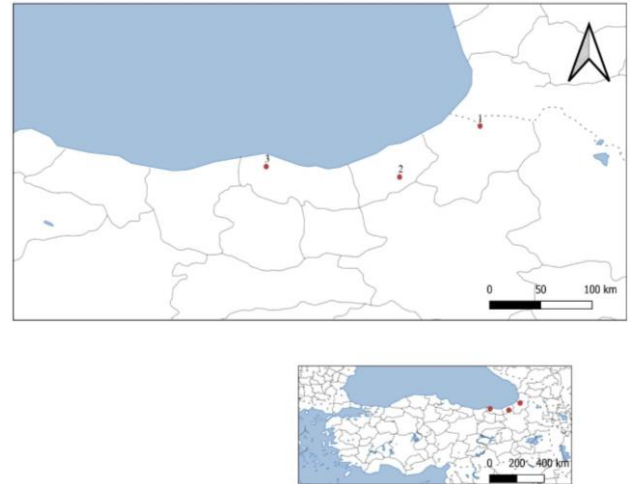


Figure 1. Map of sampling localities (1: Karagöl; Artvin, 2: Çat; Rize and 3: Hıdırnebi; Trabzon).

We sampled specimens in July 2020 and July 2021 in their activation time. Sex determination was performed by the absence or presence of the appearance of black tubercles, especially on the venter during the breeding season in males. In advance of measurement, all specimens were anesthetized and all individuals were measured at one time. Using a digital caliper to the nearest 0.1 mm, we measured the following six morphological characters: snout-vent length (SVL), head length (HL), head width (HW), Nostril length (NL), femur length (FL), tibia length (TL). To minimize bias introduced by measurements and avoid extraneous error quantification of body dimensions, all frogs were collected by a single observer (T. Ergül Kalaycı).

Because we had insufficient data for female individuals, we analyzed pool data for each location (females and males were not separately analyzed). We used principal components analysis (PCA) to find the best low-dimensional representation of variation in the data to determine whether morphological variation could form the basis of detectable group structure. We used Linear Discriminant analysis for specified morphological clustering. The function “prcomp” with “scale = TRUE” was used for the principal component analyses, clustering individuals in the multivariate space of the first two principal components (PC1 and PC2); and the function “lda” in package “MASS” (Venables & Ripley, 2002) was used for the linear discriminant analysis. Statistical

analysis was performed using the R (R Development Core Team, 2021).

RESULTS

The mean values for SVL, HL, HW, NL, FL and TL were found as 49.60, 15.69, 15.09, 3.38, 23.12 and 25.73 mm for Artvin, respectively. For Rize, we found 43.38, 15.11, 13.83, 4.26, 19.38, and 21.58 mm for SVL, HL, HW, NL, FL and TL, respectively. The mean values for SVL, HL, HW, NL, FL and TL were found as 49.76, 16.12, 16.94, 3.43, 19.83, and 21.97 mm for Trabzon, respectively.

There is no clear separation for *P. caucasicus* individual from three localities (Artvin, Rize, and Trabzon). We retained the first two components for the principal component analysis (PCA). These two components explained 73.51% of the morphological variation. The factor loadings for the first PC were all positive, with the heaviest loadings on SVL and HL. The loadings of the second PC were weighted heavily positive for SVL, HL, and HW, and negatively for NL, FL, and TL (Table 1).

Table 1. PCA loadings for *P. caucasicus*. snout-vent length (SVL), head length (HL), head width (HW), Nostril length (NL) femur length (FL), tibia length (TL).

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
SVL	0.444	0.123	0.332	-0.811	-0.139	-0.026
HL	0.463	0.402	-0.118	0.371	-0.654	0.213
HW	0.431	0.511	0.068	0.233	0.673	-0.205
NL	0.187	-0.038	-0.929	-0.299	0.096	-0.035
FL	0.422	-0.543	0.049	0.214	-0.143	-0.677
TL	0.437	-0.516	0.071	0.123	0.267	0.672

The continuous variables presented high correlation values for the first component except for NL (Table 2).

Table 2. Correlation of variables with PC1 and PC2 explained for *P. caucasicus* (geographic location as a factor).

Variable	PC1	PC2
SVL	0.786	0.139
HL	0.819	0.455
HW	0.763	0.577
NL	0.330	-0.043
FL	0.747	-0.613
TL	0.773	-0.583

The most important character contributing to PC1 was the snout-vent length (SVL). PC2 was positively correlated with SVL, HL, and HW and negatively correlated with NL, FL, and TL. The graphical representation of PC1/PC2 showed an overlap for three distribution area members (Figure 2). Although, Trabzon and Artvin showed no clear separation from Rize, specimens from Rize could be separated by their smaller size (Figure 2).

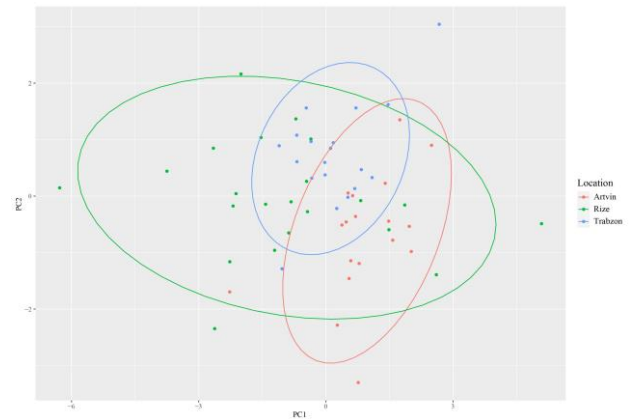


Figure 2. Ordination of the first and second principal components for *P. caucasicus* (Red dots represent Artvin individuals and green dots represent Rize individuals, while blue dots represent Trabzon individuals).

The results from PCA suggested that we could find the best separation of groups by employing LDA. The prior probabilities of the linear discriminant analysis (LDA) among localities were as follows: Artvin (0.28), Trabzon (0.28) and Rize (0.43). LDA analysis showed the function 1 explained 76.2% of the variance whereas function 2 explained 23.8% of the variance (Figure 3).

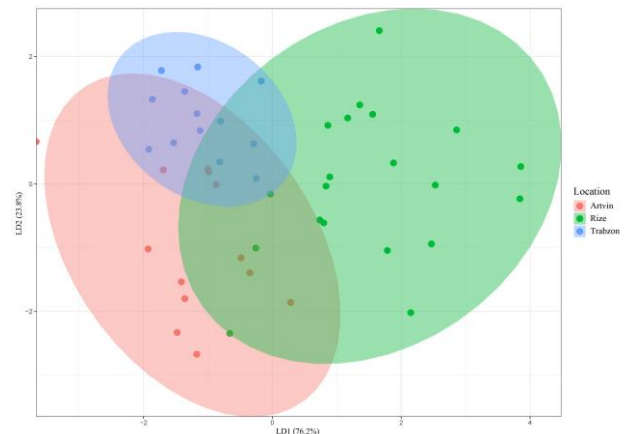


Figure 3. Plot of linear discriminant axis 1 versus linear discriminant axis 2 from morphometric characters of *P. caucasicus* specimens.

Artvin had the higher error rate in specimen classification (4 of 18 individuals, error = 22.22 %) followed by Rize (2 of 22 individuals, error= 9.09 %) and Trabzon (1 of 19 individuals, error= 5.26 %). A total of % 89.83 correct classification was achieved in LDA analysis. Differentiation along the LD1 is driven by the number of NL, HL, and HW (Table 3). The LD2 is driven primarily by HW and HL (Table 3).

Table 3. Coefficients of linear discriminant.

Variables	LD1	LD2
SVL	-0.187	0.009
HL	0.281	-0.271
HW	-0.274	0.498
NL	0.927	0.188
FL	-0.187	-0.026
TL	0.025	-0.286

DISCUSSION

This is the first study to compare the morphological features of *P. caucasicus* from Artvin (Karagöl), Rize (Çat village), and Trabzon (Hıdırnebi plateau) localities. Though *P. caucasicus* is distributed to restricted areas along with Caucasian and categorized as threatened species in different conservation lists, there is limited data available for morphological comparison of Caucasian Parsley frog from Anatolia. Although morphometric for female individuals is missing, due to the lack of production of advertisement signals and the difficulty of sampling, this study gathers new information about *P. caucasicus*, which is highly required for this under-studied and near threatened species.

Tosunoğlu and Taşkavak (2004) previously compared the specimen from Trabzon (Uzungöl) and Rize (Çamlıhemşin) and found that two populations are similar according to the coefficient of difference values. Their results also resembled the populations from Georgia and Caucasus (Tarkhnishvili & Gökhelashvili, 1999). As Franzen (1999) specified the eastern Black Sea populations of Turkey do not differ morphologically from the neighbor populations. The study of Tosunoğlu & Taşkavak (2004) was the only study existing in the literature about the morphological comparison of *P. caucasicus* from Anatolia. According to our study, Rize specimen slightly differed from Trabzon in particular LDA analysis.

Comparison between two analyses showed that LDA provided higher resolution than PCA. In PCA analysis, three populations were completely intermixed with each other. But in LDA analysis, Rize specimens proneness to Artvin and Trabzon specimens disappeared.

It is essential to recognize characters that differentiate populations from morphologically distinguished populations. In this study, we found that SVL, HL, and HW are primarily distinguishable characters for *P. caucasicus* in PCA analysis. In terms of LDA analysis, NL, HW, and HL are primarily discriminated values for *P. caucasicus*.

The specimens from Rize differed from their narrow head size from Trabzon and Artvin. Former studies have indicated anurans co-occurring with predators to exhibit a narrower head compared to inhabiting predator-free environments (Tejedo et al., 2010). Rize specimens that experience greater predation pressure should exhibit a narrower head. Also, the habitat of Rize specimens tends to dry compared to Artvin and Trabzon. Destruction of water bodies will limit the food resources and amphibians will not be able to find appropriate places for reproduction. Eventually, this will restrain the body proportions.

Geographic variation in body size of anurans could result from either phenotypic plasticity or adaptation

to particular environments (Rivas et al., 2018). It is vital to the understanding interplay of morphological variation to understand how species survive across different landscapes (Shaffer et al., 2015). *P. caucasicus* is near threatened species and its population is seriously threatened by habitat changes. The conclusions of this study give us a chance to look through the *P. caucasicus*'s life history attributes and see whether morphology is changing in different habitats in the current state. Further research for *P. caucasicus* inclusive more variables will contribute to the literature.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Recep Tayyip Erdoğan University for financially supporting this study (Project Number: FYL-2020-1076).

REFERENCES

- Arikan, H., Atatür, M.K. & Tosunoğlu, M. (2003).** A study on the blood cells of the Caucasus Frog, *Pelodytes caucasicus*. *Zoology in the Middle East*, **30**(1), 43-47.
- Arikan, H., Tosunoğlu, M., Atatür, M.K. & Göçmen, B. (2007).** Some Comments of the Breeding Biology of *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) from Uzungöl, Northeast Anatolia. *Turkish Journal of Zoology*, **31**, 53-64.
- Babik, W. & Rafiński, J. (2000).** Morphometric differentiation of the moor frog (*Rana arvalis* Nilss.) in Central Europe. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, **38**(4), 239-247.
- Erişmiş, U.C., Arikan, H., Konuk, M. & Guarino, F.M. (2009).** Age Structure and Growth in Caucasian Parsley Frog *Pelodytes caucasicus* (Boulenger, 1896) from Turkey. *Russian Journal of Herpetology*, **16**(1), 19-26.
- Franzen, M. (1999).** Verbreitung und Ökologie von *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 in der Türkei (Distribution and Ecology of *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 in Turkey). *Salamandra*, **35**(1), 1-18.
- Kaya, U., Tuniyev, B., Tuniyev, S., Kuzmin, S., Tarkhnishvili, D., Tuniyev, B., Papaenfuss, T., Sparreboom, M., Ugurtas, I., Anderson, S., Eken, G., Kiliç, T. & Gem, E. (2009).** *Pelodytes caucasicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: International Union for Conservation of Nature. <http://www.IUCN.org>. International Union for the Conservation of Nature (IUCN). 2021. IUCN Red List of Threatened Species, 2021
- Litvinchuk, S.N. & Kidov, A.A. (2018).** Distribution and conservation status of the Caucasian parsley frog, *Pelodytes caucasicus* (Amphibia: Anura). *Nature Conservation Research*, **3**(S1), 51-60.

-
- R Core Team. (2021).** R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing
- Rivas, J., Quiero, A., Penna, M. & Velásquez, N. A. (2018).** Body-size variation across environmental gradients in an ectothermic organism: An intraspecific approach to ecogeographic patterns. *Herpetologica*, **74**(3), 191-198.
- Rivera, G. (2008).** Ecomorphological variation in shell shape of the freshwater turtle *Pseudemys concinna* inhabiting different aquatic flow regimes. *Integrative and Comparative Biology*, **48**(6), 769-787.
- Shaffer, H. B., Gidiş, M., McCartney-Melstad, E., Neal, K. M., Oyamaguchi, H. M., Tellez, M., & Toffelmier, E. M. (2015).** Conservation genetics and genomics of amphibians and reptiles. *Annual Review of Animal Bioscience.*, **3**(ch_1), 113-138.
- Schäuble, C. S. (2004).** Variation in body size and sexual dimorphism across geographical and environmental space in the frogs *Limnodynastes tasmaniensis* and *L. peronii*. *Biological Journal of the Linnean Society*, **82**(1), 39-56.
- Steiner, H.M. (1968).** *Pelodytes caucasicus* Boulenger 1896 (Pelobatidae, Amphibia) in der Türkei. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 291-298.
- Tarkhnishvili, D.N. & Gökhelashvili, R.K. (1999).** The Amphibians of the Caucasus. *Advances in Amphibian Researc in the Former Soviet Union Sofia-Moscow*, **4**, 94-106.
- Tejedo, M., Marangoni, F., Pertoldi, C., Richter-Boix, A., Laurila, A., Orizaola, G., Nicieza, A.G., Álvarez, D. & Gomez-Mestre, I. (2010).** Contrasting effects of environmental factors during larval stage on morphological plasticity in post-metamorphic frogs. *Climate Research*, **43**(1-2), 31-39.
- Tosunoğlu, M. & Taşkavak, E. (2004).** A Preliminary Study on Morphology and Serology of *Pelodytes caucasicus* Boulenger 1896 Populations From NorthEastern Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **7**(7), 1186-1190.
- Venables, W.N. & Ripley, B.D. (2002).** *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, NewYork, 505 p.
- Yildirimhan, H.S., Bursey, C.R. & Goldberg, S.R. (2009).** Helminth parasites of the Caucasian parsley frog, *Pelodytes caucasicus*, from Turkey *Comparative Parasitology*, **76**(2), 247-257.



Shotgun Metagenomic Analysis for Mucilage in the Surface Waters of The Çanakkale Strait (Dardanelles): Metabolic Diversity, Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes

Sevdan YILMAZ^{1*} Dilek KAHRAMAN YILMAZ² Ekrem Şanver ÇELİK² Mehmet Ali KUCUKER³

¹Department of Aquaculture, Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale 17100, Turkey

²Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale 17100, Turkey

³Izmir Institute of Technology, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Gülbahçe Campus 35430 Urla - İzmir / Turkey

Geliş/Received: 31.08.2021

Kabul/Accepted: 27.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Yılmaz, S., Kahraman Yılmaz, D., Çelik, E.Ş. & Kucuker, M.A. (2021). Shotgun Metagenomic Analysis for Mucilage in the Surface Waters of The Çanakkale Strait (Dardanelles): Metabolic Diversity, Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 717-726.

Atıf yapmak için: Yılmaz, S., Kahraman Yılmaz, D., Çelik, E.Ş. & Kucuker, M.A. (2021). Çanakkale Boğazı Yüzeysel Sularındaki Müsilaj İçin Shotgun Metagenomik Analizi: Metabolik Çeşitlilik, Mikrobiyal Topluluk Yapısı ve Antibiyotik Direnç Genleri. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 6(4), 717-726.

*[id](https://orcid.org/0000-0002-4809-5809): <https://orcid.org/0000-0002-4809-5809>

[id](https://orcid.org/0000-0002-9626-5446): <https://orcid.org/0000-0002-9626-5446>

[id](https://orcid.org/0000-0003-4514-457X): <https://orcid.org/0000-0003-4514-457X>

[id](https://orcid.org/0000-0001-9648-8925): <https://orcid.org/0000-0001-9648-8925>

*Corresponding author:

Sevdan YILMAZ
Çanakkale Onsekiz Mart University
Faculty of Marine Sciences and Technology
Çanakkale, Turkey
✉: sevdanyilmaz@comu.edu.tr

Abstract: In this study, we used shotgun metagenome sequencing to examine the metabolic diversity, microbial community structure and diverse antimicrobial resistance genes of mucilage in the surface waters of the Çanakkale Strait (Dardanelles). Mucilage samples were collected in April 2021 from the three different stations of the Dardanelles. The dominant microbial communities at the phylum level were Bacteroidetes (20.06%), Proteobacteria (13.68%), Verrucomicrobia (6.25%), Planctomycetes (3.02%) and Cyanobacteria (2.5%). Metabolic pathway analysis using KEGG (Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes) revealed that most of the genes of mucilage samples were involved in unclassified (73.86%) followed by metabolism (14.45%), genetic information processing (4.16%), environmental information processing (2.57%), cellular processing (1.88%), human diseases (1.61%), and organismal systems (1.47%). The *dfrA3* gene was the most prevalent (20.36%) followed by *CRP* (18.17%), *PmrE* (14.92%), *rpoB2* (11.17%), *SoxR* (7.49%), *AbeS* (6.83%), *baeR* (5.22%), *PmrF* (3.70%), *dfrA22* (2.20%), *dfrA26* (1.76%), *dfrA20* (1.63%), *golS* (1.26%), *CAT* (1.03%), *mtrA* (1.01%), *TMB-1* (0.64%), *novA* (0.64%), *dfrK* (0.59%), *vanXB* (0.48%), *dfrG* (0.39%), *FosC2* (0.31%), and *MexA* (0.20%) genes. Antibiotic resistance gene (ARG) types mainly included the resistance genes of multidrug (40.19%), trimethoprim (26.93%), polymyxin (18.62%), rifamycin (11.17%), chloramphenicol (1.03%), aminocoumarin (0.64%), beta-lactamase (0.64%), fosfomycin (0.31%), and vancomycin (0.48%). Antibiotic-resistant bacteria in mucilage can adhere to human skin during swimming, fishing, water sports etc., enter the body through the nose and mouth, and transfer genetic information to the bacteria in contact areas in the human body. Therefore, this situation is risky in public health, and necessary precautions should be taken.

In the light of these findings, it has been observed that there is a need for more detailed studies in the future.

Keywords: Antibiotic, ARG, marine aggregates, metagenome, mucilage, public health.

Çanakkale Boğazı Yüzeysel Sularındaki Müsilaj İçin Shotgun Metagenomik Analizi: Metabolik Çeşitlilik, Mikrobiyal Topluluk Yapısı ve Antibiyotik Direnç Genleri

Öz: Bu çalışmada Çanakkale Boğazı yüzeysel sularındaki müsilajın metabolik çeşitliliğini, mikrobiyal topluluk yapısını ve çeşitli antimikrobiyal direnç genlerini incelemek için shotgun metagenom dizilimi kullanılmıştır. Nisan 2021'de Çanakkale Boğazı'nın üç farklı istasyonundan müsilaj örnekleri toplanmıştır. Filum düzeyinde baskın mikrobiyal topluluklar Bacteroidetes (%20,06), Proteobacteria (%13,68), Verrucomicrobia (%6,25), Planctomycetes (%3,02) ve Cyanobacteria (%2,5) olarak belirlenmiştir. KEGG (Kyoto Genler ve Genomlar Ansiklopedisi) kullanılarak yapılan metabolik yol analizi, müsilaj örneklerinin genlerinin çoğunun sınıflandırılmamış (%73,86), ardından sırasıyla metabolizma (%14,45), genetik prosesler (%4,16), çevresel prosesler (%2,57), hücresel prosesler (%1,88), insan hastalıkları (%1,61) ve organizma sistemleri (%1,47) ile ilişkili olduğunu göstermiştir. *dfrA3* geni baskın çıkmıştır (%20,36), ardından sırasıyla *CRP* (%18,17), *PmrE* (%14,92), *rpoB2* (%11,17), *SoxR* (%7,49), *AbeS* (%6,83), *baeR* (%5,22), *PmrF* (%3,70), *dfrA22* (%2,20), *dfrA26* (%1,76), *dfrA20* (%1,63), *golS* (%1,26), *CAT* (%1,03), *mtrA* (%1,01), *TMB-1* (%0,64), *novA* (%0,64),

***Sorumlu yazar:**

Sevdan YILMAZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi

Çanakkale, Türkiye

✉: sevdanyilmaz@comu.edu.tr

dfpK (%0,59), *vanXB* (%0,48), *dfpG* (%0,39), *FosC2* (%0,31) ve *MexA* (%0,20) genleri yer almıştır. Antibiyotik direnç geni (ARG) tipleri, temel olarak çoklu ilaç direnci (%40,19), trimetoprim (%26,93), polimiksin (%18,62), rifamisin (%11,17), kloramfenikol (%1,03), aminokumarin (%0,64), beta-laktamaz (%0,64), fosfomisin (%0,31) ve vankomisin (%0,48) direnç genleri olarak belirlenmiştir. Müsilaj yapıdaki antibiyotik dirençli bakteriler yüzme, su sporları, balıkçılık ve benzeri faaliyetler sırasında insan derisine tutunabilir, burun ve ağız yolu ile vücudumuza girebilir ve genetik bilgiyi insan vücudunda temas ettiği bölgelerdeki bakterilere aktarabilir. Bu durum halk sağlığı açısından riskli olup gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu bulgular ışığında gelecekte daha detaylı çalışmalarla ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antibiyotik, ARG, deniz agregatları, halk sağlığı, metagenom, müsilaj.

INTRODUCTION

Domestic and industrial factors have started to pollute the environment more due to the increase in the human population. As a result of increasing pollution in the natural environment, climate change and global warming, ecosystem balances have deteriorated, and ecological problems have arisen. Among these problems, the incident known as mucilage occurred first time in 1729 when it caused the congestion of fishing nets in the Adriatic Sea (Fonda-Umani et al., 1989). Danovaro et al. (2009) investigated the relationship between climate change and the frequency of mucilage formation in the Mediterranean in the last 200 years. They determined that it has increased exponentially over the years.

Intense mucilage formation was first recorded in Turkey between 2007 and 2008 in the Sea of Marmara (Aktan et al., 2008; Tüfekçi et al., 2010; Balkis et al., 2011) and in the Dardanelles Strait (Yentur et al., 2013). In the first two quarters of 2021, mucilage reached dimensions that would adversely affect fishery industry, tourism and social life.

Mucilage is a dense and highly viscous structure consisting of polymeric substances and extracellular polysaccharides produced, secreted or leaked by various marine microorganisms such as diatoms, dinoflagellate, cyanobacteria and bacteria, especially in stressful situations; and it is a substance with hydrogel properties, rich in dissolved and polymeric organic matter (Giani et al., 2005; Danovaro et al., 2009; Öztürk et al., 2021). Conducted studies have shown that the content of mucilage can consist of many different species and sizes of sea creatures such as viruses, bacteria, phytoplankton and even zooplankton (Aktan et al., 2008; Danovaro et al., 2009; Tüfekçi et al., 2010; Balkis et al., 2011; Yentur et al., 2013; Toklu-Alicli et al., 2020; Öztürk et al., 2021; Balkis-Ozdelice et al., 2021).

The must understand the characteristics of microbial genes and their metabolic functions in mucilage. With metagenomic analysis, it is possible to obtain comprehensive genomic information about microbial structures and gene functions in various environmental samples. Functional gene characteristics of the microbial community can be discovered with KEGG, eggNOG and

CAZy databases (Fadiji & Babalola 2020). In this study, metabolic diversity, microbial community structure and diverse antimicrobial resistance genes of mucilage were analyzed for the first time with a shotgun metagenomic approach.

MATERIAL AND METHOD

Sampling, DNA Extraction, Library Preparation and Sequencing: Mucilage samples were collected from the three different stations of the Dardanelles (Station 1: 40°15'22.53"N, 26°40'43.58"E; Station 2: 40°10'59.21"N, 26°37'81.17"E; Station 3: 40°11'15.67"N, 26°39'90.81"E) in April 2021. The overview of the sampling points is given in the published paper by Yılmaz et al. (2021). The accumulation of the mucilage in Dardanelles was observed on these sampling stations during the sampling period. A 5L Niskin bottle was used for sampling according to the ISO 5667-9 method by the Turkish Coast Guard ship in Çanakkale (ISO 5667-9, 1992). Mucilage samples were centrifuged at 10,000 × g for 10 min and separated. Accumulated fresh samples were immediately used for DNA extraction. According to the manufacturer's instructions, genomic DNA was extracted from the mucilage samples using GeneMATRIX Soil DNA Purification Kit (EURx Poland). DNA degradation and concentration were monitored using spectrometry (OD260/280), fluorometry (Qubit® 2.0 Fluorometer), and 1% agarose gel electrophoresis. DNA contents above 1 µg was used to construct the library. Metagenomic analyses were performed by the BM Labosis laboratory (Ankara, Turkey). Briefly, sequencing libraries were generated, and index codes were added using NEBNext® Ultra™ DNA Library Prep Kit for Illumina according to the manufacturer's guidelines. Fragments of the DNA sample fragmented to 350bp size by sonication were polished. After Poly(A) Tail was carried out, it was ligated with a full-length adapter for Illumina sequencing by PCR amplification. PCR products were purified with the AMPure XP system and quantified by real-time PCR. Library preparations were sequenced with the Illumina platform, and paired-end reads were generated. SOAP denovo (Version 2.21): <http://soap.genomics.org.cn/soapdenovo.html>, SoapAligner

(Version: 2.21): <http://soap.genomics.org.cn/soapaligner.html>, MetaGeneMark (Version: 2.10) <http://exon.gatech.edu/GeneMark/> and CD-HIT (Version: 4.5.8): <http://www.bioinformatics.org/cd-hit/> software were used to process and analyze metagenomic sequence data.

RESULTS

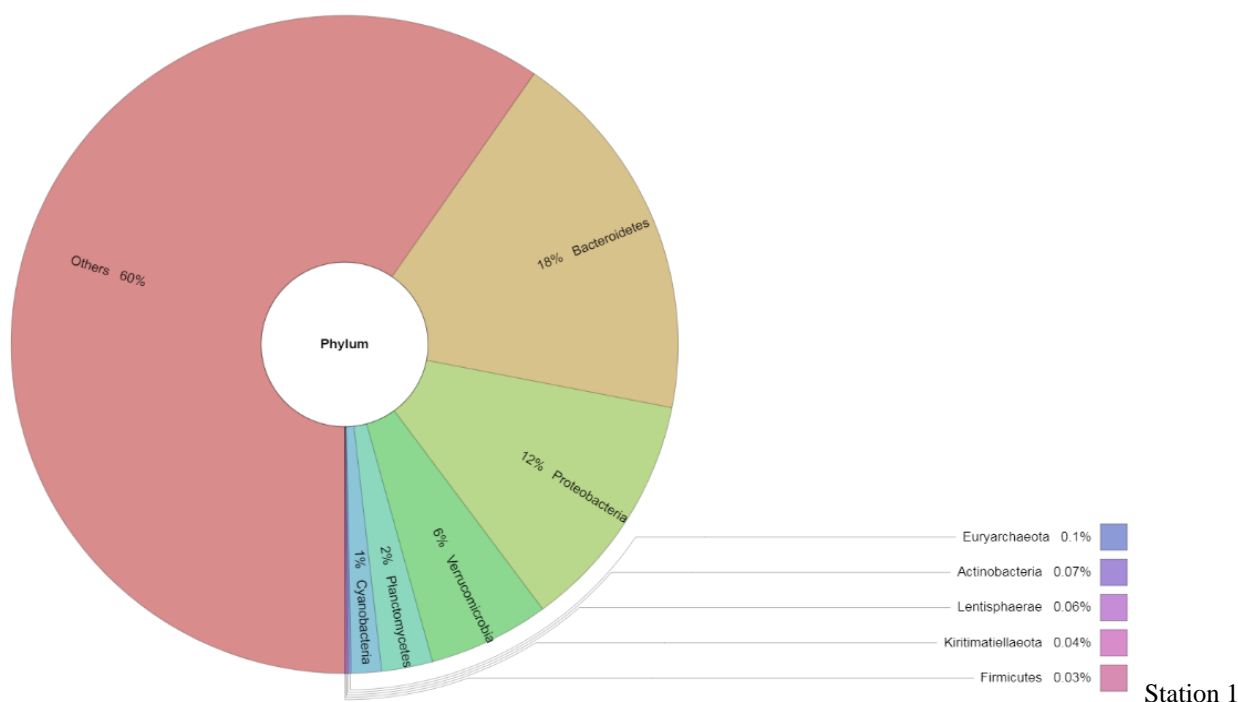
Taxonomic Diversity of Microbial Communities:

Figure 1 depicts a Krona (Ondov et al., 2011) visualization of microbial communities detected in April 2021 mucilage samples across the three sites. The dominant microbial communities at the phylum level were Bacteroidetes (20.06%), Proteobacteria (13.68%), Verrucomicrobia (6.25%), Planctomycetes (3.02%) and Cyanobacteria (2.5%) (Figure 1). It is expected that Bacteroidetes is dominant in mucilage samples because species belonging to this phylum are generally known to live in symbiosis with algae (Bobrova et al., 2016). In addition, Bacteroidetes species can break down polymeric substances and use them as carbon and energy sources develop on detritus particles or algae cells (Fernández-Gómez, 2012). In this study, it was determined that proteobacteria, which is the second most dominant group, is a dominant phylum both in polluted and highly salty (Cortés-Lorenzo et al., 2014) environments and in marine environments (Qian et al., 2011; Polymenakou et al., 2020). In their study carried out in the Northern Adriatic Sea, Vojvoda et al. (2014) determined that Bacteroidetes, Cyanobacteria, and Proteobacteria groups were dominant in both mucilage and ambient water in December 2009 and August 2010.

This study reported that bacterial species belonging to the third most dominant phylum, verrucomicrobia, play an essential role in the biogeochemical cycle of carbon and anaerobic ammonium oxidation in the oceans (Freitas et al., 2012). *Verrucomicrobia* species have been isolated from a lake (Arnds et al., 2010; Chiang et al., 2018), soil (Bergmann et al., 2011; Zhou et al., 2017), seawater column (Bano & Hollibaugh 2002; Yoon et al., 2007), and marine sediment (Urakawa et al., 1999; Yoon et al., 2008; Dalcin Martins et al., 2021).

Typically, planctomycetes are a rare or low-level group in the marine environment. It was reported in studies conducted in the Black Sea (Fuchsman et al., 2012) and Santa Barbara Channel (DeLong et al., 1993) that they are among the dominant bacterial groups in mucilage structure. Known for their complex organic matter decomposition properties in oxygen, some members of this phylum are known to be special decomposers of sulfated polysaccharides such as fucoïdan, which can enable them to utilize the carbon produced by algae (Woebken et al., 2007; Bengtsson & Øvreås, 2010).

In our study, the fourth most dense group was the Cyanobacteria phylum, with an average rate of 2.5%. Although species belonging to this phylum are generally found in freshwater environments, climate change and anthropogenic pressure were also reported as factors leading to an increase in Cyanobacteria populations in marine environments (Bobrova et al., 2016). Similarly, Cyanobacteria members were detected extensively in mucilage in the Northeast Atlantic Ocean (Lampitt et al., 1993) and Sargasso Sea (Lundgreen et al., 2019).



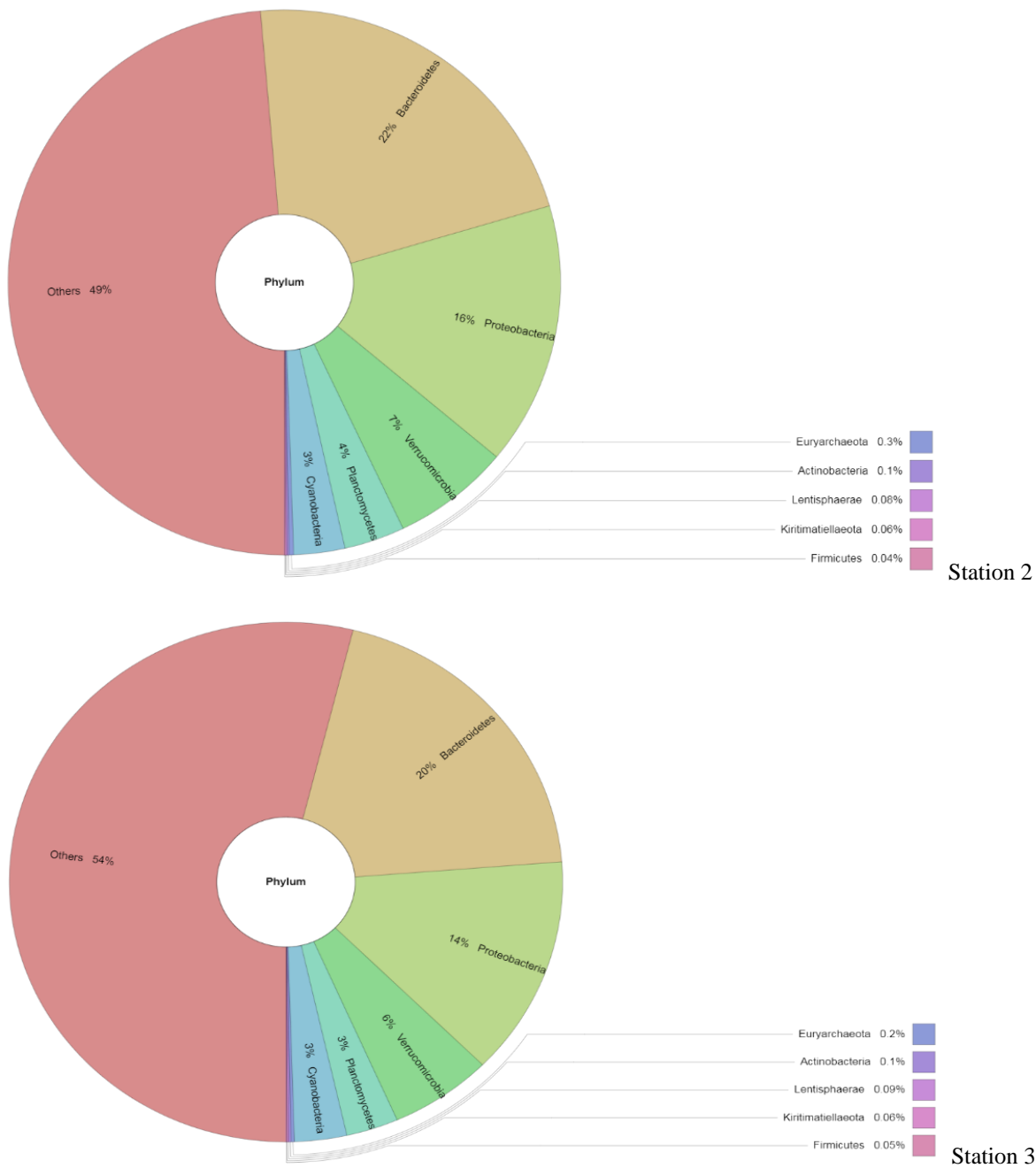


Figure 1. Krona visualization. Microbial community compositions in the mucilage samples.

Metabolic Pathway Analysis of Mucilage Samples:

Metabolic pathway analysis using KEGG revealed that most of the genes of mucilage samples were involved in unclassified (73.86%) followed by metabolism (14.45%), genetic information processing (4.16%), environmental information processing (2.57%), cellular processing (1.88%), human diseases (1.61%), and organismal systems (1.47%) (Figure 2). These genes were enriched into 374 pathways of 6 KEGG A classes and 45 KEGG B classes (Figure 3).

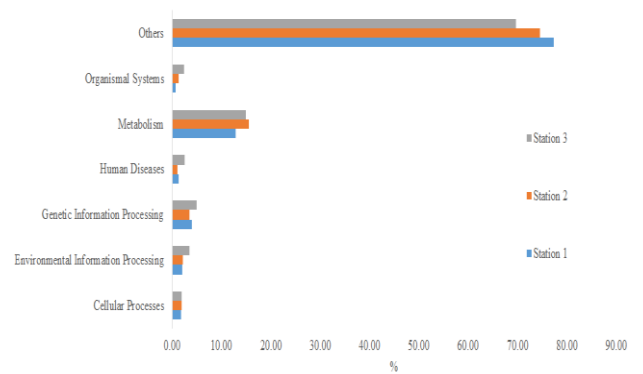


Figure 2. Distribution of the KEGG classification in mucilage samples.

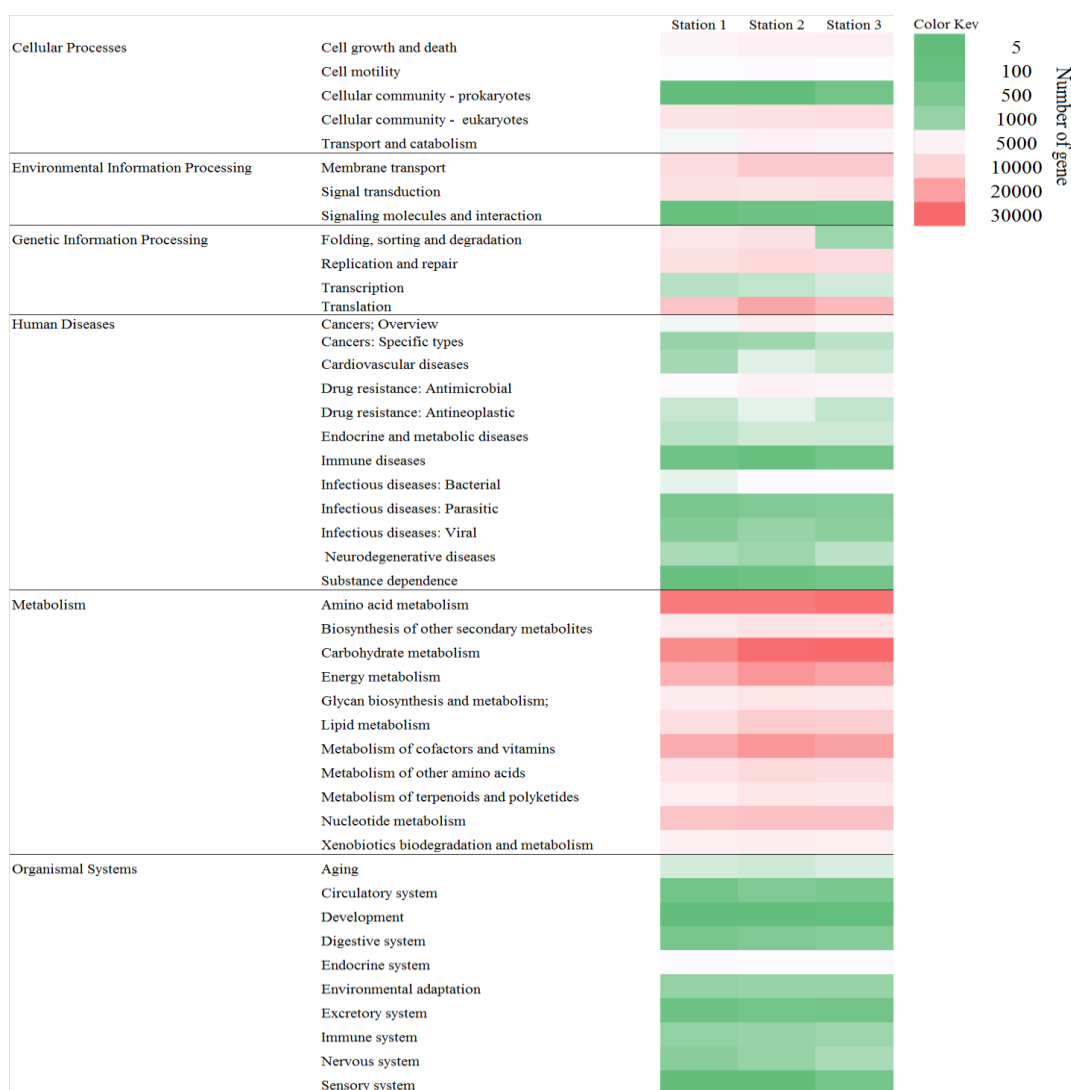


Figure 3. Heat map of mucilage samples KEGG pathway annotations.

As shown in Figure 4, the category glycoside hydrolases corresponded to the highest number of genes, and the category polysaccharide lyases corresponded to the lowest number of genes.

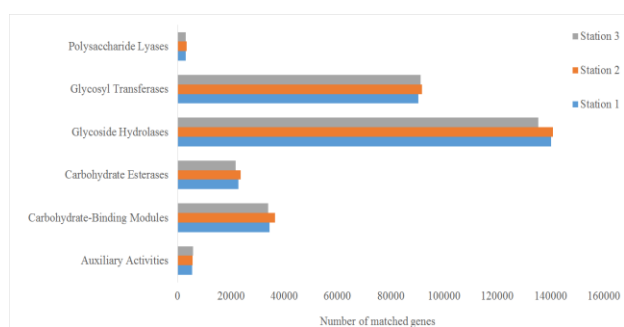


Figure 4. Number of matched genes of carbohydrates.

The eggNOG database annotation results are shown in Figure 5. As a result, the main functions of the genes included carbohydrate transport and metabolism, amino acid transport and metabolism, information storage and processing, and energy production and conversion. These

four functional types were involved in main metabolism in various environmental samples (Meneghini et al., 2017; Zhao et al., 2019; Raiyani & Singh 2020). Previous studies showed that carbohydrates and proteins were significant fractions of mucilage (Mecozzi et al., 2001; Mecozzi et al., 2004). The carbohydrate and protein rich contents can contribute to the enrichment of the carbohydrate and amino acid metabolism genes, so that large amounts of carbon and nitrogen can be utilized and converted within the mucilage structure.

The *dfrA3* gene was the most prevalent (20.36%) followed by *CRP* (18.17%), *PmrE* (14.92%), *rpoB2* (11.17%), *SoxR* (7.49%), *AbeS* (6.83%), *baeR* (5.22%), *PmrF* (3.70%), *dfrA22* (2.20%), *dfrA26* (1.76%), *dfrA20* (1.63%), *golS* (1.26%), *CAT* (1.03%), *mtrA* (1.01%), *TMB-1* (0.64%), *novA* (0.64%), *dfrK* (0.59%), *vanXB* (0.48%), *dfrG* (0.39%), *FosC2* (0.31%), and *MexA* (0.20%) genes (Figure 6). The distribution of antibiotic classes detected in each station (S1: Station 1, S2: Station 2, S3: Station 3) by Circos (Krzywinski et al., 2009) was shown in Figure 7.

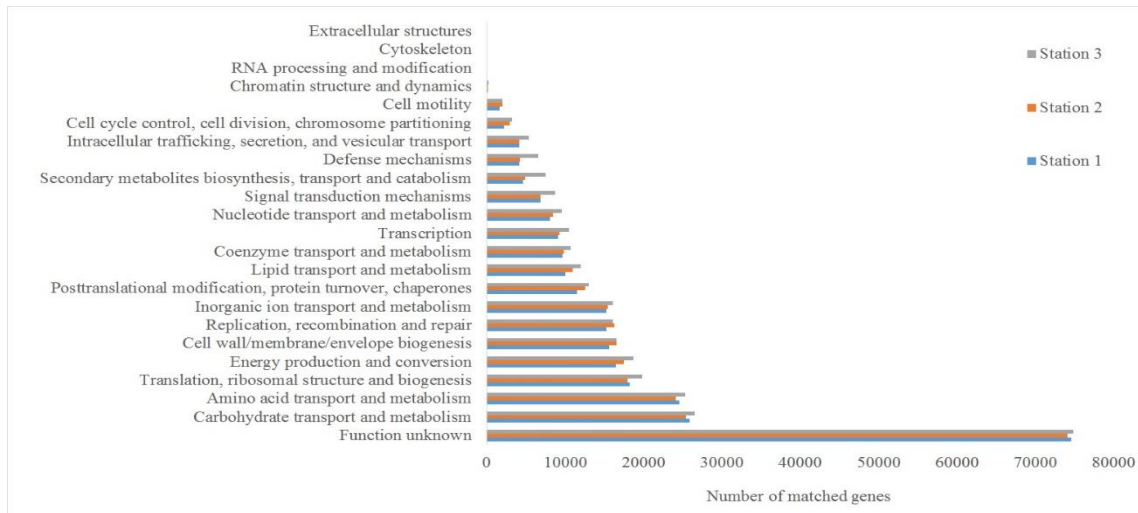


Figure 5. Distribution of the functional genes in mucilage samples.

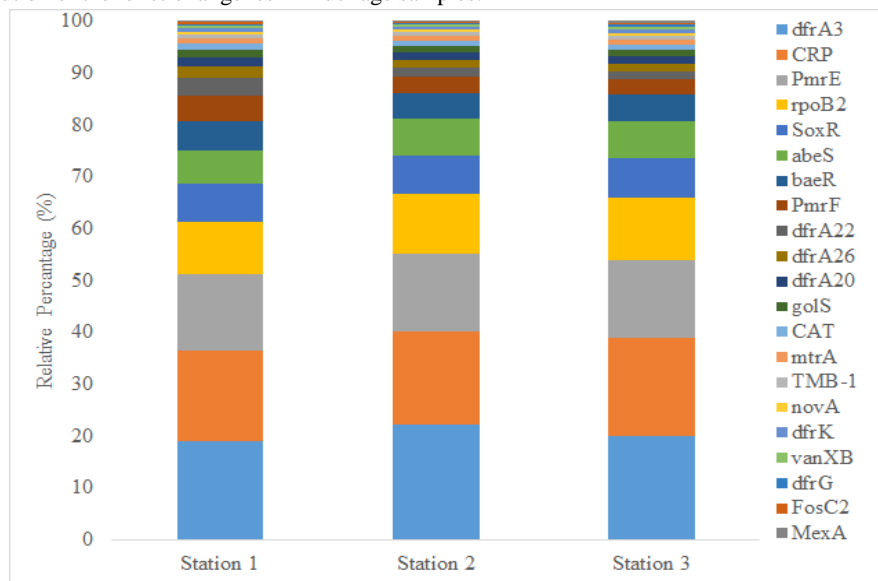


Figure 6. The abundance of resistance genes in mucilage samples.

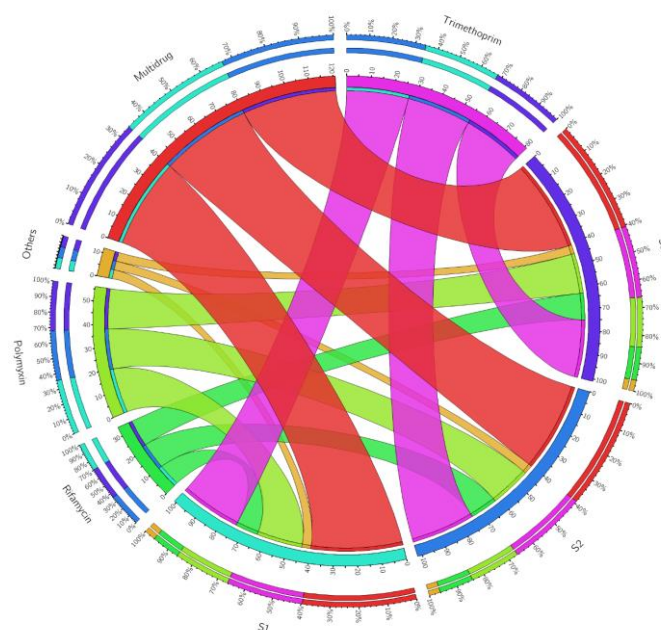


Figure 7. Circos representation of the dominant antibiotic classes.

The metagenomic analysis is widely used in order to quantitatively analyze the occurrence, abundance and diversity of ARGs in samples obtained from marine or freshwater environments and to reveal metabolic diversity and microbial community structures (Pinnell & Turner 2019; Quillaguamán et al., 2021; Wang et al., 2021). However, a similar study on mucilage structure has not been found in the literature. In this study, the functional diversity of the microbiome in mucilage samples was analyzed for the first time. The results were found to be similar to those of marine water (Gilbert et al., 2008), Amazonian geothermal spring (Paul et al., 2016), biofloc (Meenakshisundaram et al., 2021) and mud (Zhang et al., 2019) samples.

In addition, 21 resistance genes were detected in mucilage samples collected from 3 different stations. Antibiotic resistance gene (ARG) types mainly included the resistance genes of multidrug (40.19%), trimethoprim (26.93%), polymyxin (18.62%), rifamycin (11.17%), chloramphenicol (1.03%), aminocoumarin (0.64%), beta-lactamase (0.64%), fosfomycin (0.31%), and vancomycin (0.48%).

It is noteworthy that the multi-antibiotic resistance rate is approximately 40%. We consider that the obtained results are related to antibiotics used extensively in human and animal medicine. Trimethoprim (Kılıç & Yenilmez, 2019), which is among the top 5 antibiotics prescribed in Turkey, is used to treat enteric, respiratory, skin and urinary tract infections (Huovinen et al., 1995).

In recent years, although the use of polymyxin has been recommended to prevent multi-resistant infections caused by *Pseudomonas* spp. and *Acinetobacter* spp., it has also been reported that there is a risk of developing resistance (Turgut, 2017).

Rifamycin is used to treat tuberculosis, leprosy and AIDS-related mycobacterial infections. Still, Rifamycin resistance develops very rapidly, and it is recommended to be applied with other agents to overcome this resistance (Floss & Yu, 2005).

Chloramphenicol used in treating superficial eye infections such as bacterial conjunctivitis and otitis externa (Oong & Tadi, 2021) is currently used more in animal medicine than human medicine (Grenni et al., 2018). The FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) concluded that chloramphenicol could cause genetic damage and possibly cause cancer (FAO, 2002).

In this study, beta-lactamase and fosfomycin, which are antibiotics that showed resistance below 1%, were among the antibiotics most frequently prescribed by family physicians throughout Turkey (İsli et al., 2020). In this study, vancomycin showing a low resistance rate (0.48%) is used to treat *Enterococcus* infections, standing out as hospital-associated pathogens with multiple

antibiotic resistance. The vancomycin resistance of *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* strains isolated in Turkey in 2017 was determined as 1% and 13%, respectively (WHO, 2018).

In a comprehensive study conducted in the North Pacific, South Sea of Korea, Indian Ocean, Sargasso Sea, Arctic Ocean, Bay of British Columbia, and the Gulf of Mexico, it was noteworthy that multidrug and aminocoumarin resistance was found in all viromes rather than being in excess of a percent (Calero-Cáceres & Balcázar, 2019).

CONCLUSION

In conclusion, it was determined in this study that the findings obtained from metagenomic analyzes on mucilage samples collected from 3 different stations were similar. Antibiotic-resistant bacteria in mucilage can adhere to human skin during swimming, fishing, water sports etc., enter the body through the nose and mouth, and transfer genetic information to the bacteria in contact areas in the human body. Thus, this situation is risky in public health, and necessary precautions should be taken. In the light of these findings, it has been observed that there is a need for more detailed studies with samples to be taken at different times and from depths in the future.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors like to thank the Turkish Coast Guard Command in Çanakkale for their helpful collaboration in sampling.

REFERENCES

- Aktan, Y., Dede, A., & Çiftci, P.S. (2008). Mucilage event associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey, *Harmful Algae News*, **36**, 1-3.
- Arnds, J., Knittel, K., Buck, U., Winkel, M., & Amann, R. (2010). Development of a 16S rRNA-targeted probe set for Verrucomicrobia and its application for fluorescence in situ hybridization in a humic lake. *Systematic and Applied Microbiology*, **33**(3), 139-148. DOI: [10.1016/j.syapm.2009.12.005](https://doi.org/10.1016/j.syapm.2009.12.005)
- Balkis, N., Atabay, H., Türetgen, I., Albayrak, S., Balkis, H., & Tüfekçi, V. (2011). Role of single-celled organisms in mucilage formation on the shores of Büyükada Island (the Marmara Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **91**(4), 771-781. DOI: [10.1017/S0025315410000081](https://doi.org/10.1017/S0025315410000081)
- Balkis-Ozdelice, N., Durmuş, T., & Balcı, 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. DOI: [10.30897/ijgegeo.954787](https://doi.org/10.30897/ijgegeo.954787)
- Bano, N. & Hollibaugh, J.T. (2002)**. Phylogenetic composition of bacterioplankton assemblages from the Arctic Ocean. *Applied and Environmental Microbiology*, **68**(2), 505-518. DOI: [10.1128/AEM.70.2.781-789.2004](https://doi.org/10.1128/AEM.70.2.781-789.2004)
- Bengtsson, M.M. & Øvreås, L. (2010)**. Planctomycetes dominate biofilms on surfaces of the kelp *Laminaria hyperborea*. *BMC Microbiology*, **10**(1), 1-12. DOI: [10.1186/1471-2180-10-261](https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-261)
- Bergmann, G.T., Bates, S.T., Eilers, K.G., Lauber, C.L., Caporaso, J.G., Walters, W.A., Knight, R. & Fierer, N. (2011)**. The under-recognized dominance of Verrucomicrobia in soil bacterial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, **43**(7), 1450-1455. DOI: [10.1016/j.soilbio.2011.03.012](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.03.012)
- Bobrova, O.Y., Kristoffersen, J.B., Oulas, A. & Ivanytsia, V.O. (2016)**. Metagenomic 16s rRNA investigation of microbial communities in the Black Sea estuaries in South-West of Ukraine. *Acta Biochimica Polonica* **63**(2), 315-319. DOI: [10.18388/abp.2015_1145](https://doi.org/10.18388/abp.2015_1145)
- Calero-Cáceres, W. & Balcázar, J.L. (2019)**. Antibiotic resistance genes in bacteriophages from diverse marine habitats. *Science of the Total Environment*, **654**, 452-455. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.11.166](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.166)
- Chiang, E., Schmidt, M.L., Berry, M.A., Biddanda, B.A., Burtner, A., Johengen, T.H., Palladino, D. & Deneff, V.J. (2018)**. Verrucomicrobia are prevalent in north-temperate freshwater lakes and display class-level preferences between lake habitats. *PLoS One*, **13**(3), e0195112. DOI: [10.1371/journal.pone.0195112](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195112)
- Cortés-Lorenzo, C., Sipkema, D., Rodríguez-Díaz, M., Fuentes, S., Juárez-Jiménez, B., Rodelas, B., Simidt, R. & González-López, J. (2014)**. Microbial community dynamics in a submerged fixed bed bioreactor during biological treatment of saline urban wastewater. *Ecological Engineering*, **71**, 126-132. DOI: [10.1016/j.ecoleng.2014.07.025](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.025)
- Dalcin Martins, P., de Jong, A., Lenstra, W.K., van Helmond, N. A., Slomp, C.P., Jetten, M.S., Welte, C.U. & Rasigraf, O. (2021)**. Enrichment of novel Verrucomicrobia, Bacteroidetes, and Krumholzibacteria in an oxygen-limited methane- and iron-fed bioreactor inoculated with Bothnian Sea sediments. *MicrobiologyOpen*, **10**(1), e1175. DOI: [10.1101/2020.09.22.307553](https://doi.org/10.1101/2020.09.22.307553)
- 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), 7006. DOI: [10.1371/journal.pone.0007006](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007006)
- DeLong, E.F., Franks, D.G. & Alldredge, A.L. (1993)**. Phylogenetic diversity of aggregate-attached vs. free-living marine bacterial assemblages. *Limnology and Oceanography*, **38**(5), 924-934. DOI: [10.4319/lo.1993.38.5.0924](https://doi.org/10.4319/lo.1993.38.5.0924)
- FAO, (2002)**. FAO urges countries to discontinue the use of chloramphenicol in animal production. 24/01/2002
- Fadji, A.E. & Babalola, O.O. (2020)**. Metagenomics methods for the study of plant-associated microbial communities: a review. *Journal of Microbiological Methods*, **170**, 105860. DOI: [10.1016/j.mimet.2020.105860](https://doi.org/10.1016/j.mimet.2020.105860)
- Fernández-Gómez, B. (2012)**. *Ecology of marine Bacteroidetes: a genomics approach*. Ph.D. thesis. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, Spain.
- Floss, H.G. & Yu, T.W. (2005)**. Rifamycin mode of action, resistance, and biosynthesis. *Chemical Reviews*, **105**(2), 621-632. DOI: [10.1021/cr030112j](https://doi.org/10.1021/cr030112j)
- Freitas, S., Hatosy, S., Fuhrman, J.A., Huse, S.M., Welch, D.B.M., Sogin, M.L. & Martiny, A.C. (2012)**. Global distribution and diversity of marine Verrucomicrobia. *The ISME Journal*, **6**(8), 1499-1505. DOI: [10.1038/ismej.2012.3](https://doi.org/10.1038/ismej.2012.3)
- Fuchsman, C. A., Staley, J. T., Oakley, B. B., Kirkpatrick, J. B. & Murray, J. W. (2012)**. Free-living and aggregate-associated Planctomycetes in the Black Sea. *FEMS Microbiology Ecology*, **80**(2), 402-416. DOI: [10.1111/j.1574-6941.2012.01306.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2012.01306.x)
- Giani, M., Berto, D., Zangrando, V., Castelli, S., Sist, P. & Urbani, R. (2005)**. Chemical characterization of different typologies of mucilaginous aggregates in the Northern Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, **353**, 232-246. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2005.09.027](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.027)
- Gilbert, J. A., Field, D., Huang, Y., Edwards, R., Li, W., Gilna, P., & Joint, I. (2008)**. Detection of large numbers of novel sequences in the metatranscriptomes of complex marine microbial communities. *PLoS One*, **3**(8), e3042. DOI: [10.1371/journal.pone.0003042](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003042)
- Grenni, P., Ancona, V. & Caracciolo, A. B. (2018)**. Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems: A review. *Microchemical Journal*, **136**, 25-39. DOI: [10.1016/j.microc.2017.02.006](https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.006)
- Huovinen, P., Sundström, L., Swedberg, G. & Sköld, O. (1995)**. Trimethoprim and sulfonamide resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, **39**(2), 279-289. DOI: [10.1128/aac.39.2.279](https://doi.org/10.1128/aac.39.2.279)
- Islı, F., Aksoy, M., Aydingoz Emre, S. & Kadı E. (2020)**. Rational Use of Antibiotics By Family Physicians in Turkey During Primary Healthcare Service: A CrossSectional Analysis Through The Prescription Information System. *TJFMP*, **14**(1), 87-95. DOI: [10.21763/tjfmpe.618125](https://doi.org/10.21763/tjfmpe.618125)
- ISO 5667-9. (1992)**. International Standards Organization (ISO), Water quality Sampling Part 9: Guidance on sampling from marine waters, Geneva, Switzerland
- Krzywinski, M., Schein, J., Birol, I., Connors, J., Gascoyne, R., Horsman, D. & Marra, M. A.**

- (2009). Circos: an information aesthetic for comparative genomics. *Genome research*, **19**(9), 1639-1645. DOI: [10.1101/gr.092759.109](https://doi.org/10.1101/gr.092759.109)
- Kılıç, E. & Yenizlmez, F. (2019).** Türkiye ve AB Ülkelerinde Antibiyotik Kullanımı, Antibiyotik Direnci ve Dış Ticaret Dengesi Üzerine Bir Değerlendirme. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*, **4**(1), 45-54. DOI: [10.35232/estudamhsd.503456](https://doi.org/10.35232/estudamhsd.503456)
- Lampitt, R. S., Wishner, K. F., Turley, C. M. & Angel, M. V. (1993).** Marine snow studies in the Northeast Atlantic Ocean: distribution, composition and role as a food source for migrating plankton. *Marine Biology*, **116**(4), 689-702. <https://doi.org/10.1007/BF00355486>
- Lundgreen, R. B., Jaspers, C., Traving, S. J., Ayala, D. J., Lombard, F., Grossart, H. P. & Riemann, L. (2019).** Eukaryotic and cyanobacterial communities associated with marine snow particles in the oligotrophic Sargasso Sea. *Scientific Reports*, **9**(1), 1-12. DOI: [10.1038/s41598-019-45146-7](https://doi.org/10.1038/s41598-019-45146-7)
- Meneghini, A.K., Nielsen, S., Varani, A.M., Thomas, T. & Carareto Alves, L.M. (2017).** Metagenomic analysis of soil and freshwater from zoo agricultural area with organic fertilization. *PLoS One*, **12**, e0190178.
- Mecozzi, M., Acquistucci, R., Di Noto, V., Pietrantonio, E., Amici, M. & Cardarilli, D. (2001).** Characterization of mucilage aggregates in Adriatic and Tyrrhenian Sea: structure similarities between mucilage samples and the insoluble fractions of marine humic substance. *Chemosphere*, **44**(4), 709-720.
- Meccozi, M. & Pápai, Z. (2004).** Application of curve fitting in thin-layer chromatography-flame ionization detection analysis of the carbohydrate fraction in marine mucilage and marine snow samples from Italian Seas. *Journal of Chromatographic Science*, **42**(5), 268-274.
- Meenakshisundaram, M., Sugantham, F., Muthukumar, C. & Chandrasekar, M.S. (2021).** Metagenomic characterization of biofloc in the grow-out culture of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT). *Aquaculture Research*, **59**(9), 4249-4262. DOI: [10.1111/are.15263](https://doi.org/10.1111/are.15263)
- Ondov, B.D., Bergman, N.H., & Phillippy, A.M. (2011).** Interactive metagenomic visualization in a Web browser. *BMC Bioinformatics*, **12**(1), 1-10. DOI: [10.1186/1471-2105-12-385](https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-385)
- Oong, G.C. & Tadi, P. (2021).** Chloramphenicol. StatPearls (Last Update: July 9, 2021). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555966/>
- Öztürk, İ., Yanalak, M., Arslan, E., Koyuncu, İ., Dülekürgeçen, E., Erşahin, M.E. & Türken, T. (2021).** "Marmara Denizi'nde Deniz Salyası Sorunu İle İlgili Görüş Ve Öneriler", İTÜ Raporu, İstanbul. DOI: [10.1186/1471-2105-12-385](https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-385)
- Paul, S., Cortez, Y., Vera, N., Villena, G. K. & Gutiérrez-Correa, M. (2016).** Metagenomic analysis of microbial community of an Amazonian geothermal spring in Peru. *Genomics data*, **9**, 63-66. DOI: [10.3232/SJSS.2019.V9.N1.01](https://doi.org/10.3232/SJSS.2019.V9.N1.01)
- Pinnell, L. J. & Turner, J. W. (2019).** Shotgun metagenomics reveals the benthic microbial community response to plastic and bioplastic in a coastal marine environment. *Frontiers in Microbiology*, **10**, 1252. DOI: [10.3389/fmicb.2019.01252](https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01252)
- Polymenakou, P. N., Nomikou, P., Mandalakis, M., Kiliyas, S., Kotoulas, G., Kyrpides, N. C. & Magoulas, A. (2020).** Microbial Benthic Communities in the Aegean Sea. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg. 1-31 p, Springer: Berlin, Heidelberg. DOI: [10.1007/978_2020_685](https://doi.org/10.1007/978_2020_685)
- Raiyani, N. M. & Singh, S.P. (2020).** Taxonomic and functional profiling of the microbial communities of Arabian Sea: a metagenomics approach. *Genomics*, **112**(6), 4361-4369.
- Qian, P.Y., Wang, Y., Lee, O.O., Lau, S.C., Yang, J., Lafi, F.F. & Wong, T.Y. (2011).** Vertical stratification of microbial communities in the Red Sea revealed by 16S rDNA pyrosequencing. *The ISME Journal*, **5**(3), 507-518. DOI: [10.1038/ismej.2010.112](https://doi.org/10.1038/ismej.2010.112)
- Quillaguamán, J., Guzmán, D., Campero, M., Hoepfner, C., Relos, L., Mendieta, D., Higdon, S.M., Eid, D. & Fernández, C. E. (2021).** The microbiome of a polluted urban lake harbors pathogens with diverse antimicrobial resistance and virulence genes. *Environmental Pollution*, **273**, 116488. DOI: [10.1016/j.envpol.2021.116488](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116488)
- Turgut, H., (2017).** Polimiksinler (Kolistin ve Polimiksin B). *Türkiye Klinikleri Infectious Diseases-Special Topics*. **10**(1), 106-109. DOI: [10.32322/jhsm.456990](https://doi.org/10.32322/jhsm.456990)
- Tüfekçi, V., Balkis, N., Beken, C. P., Ediger, D. & Mantikci, M. (2010).** Phytoplankton composition and environmental conditions of the mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, **34**(2), 199-210.
- Fonda-Umani, S., Ghirardelli, E. & Specchi, M. (1989).** Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia. Direzione Regionale Ambiente, Trieste, p 178. DOI: [10.1371/journal.pone.0007006](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007006)
- Urakawa, H., Kita-Tsukamoto, K. & Ohwada, K. (1999).** Microbial diversity in marine sediments from Sagami Bay and Tokyo Bay, Japan, as determined by 16S rRNA gene analysis The DDBJ accession numbers for the sequences reported in this paper are AB022607-AB022642. *Microbiology*, **145**(11), 3305-3315. DOI: [10.1099/00221287-145-11-3305](https://doi.org/10.1099/00221287-145-11-3305)
- Vojvoda, J., Lamy, D., Sintes, E., Garcia, J. A., Turk, V., & Herndl, G. J. (2014).** Seasonal variation in marine-snow-associated and ambient-water prokaryotic communities in the northern Adriatic Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, **73**(3), 211-224. DOI: [10.3389/fmicb.2020.584222](https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.584222)

- Wang, Y., Liao, S., Gai, Y., Liu, G., Jin, T., Liu, H., Gram, L., Strube, M. L., Fan, G., Sahu, S. K., Liu, S., Gan, S., Xie, Z., Kong, L., Zhang, P., Liu, X. & Wang, D. Z. (2021). Metagenomic Analysis Reveals Microbial Community Structure and Metabolic Potential for Nitrogen Acquisition in the Oligotrophic Surface Water of the Indian Ocean. *Frontiers in Microbiology*, *12*, 229. DOI: [10.3389/fmicb.2021.518865](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.518865)
- WHO (2018). WHO, World Health Organization. Central Asian and Eastern European Surveillance of Antimicrobial Resistance: Annual Report 2018.
- Woebken, D., Teeling, H., Wecker, P., Dumitriu, A., Kostadinov, I., DeLong, E.F., Amann, R. & Glöckner, F.O. (2007). Fosmids of novel marine Planctomycetes from the Namibian and Oregon coast upwelling systems and their cross-comparison with planctomycete genomes. *The ISME Journal*, *1*(5), 419-435.
- 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.
- Yılmaz, S., Küçükler, M.A. & Kahraman Yılmaz, D. (2021). 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.
- Yoon, J., Yasumoto-Hirose, M., Matsuo, Y., Nozawa, M., Matsuda, S., Kasai, H. & Yokota, A. (2007). *Pelagicoccus mobilis* gen. nov., sp. nov., *Pelagicoccus albus* sp. nov. and *Pelagicoccus litoralis* sp. nov., three novel members of subdivision 4 within the phylum 'Verrucomicrobia', isolated from seawater by in situ cultivation. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *57*(7), 1377-1385. DOI: [10.1099/ijs.0.64970-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.64970-0)
- Yoon, J., Matsuo, Y., Adachi, K., Nozawa, M., Matsuda, S., Kasai, H. & Yokota, A. (2008). Description of *Persicirhabdus sediminis* gen. nov., sp. nov., *Roseibacillus ishigakijimensis* gen. nov., sp. nov., *Roseibacillus ponti* sp. nov., *Roseibacillus persicus* sp. nov., *Luteolibacter pohnppeiensis* gen. nov., sp. nov. and *Luteolibacter algae* sp. nov., six marine members of the phylum 'Verrucomicrobia', and emended descriptions of the class Verrucomicrobiae, the order Verrucomicrobiales and the family Verrucomicrobiaceae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *58*(4), 998-1007. DOI: [10.1099/ijs.0.65520-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.65520-0)
- Zhang, L., Shen, Z., Fang, W. & Gao, G. (2019). Composition of bacterial communities in municipal wastewater treatment plant. *Science of the Total Environment*, *689*, 1181-1191. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.06.432](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.432)
- Zhou, Y., Zhu, H., Fu, S., & Yao, Q. (2017). Variation in soil microbial community structure associated with different legume species is greater than that associated with different grass species. *Frontiers in Microbiology*, *8*, 1007. DOI: [10.3389/fmicb.2017.01007](https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01007)
- Zhao, H., Yan, B., Mo, S., Nie, S., Li, Q., Ou, Q. & Jiang, C. (2019). Carbohydrate metabolism genes dominant in a subtropical marine mangrove ecosystem revealed by metagenomics analysis. *Journal of Microbiology*, *57*(7), 575-586.



Artvin Bölgesi Kıyı Balıkçılığında Kullanılan Av Araçlarının Yapısal ve Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi

Seda KOÇAN¹ Tuncay YEŞİLÇİÇEK² Ferhat KALAYCI^{2*}

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye

² Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama Teknolojisi Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 26.11.2021

Kabul/Accepted: 24.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Koçan, S., Yeşilçicek, T. & Kalaycı, F. (2021). Artvin Bölgesi Kıyı Balıkçılığında Kullanılan Av Araçlarının Yapısal ve Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 735-741.

How to cite: Koçan, S., Yeşilçicek, T. & Kalaycı, F. (2021). Determination of Structural and Technical Characteristics of Fishing Gears Used in Coastal Fishing in Artvin Region. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 735-741.

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4438-8807>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3236-8227>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3633-3400>

*Sorumlu yazar:

Ferhat KALAYCI

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye.

✉: ferhat.kalayci@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışma, Ekim 2016- Nisan 2017 tarihleri arasında Artvin ili sınırları içerisinde yer alan Hopa Limanı, Limanköy, Esenkıyı, Sugören, Çamlıköy, Kemalpaşa, Hacılar ve Arhavi'de balıkçılarla yüz yüze anketler yapılarak bölgede kullanılan ağlarının yapısal ve teknik özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma sonunda farklı yapı ve donam özelliklerine sahip 15 takım mezgit ağı, 10 takım palamut ağı, 10 takım zargana ağı, 7 takım barbunya ağı, 6 takım kalkan ağı, 5 takım kefal ağı, 4 takım istavrit ağı, 4 takım kötek ağı, 3 takım voli ağının kullanıldığı tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, bir türün avcılığı için farklı özelliklere sahip uzatma ağlarının kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan ağların teknik ve donam özelliklerinin kullanıldıkları lokalitelerin coğrafi yakınlıklarına göre benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Artvin, av araçları, kıyı balıkçılığı, sade ve fanyalı uzatma ağları, teknik özellikler.

Determination of Structural and Technical Characteristics of Fishing Gears Used in Coastal Fishing in Artvin Region

Abstract: This study was carried out between October 2016 and April 2017 to determine the structural and technical characteristics of the nets used by conducting face to face interviews with boat owners and net equipping fishermen in shelters and boatyards of Hopa Port, Limanköy, Esenkıyı, Sugören, Çamlıköy, Kemalpaşa, Hacılar and Arhavi which are located within the coastal borders of Artvin province. At the end of the study, gill and trammel nets with different structural and equipment characteristics consisting of 15 sets of whiting net, 10 sets of Atlantic bonito net, 10 sets of garfish net, 7 sets of red mullet net, 6 sets of turbot net, 5 sets of mullet net, 4 sets of horse mackerel net, 4 sets of shi drum net and 3 sets of encircling trammel net were determined. As a result of the study, it was seen that nets with different characteristics were used for catching of a species. It was determined that the technical and equipment characteristics of the nets used were similar according to the geographical proximity of the locations.

*Corresponding author:

Ferhat KALAYCI

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing Technology, 53100, Rize, Turkey

✉: ferhat.kalayci@erdogan.edu.tr

Keywords: Artvin, coastal fishing, fishing gears, gill and trammel nets, technical characteristics.

[¹] Bu çalışma, Seda KOÇAN'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by Seda KOÇAN.

GİRİŞ

Küçük ölçekli balıkçılık, özellikle gelişmekte olan ülkelerde beslenme, gıda güvenliği, sürdürülebilir geçim kaynakları ve yoksulluğun azaltılmasına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Bu önemli katkıya rağmen, küçük ölçekli balıkçılığın sürdürülebilir kalkınmasını kısıtlayan konular tam olarak anlaşılammıştır (FAO, 2019). Bu alandaki veri eksikliği, çalışan insan sayısı için de geçerlidir. Küçük ölçekli balıkçılığın çeşitliliği ve toplumsal katkıları, kendi hukuk ve yönetim sistemlerine sahip olduğu henüz yeni yeni belgelenmeye ve kayıt altına alınmaya başlanmıştır (Kolding vd., 2014).

Küçük ölçekli balıkçılık, 12 m'den küçük balıkçı tekneleri ile kıyı alanını av sahası olarak kabul eden, uzatma ağları, paraketa, kaldırma ağları, olta, tuzaklar gibi av araçlarını kullanarak günü birlik avcılık faaliyeti olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'de kıyı balıkçılığının yaygın olduğu bölgelere bakıldığında, küçük ölçekli balıkçıların geleneksel yöntemlerle demersal ve pelajik türleri avlamakta olduğu ve ürünlerini yerel pazara sunmakta olduğu görülmektedir (Ünal, 2003).

Herhangi bir balıkçılık sahasındaki av araçlarının teknik yapılarının bilinmesi; balık stoklarının korunması, sürdürülebilir kullanımı ve yönetiminde doğru karar ve politikalar üretilmesi noktasında önemli bir yere sahiptir (Kara, 2004; Samsun & Emirbuyuran, 2017). Bir bölgede balıkçılık yapan kişilerin ve balıkçı teknelerinin sayısı, av araçları çeşitliliği ve kapasitesi, avlanan türler ve av miktarları, en az avcılığı yapılan türlerin stok bilgileri kadar gerekli ve önemlidir (Tokaç vd., 2007). Balıkçılıkta kullanılan av araçlarının yapısal özellikleri zaman içerisinde değişim gösterebilmektedir. Güncel ağ planlarının kayıt altına alınması hem av araçlarının gelişiminin hem de balık stokların durumunun izlenmesi açısından son derece önem arz etmektedir (Erdem vd., 2019).

Ülkemizde küçük ölçekli balıkçılıkta kullanılan av araçlarının envanter çalışmalarının ve teknik özelliklerinin belirlenmesi balıkçılık yönetimi açısından hayati öneme sahiptir. Bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar kapsadığı alan itibarıyla geniş kapsamlı bir kaç çalışma (Doğan vd., 1991; Tokaç vd., 2010; Samsun & Emirbuyuran, 2017; Erdem vd., 2020) dışında daha ziyade lokal çalışmalar şeklinde yapılmış olup (Akyol & Ceyhan, 2007a, Akyol & Ceyhan, 2007b; Ayaz vd., 2008; Akyol vd., 2009; Altınağaç, 2008; Ay, 2012; Ayaz vd., 2012; Ceyhan & Akyol, 2005; Demirci & Demirci, 2007; Doyuk, 2006; Kaykaç vd., 2020; Özekinci vd., 2006; Yıldız & Karakulak, 2010; Yıldız vd., 2012), bu çalışmaların bir araya getirilmesi ve genel anlamda bir değerlendirmenin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda bu çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Artvin ili sahil şeridinde,

kıyı balıkçıları tarafından yaygın olarak kullanılan av araçlarının tespiti, teknik özelliklerinin belirlenmesi ve ağ planlarının çizilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu tür çalışmalar ülkemiz balıkçılık potansiyelinin ortaya çıkarılması, sonrasında oluşan yönetim stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir adım olacaktır. Ayrıca, bu ve benzeri çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ışığında ekosisteme daha duyarlı; balık stokları üzerinde daha az olumsuz etkiye sahip aynı tür balıklar için bölgesel küçük farklılıklar dışında standart bir av aracının oluşturulmasının alt yapısının hazırlanmasına da katkı yapması noktasında önem arz etmektedir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Ekim 2016- Nisan 2017 tarihleri arasında Artvin ili sınırları içerisinde yer alan Hopa Limanı, Limanköy, Esenkıy, Sugören, Çamlıköy, Kemalpaşa, Hacılar ve Arhavi'de yer alan balıkçı barınak ve çekek yerlerinde bulunan küçük ölçekli balıkçı tekne sahipleri ile yüz yüze görüşülerek yürütülmüştür. Anket çalışmaları, kıyı bölgesinde kullanılan uzatma ağlarının yapısal ve teknik özelliklerini belirlemek amacıyla bölgede aktif avcılık yapan ve ağ donatan balıkçılarla yüz yüze görüşülerek gerçekleştirilmiştir.

Anketler ile hedef tür, av sezonu, av zamanı ve süresi; avcılıkta kullanılan av araçlarının teknik ve donanım özellikleri ile ilgili bilgiler balıkçıların ifadelerine sadık kalınarak veri formlarına işlenerek elde edilmiştir. Ağ planlarının teknik çizimleri FAO, (1975)'e göre MS-Office 10.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Bu çalışma sonucunda, araştırma sahasında 15 takım mezzit ağı, 10 takım palamut ağı, 10 takım zargana ağı, 7 takım barbunya ağı, 6 takım kalkan ağı, 5 takım kefal ağı, 4 takım istavrit ağı, 4 takım kötek ağı, 3 takım voli ağı olmak üzere 64 farklı çeşit yapı ve donam özelliklerine sahip uzatma ağlarının kullanıldığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda, bir türün avcılığı için çok sayıda farklı özelliklere sahip uzatma ağlarının kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan ağların özellikleri bölgelerin coğrafi yakınlıklarına göre benzerlik göstermektedir. Bu bölgede kıyı balıkçılığında kullanılan ağların ağ göz açıklıkları değişkenlik göstermekte olup bu çalışmada verilen ağların teknik çizimlerinde balıkçılar tarafından en çok tercih edilen ağ göz açıklıkları verilmiştir.

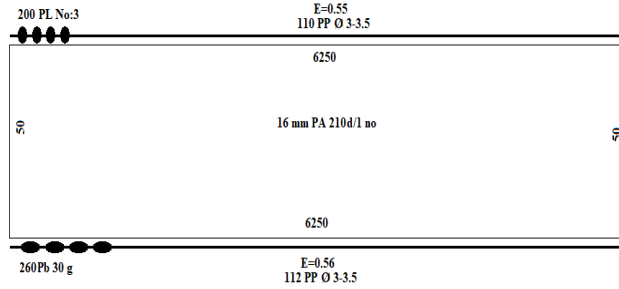
Artvin kıyı bölgesinde yapılan çalışma sonucunda küçük ölçekli balıkçılıkta, sade uzatma ağı ve fanyalı uzatma ağı olmak üzere 2 farklı çeşit av aracının yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Sade uzatma ağları toplam 5 farklı hedef balık türü için kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, fanyalı uzatma ağlarının ise 4 hedef balık türü için kullanılmakta olduğu belirlenmiştir.

Table 1. Bölgedeki balıkçılık kıyı yapıları (UDHB, 2019).
Table 1. Fishing coastal structures in the region (UDHB, 2019).

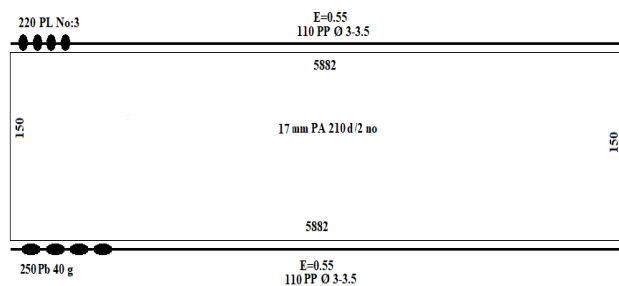
İlçe	Kıyı yapısının ismi	Sınıfı
Arhavi	Arhavi	Balıkçı barınağı
Arhavi	Arhavi Hacılar	Çekek yeri
Hopa	Esenkiyü	Çekek yeri
Hopa	Hopa Çamlıköy	Çekek yeri
Hopa	Hopa Limanı	Balıkçı barınağı
Hopa	Hopa Limanköy	Çekek yeri
Hopa	Kemalpaşa	Balıkçı barınağı
Hopa	Hopa Sugören	Çekek yeri

Mezgit Ağı: Mezgit avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 0, 1 numara PA multifilament materyalden, 16-23 mm göz açıklığında ağlardan meydana gelmekte olup, yoğun olarak 17-18-20 mm göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 50 gözdür. Ağın donam faktörü mantar yakada 0,55, kurşun yakada ise 0,56'dır (Şekil 1).



Şekil 1. Mezgit ağının teknik planı.
Figure 1. Technical plan of the whiting gill net.

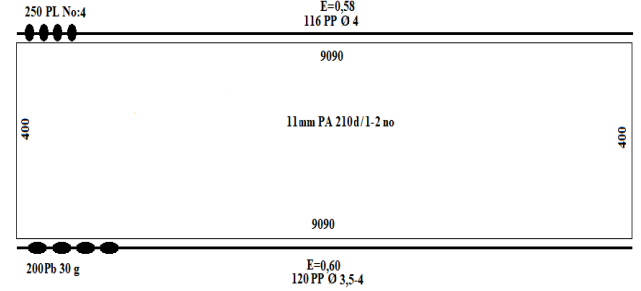
İstavrit Ağı: İstavrit avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 0, 1, 2 numara PA multifilament materyalden yapılmış ve 16-17 mm göz açıklığında kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 150 gözdür. Ağın donam faktörünün mantar ve kurşun yakada 0,55 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. İstavrit ağının teknik planı.
Figure 2. Technical plan of the horse mackerel gill net.

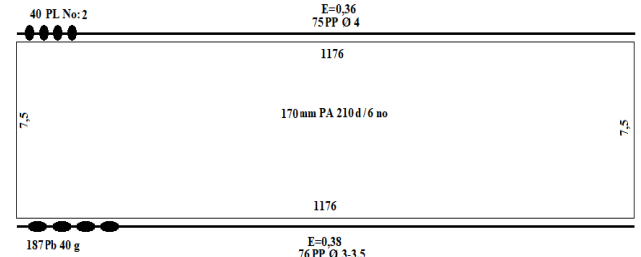
Zargana Ağı: Zargana avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210 d/ 0, 1, 2, 3 numara PA multifilament materyalden yapılmış, 10,5-11 mm göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 200-500 göz arasında değişmekte olup, genellikle 300-400 göz olarak kullanılmaktadır. Ağın donam faktörünün mantar

yakada 0,58, kurşun yakada ise 0,60 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3).



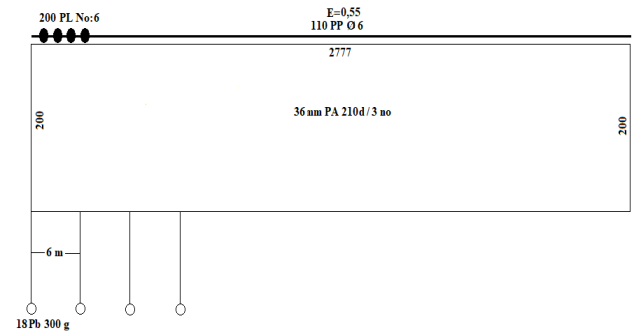
Şekil 3. Zargana ağının teknik planı.
Figure 3. Technical plan of the garfish gill net.

Kalkan Ağı: Kalkan avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 6, 9 numara PA multifilament materyalden, 170, 180, 185, 200 mm arasındaki göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 6,5-9,5 göz arasında değişmekte olup genellikle 7-7,5 göz olarak kullanılmaktadır. Ağın donam faktörü mantar yakada 0,36 ve kurşun yakada ise 0,38 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).



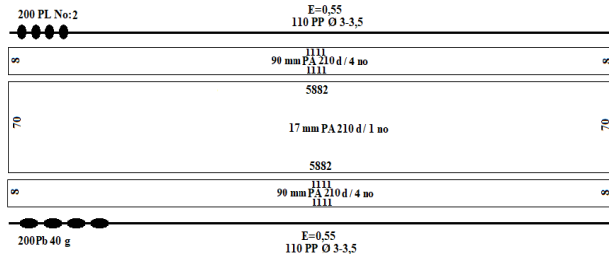
Şekil 4. Kalkan ağının teknik planı.
Figure 4. Technical plan of the turbot gill net.

Palamut Ağı: Palamut avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 2, 3 numara PA multifilament materyalden, 32-42 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, yoğun olarak 36-38-40-42 mm göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 100-600 göz arasında değişmektedir. Ağın donam faktörünün mantar yakada 0,55 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Palamut ağının teknik planı.
Figure 5. Technical plan of the Atlantic bonito gill net.

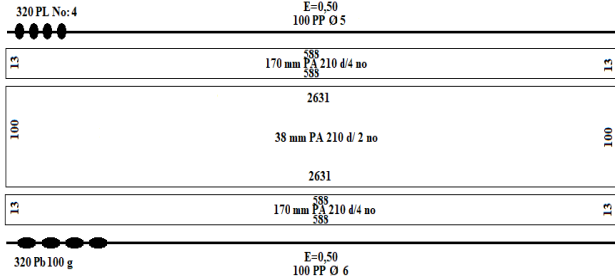
Barbunya Ağı: Barbunya avcılığında kullanılan uzatma ağları; tor ağ 210 d/ 0, 1 numara PA materyalden, 17-18 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 70 gözdür. Fanyalar ise 210 d/ 2-4 numara ip kalınlıklarında PA materyalden 90, 130 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 8-8,5-9-12-13 göz arasında değişmektedir. Ağın donam faktörünün mantar ve kurşun yakada 0,55 olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Barbunya fanyalı ağının teknik planı.

Figure 6. Technical plan of the red mullet trammel net.

Kefal Ağı: Kefal avcılığında kullanılan fanyalı uzatma ağlarında tor ağ 210 d/ 2, 3 numara PA materyalden ve 36-38-40 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 100 gözdür. Fanyalar ise 210 d/ 3, 4, 6 numara ip kalınlıklarında PA materyalden 170, 175, 180 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 13, 14, 16 göz arasında değişmektedir. Ağın donam faktörü 0,50'dir (Şekil 7).



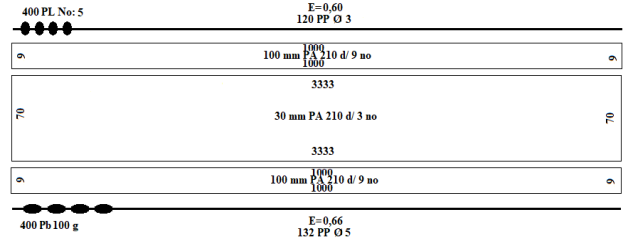
Şekil 7. Kefal fanyalı ağının teknik planı.

Figure 7. Technical plan of the grey mullet trammel net.

Fanyalı Voli Ağı: Fanyalı voli ağlarının tor ağ 210/ 3 numara PA materyalden, 25-30 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 50, 70 gözdür. Fanyalar ise 210 d/ 9 numara PA materyalden 100 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 9 gözdür. Ağın donam faktörünün mantar yakada 0,60, kurşun yakada ise 0,66 olduğu belirlenmiştir (Şekil 8).

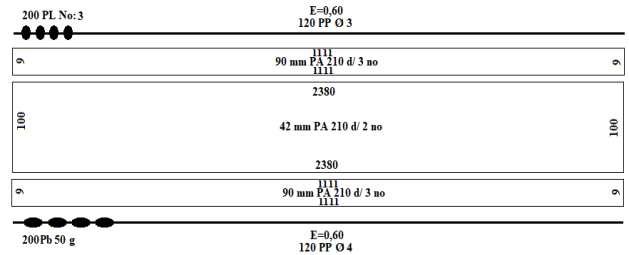
Kötek Ağı: Kötek avcılığında kullanılan uzatma ağları; tor ağ 210 d/ 2, 3, 9 numara PA materyalden, 40-42-45 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 50-100 gözdür. Fanyalar

ise 210 d/ 3 Numara ip kalınlığında PA materyalden 90 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 9 gözdür. Ağın donam faktörü mantar ve kurşun yakada 0,60 olduğu belirlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. Fanyalı voli ağının teknik planı

Figure 8. Technical plan of the encircling trammel net.



Şekil 9. Fanyalı kötek ağının teknik planı.

Figure 9. Technical plan of the shi drum trammel net.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Artvin ili kıyı balıkçılığında ticari amaçlı su ürünleri avcılığında kullanılan av araçlarının sınıflandırılması yapılarak, FAO standartlarında teknik planları çizilmiş ve çeşitliliği belirlenmiştir. Karadeniz Bölgesi Artvin ili kıyı balıkçılığında sade (galsama) ağlar ve fanyalı (dolanan) ağlar olmak üzere iki çeşit av aracı kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu ağların 5 adedinin sade uzatma ağı, 4 adedinin ise fanyalı uzatma ağı olduğu saptanmıştır.

Araştırma sonucunda belirli bir türün avcılığında farklı göz açıklığında ve farklı donam özelliklerine sahip ağların kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bölgede; 15 adet mezgit ağı, 10 adet palamut ağı, 10 adet zargana ağı, 7 adet barbunya ağı, 6 adet kalkan ağı, 5 adet kefal ağı, 4 adet istavrit ağı, 4 adet kötek ağı, 3 adet voli ağı olmak üzere toplam 64 adet ağ örneklenmiş ve değerlendirilmeye alınmıştır.

Çalışmada elde edilen mezgit ağı, 210 d/0, 1 numara, 16, 17, 18, 20, 22, 23 mm göz açıklığında, 50 göz derinliğinde ve donam faktörü 0,55 olarak tespit edilmiştir. Ay (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, mezgit ağının 210 d/2 numara kalınlığında, 16, 17, 18 mm göz açıklığında, 50 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,58-0,60 olarak belirlemiştir. Doyuk (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, mezgit ağını 210 d/2, 3

numara, 50 mm göz açıklığında, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,50-0,52 olarak belirlemiştir. Yıldız ve Karakulak (2010), İstanbul Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada mezzit ağını, 210 d/4 numara, 50 mm göz açıklığında, 50, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,63 olarak belirlemiştir. Samsun ve Emirbuyuran, (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, mezzit ağını 0,14-0,15 mm kalınlığında, 16, 20 mm göz açıklığında, donam faktörünü de 0,51 olarak belirlemiştir. Altınağaç vd., (2008), Edremit Körfezi'nde yaptıkları çalışmada, mezzit ağını 210 d/2,3 numara, 23,25 mm göz açıklığında, 100, 120 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,50 olarak belirlemiştir.

Bu çalışmada istavrit ağı, 210 d/0, 1, 2 numara, 16, 17 mm göz açıklığında, 200 göz derinliğinde, donam faktörü 0,55 olarak tespit edilmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, istavrit ağını 210 d/2, 3 numara, 16, 17, 18 mm göz açıklığında, 70, 100 göz yüksekliğinde, donam faktörünü de 0,55-0,58 olarak belirlemiştir. Yıldız ve Karakulak, (2010), İstanbul Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, istavrit ağını 210 d/2,3 numara, 34, 36 mm göz açıklığında, 50, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,68 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan (2007a), İzmir Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, istavrit ağını 210 d/3 numara, 56 mm göz açıklığında, 120 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,66 olarak belirlemiştir.

Bu çalışmada zargana ağı, 210 d/ 0, 1, 3 numara, 10,5- 11 mm göz açıklığında, 200, 300, 350, 400,500 göz derinliğinde, donam faktörü 0,58 olarak belirlenmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada zargana ağını, 210 d/1, 3 numara, 10,11 mm göz açıklığında, 350, 600 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,58-0,60 olarak belirlemiştir. Doyuk, (2006), Çanakkale bölgesinde yaptığı çalışmada zargana ağı, 210 d/ 2 numara, 25,5 mm göz genişliğinde, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,66-0,67 olarak belirlemiştir. Samsun ve Emirbuyuran (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, zargana ağını 20 mm göz açıklığında, 200 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,60-0,62 olarak belirlemiştir.

Kalkan ağı bu çalışmada, 210 d/ 6, 9 numara, 170, 180, 185, 200 mm göz açıklığında, 6,5-9,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,36 olarak belirlenmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, kalkan ağı 210 d/6 numara, 160, 165, 170, 180 mm göz açıklığında, 5,5-6,5-7,5-8,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,36-0,38 olarak belirlemiştir. Doyuk, (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, kalkan ağı 210 d/6 numara, 360 mm göz açıklığında, 6,5-10,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,33-0,34 olarak belirlemiştir. Yıldız ve Karakulak (2010), İstanbul Bölgesi'nde gerçekleştirdikleri çalışmada, kalkan ağı 210 d/6-9 numara, 320-330 mm göz açıklığında, 7,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,27 olarak

belirlemiştir. Samsun ve Emirbuyuran, (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, kalkan ağı 210 d/ 6 numara, 340 mm göz açıklığında, 6,5-9 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,29 olarak belirlemiştir.

Palamut ağı bu çalışmada, 210 d/2, 3 numara, 32, 34, 36, 38, 40, 42 mm göz açıklığında, 100,600 göz derinliğinde, donam faktörü 0,55 olarak tespit edilmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, palamut ağı 210 d/3, 4 numara, 32, 34, 36, 38, 40 mm göz açıklığında, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 göz derinliğinde, donam faktörü de 0,58 olarak belirlemiştir. Doyuk, (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, palamut ağı, 210 d/4, 6 numara, 84 mm göz açıklığında, 150, 200 göz derinliğinde, donam faktörü 0,50-0,52 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan, (2007a), İzmir Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, palamut ağı 210 d/4 numara, 72,76 mm göz açıklığında, 500 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,66 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan, (2007b), Datça-Bozburun Yarımadası'nda (Ege Denizi) yaptıkları çalışmada, palamut ağı 210 d/4, 6 numara, 68, 72, 80, 84 mm göz açıklığında, 100, 200 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemiştir. Ceyhan ve Akyol, (2005), Gökova Körfezi'nde (Ege Denizi) yürüttükleri çalışmada, palamut ağı 210 d/4 numara, 84 mm göz açıklığında, 150, 200, 250 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemiştir.

Barbunya ağı, 210 d/0, 1 numara, 16, 17, 18 mm göz açıklığında, 70 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,55 olarak belirlenmiştir. Ay (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, barbunya ağının toru 210 d/1,2 numara, ağ göz genişliği 16, 17, 18 mm ve yüksekliği ise 5-70 göz olduğunu, fan ağı, 210 d/4 numara, 90, 100, 110 mm göz genişliğinde 6,5-8,5 göz derinliğinde ve donam faktörünü ise 0,58-0,60 olarak tespit etmiştir. Doyuk (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, barbunya ağı 210 d/2, 3 numara, 40, 44 mm göz açıklığında, 40 göz derinliğinde, donam faktörü 0,50-0,52 olarak belirlemiştir. Ceyhan ve Akyol (2005), Gökova Körfezi (Ege Denizi)'nde yaptıkları çalışmada, barbunya ağı 210 d/4 numara, 44 mm göz açıklığında, 45, 50, 60 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemiştir. Demirci ve Demirci, (2007), İskenderun Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, barbunya ağı 210 d/4 numara, 18, 20, 22 mm göz açıklığında, fanyalar ise 210 d/6 numara kalınlığında, 100, 110 mm göz açıklığında, 4,5-8 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,67 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan (2007b), Datça-Bozburun Yarımadası (Ege Denizi)'nda yaptıkları çalışmada, barbunya ağı 210 d/2, 3 numara tor, 210 d/4,6 numara, 40, 44 mm göz açıklığındaki ağa 220-320 mm göz açıklığındaki fanyadan, tor derinliği 40, 45 göz iken

fanyalar 4,5-5,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,66 olarak belirlemişlerdir.

Kefal ağı, 210 d/2, 3 numara 36, 38 ve 40 mm göz açıklığında, fanya ağı gözü açıklığı ise 210 d/3,4,6 numara, 150, 170, 175, 180 mm göz açıklığında, 100, 200 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,50 olarak tespit edilmiştir. Yıldız ve Karakulak, (2010), İstanbul Bölgesi'nde yürüttükleri çalışmada, kefal ağı 210 d/4 numara, 56, 64 mm göz açıklığında tor ağ, 210 d/9 numara, 28 mm, torun derinliği 80 göz iken, fanya derinliği 9 göz, donam faktörü 0,54 olarak belirlemiştir. Ceyhan ve Akyol, (2005), Gökova Körfezi'nde (Ege Denizi) yaptıkları çalışmada kefal ağı, 210 d/3 numara, 50 göz açıklığında, fanyalar ise 210 d/6 numara, 250 mm göz açıklığında, 13 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemişlerdir. Samsun ve Emirbuyuran, (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, kefal ağı 50-60 mm göz açıklığında, fanya ise 250 mm göz açıklığında, tor derinliği 75 göz iken fanya derinliği 8 göz, donam faktörü 0,55 olarak belirlenmiştir.

Voli ağı, 210 d/3 numara, 25, 30 mm göz açıklığında, 50, 70 göz derinliğinde, fanyalar ise 210 d/9 numara, 100 mm göz açıklığında, 9 göz derinliğinde, donam faktörü 0,60 olarak belirlenmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, voli ağı 210 d/6, 9 numara, 100, 110, 120 mm göz açıklığında, 6,5-8,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,63-0,65 olarak belirlenmiştir. Akyol ve Ceyhan, (2007b), Datça-Bozburun Yarımadası'nda (Ege Denizi) yaptıkları çalışmada iki tip fanyalı voli ağı tespit etmiş olup ilki, 210 d/3, 4 numara, 54, 60 mm göz açıklığında tor ağ ile, 210 d/4, 5, 6 numara, 280, 300 mm göz açıklığında fanya, 70, 100, 120 göz derinliği ile 10, 16,19 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemişlerdir. Diğer bir versiyonunda ise 210 d/4 numara, 60 mm göz açıklığında tor ağ ile 210 d/6 numara, 280 mm göz açıklığında, tor ağ 105 göz, fanyada ise 17,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,66 olarak belirlenmişlerdir. Ceyhan ve Akyol, (2005), Gökova Körfezi'nde (Ege Denizi) yapılan çalışmada iki çeşit voli ağı tespit etmiş olup ilki, 210 d/3 numara, 50, 56 mm göz açıklığında, 105, 120 göz, fanyalar ise 210 d/280 mm göz açıklığında, 13,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak, ikinci voli ağını ise 210 d/2 numara, 44, 50 mm göz açıklığında, 80, 105 göz derinliğinde, fanya 210 d/4 numara, 250 mm göz açıklığında, 13-13,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemişlerdir.

Artvin ili kıyusal bölgede tespit edilen ağlar ile ilgili sonuçları, Rize ili kıyı balıkçılığında kullanılan kıyı av araçlarının sonuçları ile paralellik göstermekle birlikte, diğer bölgelerde yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların temel nedenlerinin, bölgesel farklılıklar, hedef türlerin boy

kompozisyonundaki farklılıklar ve ağ donatan kişilerin kişisel tercihlerine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sonuçları dikkate alındığında, bölgesel farklılıklar da göz önüne alınarak belirli türlerin avcılığında kullanılan ağların ağ göz açıklıkları, donam özellikleri vb. faktörlerin standart hale getirilmesinin hem bu av araçlarının standardize edilerek daha kolay denetlenebilir ve izlenebilir olmasına, hem bölge ve ülke balıkçılığının daha kolay yönetilebilmesine hem de balık stoklarının korunmasına ve sürdürülebilir avcılığın sağlanmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Kıyı balıkçıların kullandıkları ağlar ile ilgili benzer çalışmaların tüm denizlerimizde yapılması ile kıyı balıkçılığın doğru bir şekilde yönetilebilmesine katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda ekosistem yaklaşımı su ürünleri yönetimi noktasında tüm av araçlarının seçiciliklerinin iyileştirilmesi ve hedef dışı (by-catch) oranlarının azaltılması ile ilgili çalışmalar desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. Kıyı balıkçılığında kullanılan ağların teknik ve donam özellikleri ile ilgili bilgilerin eksikliğinden dolayı, gerekli ve hayati öneme sahip durumlarda kesin ve doğru sınırlamalar ve önlemler ile ilgili kararların alınabilmesi mümkün olamamaktadır.

Kıyı balıkçılığının mevcut durumunun araştırılması ve değerlendirilmesi sürecinde kullanılan ağların teknik ve yapısal özelliklerinin biliniyor olması daha gerçekçi ve geçerli karar alınmasına katkı sağlayacaktır. Küçük ölçekli balıkçılıkla uğraşan balıkçıların dağılık bir görüntüden kurtulması ve kooperatifleşme imkânı ve kabiliyetlerinin artırılması sağlanmalıdır. Bu noktada, balıkçıların ürünlerinin daha yüksek değerden satılması ve gerekli olan av araç ve malzemelerine de daha uygun fiyattan ulaşabilmesinin önü açılmalıdır. Günümüzde av araçlarının, usta çırac ilişkisi veya deneme yanılma şeklinde planlanmasından uzaklaşarak, konu ile ilgili tarafların birlikte yürüttükleri bilimsel çalışmaların sonucunda, ekosistem ile dost ve sürdürülebilir avcılığı destekleyen av araçlarının yapımı ve kullanımı teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ceyhan, T. & Akyol, O. (2005).** Gökova Körfezi (Ege Denizi)'nde kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22(3), 269-272.
- Akyol, O., Ceyhan, T. & Ertostluk, O. (2009).** Marmara Adası kıyı balıkçılığı ve balıkçılık kaynakları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 26, 143-148.
- Akyol, O. & Ceyhan, T. (2007a).** İzmir Körfezi'nde (Ege Denizi) kullanılan sürüklenen pelajik uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24, 179-183.
- Akyol, O. & Ceyhan, T. (2007b).** Datça-Bozburun Yarımadası'nda kullanılan uzatma ağlarının

- teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **24**, 117-120.
- Altınağaç, U., Ayaz, A., Özekinci, U. & Öztekin, A. (2008).** Edremit Körfezi dip uzatma ağlarının teknik özellikleri ve yapısal farklılıkları. *Journal of Fisheries Sciences.com*. **2**(3), 432-439. DOI: [10.3153/jfsc.com.mug.200735](https://doi.org/10.3153/jfsc.com.mug.200735)
- Ay, A. (2012).** Rize İli Merkezinde kıyı balıkçılığında kullanılan balık yakalama aletlerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 71 s.
- Ayaz, A., İşmen, A., Altınağaç, U., Özekinci, U. & Ayyıldız, H. (2008).** Saroz Körfezi dip uzatma ağlarının teknik özellikleri ve yapısal farklılıkları. *Journal of Fisheries Sciences.com*. **2**(3), 499-505.
- Ayaz, A., Öztekin, A. & Cengiz, Ö. (2012).** Gökçeada ve Bozcaada'da (Kuzey Ege Denizi) kullanılan uzatma ağlarının yapısal özellikleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **2**(2), 104-111.
- Ceyhan, T. & Akyol, O. (2005).** Gökova Körfezi (Ege Denizi)'nde kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **22**, 269-272.
- Demirci, S. & Demirci, A. (2007).** İskenderun Bölgesi'nde kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, (3-5) 5-8, 56-363.
- Doğan, M., Zengin, M., Şahin, T., Bozali, M. & Özke, M. (1991).** Karadeniz'de av araç ve gereçleri ile avlama teknolojisinin belirlenmesi. Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 50 s.
- Doyuk, S.A. (2006).** Çanakkale Bölgesi'nde kullanılan av araçlarının teknik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye, 90 s.
- Erdem, Y., Özdemir, S., Özsandıkçı, U. & Büyükdeveci, F. (2019).** Batı Karadeniz'de (Sinop İli) endüstriyel balıkçılıkta kullanılan ağlar ve teknik özellikleri. *Turkish Journal of Maritime & Marine Sciences*, **5**(2), 74-87.
- Erdem, Y., Özdemir, S., Özsandıkçı, U. & Büyükdeveci, F. (2020).** Orta Karadeniz (Sinop-Samsun) kıyı balıkçılığında kullanılan av araçlarının teknik planları. *Marine & Life Sciences*, **2**(2), 85-96.
- FAO. (1975).** Catalogue of small-Scale fishing gears. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fishing News Books Ltd. 191 pp.
- FAO. (2019).** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Small-scale fisheries. FAO Fisheries and Aquaculture Department. <https://www.fao.org/fishery/ssf/en>
- Hoşsucu, H. (2011).** *Balıkçılık I (Avlama Araçları ve Teknolojisi)*. Ege Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 55, 8. Baskı, 126 s.
- Kara, A. (2004).** Av araçlarının markalanması ve türkiye'de uygulanabilirliği üzerine öneriler. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **21**(1-2), 157-165.
- Kaykaç, M.H., Aydın, C. & Tosunoğlu, Z. (2020).** Gillnets and entangling nets fishery in the Gulf of Fethiye. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, **5**(4), 506-515.
- Kolding, J., Béné, C. & Bavinek, M. (2014).** *Governance for marine fisheries and biodiversity conservation. interaction and coevolution*. S. Garcia, J. Rice & A. Charles (eds) Chapter 22, Small-scale fisheries - importance, vulnerability, and deficient knowledge Wiley-Blackwell, 1-21 pp.
- Özekinci, U., Cengiz, U. & Bütüner, S. (2006).** Çanakkale Bölgesi'nde kullanılan uzatma ağlarının donam özellikleri ve balıkların sorunları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **23**, 473-480.
- Samsun, S. & Emirbuyuran, Ö. (2017).** Doğu Karadeniz Bölgesi kıyı balıkçılığında kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **34**(3), 269-275.
- Tokaç, A., Ünal, V., Tosunoğlu, Z., Akyol, O., Özbilgin, H., & Gökçe, G. (2010).** *Ege Denizi balıkçılığı*. İMEAK Deniz Ticaret Odası İzmir Şubesi Yayınları, 371 s. ISBN: 9789944607476.
- Tokaç, A., Ünal, V., Tosunoğlu, Z., Akyol, O., Özbilgin, H. & Gökçe, G. (2007).** Ege Denizi balıkçılığının yapısal analizi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. 2002/SÜF/006, Bornova, 161 s.
- UDHB, (2019).** Balıkçılık kıyı yapıları envanteri. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. Ankara, 8 s.
- Ünal, V. (2003).** Yarı zamanlı küçük ölçekli balıkçılığın sosyo-ekonomik analizi, Foça (Ege Denizi), *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **20**(1-2), 165-172.
- Yıldız, T. & Karakulak, S.F. (2010).** İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan dip uzatma ağlarının teknik özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **27**, 19-24.
- Yıldız, T. Gönülal, O. & Karakulak, S.F. (2012).** Gökçeada (Ege Denizi) kıyı balıkçılığında kullanılan av araçları ve teknik özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **27**, 1-25.



Artvin Bölgesi Kıyı Balıkçılığında Kullanılan Av Araçlarının Yapısal ve Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi

Seda KOÇAN¹ Tuncay YEŞİLÇİÇEK² Ferhat KALAYCI^{2*}

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye

² Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama Teknolojisi Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye

Geliş/Received: 26.11.2021

Kabul/Accepted: 24.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Koçan, S., Yeşilçicek, T. & Kalayci, F. (2021). Artvin Bölgesi Kıyı Balıkçılığında Kullanılan Av Araçlarının Yapısal ve Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 735-741.

How to cite: Koçan, S., Yeşilçicek, T. & Kalayci, F. (2021). Determination of Structural and Technical Characteristics of Fishing Gears Used in Coastal Fishing in Artvin Region. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 735-741.

* <https://orcid.org/0000-0002-4438-8807>

<https://orcid.org/0000-0002-3236-8227>

<https://orcid.org/0000-0002-3633-3400>

*Sorumlu yazar:

Ferhat KALAYCI

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi Anabilim Dalı, 53100, Rize, Türkiye.

ferhat.kalayci@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışma, Ekim 2016- Nisan 2017 tarihleri arasında Artvin ili sınırları içerisinde yer alan Hopa Limanı, Limanköy, Esenkıy, Sugören, Çamlıköy, Kemalpaşa, Hacılar ve Arhavi'de balıkçılarla yüz yüze anketler yapılarak bölgede kullanılan ağlarının yapısal ve teknik özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma sonunda farklı yapı ve donam özelliklerine sahip 15 takım mezgit ağı, 10 takım palamut ağı, 10 takım zargana ağı, 7 takım barbunya ağı, 6 takım kalkan ağı, 5 takım kefal ağı, 4 takım istavrit ağı, 4 takım kötek ağı, 3 takım voli ağının kullanıldığı tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, bir türün avcılığı için farklı özelliklere sahip uzatma ağlarının kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan ağların teknik ve donam özelliklerinin kullanıldıkları lokalitelerin coğrafi yakınlıklarına göre benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Artvin, av araçları, kıyı balıkçılığı, sade ve fanyalı uzatma ağları, teknik özellikler.

Determination of Structural and Technical Characteristics of Fishing Gears Used in Coastal Fishing in Artvin Region

Abstract: This study was carried out between October 2016 and April 2017 to determine the structural and technical characteristics of the nets used by conducting face to face interviews with boat owners and net equipping fishermen in shelters and boatyards of Hopa Port, Limanköy, Esenkıy, Sugören, Çamlıköy, Kemalpaşa, Hacılar and Arhavi which are located within the coastal borders of Artvin province. At the end of the study, gill and trammel nets with different structural and equipment characteristics consisting of 15 sets of whiting net, 10 sets of Atlantic bonito net, 10 sets of garfish net, 7 sets of red mullet net, 6 sets of turbot net, 5 sets of mullet net, 4 sets of horse mackerel net, 4 sets of shi drum net and 3 sets of encircling trammel net were determined. As a result of the study, it was seen that nets with different characteristics were used for catching of a species. It was determined that the technical and equipment characteristics of the nets used were similar according to the geographical proximity of the locations.

*Corresponding author:

Ferhat KALAYCI

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing Technology, 53100, Rize, Turkey

ferhat.kalayci@erdogan.edu.tr

Keywords: Artvin, coastal fishing, fishing gears, gill and trammel nets, technical characteristics.

[¹] Bu çalışma, Seda KOÇAN'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by Seda KOÇAN.

GİRİŞ

Küçük ölçekli balıkçılık, özellikle gelişmekte olan ülkelerde beslenme, gıda güvenliği, sürdürülebilir geçim kaynakları ve yoksulluğun azaltılmasına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Bu önemli katkıya rağmen, küçük ölçekli balıkçılığın sürdürülebilir kalkınmasını kısıtlayan konular tam olarak anlaşılammıştır (FAO, 2019). Bu alandaki veri eksikliği, çalışan insan sayısı için de geçerlidir. Küçük ölçekli balıkçılığın çeşitliliği ve toplumsal katkıları, kendi hukuk ve yönetim sistemlerine sahip olduğu henüz yeni yeni belgelenmeye ve kayıt altına alınmaya başlanmıştır (Kolding vd., 2014).

Küçük ölçekli balıkçılık, 12 m'den küçük balıkçı tekneleri ile kıyı alanını av sahası olarak kabul eden, uzatma ağları, paraketa, kaldırma ağları, olta, tuzaklar gibi av araçlarını kullanarak günü birlik avcılık faaliyeti olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'de kıyı balıkçılığının yaygın olduğu bölgelere bakıldığında, küçük ölçekli balıkçıların geleneksel yöntemlerle demersal ve pelajik türleri avlamakta olduğu ve ürünlerini yerel pazara sunmakta olduğu görülmektedir (Ünal, 2003).

Herhangi bir balıkçılık sahasındaki av araçlarının teknik yapılarının bilinmesi; balık stoklarının korunması, sürdürülebilir kullanımı ve yönetiminde doğru karar ve politikalar üretilmesi noktasında önemli bir yere sahiptir (Kara, 2004; Samsun & Emirbuyuran, 2017). Bir bölgede balıkçılık yapan kişilerin ve balıkçı teknelerinin sayısı, av araçları çeşitliliği ve kapasitesi, avlanan türler ve av miktarları, en az avcılığı yapılan türlerin stok bilgileri kadar gerekli ve önemlidir (Tokaç vd., 2007). Balıkçılıkta kullanılan av araçlarının yapısal özellikleri zaman içerisinde değişim gösterebilmektedir. Güncel ağ planlarının kayıt altına alınması hem av araçlarının gelişiminin hem de balık stokların durumunun izlenmesi açısından son derece önem arz etmektedir (Erdem vd., 2019).

Ülkemizde küçük ölçekli balıkçılıkta kullanılan av araçlarının envanter çalışmalarının ve teknik özelliklerinin belirlenmesi balıkçılık yönetimi açısından hayati öneme sahiptir. Bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar kapsadığı alan itibarıyla geniş kapsamlı bir kaç çalışma (Doğan vd., 1991; Tokaç vd., 2010; Samsun & Emirbuyuran, 2017; Erdem vd., 2020) dışında daha ziyade lokal çalışmalar şeklinde yapılmış olup (Akyol & Ceyhan, 2007a, Akyol & Ceyhan, 2007b; Ayaz vd., 2008; Akyol vd., 2009; Altınağaç, 2008; Ay, 2012; Ayaz vd., 2012; Ceyhan & Akyol, 2005; Demirci & Demirci, 2007; Doyuk, 2006; Kaykaç vd., 2020; Özekinci vd., 2006; Yıldız & Karakulak, 2010; Yıldız vd., 2012), bu çalışmaların bir araya getirilmesi ve genel anlamda bir değerlendirmenin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda bu çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Artvin ili sahil şeridinde,

kıyı balıkçıları tarafından yaygın olarak kullanılan av araçlarının tespiti, teknik özelliklerinin belirlenmesi ve ağ planlarının çizilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu tür çalışmalar ülkemiz balıkçılık potansiyelinin ortaya çıkarılması, sonrasında oluşan yönetim stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir adım olacaktır. Ayrıca, bu ve benzeri çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ışığında ekosisteme daha duyarlı; balık stokları üzerinde daha az olumsuz etkiye sahip aynı tür balıklar için bölgesel küçük farklılıklar dışında standart bir av aracının oluşturulmasının alt yapısının hazırlanmasına da katkı yapması noktasında önem arz etmektedir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Ekim 2016- Nisan 2017 tarihleri arasında Artvin ili sınırları içerisinde yer alan Hopa Limanı, Limanköy, Esenkıy, Sugören, Çamlıköy, Kemalpaşa, Hacılar ve Arhavi'de yer alan balıkçı barınak ve çekek yerlerinde bulunan küçük ölçekli balıkçı tekne sahipleri ile yüz yüze görüşülerek yürütülmüştür. Anket çalışmaları, kıyı bölgesinde kullanılan uzatma ağlarının yapısal ve teknik özelliklerini belirlemek amacıyla bölgede aktif avcılık yapan ve ağ donatan balıkçılarla yüz yüze görüşülerek gerçekleştirilmiştir.

Anketler ile hedef tür, av sezonu, av zamanı ve süresi; avcılıkta kullanılan av araçlarının teknik ve donanım özellikleri ile ilgili bilgiler balıkçıların ifadelerine sadık kalınarak veri formlarına işlenerek elde edilmiştir. Ağ planlarının teknik çizimleri FAO, (1975)'e göre MS-Office 10.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Bu çalışma sonucunda, araştırma sahasında 15 takım mezzit ağı, 10 takım palamut ağı, 10 takım zargana ağı, 7 takım barbunya ağı, 6 takım kalkan ağı, 5 takım kefal ağı, 4 takım istavrit ağı, 4 takım kötek ağı, 3 takım voli ağı olmak üzere 64 farklı çeşit yapı ve donam özelliklerine sahip uzatma ağlarının kullanıldığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda, bir türün avcılığı için çok sayıda farklı özelliklere sahip uzatma ağlarının kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan ağların özellikleri bölgelerin coğrafi yakınlıklarına göre benzerlik göstermektedir. Bu bölgede kıyı balıkçılığında kullanılan ağların ağ göz açıklıkları değişkenlik göstermekte olup bu çalışmada verilen ağların teknik çizimlerinde balıkçılar tarafından en çok tercih edilen ağ göz açıklıkları verilmiştir.

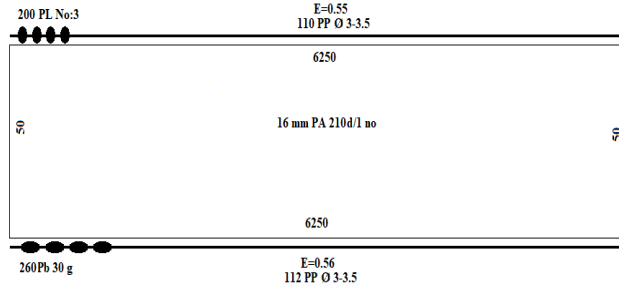
Artvin kıyı bölgesinde yapılan çalışma sonucunda küçük ölçekli balıkçılıkta, sade uzatma ağı ve fanyalı uzatma ağı olmak üzere 2 farklı çeşit av aracının yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Sade uzatma ağları toplam 5 farklı hedef balık türü için kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, fanyalı uzatma ağlarının ise 4 hedef balık türü için kullanılmakta olduğu belirlenmiştir.

Table 1. Bölgedeki balıkçılık kıyı yapıları (UDHB, 2019).
Table 1. Fishing coastal structures in the region (UDHB, 2019).

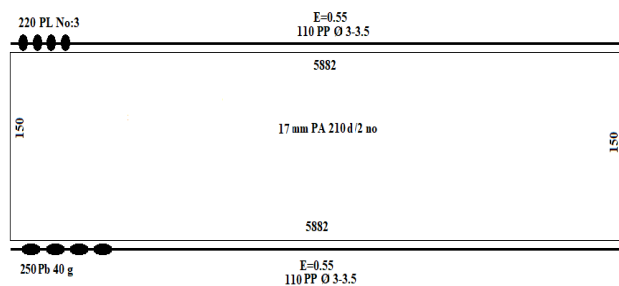
İlçe	Kıyı yapısının ismi	Sınıfı
Arhavi	Arhavi	Balıkçı barınağı
Arhavi	Arhavi Hacılar	Çekek yeri
Hopa	Esenkiyü	Çekek yeri
Hopa	Hopa Çamlıköy	Çekek yeri
Hopa	Hopa Limanı	Balıkçı barınağı
Hopa	Hopa Limanköy	Çekek yeri
Hopa	Kemalpaşa	Balıkçı barınağı
Hopa	Hopa Sugören	Çekek yeri

Mezgit Ağı: Mezgit avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 0, 1 numara PA multifilament materyalden, 16-23 mm göz açıklığında ağlardan meydana gelmekte olup, yoğun olarak 17-18-20 mm göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 50 gözdür. Ağın donam faktörü mantar yakada 0,55, kurşun yakada ise 0,56'dır (Şekil 1).



Şekil 1. Mezgit ağının teknik planı.
Figure 1. Technical plan of the whiting gill net.

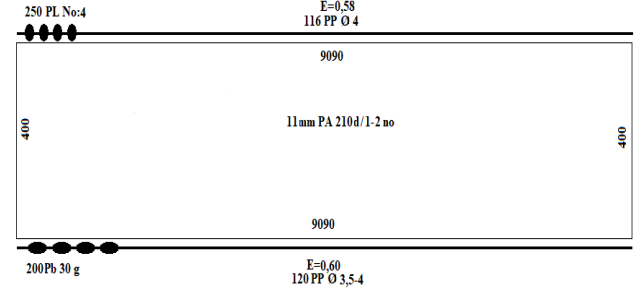
İstavrit Ağı: İstavrit avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 0, 1, 2 numara PA multifilament materyalden yapılmış ve 16-17 mm göz açıklığında kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 150 gözdür. Ağın donam faktörünün mantar ve kurşun yakada 0,55 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. İstavrit ağının teknik planı.
Figure 2. Technical plan of the horse mackerel gill net.

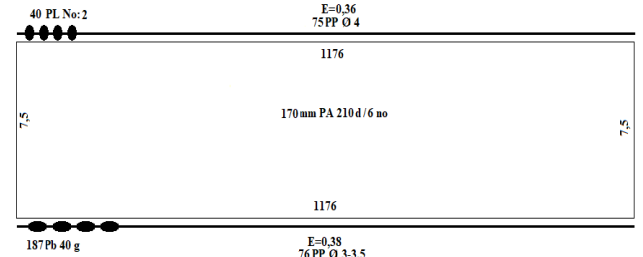
Zargana Ağı: Zargana avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210 d/ 0, 1, 2, 3 numara PA multifilament materyalden yapılmış, 10,5-11 mm göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 200-500 göz arasında değişmekte olup, genellikle 300-400 göz olarak kullanılmaktadır. Ağın donam faktörünün mantar

yakada 0,58, kurşun yakada ise 0,60 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3).



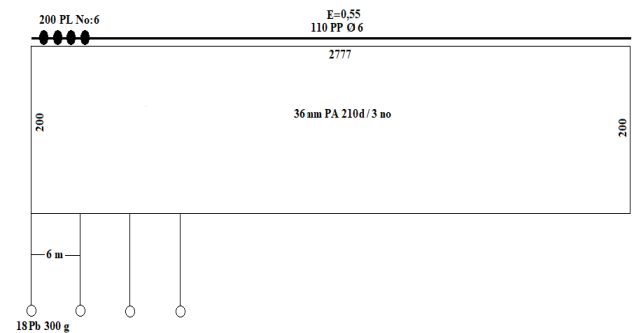
Şekil 3. Zargana ağının teknik planı.
Figure 3. Technical plan of the garfish gill net.

Kalkan Ağı: Kalkan avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 6, 9 numara PA multifilament materyalden, 170, 180, 185, 200 mm arasındaki göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 6,5-9,5 göz arasında değişmekte olup genellikle 7-7,5 göz olarak kullanılmaktadır. Ağın donam faktörü mantar yakada 0,36 ve kurşun yakada ise 0,38 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).



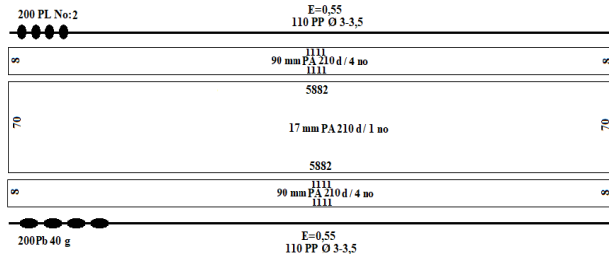
Şekil 4. Kalkan ağının teknik planı.
Figure 4. Technical plan of the turbot gill net.

Palamut Ağı: Palamut avcılığında kullanılan sade uzatma ağları; 210d/ 2, 3 numara PA multifilament materyalden, 32-42 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, yoğun olarak 36-38-40-42 mm göz açıklığındaki ağlar kullanılmaktadır. Ağların yüksekliğine göz sayısı 100-600 göz arasında değişmektedir. Ağın donam faktörünün mantar yakada 0,55 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Palamut ağının teknik planı.
Figure 5. Technical plan of the Atlantic bonito gill net.

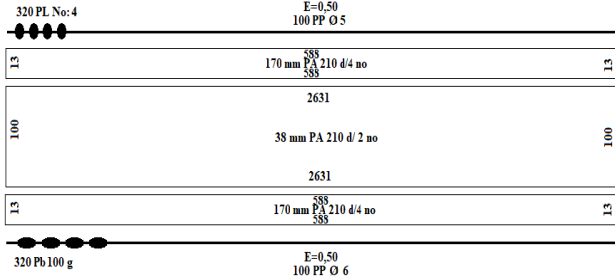
Barbunya Ağı: Barbunya avcılığında kullanılan uzatma ağları; tor ağ 210 d/ 0, 1 numara PA materyalden, 17-18 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 70 gözdür. Fanyalar ise 210 d/ 2-4 numara ip kalınlıklarında PA materyalden 90, 130 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 8-8,5-9-12-13 göz arasında değişmektedir. Ağın donam faktörünün mantar ve kurşun yakada 0,55 olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Barbunya fanyalı ağının teknik planı.

Figure 6. Technical plan of the red mullet trammel net.

Kefal Ağı: Kefal avcılığında kullanılan fanyalı uzatma ağlarında tor ağ 210 d/ 2, 3 numara PA materyalden ve 36-38-40 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 100 gözdür. Fanyalar ise 210 d/ 3, 4, 6 numara ip kalınlıklarında PA materyalden 170, 175, 180 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 13, 14, 16 göz arasında değişmektedir. Ağın donam faktörü 0,50'dir (Şekil 7).



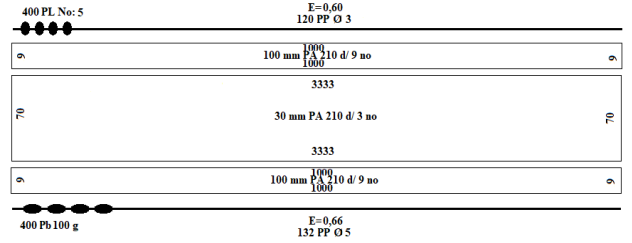
Şekil 7. Kefal fanyalı ağının teknik planı.

Figure 7. Technical plan of the grey mullet trammel net.

Fanyalı Voli Ağı: Fanyalı voli ağlarının tor ağ 210/ 3 numara PA materyalden, 25-30 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 50, 70 gözdür. Fanyalar ise 210 d/ 9 numara PA materyalden 100 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 9 gözdür. Ağın donam faktörünün mantar yakada 0,60, kurşun yakada ise 0,66 olduğu belirlenmiştir (Şekil 8).

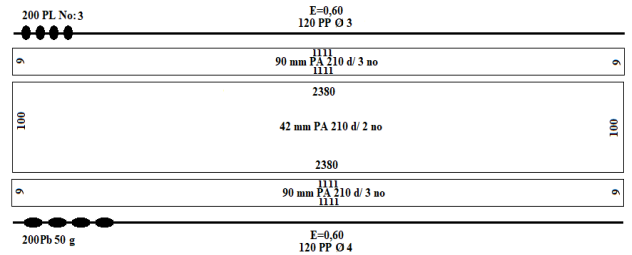
Kötek Ağı: Kötek avcılığında kullanılan uzatma ağları; tor ağ 210 d/ 2, 3, 9 numara PA materyalden, 40-42-45 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 50-100 gözdür. Fanyalar

ise 210 d/ 3 Numara ip kalınlığında PA materyalden 90 mm göz açıklığındaki ağlardan meydana gelmekte olup, ağların yüksekliğine göz sayısı 9 gözdür. Ağın donam faktörü mantar ve kurşun yakada 0,60 olduğu belirlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. Fanyalı voli ağının teknik planı

Figure 8. Technical plan of the encircling trammel net.



Şekil 9. Fanyalı kötek ağının teknik planı.

Figure 9. Technical plan of the shi drum trammel net.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Artvin ili kıyı balıkçılığında ticari amaçlı su ürünleri avcılığında kullanılan av araçlarının sınıflandırılması yapılarak, FAO standartlarında teknik planları çizilmiş ve çeşitliliği belirlenmiştir. Karadeniz Bölgesi Artvin ili kıyı balıkçılığında sade (galsama) ağlar ve fanyalı (dolanan) ağlar olmak üzere iki çeşit av aracı kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu ağların 5 adedinin sade uzatma ağı, 4 adedinin ise fanyalı uzatma ağı olduğu saptanmıştır.

Araştırma sonucunda belirli bir türün avcılığında farklı göz açıklığında ve farklı donam özelliklerine sahip ağların kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bölgede; 15 adet mezgit ağı, 10 adet palamut ağı, 10 adet zargana ağı, 7 adet barbunya ağı, 6 adet kalkan ağı, 5 adet kefal ağı, 4 adet istavrit ağı, 4 adet kötek ağı, 3 adet voli ağı olmak üzere toplam 64 adet ağ örneklenmiş ve değerlendirilmeye alınmıştır.

Çalışmada elde edilen mezgit ağı, 210 d/0, 1 numara, 16, 17, 18, 20, 22, 23 mm göz açıklığında, 50 göz derinliğinde ve donam faktörü 0,55 olarak tespit edilmiştir. Ay (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, mezgit ağının 210 d/2 numara kalınlığında, 16, 17, 18 mm göz açıklığında, 50 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,58-0,60 olarak belirlemiştir. Doyuk (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, mezgit ağını 210 d/2, 3

numara, 50 mm göz açıklığında, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,50-0,52 olarak belirlemiştir. Yıldız ve Karakulak (2010), İstanbul Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada mezzit ağını, 210 d/4 numara, 50 mm göz açıklığında, 50, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,63 olarak belirlemiştir. Samsun ve Emirbuyuran, (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, mezzit ağını 0,14-0,15 mm kalınlığında, 16, 20 mm göz açıklığında, donam faktörünü de 0,51 olarak belirlemiştir. Altınağaç vd., (2008), Edremit Körfezi'nde yaptıkları çalışmada, mezzit ağını 210 d/2,3 numara, 23,25 mm göz açıklığında, 100, 120 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,50 olarak belirlemiştir.

Bu çalışmada istavrit ağı, 210 d/0, 1, 2 numara, 16, 17 mm göz açıklığında, 200 göz derinliğinde, donam faktörü 0,55 olarak tespit edilmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, istavrit ağını 210 d/2, 3 numara, 16, 17, 18 mm göz açıklığında, 70, 100 göz yüksekliğinde, donam faktörünü de 0,55-0,58 olarak belirlemiştir. Yıldız ve Karakulak, (2010), İstanbul Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, istavrit ağını 210 d/2,3 numara, 34, 36 mm göz açıklığında, 50, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,68 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan (2007a), İzmir Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, istavrit ağını 210 d/3 numara, 56 mm göz açıklığında, 120 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,66 olarak belirlemiştir.

Bu çalışmada zargana ağı, 210 d/ 0, 1, 3 numara, 10,5- 11 mm göz açıklığında, 200, 300, 350, 400,500 göz derinliğinde, donam faktörü 0,58 olarak belirlenmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada zargana ağını, 210 d/1, 3 numara, 10,11 mm göz açıklığında, 350, 600 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,58-0,60 olarak belirlemiştir. Doyuk, (2006), Çanakkale bölgesinde yaptığı çalışmada zargana ağı, 210 d/ 2 numara, 25,5 mm göz genişliğinde, 100 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,66-0,67 olarak belirlemiştir. Samsun ve Emirbuyuran (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, zargana ağını 20 mm göz açıklığında, 200 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,60-0,62 olarak belirlemiştir.

Kalkan ağı bu çalışmada, 210 d/ 6, 9 numara, 170, 180, 185, 200 mm göz açıklığında, 6,5-9,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,36 olarak belirlenmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, kalkan ağı 210 d/6 numara, 160, 165, 170, 180 mm göz açıklığında, 5,5-6,5-7,5-8,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,36-0,38 olarak belirlemiştir. Doyuk, (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, kalkan ağı 210 d/6 numara, 360 mm göz açıklığında, 6,5-10,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,33-0,34 olarak belirlemiştir. Yıldız ve Karakulak (2010), İstanbul Bölgesi'nde gerçekleştirdikleri çalışmada, kalkan ağı 210 d/6-9 numara, 320-330 mm göz açıklığında, 7,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,27 olarak

belirlemiştir. Samsun ve Emirbuyuran, (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, kalkan ağı 210 d/ 6 numara, 340 mm göz açıklığında, 6,5-9 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,29 olarak belirlemiştir.

Palamut ağı bu çalışmada, 210 d/2, 3 numara, 32, 34, 36, 38, 40, 42 mm göz açıklığında, 100,600 göz derinliğinde, donam faktörü 0,55 olarak tespit edilmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, palamut ağı 210 d/3, 4 numara, 32, 34, 36, 38, 40 mm göz açıklığında, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 göz derinliğinde, donam faktörü de 0,58 olarak belirlemiştir. Doyuk, (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, palamut ağı, 210 d/4, 6 numara, 84 mm göz açıklığında, 150, 200 göz derinliğinde, donam faktörü 0,50-0,52 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan, (2007a), İzmir Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, palamut ağı 210 d/4 numara, 72,76 mm göz açıklığında, 500 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,66 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan, (2007b), Datça-Bozburun Yarımadası'nda (Ege Denizi) yaptıkları çalışmada, palamut ağı 210 d/4, 6 numara, 68, 72, 80, 84 mm göz açıklığında, 100, 200 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemiştir. Ceyhan ve Akyol, (2005), Gökova Körfezi'nde (Ege Denizi) yürüttükleri çalışmada, palamut ağı 210 d/4 numara, 84 mm göz açıklığında, 150, 200, 250 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemiştir.

Barbunya ağı, 210 d/0, 1 numara, 16, 17, 18 mm göz açıklığında, 70 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,55 olarak belirlenmiştir. Ay (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, barbunya ağının toru 210 d/1,2 numara, ağ göz genişliği 16, 17, 18 mm ve yüksekliği ise 5-70 göz olduğunu, fan ağı, 210 d/4 numara, 90, 100, 110 mm göz genişliğinde 6,5-8,5 göz derinliğinde ve donam faktörünü ise 0,58-0,60 olarak tespit etmiştir. Doyuk (2006), Çanakkale Bölgesi'nde yaptığı çalışmada, barbunya ağı 210 d/2, 3 numara, 40, 44 mm göz açıklığında, 40 göz derinliğinde, donam faktörü 0,50-0,52 olarak belirlemiştir. Ceyhan ve Akyol (2005), Gökova Körfezi (Ege Denizi)'nde yaptıkları çalışmada, barbunya ağı 210 d/4 numara, 44 mm göz açıklığında, 45, 50, 60 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemiştir. Demirci ve Demirci, (2007), İskenderun Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, barbunya ağı 210 d/4 numara, 18, 20, 22 mm göz açıklığında, fanyalar ise 210 d/6 numara kalınlığında, 100, 110 mm göz açıklığında, 4,5-8 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,67 olarak belirlemiştir. Akyol ve Ceyhan (2007b), Datça-Bozburun Yarımadası (Ege Denizi)'nda yaptıkları çalışmada, barbunya ağı 210 d/2, 3 numara tor, 210 d/4,6 numara, 40, 44 mm göz açıklığındaki ağa 220-320 mm göz açıklığındaki fanyadan, tor derinliği 40, 45 göz iken

fanyalar 4,5-5,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,66 olarak belirlemişlerdir.

Kefal ağı, 210 d/2, 3 numara 36, 38 ve 40 mm göz açıklığında, fanya ağı gözü açıklığı ise 210 d/3,4,6 numara, 150, 170, 175, 180 mm göz açıklığında, 100, 200 göz derinliğinde, donam faktörünü 0,50 olarak tespit edilmiştir. Yıldız ve Karakulak, (2010), İstanbul Bölgesi'nde yürüttükleri çalışmada, kefal ağı 210 d/4 numara, 56, 64 mm göz açıklığında tor ağ, 210 d/9 numara, 28 mm, torun derinliği 80 göz iken, fanya derinliği 9 göz, donam faktörü 0,54 olarak belirlemiştir. Ceyhan ve Akyol, (2005), Gökova Körfezi'nde (Ege Denizi) yaptıkları çalışmada kefal ağı, 210 d/3 numara, 50 göz açıklığında, fanyalar ise 210 d/6 numara, 250 mm göz açıklığında, 13 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemişlerdir. Samsun ve Emirbuyuran, (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, kefal ağı 50-60 mm göz açıklığında, fanya ise 250 mm göz açıklığında, tor derinliği 75 göz iken fanya derinliği 8 göz, donam faktörü 0,55 olarak belirlenmiştir.

Voli ağı, 210 d/3 numara, 25, 30 mm göz açıklığında, 50, 70 göz derinliğinde, fanyalar ise 210 d/9 numara, 100 mm göz açıklığında, 9 göz derinliğinde, donam faktörü 0,60 olarak belirlenmiştir. Ay, (2012), Rize ilinde yaptığı çalışmada, voli ağı 210 d/6, 9 numara, 100, 110, 120 mm göz açıklığında, 6,5-8,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,63-,0,65 olarak belirlenmiştir. Akyol ve Ceyhan, (2007b), Datça-Bozburun Yarımadası'nda (Ege Denizi) yaptıkları çalışmada iki tip fanyalı voli ağı tespit etmiş olup ilki, 210 d/3, 4 numara, 54, 60 mm göz açıklığında tor ağ ile, 210 d/4, 5, 6 numara, 280, 300 mm göz açıklığında fanya, 70, 100, 120 göz derinliği ile 10, 16,19 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemişlerdir. Diğer bir versiyonunda ise 210 d/4 numara, 60 mm göz açıklığında tor ağ ile 210 d/6 numara, 280 mm göz açıklığında, tor ağ 105 göz, fanyada ise 17,5 göz derinliğinde, donam faktörü 0,66 olarak belirlenmişlerdir. Ceyhan ve Akyol, (2005), Gökova Körfezi'nde (Ege Denizi) yapılan çalışmada iki çeşit voli ağı tespit etmiş olup ilki, 210 d/3 numara, 50, 56 mm göz açıklığında, 105, 120 göz, fanyalar ise 210 d/280 mm göz açıklığında, 13,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak, ikinci voli ağını ise 210 d/ 2 numara, 44, 50 mm göz açıklığında, 80, 105 göz derinliğinde, fanya 210 d/4 numara, 250 mm göz açıklığında, 13-13,5 göz derinliğinde, donam faktörünü de 0,5 olarak belirlemişlerdir.

Artvin ili kıyısal bölgede tespit edilen ağlar ile ilgili sonuçları, Rize ili kıyı balıkçılığında kullanılan kıyı av araçlarının sonuçları ile paralellik göstermekle birlikte, diğer bölgelerde yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların temel nedenlerinin, bölgesel farklılıklar, hedef türlerin boy

kompozisyonundaki farklılıklar ve ağ donatan kişilerin kişisel tercihlerine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sonuçları dikkate alındığında, bölgesel farklılıklar da göz önüne alınarak belirli türlerin avcılığında kullanılan ağların ağ göz açıklıkları, donam özellikleri vb. faktörlerin standart hale getirilmesinin hem bu av araçlarının standardize edilerek daha kolay denetlenebilir ve izlenebilir olmasına, hem bölge ve ülke balıkçılığının daha kolay yönetilebilmesine hem de balık stoklarının korunmasına ve sürdürülebilir avcılığın sağlanmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Kıyı balıkçıların kullandıkları ağlar ile ilgili benzer çalışmaların tüm denizlerimizde yapılması ile kıyı balıkçılığın doğru bir şekilde yönetilebilmesine katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda ekosistem yaklaşımı su ürünleri yönetimi noktasında tüm av araçlarının seçiciliklerinin iyileştirilmesi ve hedef dışı (by-catch) oranlarının azaltılması ile ilgili çalışmalar desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. Kıyı balıkçılığında kullanılan ağların teknik ve donam özellikleri ile ilgili bilgilerin eksikliğinden dolayı, gerekli ve hayati öneme sahip durumlarda kesin ve doğru sınırlamalar ve önlemler ile ilgili kararların alınabilmesi mümkün olamamaktadır.

Kıyı balıkçılığının mevcut durumunun araştırılması ve değerlendirilmesi sürecinde kullanılan ağların teknik ve yapısal özelliklerinin biliniyor olması daha gerçekçi ve geçerli karar alınmasına katkı sağlayacaktır. Küçük ölçekli balıkçılıkla uğraşan balıkçıların dağılık bir görüntüden kurtulması ve kooperatifleşme imkânı ve kabiliyetlerinin artırılması sağlanmalıdır. Bu noktada, balıkçıların ürünlerinin daha yüksek değerden satılması ve gerekli olan av araç ve malzemelerine de daha uygun fiyattan ulaşabilmesinin önü açılmalıdır. Günümüzde av araçlarının, usta çırak ilişkisi veya deneme yanılma şeklinde planlanmasından uzaklaşarak, konu ile ilgili tarafların birlikte yürüttükleri bilimsel çalışmaların sonucunda, ekosistem ile dost ve sürdürülebilir avcılığı destekleyen av araçlarının yapımı ve kullanımı teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ceyhan, T. & Akyol, O. (2005).** Gökova Körfezi (Ege Denizi)'nde kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22(3), 269-272.
- Akyol, O., Ceyhan, T. & Ertostluk, O. (2009).** Marmara Adası kıyı balıkçılığı ve balıkçılık kaynakları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 26, 143-148.
- Akyol, O. & Ceyhan, T. (2007a).** İzmir Körfezi'nde (Ege Denizi) kullanılan sürüklenen pelajik uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24, 179-183.
- Akyol, O. & Ceyhan, T. (2007b).** Datça-Bozburun Yarımadası'nda kullanılan uzatma ağlarının

- teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **24**, 117-120.
- Altınağaç, U., Ayaz, A., Özekinci, U. & Öztekin, A. (2008).** Edremit Körfezi dip uzatma ağlarının teknik özellikleri ve yapısal farklılıkları. *Journal of Fisheries Sciences.com*. **2**(3), 432-439. DOI: [10.3153/jfsc.com.mug.200735](https://doi.org/10.3153/jfsc.com.mug.200735)
- Ay, A. (2012).** Rize İli Merkezinde kıyı balıkçılığında kullanılan balık yakalama aletlerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 71 s.
- Ayaz, A., İşmen, A., Altınağaç, U., Özekinci, U. & Ayyıldız, H. (2008).** Saroz Körfezi dip uzatma ağlarının teknik özellikleri ve yapısal farklılıkları. *Journal of Fisheries Sciences.com*. **2**(3), 499-505.
- Ayaz, A., Öztekin, A. & Cengiz, Ö. (2012).** Gökçeada ve Bozcaada'da (Kuzey Ege Denizi) kullanılan uzatma ağlarının yapısal özellikleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **2**(2), 104-111.
- Ceyhan, T. & Akyol, O. (2005).** Gökova Körfezi (Ege Denizi)'nde kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **22**, 269-272.
- Demirci, S. & Demirci, A. (2007).** İskenderun Bölgesi'nde kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, (3-5) 5-8, 56-363.
- Doğan, M., Zengin, M., Şahin, T., Bozali, M. & Özke, M. (1991).** Karadeniz'de av araç ve gereçleri ile avlama teknolojisinin belirlenmesi. Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 50 s.
- Doyuk, S.A. (2006).** Çanakkale Bölgesi'nde kullanılan av araçlarının teknik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye, 90 s.
- Erdem, Y., Özdemir, S., Özsandıkçı, U. & Büyükdeveci, F. (2019).** Batı Karadeniz'de (Sinop İli) endüstriyel balıkçılıkta kullanılan ağlar ve teknik özellikleri. *Turkish Journal of Maritime & Marine Sciences*, **5**(2), 74-87.
- Erdem, Y., Özdemir, S., Özsandıkçı, U. & Büyükdeveci, F. (2020).** Orta Karadeniz (Sinop-Samsun) kıyı balıkçılığında kullanılan av araçlarının teknik planları. *Marine & Life Sciences*, **2**(2), 85-96.
- FAO. (1975).** Catalogue of small-Scale fishing gears. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fishing News Books Ltd. 191 pp.
- FAO. (2019).** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Small-scale fisheries. FAO Fisheries and Aquaculture Department. <https://www.fao.org/fishery/ssf/en>
- Hoşsucu, H. (2011).** Balıkçılık I (Avlama Araçları ve Teknolojisi). Ege Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 55, 8. Baskı, 126 s.
- Kara, A. (2004).** Av araçlarının markalanması ve türkiye'de uygulanabilirliği üzerine öneriler. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **21**(1-2), 157-165.
- Kaykaç, M.H., Aydın, C. & Tosunoğlu, Z. (2020).** Gillnets and entangling nets fishery in the Gulf of Fethiye. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, **5**(4), 506-515.
- Kolding, J., Béné, C. & Bavinek, M. (2014).** Governance for marine fisheries and biodiversity conservation. interaction and coevolution. S. Garcia, J. Rice & A. Charles (eds) Chapter 22, Small-scale fisheries - importance, vulnerability, and deficient knowledge Wiley-Blackwell, 1-21 pp.
- Özekinci, U., Cengiz, U. & Bütüner, S. (2006).** Çanakkale Bölgesi'nde kullanılan uzatma ağlarının donam özellikleri ve balıkların sorunları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **23**, 473-480.
- Samsun, S. & Emirbuyuran, Ö. (2017).** Doğu Karadeniz Bölgesi kıyı balıkçılığında kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **34**(3), 269-275.
- Tokaç, A., Ünal, V., Tosunoğlu, Z., Akyol, O., Özbilgin, H., & Gökçe, G. (2010).** Ege Denizi balıkçılığı. İMEAK Deniz Ticaret Odası İzmir Şubesi Yayınları, 371 s. ISBN: 9789944607476.
- Tokaç, A., Ünal, V., Tosunoğlu, Z., Akyol, O., Özbilgin, H. & Gökçe, G. (2007).** Ege Denizi balıkçılığının yapısal analizi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. 2002/SÜF/006, Bornova, 161 s.
- UDHB, (2019).** Balıkçılık kıyı yapıları envanteri. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. Ankara, 8 s.
- Ünal, V. (2003).** Yarı zamanlı küçük ölçekli balıkçılığın sosyo-ekonomik analizi, Foça (Ege Denizi), *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **20**(1-2), 165-172.
- Yıldız, T. & Karakulak, S.F. (2010).** İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan dip uzatma ağlarının teknik özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **27**, 19-24.
- Yıldız, T. Gönülal, O. & Karakulak, S.F. (2012).** Gökçeada (Ege Denizi) kıyı balıkçılığında kullanılan av araçları ve teknik özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **27**, 1-25.



Işnılı İnci İstiridyesi (*Pinctada imbricata radiata*)'da Mikroplastik Varlığı

Dilara AKSAKAL¹ Mustafa ÇALIŞ² Selçuk YİĞİTKURT³ Yaşar DURMAZ^{3*}

¹Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 35100, Bornova-İzmir/Türkiye.

²Nuvita Nuvita Biosearch R & D Center, Esenyurt -İstanbul/Türkiye.

³Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, Bornova-İzmir/Türkiye.

Geliş/Received: 29.09.2021

Kabul/Accepted: 28.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Aksakal, D., Çalış, M., Yiğitkurt, S. & Durmaz, Y. (2021). Işnılı İnci İstiridyesi (*Pinctada imbricata radiata*)'da Mikroplastik Varlığı. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 742-748.

How to cite: Aksakal, D., Çalış, M., Yiğitkurt, S. & Durmaz, Y. (2021). The Presence of Microplastics in the Rayed Pearl Oyster (*Pinctada imbricata radiata*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 742-748.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-1858-5882>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-6959-4666>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-6561-7816>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-712X>

*Corresponding author:
Yaşar DURMAZ
Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi,
Yetiştiricilik Bölümü, İzmir, Türkiye.
✉: yasar.durmaz@ege.edu.tr

Öz: Mikroplastikler 1µm ile 5mm boyutları arasında olan düzgün şekilli veya şekilsiz polimerik parçalar olarak tanımlanmaktadır. Doğrudan üretilebildikleri gibi daha büyük plastik parçaların zaman içerisinde ayrılması ile de oluşabilmektedir. Son yıllarda deniz ekosistemi içerisinde hızla yaygınlaşan etkili ve tehlikeli kirleticiler haline gelmiştir. Deniz yüzeyinde boyutları nedeni ile çıplak gözle kolaylıkla görünmezler. Ancak canlılar içerisinde kolaylıkla birikim yapabilirler. Özellikle besinlerini filtrasyon yolu ile alan çift kabuklu canlılar bünyelerine besinlerinin yanında veya doğrudan besin olarak mikroplastik almak zorunda kalmışlardır. Hem deniz ekosistemi için hem de gıda olarak tüketimleri ile önemli ve değerli olan midye, istiridyeye gibi çift kabukluların mide veya yumuşak doku içeriğinde mikroplastik tayin çalışmaları giderek dikkat çekmektedir. Bu çalışmada Çeşme Ildır Kıyılarından toplanan ışnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata*'nın mide örnekleri içerisinde mikroplastik varlığı incelenmiştir. Toplanan *Pinctada imbricata radiata*'nın mide örnekleri organik materyallerin sindirimi için %10 KOH (Potasyum Hidroksit) çözümü içerisine alınmış ve yaklaşık 15 gün bekletilmiştir. Yoğunluk ayırımı için doygun NaCl (1,2 g/ml) çözümü ilave edilmiştir. Mide örnekleri içerisinde tespit edilen tüm şüpheli parçacıklar fotoğraflanmıştır. İçlerinden rastgele seçilen parçacıklar µ-FTIR analizine alınmıştır. Sonuçta seçilen örneklerin 65 tanesi mikroplastik olarak tanımlanmıştır. Tespit edilen türler içerisinde en yaygın görülen mikroplastik şekli fiber, polimer tipi Polietilen (PE) ve en yaygın görülen mikroplastik rengi ise mavi olmuştur.

Anahtar kelimeler: Ege denizi, ışnılı inci istiridyesi, mikroplastik, *Pinctada imbricata radiata*.

The Presence of Microplastics in the Rayed Pearl Oyster (*Pinctada imbricata radiata*)

Abstract: Microplastics are defined as uniformly shaped or shapeless polymeric pieces between 1 µm and 5 mm in size. They can be produced directly, as well as by the separation of larger plastic parts over time. In recent years, they have become effective and dangerous pollutants that have become widespread in the marine ecosystem. Due to their size on the sea surface, they are not easily visible to the naked eye. However, they can easily accumulate in the live organisms. In particular, bivalve that take their nutrients through filtration have had to take microplastics into their bodies either directly or as food. Microplastic determination studies in the stomach and soft tissue contents of bivalves such as mussels and oysters, which are important and valuable both for the marine ecosystem and for their consumption as food, are attracting increasing attention. In this study, the presence of microplastics in stomach samples of Rayed pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* collected from Çeşme Ildır Coast was investigated. Stomach samples of collected *Pinctada imbricata radiata* were taken into 10% KOH (Potassium Hydroxide) solution for digestion of organic materials and kept for about 15 days. Saturated NaCl (1.2 g/ml) solution was added for density separation. All doubtful particles under the microscope have been taken photographs. And then, randomly have been selected ones have been included in µ-FTIR analysis. Finally, 65 of the selected samples have been identified as microplastic. Among the detected species, the most common microplastic type have been fiber, polymer type Polyethylene (PE) and the most common microplastic color have been blue.

*Sorumlu yazar:
Yaşar DURMAZ
Ege University Faculty of Fisheries,
Department of Aquaculture, İzmir, Turkey
✉: yasar.durmaz@ege.edu.tr

Keywords: Aegean sea, microplastic, *Pinctada imbricata radiata*, rayed pearl oyster.

GİRİŞ

Plastik, ucuz ve kolay ulaşılabilir olması ile 20.yy'dan sonra hemen her alanda kullanılmaya başlamıştır (Kayan & Küçük, 2020). Ancak uzun yıllardır bilinçsiz şekilde doğaya bırakılmaları ile giderek artan bir plastik kirliliği ortaya çıkmıştır. Her yıl deniz ortamına 8 milyon ton plastik girmektedir ve denizlerimizdeki kirliliğin yaklaşık %80'i plastiklerden oluşmaktadır (IUCN, 2018). Bu plastik kirliliğinin ise %90'dan fazlası mikroplastik formundadır (Eriksen vd., 2014). Tek bir plastiğin doğada kaybolması için geçen sürede milyarlarca mikroplastik parçacık oluşmaktadır. Plastikler küçükten büyüğe doğru; nanoplastik (1nm-1µm), mikroplastik (1µm-1mm), mezoplastik (1mm-1cm) ve makroplastik (≥1cm) olarak sınıflandırılmıştır (Hartmann vd., 2019). Mikroplastikler için en son yapılan tanım; birincil ve ikincil kaynaklı, 1µm ile 5mm arasında boyutları olan, şekilsiz veya düzgün yapılı, su içerisinde çözünmeyen polimerik parçalardır (Frias & Nash, 2019). Birincil mikroplastikler; direkt olarak üretilen çoğunlukla kozmetik ve kişisel bakım ürünlerinde kullanılan mikroplastiklerdir. Örneğin; yüz temizleme jelleri ve diş macunları gibi ürünlerin içerisine konulmak üzere üretilen plastikler. İkincil mikroplastikler; daha büyük plastiklerin zamanla fiziksel, kimyasal ve biyolojik nedenler ile parçalanması sonucu oluşmaktadır. Örneğin; tekstil, endüstriyel hammadde ve araç lastikleri gibi ürünlerin kullanımı sırasında veya çevreye bırakıldıktan sonra zaman içerisinde oluşmaktadır (Yurtsever, 2019).

Mikroplastik kirliliği deniz ortamında yeni tanınmaya başlayan ve tüm deniz canlılarını etkileyen ciddi bir sorundur. Deniz ortamındaki plastik dağılımı heterojendir ve plastik atıklar genellikle ortaya çıktıkları büyük kent merkezlerinden uzak bölgelerde de bulunabilmektedirler (Koelmans vd., 2014). Örneğin; mikroplastikler dünyanın en uzak noktalarında kuzey kutbunun deniz suyu ve tabanında bulunmuştur (Ross vd., 2021). WWF, (2019) verilerine göre Akdeniz'de kilometrekare başına 1,25 milyon mikroplastik bulunduğu, aynı zamanda bu plastik kirliliğine sebep olan ülkeler arasında en başta Türkiye ve İspanya olduğu açıklanmıştır. 2020 yılında alınan son veriler ile okyanus tabanında 14 milyon mikroplastik parçacık bulunduğu bildirilmiştir (Barrett vd., 2020). Mikroplastiklerin denizlere girişi üretimleri sırasında veya tüketim sonrası olmaktadır. Antropojenik kaynaklı endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanan birincil ve ikincil mikroplastik kirliliği denize karıştığında deniz tabanında birikim yapabilmekte veya su yüzeyinde askıda kalabilmektedir (Naji vd., 2017; Naji vd., 2018). Deniz canlıları mikroplastiklere maruz kalmaya oldukça açıktır. Boyutları, renkleri ve deniz ortamında

sayıca fazla bulunmaları canlılar tarafından kolayca besinlerinin yerine veya besinlerinin yanında alınmalarına sebep olmaktadır (Kirstein vd., 2016; Egbeocha vd., 2018).

Mikroplastikler yoğunlukları nedeniyle suyun renk, bulanıklık ve ışık geçirgenliği vb. fiziksel su kalite parametrelerini etkilerken, plastiklerden zamanla sızabilecek toksik bileşenler de kimyasal parametrelerini bozabilmektedir (Koelmans vd., 2016). Aynı zamanda patojenleri ve potansiyel olarak zararlı mikroorganizmaları besin zinciri ile diğer organizmalara taşıyabilirler (Vandermeersch vd., 2015). Deniz organizmalarının morfolojik ve fizyolojik yapılarında; hücrelerinde ve dokularında mikroplastik birikimine bağlı olarak olumsuz biyolojik etkiler ortaya çıkabilmektedir (Sharma & Chatterjee, 2017). Çift kabuklular deniz ortamının doğal filtre sistemleridir. Özellikle midye, istiridye gibi besinlerini filtrasyon yolu ile alan canlılar mikroplastiklere karşı savunmasız oldukları için doğrudan su sütununda bulunan mikroplastikleri suyu süzerek veya besinlerinin yanında alabilmektedir (Vandermeersch vd., 2015). Böylece çift kabuklu canlılar vücutlarında fizyolojilerini, kabuklu deniz ürünleri stoklarını ve bentik habitatları, dolaylı olarak deniz ekosistemini ve son tüketici olarak da insanların sağlık durumunu etkileyecek yüksek seviyelerde mikroplastığı sindirir ve asimile ederler (Thomas vd., 2020). Böylelikle istiridye tüketen bir kişinin altı adet istiridye tüketmesi ile yaklaşık olarak 50 adet mikroplastığı de vücuduna alacağı bildirilmiştir (Vidal, 2016).

Bu çalışmada, turizm ve balıkçılık faaliyetlerinin yoğun olduğu Çeşme-İldır Kıyılarından toplanan Işnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata*'nın mide içeriğinde mikroplastik varlığı incelenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda mikroplastiklerin polimer tipleri ve şekillerinin yoğunluk durumunun belirlenmesi ve antropojenik kaynaklı kirlilik ile ilişkisinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE METOT

Örneklerin Toplanması: Işnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata* örnekleri Çeşme/İldır (38°25'42.81"K;26°30'56.20"D) bölgesi açıklarında Ocak 2021'de 0-5 metre aralığında serbest dalış yöntemi ile toplanmıştır (Şekil 1).

Rastgele toplanan 30 adet örnek laboratuvara getirilinceye kadar soğutucu kovalar içerisinde muhafaza edilmiştir. Boy, en ve kalınlıkları dijital kumpas (Mitutoyo Dijital Kumpas Ip-67, 0-150/0,0. 500-70-620) ile ölçülmüştür. Mide örnekleri laminar flow kabin içerisinde çıkarılmış, ağırlıkları hassas terazi (Sartorius, GC8035-OCE) ile ölçülerek kaydedilmiştir. (Tablo 1)



Şekil 1. Örneklerin toplandığı (38°25'42.81"N;26°30'56.20"E) Çeşme-Ildır (İzmir Türkiye).

Figure 1. Çeşme-Ildır (İzmir Turkey) where the samples were collected (38°25'42.81"N;26°30'56.20"E).

Tablo 1. Işnılı inci istiridyesi *P. imbricata radiata*'nın ortalama boy, en, kalınlık, toplam ağırlık ve mide ağırlığı ölçümleri.

Table 1. Mean height, width, thickness, total weight and stomach weight measurements of the ray pearl oyster *P. imbricata radiata*.

	Boy (mm)	En (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)	Mide Ağırlığı (g)
Ortalama	61,32	59,74	21,23	30,60	1,59
Min	43,96	39,83	12,44	9,00	0,80
Max	76,11	77,70	28,61	62,00	2,73
Standart Sapma	7,53	10,10	3,53	11,89	0,50

Organik Materyalin Sindirilmesi: Mideler, örnek miktarına bağlı olarak 150-200 ml %10 KOH (Potasyum hidroksit) çözeltisi içerisinde organik materyal tamamen çözününceye kadar yaklaşık 15 gün kabin içerisinde bekletilmiş ve aralarda el ile çalkalanmıştır (Ding vd., 2018).

Yoğunluk Ayırımı İşlemi: Organik maddelerin tamamen erimesinin ardından %10 KOH solüsyon miktarına bağlı olarak beherlere 800 ml doymuş NaCl (1,2 g/ml) solüsyonu ilave edilmiş ve 24 saat bekletilmiştir (Li vd., 2016).

Filtrasyon İşlemi: Kabin içerisinde koruyucu ekipman kullanarak gerçekleştirilmiştir. Üstte kalan sıvı faz vakum pompa yardımıyla 0,45 µm göz açıklığına sahip filtre kağıtları (Sartorius Selüloz Nitrat Membran Filtre, 47mm) üzerine alınarak steril petri kapları içerisinde muhafaza edilmiştir.

Mikroskop ile Mikroplastik Tanımlaması: Filtre kağıtları mikroskop (Nikon-Labaphot, Japan) altında 40x büyütme ile incelenmiş ve görsel olarak MP benzeri tüm parçalar fotoğraflanmıştır.

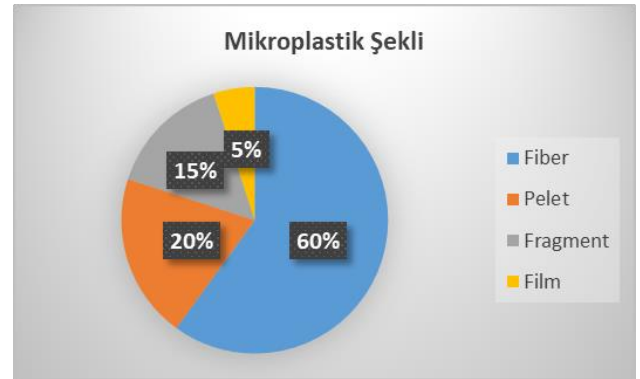
Mikro Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (µ-FTIR) Analizi: Mikroskop altında en fazla görülen türlerden seçilen örnekler Mikro Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (µ-FTIR) (Shimadzu IR Spirit L model/Japonya/7,800-350 cm⁻¹) ile analiz edilmiştir. Kullanılan absorpsiyon ölçüm modu; range cm⁻¹ 1,600 min / 4000 max, rezolüsyon:8 ve program; Laboratory Solutions CS-CDS'dir.

Kontaminasyon Önlemleri: Kullanılan tüm malzemeler saf su ve aseton ile 3'er kez yıkanmış ardından

folyo ile kapatılarak steril şekilde muhafaza edilmiştir. Tüm çalışmalar steril kabin içerisinde ve koruyucu ekipman kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Bu çalışma İzmir Körfezi Çeşme-Ildır kıyılarından toplanan Işnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata* içerisinde antropojenik kirlilikten kaynaklanan mikroplastik varlığını göstermektedir. Organik materyalin sindirilmesinin ardından 30 adet mide örneğinin içerisinde toplamda 65 adet mikroplastik µ-FTIR analizi ile tespit edilmiştir. Tespit edilen mikroplastiklerin şekilleri %60 oranında fiber ip (Şekil 2) ve renkleri %50 oranında mavi olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. *Pinctada imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen mikroplastik şekillerinin yoğunluk dağılımı.

Figure 2. Density distribution of microplastic shapes detected in stomach samples of *Pinctada imbricata radiata*.

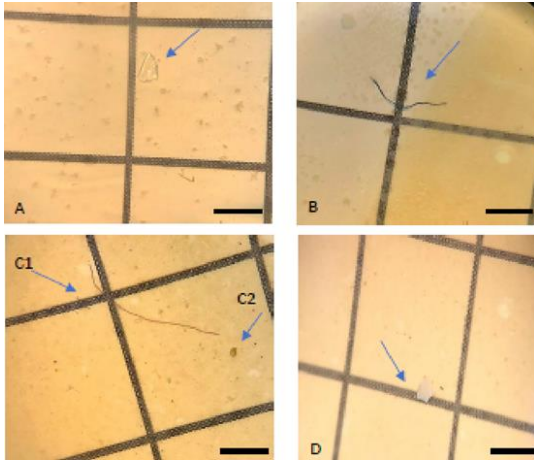


Şekil 3. *Pinctada imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen mikroplastik renklerinin yoğunluk dağılımı.

Figure 3. Density distribution of microplastic colors detected in stomach samples of *Pinctada imbricata radiata*.

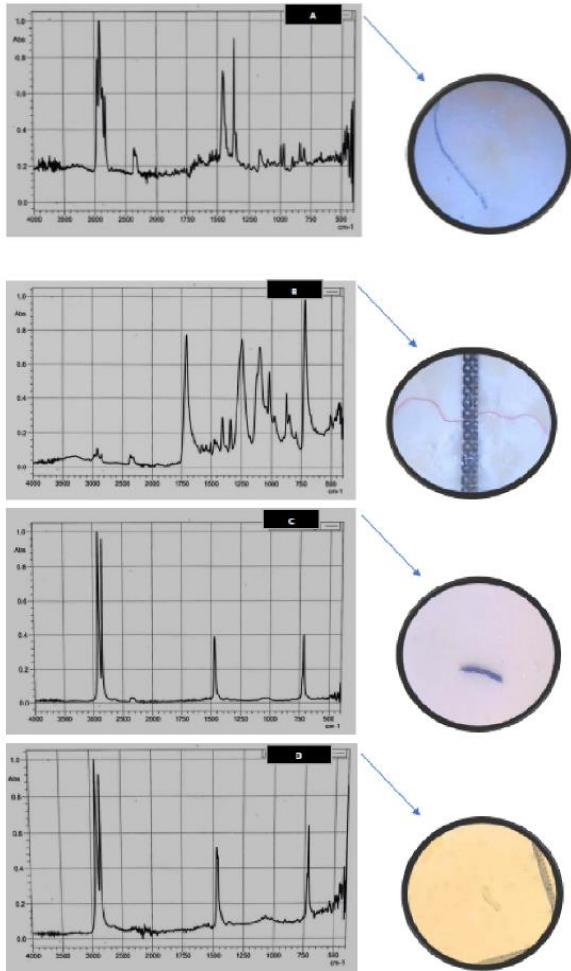
Mikroskop İncelemesi Sonuçları: Filtrasyon işlemi sonrasında mikroskop altında şüpheli görülen tüm parçalar şekil ve renkleri ayırt edilecek şekilde fotoğraflanmıştır (Şekil 4). Mikroplastik benzeri yapıların görsel teşhis tanımlanmasında referans olarak "MERI (2015), *Guide to Microplastic Identification*"dan

yararlanılmıştır. En yaygın görülen türler μ -FTIR analizine alınmıştır.



Şekil 4. Işınlı inci istiridyesi *P. imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen mikroplastikler. Mikroplastik şekilleri; A-D) Fragment, B-C1) Fiber, C2) Pelet. Ölçek çubuğu (Sağ alt köşe) =1000 μ m.

Figure 4. Microplastics detected in stomach samples of ray pearl oyster *P. imbricata radiata*. Microplastic shapes; A-D) Fragment, B-C1) Fiber, C2) Pellet. Scale bar (Lower right corner) =1000 μ m.i.



Şekil 5. μ -FTIR ile tespit edilen mikroplastiklerin polimer tipleri. A) Propilen (PP), B) Polietilen tereftalat (PET), C-D) Polietilen (PE)'dir.

Figure 5. Polymer types of microplastics detected by μ -FTIR. A) Propylene (PP), B) Polyethylene terephthalate (PET), C-D) Polyethylene (PE).

μ -FTIR Analizi Sonuçları: Elde edilen μ -FTIR analiz sonuçları doğrultusunda teşhis edilen örnekler mikroplastik tiplerinden polietilen tereftalat (PET) ile %89,9 oranında, propilen (PP) ile %87,8 oranında ve polietilen (PE) ile %92,9 oranında eşleşmiştir (Şekil 5). Analiz sonucunda Çeşme Ildır Kıyılarından toplanan *P. imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen 65 adet mikroplastığın polimer tip yoğunlukları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. *Pinctada imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde μ -FTIR analizi sonucu tespit edilen polimer tiplerinin yoğunlukları.

Figure 6. Densities of polymer types detected as a result of μ -FTIR analysis in stomach samples of *Pinctada imbricata radiata*.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda yaygınlaşmaya başlayan yeni ve etkili bir mikroplastik kirliliği (MP) söz konusudur. Deniz ortamında sayıca fazla bulunmaları nedeniyle doğrudan ya da dolaylı olarak besin zincirine dahil olmaları canlılar üzerinde toksik etki oluşturabilmektedir. Sucul ekosistem içerisinde özellikle midye ve istiridye gibi çift kabuklu canlıların mide veya yumuşak doku örneklerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde yaygın olan MP tipinin polietilen (PE), morfolojik şeklin ise fiber olduğu görülmüştür (Teng vd.,2019; Yozukmaz,2021). Bunun nedeninin çoğunlukla artan nüfus yoğunluğu ile kontrolsüz kentleşme sonucu evsel atık suların deniz ortamına karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu Basra Körfezinin kuzey bölgesinde *Pinctada radiata* içerisindeki en yaygın MP türünün fiber olduğu tespit edilmiştir (Naji vd., 2017; Naji vd., 2018). İzmir Körfezi uzun yıllardır evsel atık suların denize karışması ile artan kirlilikten ve sonucunda oluşan kötü kokudan mustarıptir. Burada belirlenen 2 farklı istasyonda *Mytilus galloprovincialis* ve *Ruditapes decussatus* çift kabuklu türlerinde MP tayini yapılmış ve en yaygın bulunan şeklinin fiber olması (Yozukmaz,2021) evsel atık suların gelen sentetik kıyafet, kullanılan kozmetik ürünleri gibi birincil veya ikincil MP kaynaklarının deniz ortamında birikim yaptığını

göstermiştir. Özellikle sentetik kıyafetlerden kaynaklanan mikro fiber parçaları çoğunlukla PE tip polimerlerden oluşmaktadır. Sonuçta tek bir kıyafetin yıkanması ile yaklaşık 1,900 mikro fiber parçanın evsel atıklar ile sulara karıştığı bilinmesi (Tutuoğlu, 2019) sucul ekosistemde karşımıza yaygın olarak çıkan PE türevli fiber kalıntıları açıklamaktadır.

Aynı zamanda endüstriyel atıklar ve balıkçılık faaliyetleri için kullanılan (çuval, halat, ağ atma vb.) malzemeler deniz ortamında canlıları tehdit eden bir diğer ikincil MP kirlilik faktörüdür. Deniz ortamına karıştıktan sonra zaman içerisinde çevresel faktörler ile aşınıp mikro fiber kalıntılar haline gelmektedirler. Río de la Plata Halicinin kıyısındaki balıkçılık faaliyetlerinin yoğun bir şekilde gerçekleştirildiği bölgede bulunan çift kabuklu *Limnoperna fortunei* içerisinde en yaygın görülen MP şeklinin fiber olması (Pazos vd.,2020), çalışılan bölgenin balıkçılık faaliyetlerinin sonucunda PE tip kirliliğe maruz kaldığını göstermiştir.

Sonuç olarak, Çeşme-Ildır Kıyılarında yaptığımız bu çalışma ile *Pinctada imbricata radiata*'nın mide içeriğinde mikroplastik varlığı tespit edilmiş ve bölgenin antropojenik kirliliğe maruz kaldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ile en fazla görülen MP morfolojisi %60 ile fiber, polimer tipi %43 ile PE (polietilen) tip olmuştur. Böylece, bölgede bulunan fiber tip mikroplastik kaynaklarına sentetik kıyafet kaynaklı ikincil tip ya da kozmetik ürünleri (diş macunu, cilt bakım ürünleri vb.) kaynaklı birincil tip evsel atıkların özellikle yaz aylarında artan turizm faaliyetleri sonucu deniz ortamına karıştığı tahmin edilmektedir. 2020 itibari ile dünyada covid-19 sürecinin hijyen ihtiyacını artırması daha fazla evsel atık oluşmasına neden olmuştur. Bu yüzden, sucul ekosistemin plastik kirliliğinden korunması için özellikle atık su arıtım tesislerinin çoğaltılması ve tesislerin doğrudan MP kirliliği ile mücadele edecek önlemler alması gerekmektedir. Aynı zamanda, bölgede balık yoğunluğunun fazla olması ile yapılan kontrolsüz balıkçılık faaliyetlerinden kaynaklanan (ağ, çuval, halat vb.) kalıntıların da fiber tip MP kirliliğine neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Andrady, A.L. (2017). The plastic in microplastics: a review. *Mar. Pollut. Bull.*, **119**(1), 12-22. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2017.01.082](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082)

Auta, H., Emenike, C. & Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environ. Int.*, **102**, 165-176. DOI: [10.1016/j.envint.2017.02.013](https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013)

Barboza, L.G.A. & Gimenez, B.C.G. (2015). Microplastics in the marine environment: current

trends and future perspectives. *Mar. Pollut. Bull.*, **97** (1-2), 5-12. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2015.06.008](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.008)

Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C. & Barlaz, M (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, **364**(1526), 1985-98. DOI: [10.1098/rstb.2008.0205](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205)

Barrett, J., Chase, Z., Zhang, J., Banaszak Holl, MM., Willis, K., Williams, A., Hardesty, BD. & Wilcox, C. (2020). Microplastic pollution in deep-sea sediments from the Great Australian Bight. *Frontiers in Marine Science*, **7**, 1-10. DOI: [10.3389/fmars.2020.576170](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.576170)

Boucher, J. & Friot D. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. *Gland, Switzerland: IUCN*, **43**, 978-2-8317-1827-9. DOI: [10.2305/IUCN.CH.2017.01.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en)

Browne, M. A., Galloway, T. & Thompson, R. (2007). Microplastic-an emerging contaminant of potential concern?. *Integrated Environmental Assessment and Management*, **3**(4), 559-561. DOI: [10.1002/ieam.5630030412](https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412)

Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., M. Lowe, D. & Thompson, R.C. (2008). Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.) *Environ. Sci. Technol.*, **42**, 5026-5031. <https://doi.org/10.1021/es800249a>

Cauwenberghe, V.L. & Janssen, C.R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environ. Pollut.*, **193**, 65-70. DOI: [10.1016/j.envpol.2014.06.010](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010)

Ding, J.F., Li, J.X., Sun, C.J., He, C.F., Jiang F.H., Gao, F.L. & Zheng, L. (2018). Separation and identification of microplastics in digestive system of bivalves. *Chinese J. Anal. Chem.*, **46**(5), 690-697. DOI: [10.1016/S1872-2040\(18\)61086-2](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(18)61086-2)

Egbeocha C.O., Malek S., Emenike C.U. & Milow P. (2018). Feasting on microplastics: ingestion by and effects on marine organisms. *Aquat. Biol.*, **27**, 93-106. DOI: [10.3354/AB00701](https://doi.org/10.3354/AB00701)

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M. & Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J. & Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G. & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One*, **9**(12), 111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Fendall, L.S. & Sewell, M.A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.* **58** (8), 1225-1228. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2009.04.025](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025)

Frias, J.P.G.L. & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, **138**, 145-147. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2018.11.022](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022)

Gedik, K. & Eryas, A.R. (2020). Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish

- coasts. *Chemosphere*, **260**, 127570. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2020.127570](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127570)
- GESAMP. (2016).** “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment” (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/ UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. **93**, 220 p.
- Gill, V. (2020).** Plastik kirliliği 2040'ta 1 milyar 300 milyon tona ulaşacak. Erişim Tarihi: 16.09.2021, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-53531186>
- Gündoğdu, S., Çevik, C. & Ataş, N.T. (2020).** Stuffed with microplastics: Microplastic occurrence in traditional stuffed mussels sold in the Turkish market. *Food Bioscience*, **37**, 100715. DOI: [10.1016/j.fbio.2020.100715](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100715)
- Hartmann, N., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., Rist, S. & Karlsson, T., Brennholt, N. & Cole, M., Herrling, M. P. & Hess, M., Ivleva, N., Lusher, A. & Wagner, M. (2019).** Are we speaking the same language? recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environ Sci Technol*, **53**(3), 1039-1047. DOI: [10.1021/acs.est.8b05297](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297)
- IUCN. (2018).** *Marine plastics*; IUCN (International Union for Conservation of Nature) – 28 rue Mauverney, CH-1196 Gland, Switzerland. Son Erişim: 16.09.2021, https://www.iucn.org/sites/dev/files/marine_plastics_issues_brief_final_0.pdf
- Johnston, I. (2017).** How plastic is damaging planet Earth. Son Erişim: 16.09.2021, <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/plastic-how-planet-earth-environment-oceans-wildlife-recycling-landfill-artificial-a7972226.html>
- Kayan, A. & Küçük, A. (2020).** Plastik kirliliğin çevresel zararları ve çözüm önerileri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **22**(2), 403-427. E-ISSN 2667-405X
- Kirstein, I.V., Kirmizi, S., Wichels, A., Garin-Fernandez, A., Erler, R., Löder, M. & Gerdt, G. (2016).** Dangerous hitchhikers Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Marine Environmental Research*, **120**, 1-8. DOI: [10.1016/j.marenvres.2016.07.004](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.07.004)
- Koelmans, A. (2015).** Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. A critical review. *Marine Anthropogenic Litter* (pp.309-324) Chapter: 11 Publisher: Springer Editors: Bergmann M, Gutow L, Klages M. DOI: [10.1007/978-3-319-16510-3_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_11)
- Koelmans, A., Gouin, T., Thompson, R., Wallace, N. & Arthur, C. (2014).** Plastics in the marine environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **33**, 5-10.
- Law, K.L. (2017).** Plastics in the marine environment. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, **9**, 205-229. DOI: [10.1146/annurev-marine-010816-060409](https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409)
- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D. & Shi, H. (2016).** Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, **214**, 177-184. DOI: [10.1016/j.envpol.2016.04.012](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012)
- MERI. (2015).** *Guide to Microplastic Identification*; Center for Environmental Studies. 55 Main Street, P.O. Box 1652 Blue Hill, ME 04614. Erişim Tarihi: 16.09.2021, https://static1.squarespace.com/static/55b29de4e4b088f33db802c6/t/56faf38459827e51fccdfc2d/1459286952520/MERI_Guide+to+Microplastic+Identification.pdf
- Naji, A., Nuri, M. & Vethaak, D.A. (2018).** Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*, **235**, 113-120. DOI: [10.1016/j.envpol.2017.12.046](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.046)
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S.A. & Vethaak, D.A. (2017).** The occurrence of microplastics contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **24**(25), 20459-20468. DOI: [10.1007/s11356-017-9587-z](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9587-z)
- Pazos R.S., Gomez N. & Spaccesi F. (2020).** First record of microplastics in the mussel *Limnoperna fortunei*. *Regional Studies in Marine Science*, **38**, 101360. DOI: [10.1016/j.risma.2020.101360](https://doi.org/10.1016/j.risma.2020.101360)
- Ross, P.S., Chastain, S., Vassilenko, E. & Etemadifar, A., Zimmermann, S., Quesnel, S. & Eert, J., Solomon, E. & Patankar, S., Posacka, A.M. & Williams, B. (2021).** Pervasive distribution of polyester fibres in the Arctic Ocean is driven by Atlantic inputs. *Nature Communications*, **12**(1), 106. DOI: [10.1038/s41467-020-20347-1](https://doi.org/10.1038/s41467-020-20347-1)
- Sharma, S. & Chatterjee, S. (2017).** Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(27), 21530-21547. DOI: [10.1007/s11356-017-9910-8](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8)
- Sivri, N. & Çullu, F.A. (2020).** Doğanın çözümü en zor denklemi: Denizlerdeki plastikler. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, **29**, 15-21.
- Teng, J., Wang, Q., Ran, W., Wu, D., Liu, Y., Sun, S., Liu, H., Cao, R. & Zhao, J. (2019).** Microplastic in cultured oysters from different coastal areas of China. *Sci. Total Environ*, **653**, 1282-1292. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.11.057](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.057)
- Thomas, M., Jon, B., Craig, S., Edward, R. & Ruth, H., John, B., Dick, V.A., Heather, L.A. & Matthew, S. (2020).** The world is your oyster: low-dose, long-term microplastic exposure of juvenile oysters. *Heliyon* **6**(1). DOI: [10.1016/j.heliyon.2019.e03103](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03103)
- Tutoğlu, N. (2019).** *Sucul Ortamdaki Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkisi ve Arıtma Yöntemlerinin*

- Araştırılması*. Tarım ve Orman Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara, Türkiye,134s.
- Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., Kotterman, M.J.J., Diogene, J., Bekaert, K., Robbens, J. & Devriese, L. (2015)**. A critical review on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environ. Res.*, **143**, 46-55. DOI: [10.1016/j.envres.2015.07.016](https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.016)
- Vidal, J. (2016)**. *Microplastics should be banned in cosmetics to save oceans, British MPs say*. Erişim Tarihi: 16.09.2021, <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/news/microplastics-should-be-banned-in-cosmetics-to-save-oceans-british-mps-say/>
- WWF. (2018)**. *WWF, Akdeniz Plastik Raporu'nu yayımladı: Akdeniz'e en çok plastik Türkiye'den*. Doğal Hayatı Koruma Vakfı, Türkiye.
- Yozukmaz, A. (2021)**. Investigation of microplastics in edible wild mussels from İzmir Bay (Aegean Sea, Western Turkey): A risk assessment for the consumers. *Marine Pollution Bulletin*, **171**, 112733. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2021.112733](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112733)
- 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.
- Yurtsever, M. (2015)**. Mikroplastiklere genel bir bakış. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, **17(2)**, 50-69.



Kentsel Kültürel Miras Alanlarının Kültürel Ekosistem Servisleri Bağlamında Değerlendirilmesi: Kayseri-Talas Tarihi Kent Dokusu Örneği

Aslıhan TIRNAKÇI

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Nevşehir, Türkiye

Geliş/Received: 17.08.2021

Kabul/Accepted: 10.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Tırnakçı, A. (2021). Kentsel Kültürel Miras Alanlarının Kültürel Ekosistem Servisleri Bağlamında Değerlendirilmesi: Kayseri-Talas Tarihi Kent Dokusu Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 749-756.

How to cite: Tırnakçı, A. (2021). Assessment of Urban Cultural Heritage Areas in the Context of Cultural Ecosystem Services: Kayseri-Talas Historical Urban Pattern Example. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 749-756.

<https://orcid.org/0000-0002-0122-5637>

***Sorumlu yazarın:**

Aslıhan TIRNAKÇI
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Nevşehir, Türkiye
✉: aslihanerdogan@nevsehir.edu.tr

Öz: Her toplum fiziksel nesnelere veya mekânlardan oluşan kentsel kültürel miras alanlarının korunmasına ve nesilden nesile aktarılmasına büyük önem vermektedir. Bu bağlamda son zamanlarda ekosistemlerin insanlara sağladığı faydaların değerlendirilmesine yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Özellikle sosyal ve çevresel birçok fayda sağlayan kentsel kültürel miras alanlarına artan bir ilgi söz konusudur. Çünkü kentsel kültürel miras alanlarının ekosistem potansiyelleri insanlar tarafından en çok tanınan ve algılananlar arasındadır. Bu çalışmada Kayseri kentinde kentsel kültürel miras alanı olan Talas tarihi kent dokusu çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmanın temel amacı kentsel alanlarda bir kültürel miras alanı olarak karşımıza çıkan tarihi kent dokularının sağladığı kültürel ekosistem hizmetlerini ekosistem hizmetleri yaklaşımını kullanarak değerlendirmektir. Çalışma alanının sunduğu kültürel ekosistem servisleri belirlenen parametreler (rekreasyon ve turizm / kültürel kimlik/ manevi hizmetler/ estetik değer/ kültüre, sanat ve tasarım için ilham kaynağı) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu parametreler kültürel kimlik ile ilişkilendirilmiş ve çalışma alanının var olan potansiyeli ortaya konmuştur. Sonuç olarak Kayseri-Talas özelinde kültürel miras alanlarının kültürel ekosistem hizmetleriyle olan ilişkisinin kurulması bağlamında, alanın mevcut potansiyeli ve alandaki değişimlerin olumlu/olumsuz yönleriyle ortaya konmasının kültürel peyzaj çalışmaları için önemli olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Kayseri-talas, kültürel ekosistem servisleri, kültürel miras, kültürel peyzaj.

Assessment of Urban Cultural Heritage Areas in the Context of Cultural Ecosystem Services: Kayseri-Talas Historical Urban Pattern Example

Abstract: Every society place special emphasis on the protection and transmission from generation to generation of urban cultural heritage areas that consisting of physical objects or places. In this context, in recent years many studies have been carried out for the evaluation of the benefits of ecosystems to humans. In particular, there is an increasing interest in cultural ecosystem services which provide many social and environmental benefits and its subcategory of cultural heritage. Because the ecosystem potentials of urban cultural heritage areas are among the highly recognized and directly perceived by people. In this study, Talas historical urban pattern, which is an urban cultural heritage area in the city of Kayseri, were chosen as the study area. The main purpose of this study is to evaluate the cultural ecosystem services of provided by historical urban pattern which appear as a cultural heritage site in urban areas, by using the ecosystem services approach. The services offered by the study area were evaluated within the framework of the determined parameters (recreation and tourism / cultural identity/ spiritual services/ inspiration for culture, art and design/ aesthetic appreciation). These parameters are associated with cultural identity and the existing potential of the study area has been revealed. As a result, in the context of establishing the relationship between cultural heritage sites and cultural ecosystem services specific to Kayseri-Talas, it is thought that revealing the current potential of the area and the positive / negative aspects of the changes in the area will be important for cultural landscape studies.

***Corresponding author's:**

Aslıhan TIRNAKÇI
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Nevşehir, Türkiye
✉: aslihanerdogan@nevsehir.edu.tr

Keywords: Cultural ecosystem services, cultural heritage, cultural landscape, kayseri-talas.

GİRİŞ

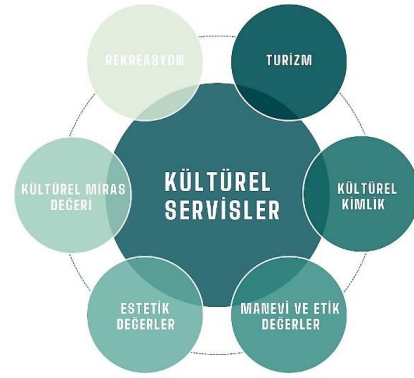
İnsanoğlu var olduğu günden beri belirli değerlerin kullanılabilirliğini artırmak için her zaman çevreyi etkilemiş ve şekillendirmiştir (Tenberg vd., 2012). Bu noktada farklı şekillerde yorumlanan çevrelerde kültürel kimlik ve kültürel miras değerleri bütününe oluşturduğu kültürel peyzaj kavramı ortaya çıkmıştır (Tırnakçı, 2020). Kültürel peyzajlar, doğa ve kültür, somut ve somut olmayan miras, biyolojik ve kültürel çeşitlilik arasındaki ara yüzdendir (Tenberg vd., 2012). Buldukları kentlere tarihi ve kültürel kimlik kazandıran kültürel miras alanları, kültürel açıdan önemli peyzaj alanları arasında yer almaktadır.

Kültürel miras değerleri; tarihsel süreç içerisinde, insanların yaşamını biçimlendiren edimler ve deneyimlerin hem somut (anıtlar, dinsel binalar, saraylar kaleler vb.) hem de soyut (gelenek ve görenek, inanışlar, vb.) oluşumlarını kapsamaktadır (Kurtar ve Somuncu, 2013). Somut ve somut olmayan unsurları da dâhil olmak üzere kentsel alanlarda bulunan kültürel miraslar, kentler için önemli bir sosyal, kültürel ve ekonomik değerdir ve zaman içinde birbirini izleyen nesiller tarafından yaratılan, yorumlanan ve şekillendirilen miras değerlerinin dinamik bir katmanını oluşturur (Rojas, 2016). Bu nedenle kültürel miras durağan değildir, sürekli değişir ve farklı şekillerde yeniden yorumlanır. (Tengberg vd., 2012).

Kent dokusunun oluşumunda önemli yapı taşları olan geçmiş yaşantılar, mekânlar, mimari yapılar, gelenek ve görenekler gibi birçok şey modern kent dokusunda yitirilmiştir (Biro, 2007). Oysaki kent karakterinin ana parçasını oluşturan kentsel kültürel miras alanları tek bir kültürel çeşitliliğin, tarihi doğanın, cadde örneklerinin veya diğer kentsel morfolojileri ve kültürel özelliklerin örneklerini oluştururlar. Kentsel alanlarda bulunan kültürel miras alanları kendine özgü karakteristik değerleri ile yaşanabilir ortamlar yaratmakta ve kentlere kimlik kazandırmaktadır (Tweed ve Sutherland, 2007). Ayrıca bu alanlar kentliye ziyaret edebilecekleri, gezebilecekleri, eğlenebilecekleri, koruyabilecekleri ve bakabilecekleri birçok kültürel ekosistem servisleri sağlamaktadır (Hartig vd., 2014; O'Brien vd., 2017). Bu nedenle insanlar kentsel nüfus için kilit öneme sahip (Benedict ve McMahon, 2002), farklı kültürel ekosistem servisleri sağlayan ve kentsel peyzaja kazandırılmış kültürel miras alanlarına yönelmektedir.

Kültürel ekosistem servisleri biri kültürel miras değerleri olmak üzere altı kategoriye içermektedir (MEA, 2005). Diğer beşi; manevi hizmetler (kutsal, dini veya ekosistemlerden türetilen diğer manevi ilham biçimleri); ilham (sanatta, folklorda vb. doğal motiflerin veya eserlerin kullanımı); doğal ve ekili peyzajların estetik beğenisi, kültürel kimlik, rekreasyon ve turizmdir (MEA,

2005; Tenberg vd., 2012), (Şekil 1). Kültürel ekosistem servisleri; insan-ekosistem etkileşimlerinden kaynaklanan, hayal kurma, rekreasyon ve estetik deneyimler, ruhsal zenginleştirme yoluyla insanların ekosistemlerden elde ettikleri maddi olmayan faydalar olarak tanımlanmıştır (MEA, 2005; Chan vd., 2012; Fish vd., 2016; Thiele vd. 2020.). Kültürel ekosistem servisleri, Ortak Uluslararası Ekosistem Hizmetleri Sınıflandırması (CICES) tarafından da “insanların fiziksel ve zihinsel durumlarını etkileyen ekosistemlerin maddi olmayan ve normalde tüketim gerektirmeyen çıktıları” olarak tanımlanmaktadır (Haines-Young ve Potschin, 2013).



Şekil 1. Kültürel ekosistem servislerini oluşturan alt kategoriler MEA, 2005'ten uyarlandı (Holleland vd., 2017).

Figure 1. Subcategories of cultural services. Adopted from MEA, 2005 (Holleland vd., 2017).

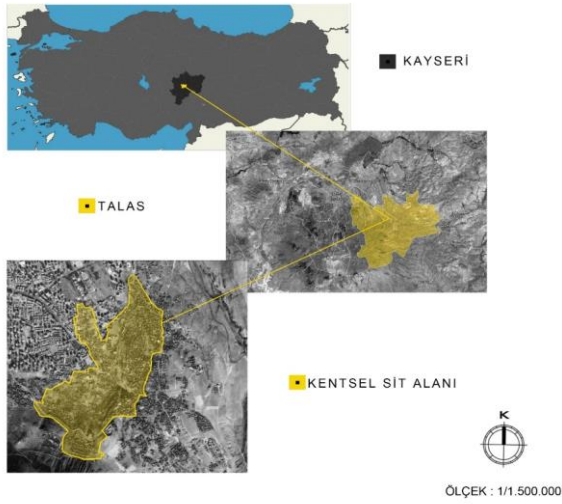
Kültürel sürekliliğin ve kültürel peyzajların sürdürülebilirliğinin sağlanmasında insan-peyzaj ilişkilerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendirip, anlayabilmek ve yorumlayabilmek önemlidir. İnsanın yaşam kalitesine katkı sunan kültürel ekosistem hizmetleri bu bağlamda güncel bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (Albayrak Kılıçaslan ve Ulus, 2021). Bu bağlamda birçok medeniyete ev sahipliği yapmış Kayseri Kentinin önemli kentsel kültürel miras alanlarından biri olan ve kentsel peyzaja kazandırılan Kayseri-Talas tarihi kent dokusu kültürel hizmetler bakımından birçok değere sahiptir.

Bu çalışmada, kültürel ekosistem hizmetleri kavramı ve kentsel kültürel miras kavramı ve bu kavramların birbirleriyle nasıl ilişkilendirildiğinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çünkü kültürel kimliğin yansımaları olan kültürel miras alanlarının kültürel ekosistem servislerinin temel bileşeni olduğu ve çok az çalışmanın bu noktaya odaklandığı görülmektedir (Brown ve Macleod, 2011; Voora ve Barg, 2008). Bu amaç doğrultusunda arazi çalışması yapılmış ve alanın sağladığı kültürel ekosistem servisleri potansiyeli ortaya konmuştur. Ayrıca kentsel kültürel miras alanlarının sürdürülebilirliğinin sağlanmasında mevcut potansiyelin

etkin ve fonksiyonel kullanılmasına yönelik öneriler getirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde Kayseri ilinde yer alan, hem kent hem de ilçe için önemli bir miras alanı olan Talas ilçesinin tarihi ve kültürel dokusunu oluşturan tarihi kent dokusu çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı coğrafi konumu.
Figure 2. Geographic location of the study area.

Kayseri ilinin güneydoğusunda bulunan Talas ilçesi, Kayseri şehir merkezine 7 km mesafe uzaklıktadır. İlçe Aşağı Talas ve Yukarı Talas olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Yukarı Talas 1191 metre rakımda falezlerle yükselen, eski yerleşim kalıntılarının bulunduğu bölgeyi oluştururken Aşağı Talas 1100 metre rakımda yerleşim alanlarının düzlükte kurulduğu bölgeyi oluşturmaktadır.

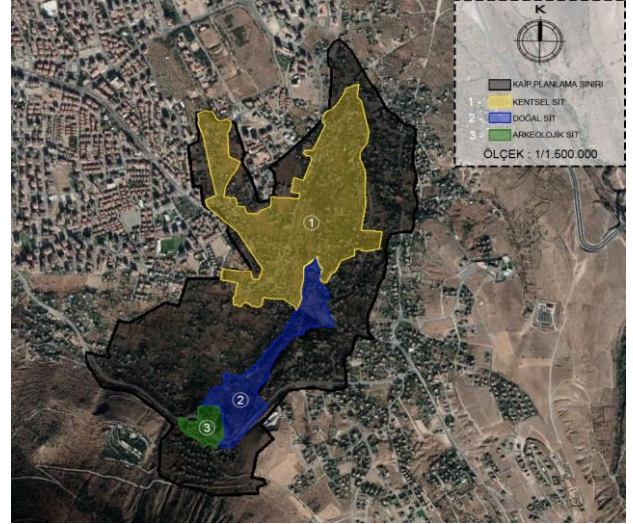
Çalışma alanı kültürel ve tarihi miras açısından oldukça zengin bir ilçedir. Çalışma alanı tarihi kent dokusu farklı niteliklerde 3 sit alanından oluşmaktadır. Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Kurulu tarafından tespit edilen ve 76ha'lık alanı kapsayan bu alanlar şu şekildedir (Şekil 3).

Kentsel Sit Alanı: İlçenin falezlerle yükselen yamaç ve çevresi kentsel sit alanını oluşturmaktadır. 56 ha'lık geniş bir alanı kapsayan bu alanda konut, cami, kilise ve çeşme gibi farklı yapı türleri bulunmaktadır. Bu yapıların konumu, sokak-yapı ilişkisi bölgeyi özgünleştiren bir kentsel doku oluşturmaktadır (Büyükmihçı vd., 2009).

Doğal Sit Alanı: Kentsel sit alanı içerisinde, ilçenin yamaçlarında yer alan, 18 ha'lık alanı kapsayan bölgeyi oluşturmaktadır. 2. derece doğal sit alanı özelliğindeki bu alanda az sayıda tek odalı bağ evleri ile bağ, bahçe alanları bulunmaktadır (Anonim, 2003). Bağ

evlerini oluşturan yapı kütleleri ile yeşilin bütünleştiği doku Talas ilçesinin silüetini oluşturan temel belirleyicidir.

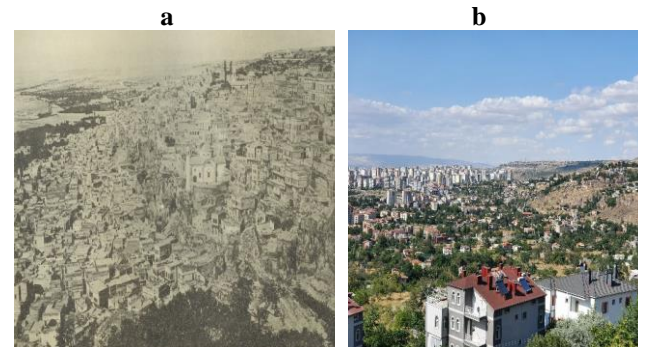
Arkeolojik Sit Alanı: Ali Dağı'nın eteğinde yer alan 2ha'lık alan 1.derece olarak sınıflandırılmıştır. Sit alanında Roma dönemine ait bir yer altı şehri mevcuttur (Anonim, 2003).



Şekil 3. Talas tarihi kentsel dokusunu oluşturan sit alanları sınırları (Google Earth).

Figure 3. The boundaries of protected areas that make up of Talas historical urban pattern.

Birçok medeniyete ev sahipliği yapmış ve farklı kültürlerin yerleştiği dini, idari, ilmi ve ticari bir merkez olan Kayseri ilinde bu dönemlere ilişkin yapıların günümüze ulaşmış örneklerinin bulunduğu Talas ilçesi tarihi kültürel miras değerleriyle Ali Dağı'nı çevreleyen yayda meydana gelmiş önemli tarihi kentsel alanlardan biridir. Talas'ta tarihi kent yerleşiminin önemli sosyal ve dini yapıları ile ticaret yapıları Endürlük, Akçakaya, Zincidere, Reşadiye, Yukarı, Tablakaya, Han, Harman ve Kçüköy Mahalleleri içerisinde yer almaktadır. İlçe yerleşim karakteri itibarıyla Ali Dağı eteklerinden ovaya doğru yayılan bir dağ eteği kenti karakteri göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. a) Talas geleneksel kent dokusu (1938, Talas Belediyesi Arşivi), b) Geleneksel kent dokusunun bugünkü görünümü (Orijinal)
Figure 4.a) Traditional urban pattern of Talas (1983, Talas Municipality Archive), b) Today's view of traditional urban pattern (Original)

YÖNTEM

Çalışma yöntemi; arazi çalışması ve veri toplama olmak üzere 2 aşamada yürütülmüştür.

Arazi çalışmasında alanda gözlemler yapılmış ve alanın sağladığı kültürel ekosistem servisleri fotoğraflanmıştır. Çalışmada kullanılan fotoğraflar 2021 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında çekilmiştir.

Veri toplama aşamasında literatür de yer alan kültürel ekosistem servisleri araştırılmış ve yöntemin temelini oluşturan değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Çalışma alanının kent ve kentsel yaşama sunduğu kültürel ekosistem servislerini değerlendirmek için birçok çalışmada temel alınan MEA, 2005; TEEB, 2010; CICES, 2021 tarafından belirlenen kültürel ekosistem hizmetleri sınıflandırması çalışma alanına göre uyarlanmış ve belirlenen; rekreasyon ve turizm, kültürel

kimlik, manevi hizmetler, estetik değer, kültür, sanat ve tasarım için ilham kaynağı parametreleri kullanılmıştır. Bu parametrelerin belirlenmesindeki temel sebep her çalışma alanının kendine özgü dinamiklerinin olmasıdır. Bu sebeple kullanılacak parametrelerin kapsamı ve seçim nedenleri değişkenlik göstermektedir. Çalışma alanının sağladığı kültürel ekosistem hizmetleri belirlenen parametreler çerçevesinde incelenmiştir. İnsanların duyu ve ekosistemle etkileşimi yoluyla elde ettikleri maddî olmayan faydaları değerlendirmek ve ölçmek zordur (Fish vd., 2016). Bu bağlamda çalışma alanının sağladığı kültürel ekosistem servisleri gözleme dayalı incelenmiştir. Çalışmanın gözleme dayalı yapılmasındaki temel neden ise, gözlemin kullanıcıların yaptıkları yada yapmadıklarını değil gerçek kullanımı ortaya çıkarmasıdır (Evensen vd., 2017).

Tablo 1. Çalışmada temel alınan kültürel ekosistem servisleri
Table 1. Cultural ecosystem services based on the study

MEA (2005), TEEB (2010), CICES (2021)'ten uyarlanmıştır (Holleland vd., 2017)	
PARAMETRELER	Rekreasyon ve Turizm: Rekreatif faaliyetler için kullanılan alanlar
	Kültürel Kimlik: Kültürel peyzajları oluşturan doğal ve kültürel peyzaj değerleri
	Manevi Hizmetler: Manevi ve dini açıdan önemli ve anlam ifade eden alanlar
	Estetik Değer: Karakteristik özellikleri ile dikkat çeken doğal ve kültürel peyzajlar
	Kültür, Sanat ve Tasarım için İlham Kaynağı: Yeni düşünceleri ve fikirleri teşvik eden peyzaj özellikleri. İnsanlara sanat için ilham verici değere sahip peyzaj özellikleri veya türleri

Ulusal ve uluslararası düzeyde bulunduğu bölgeye kimlik kazandıran geçmiş ile bugün arasında köprü olan tarihi kentsel dokuya sahip kentsel sit alanları, kentlilere ve ziyaretçilere farklı kültürel ekosistem servisleri sağlamaktadır. Çalışma alanının sunduğu kültürel ekosistem hizmetleri Çizelge 1'de belirlenen parametreler çerçevesinde değerlendirilmiştir

Rekreasyon ve turizm: Doğal ve kültürel peyzaj alanları kentlilere ve ziyaretçilere egzersiz yapma, dinlenme, eğlenme gibi birçok zihinsel ve fiziksel sağlığı destekleyici alan sağlar. Bu bağlamda turizmin desteklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla bu alanlar önemli bir istihdam ve gelir yaratma kaynağıdır. Ekosistemler, sosyal ilişki türlerini etkilemekte ve insanlar için bir buluşma noktası oluşturmaktadır (Kubalikova, 2020). Bu bağlamda Ali dağı eteklerinde yayılış gösteren ilçenin farklı noktalarında farklı manzara noktaları bulunmaktadır. Bu noktalardan seyir olarak tanımlanan mevkiden kentin tamamı her mevsim farklı manzaralarla gözlemlenebilmektedir. Okutan Konağı (restoran), Behçet Bey Konağı (kafe), Yaman Dede Konağı (müze) gibi birçok tarihi mekânın restore edilip yeniden işlevlendirilmesi ile birlikte bölge yeni bir kimliğe bürünmüş ve kentin cazibe noktalarından biri olmuştur. Özellikle Ali Saip Paşa Caddesi, ilçe ve kent genelinde ziyaretçiler tarafından gece ve gündüz zaman geçirmek amacıyla tercih edilmektedir. Geleneksel yerleşim

dokusunu yansıtan bu caddede yeme-içme mekânları, kafeler, kültür-sanat atölyeleri ve küçük dükkanlar yer almaktadır. Caddenin mistik havası içerisinde oluşturulan odak noktalarında ziyaretçiler özel fotoğraf çekimleri yapabilmektedir. İlçenin eteklerine konumlandığı Ali Dağı ülkemizin önemli yamaç paraşütü merkezlerinden biridir. Paraşüt iniş noktası olarak tanımlanan alan kentliler tarafından oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Ali Dağı'nın eteklerinde bulunan ve Arkeolojik sit alanı olarak tescillenen yer altı şehri ilçeyi önemli bir turizm alanına dönüştürmüştür. Çalışma alanının sunduğu bu rekreasyonel olanaklar hem yerel hem de uluslararası ziyaretçilerin kültürel ve sosyal açıdan ilişkiler kurmasına imkânlar sunmaktadır (Şekil 5).

Kültürel Kimlik: Birçok insan çevrelerinin tanınan özellikleriyle ilişkili olan, maneviyat ve yer-mekân duygusuna katkıda bulunan, sosyal kaynaşma ve aidiyet gibi gelenek-göreneklere değer verir (MEA, 2005). Bu bağlamda Çalışma alanı; farklı kültürlerden izler taşıyan sivil-mimari ve tarihi yapıları, geleneksel konut dokusu, bu dokuyu yansıtan mahalleleri, bağları gibi doğal ve kültürel peyzaj kaynak değerleri ile ziyaretçilere gerek yalnız zaman geçirebilecekleri gerek gruplar halinde etkinlikler gerçekleştirebilecekleri yer ve mekânlar sunmaktadır. Bu mekânlar bazen bir sokak bazen bir manzara noktası olabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 5. Çalışma alanındaki cazibe noktalarından görünüm (1: Ali Saip Paşa Caddesi, 2: Tablakaya Mahallesi, 3: Talas Ali Dağı Yeraltı Şehri, 4: Ali Dağı Yamaç Paraşütü Pisti).
Figure 5. View from the attractions points of study area (1: Ali Saip Paşa Street, 2: Tablakaya Quarter, 3: Talas Mount Ali Underground City, 4: Paragliding Field of Mount Ali).

Manevi Hizmetler: Birçok toplum tarihi ve kültürel açıdan önemli peyzaj alanlarının korunmasına, bakımına kısacası sürdürülebilirliğine önem verir. Birçok din, ekosistemlere manevi ve dini değerler katar (CICES, 2021). Çalışma alanı tarih boyunca farklı medeniyetlerin yaşadığı bir coğrafya olmuştur. Bu medeniyetlere ait kültürel miras değerleri Akçakaya, Zincidere, Endürlük, Yukarı, Tablakaya, Reşadiye, Han, Harman ve Kçüköy Mahallelerinde yoğunlaşmış olup, bu mahallelerde bulunan ve günümüze kadar varlığını koruyabilmiş önemli sosyal, dini, ticari yapı örnekleri mevcuttur. Çalışma alanında 38 adet tescillenmiş taşınmaz kültür varlığı (camii, kilise, çeşme, okul, han, hamam, türbe vb) bulunmaktadır (Anonim, 2008). Alanda bulunan birçok ibadethane (camii, kilise) kültürel ve dini anlamda alana değer katmaktadır.

Yaman Dede Camii: 1886 yılında inşa edilen Rum Kilisesidir. Dönüştürüldükten sonra bu ismi almıştır.

Han Camii: 1889 yılında inşa edilmiş ilçenin en büyük camilerindendir.

Amerikan Koleji: Talas'ta eğitim-öğretim yapılan ve 19.yy sonlarında inşa edilmiştir.

Rüştiye Mektebi: 1869 yılında Sultan Aziz Han tarafından inşa ettirilmiştir.

Kültür, Sanat ve Tasarım için İlham Kaynağı:

Ekosistemler insanlık tarihi boyunca sanat, folklor ve mimari için önemli ilham kaynağı olmuştur ve kültürle yakından ilişkilidir (TEEB, 2010). Talas kentsel sit alanı içerisinde restorasyonu yapılan ve bugün farklı kullanım şekilleriyle devamlılığı sağlanan birçok kültürel mirasın

bulunduğu Kçüköy Mahallesi, Ali Saip Paşa Caddesi, Harman Meydanı gece ve gündüz sunduğu eşsiz manzaralar ile hem kullanıcılara için hem de ziyaretçilere ve estetik açıdan güzel mekânlar sunmakta, sanatsal açıdan da ilham kaynağı oluşturmaktadır.



Şekil 6. Çalışma alanının kültürel kimliğini yansıtan eşsiz değerlere sahip mekânlar (1: Eski Talas Geleneksel Konut Dokusu, 2:Yukarı Talas, 3: Geleneksel Konut Örneği, 4: Harman Meydanı).
Figure 6. Areas with unique values that reflect the cultural identity of the study area (1: Traditional Settlement Pattern of Old Talas, 2: Upper Talas, 3: Example of Traditional House, 4: Harman Square).



Şekil 7. Kayseri ve Talas'a manevi, kültürel kimlik ve rekreasyon açısından katkı sağlayan alanlar (1: Yaman Dede Camii (Eski Panaya Kilisesi), 2: Han Camii, 3: Amerikan Koleji, 4: Rüştiye Mektebi).
Figure 7. Areas that contribute to the Kayseri and Talas in terms of spiritual, cultural identity and recreation (1: Yaman Dede Mosque (Old Panaya Church), 2: Han Mosque, 3: American College, 4: Rüştiye School).



Şekil 8. Sanatsal faaliyetler için ilham verici kültürel değerler (1: Yaman Dede Camii (Eski Panaya Kilisesi), 2: Han Camii, 3: Amerikan Koleji, 4: Rüştüye Mektebi).

Figure 8. Cultural features with inspirational value to human arts (1: Yaman Dede Mosque (Old Panaya Church), 2: Han Mosque, 3: American College, 4: Rüştüye School).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Kentsel kültürel miraslar somut ve somut olmayan sayısız miras değerlerin birlikte oluşturduğu sosyal ve kültürel pratiklerden oluşmaktadır (Stephens, 2016). Yerel kimliğin oluşumunda önemli rol oynayan kentsel kültürel miras alanları; insanlar için ilgi çekici ve yaşanabilir ortamlar yaratan, insanların bu alanları ziyaret etmeleri ve farklı deneyimlerde bulunmaları için alanlar sağlayan (Timothy, 2012) ve kentsel nüfus için kilit öneme sahip (Benedict ve McMahan, 2002) kültürel ekosistem servisleri kaynaklarıdır. Bu çalışmada Kayseri ili ve yakın çevresi için bir kültürel miras noktası olan Talas ilçesi tarihi dokusunun sağladığı kültürel ekosistem hizmetleri irdelenmiştir. Bu bağlamda Talas tarihi kent dokusunun; geleneksel yerleşim dokusu, tarihi yapıları, kendine özgü doğal yerleşim formu ile çok çeşitli kültürel ekosistem servisleri sunduğu görülmüştür. Yapılan gözlemlerde eski yerleşim dokusu ve bitkilerin oluşturduğu görsel şölenin insanların rekreasyonel kullanımlarını olumlu etkilediği tespit edilmiş, alanın sahip olduğu doğal, tarihi ve kültürel miras değerleriyle, eşsiz manzaralara sahip vista noktalarıyla kültür, sanat ve tasarım için ilham kaynağı olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm kentsel ekosistemlerin rekreasyonel yönleri, belki de şehirlerdeki en değerli ekosistem hizmetidir (Sarı vd., 2020). İnsanların doğal ve kültürel peyzaj alanlarından en çok faydalandığı ekosistem hizmet grubu ise kültürel ekosistem hizmetidir (Beichler, 2015; Bertram ve

Rehdanz, 2015; Rall vd., 2017; Ko ve Son, 2018). Ancak rekreasyon ve turizm iyi yönetilmediği takdirde özellikle kültürel miras alanlarında olumsuz etkilerle sonuçlanabilir (Nordic World Heritage Foundation, 2003). Talas sahip olduğu eşsiz doğal ve kültürel peyzaj kaynak değerleri ve sunduğu rekreasyonel imkân ve olanakları ile rekreasyon ve turizm hizmetinin sağlanmasında yüksek potansiyele sahiptir. Alan kent genelinde kentli ve ziyaretçiler tarafından oldukça yoğun kullanılan bir cazibe noktasıdır. Bu potansiyeli etkileyecek olumsuz özelliklerle (ziyaretçi baskısı, gürültü kirliliği, görüntü kirliliği/kimliği yansıtmayacak şekilde yapılan çalışmalar, kentleşme vb.) sonuçlanmaması noktasında kültürel miras alanlarında tarihi ve kültürel değerleri korumayı hedefleyen (Fabos ve Ryan, 2006), çalışma alanı içerisindeki kültürel miras değerlerinin ve manzara noktalarının içinde bulunduğu ve lokasyonların belirli bir güzergâh çerçevesinde gezilmesine imkân tanıyan bir kültür yolu projesi tasarlanmalıdır. Bu proje ile belirlenecek rota güzergâhı boyunca alanın doğal, tarihi ve kültürel peyzaj değerlerini ortaya koyacak durak noktaları oluşturulmalı, bu noktalarda oturma-dinlenme alanları tasarlanmalı ve ziyaretçilere güzel zaman geçirme fırsatı sunulmalıdır. Böylece kullanıcıların ilçedeki kültürel miras alanlarının sağladığı ekosistem servislerinden tam anlamıyla yararlanması, ziyaretçi deneyimlerini zahmete değer, tatmin edici ve zevkli kılması sağlanacaktır.

Talas, çok kültürlü ve çok katmanlı tarihi yapısı ile karakteristik bir dokuya sahiptir. Bu doku tarihi süreç içerisinde farklı değişimler geçirmiş ve biçimlenmiştir. Böylece alan tarihi süreklilikte kentsel katmanlaşmanın yatay ve dikeyde yoğun şekilde görülebildiği özgün bir kentsel dokuya sahip olmuştur. Ancak çeşitli kültürlere ev sahipliği yapmış ve izlerini bugüne kadar taşımış olan çalışma alanı son yıllarda hızlı, plansız ve yoğun bir kentleşme baskısı altındadır. Oldukça yoğun ziyaretçi potansiyeline sahip alanda tarihi yapılarla iç içe geçmiş çok katlı yapılar, doğal sit alanını oluşturan falezlerde ortaya çıkan yeni ve kimliksiz yapılar alanının geleneksel özgün niteliklerini tehdit etmektedir. Ekosistem servislerinin devamlılığının sağlanabilmesi ve insanların bu servislerden verimli şekilde yararlanması için doğru stratejilerin belirlenmesi (Karaşah, 2020), kültürel peyzaj potansiyelinin kapsamlı tanıtılması gerekmektedir (Gülçin, 2020). Örneğin; alan genelinde tarihi ve kültürel değeri yüksek, terk edilmiş ve virane yapıların varlığı dikkat çekmektedir. Bu yapıların yok olmadan restorasyonları yapılmalı ve tarihi kent dokusuna kazandırılmaları gerekmektedir. Bu noktada temel amaç kültürel mirasın korunması olup, bütün planlamalar ve alan yönetimi bu mirasın korunmasına yönelik gerçekleştirilmelidir. Bu bağlamda tarihi dokunun yoğun olduğu Eski Talas'ın kentsel kültürel miras çerçevesinde tanıtımının iyi ve

kapsamlı yapılması, restorasyon çalışmalarının tek yapı ölçeğinde değil de bütüncül ele alınması gerekmektedir. Böylece kültürel ekosistem servislerinin etkin bir şekilde sürdürülebilirliği sağlanacaktır.

Sonuç olarak kentsel kültürel miras alanlarının sağladığı ekosistem servislerinin devamlılığının sağlanması için doğru alan planlama ve yönetim kararlarının alınması ve uygulanması gerekmektedir. Bu noktada kültürel ekosistem servislerinin doğru irdelenerek kentsel kültürel miras alanlarındaki mevcut potansiyel oraya konmalı ve mevcut uygulamaları izleyen bir alan yönetim programı hazırlanmalıdır. Kentsel kültürel miras alanlarında geleneksel yaşam şekli doğru anlaşılacak kültürel özellikler günümüz kentleşmesine entegre edilmelidir. Bu entegrasyon gelecekteki kentsel büyüme planlaması için karar verme sürecini geliştirmeye yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Albayrak Kılıçaslan, Ş.B. & Ulus, A. (2021).** Kentsel Peyzajlarda Kültürel Ekosistem Hizmetleri Algıları: Amasya Yeşilirmak Kıyısı Örneği, *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, **11** (23), 1-14. <https://doi.org/10.16950/iujad.807492>
- Anonim. (2003).** Kayseri-Talas Koruma Amaçlı İmar Planı Revizyonu Plan Açıklama Raporu. https://www.kaymimod.org/images/didosya/20210408141033_0.pdf (Erişim: 15.07.2021)
- Anonim. (2018).** Tarihi çevre koruma. <http://www.ibb.gov.tr/enUS/Organization/Birimler/TarihiCevreKorumaMd/Documents/yonetmelik.doc> (Erişim: 15.07.2021)
- Beichler, S.A. (2015).** Exploring the link between supply and demand of cultural ecosystem services - towards an integrated vulnerability assessment, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, **11**(3), 250-263. <https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1059891>
- Benedict, M.A. & McMahon, E.T. (2002).** Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, **20**, 12-17. Record URL: <http://www.sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf>
- Bertram, C. & Rehdanz, K. (2015).** Preferences for cultural urban ecosystem services: Comparing attitudes, perception, and use, *Ecosystem Services*, Elsevier, **12**, 187-199. DOI: [10.1016/j.ecoser.2014.12.011](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.011)
- Birol, G. (2007).** Bir kentin kimliği ve kervansaray oteli üzerine bir değerlendirme. *Arkitekt Dergisi*, sayı **514**, 46-54
- Blake, J. (2015).** *International Cultural Heritage Law*. Oxford: Oxford University Press
- Brown, J. & MacLeod, N. (2011).** A site-based approach to delivering rangeland ecosystem services. *Rangeland J.* **33**, 99-108. DOI: [10.1071/RJ11006](https://doi.org/10.1071/RJ11006)
- Büyükmihçı, G., Yılmaz Bakır, N. & Eldek, H., (2009).** Talas (Kayseri) kentsel kültür varlıkları envanteri (2007-2009), *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, **7**, 25-44
- Chan, K.M.A., Satterfield, T. & Goldstein, J. (2012).** Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecological Economics*, **74**, 8-18. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2011.11.011](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.11.011)
- Christensen, A.L. (2011).** *Kunsten a bevare. Om kulturminnevern og fortidsinteresse i Norge [The art of preservation. About cultural heritage management and the interest for the past in Norway]*. Oslo: Pax forlag AS.
- Choay, F. (2001).** *The Invention of the Historic Monument. Allégorie du patrimoine*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CICES. (2021).** “Structures of CICES.” <http://cices.eu/cices-structure/> (Erişim: 16.08.2021)
- Evensen, K., Nordh, H. & Skaar, M. (2017).** Everyday use of urban cemeteries: a Norwegian case study. *Landscape Urban Planning*, **159**, 76-84. DOI: [10.1016/j.landurbplan.2016.09.019](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.019)
- Fábos, J.G. & Ryan, R.L. (2006).** An introduction to greenway planning around the world. *Landscape and Urban Planning*, **76**(1), 1-6. DOI: [10.1016/j.landurbplan.2004.09.028](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.09.028)
- Fish, R., Church, A. & Winter, M. (2016).** Conceptualising cultural ecosystem services: a novel framework for research and critical engagement. *Ecosystem Services*, **21**, 208-217. DOI: [10.1016/j.ecoser.2016.09.002](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.002)
- Forrest, C. (2010).** *International Law and the Protection of Cultural Heritage*. London: Routledge.
- Gülçin, D. (2020).** Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya verileri kullanılarak haritalanması: Datça yarımadası örneği, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, **21**(4), 407-416. DOI: [10.18182/tjf.808414](https://doi.org/10.18182/tjf.808414)
- Haines-Young, R. & Potschin, M. (2013).** *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4*, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/ IEA/09/003.
- Hartig, T., Mitchell, R. & De Vries, S. (2014).** Nature and health. *Annual Review of Public Health*, **35**, 207-228. DOI: [10.1146/annurev-publhealth-032013-182443](https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443)
- Hølleland, H., Skrede, J. & Bech Holmgaard, S. (2017).** Cultural Heritage and Ecosystem Services: A Literature Review, *Conservation and Management of Archaeological Sites*, **19**(3), 210-237. DOI: [10.1080/13505033.2017.1342069](https://doi.org/10.1080/13505033.2017.1342069)
- Holme, J. (2005).** Kulturminnevern: lov, forvaltning, håndhevelse. B.2: Kulturminneloven med kommentarer [Cultural Heritage Management: Law, Management and Enforcement. Part 2: The Cultural Heritage Act with Comments]. Oslo: Økokrim

- Karaşah, B. (2020).** Kentsel Yeşil Altyapıların Önemli Bir Bileşeni Olan Kent Ormanlarının Sağladığı Ekosistem Servisleri “Kafkasör Kent Ormanı Örneği”. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(4), 668-675. DOI: 10.35229/jaes.796515
- Ko, H. & Son, Y. (2018).** Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: A case study in Gwacheon, Republic of Korea, *Ecological Indicators, Elsevier*, 91, 299-306. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.04.006
- Kubalíková, L. (2020).** "Cultural Ecosystem Services of Geodiversity: A Case Study from Stránská skála (Brno, Czech Republic)" *Land*, 9(4), 105. DOI: 10.3390/land9040105
- Kurtar, C. & Somuncu, M. (2013).** Kentsel Kültürel Mirasın Korunması ve Sürdürülebilirliği: Ankara Hamamönü Örneği, *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 35-47.
- MEA. (2005).** Ecosystems and human well-being synthesis. Island Press. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Nordic World Heritage Foundation, (2003).** *Cultural Heritage Management and Tourism*. www.nwhf.no.
- Nafziger, J.A.R. (2012).** *Cultural Heritage Law*. Vol. 2. International law. Cheltenham: Edward Elgar
- Nafziger, J.A.R. & Kirkwood, R. (2014).** *Handbook on the Law of Cultural Heritage and International Trade*, Chapter 1: Cultural heritage law, p:18
- Nordic World Heritage Foundation (2003a).** *Cultural Heritage Management and Tourism*. www.nwhf.no
- O'Brien, L., De Vreese, R., Kern, M., Sievänen, T., Stojanova, B. & Atmis, E. (2017).** Cultural ecosystem benefits of urban and peri-urban green infrastructure across different European countries. *Urban Forestry and Urban Greening*, 24, 236-248. DOI: 10.1016/j.ufug.2017.03.002
- Rall, E., Bieling, C., Zytynska, S. & Haase, D. (2017).** Exploring city-wide patterns of cultural ecosystem service perceptions and use, *Ecological Indicators, Elsevier*, 77, 80-95. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.02.001
- Rojas, E. (2016).** *Urban Heritage For Sustainable Development, Cultur-Urban-Future*, Global Report on Culture for Sustainable Urban Development, UNESCO.
- Sarı, D., Kurt, U., Resne, Y. & Çorbacı, Ö.L. (2020).** Kent parklarında kullanılan ağaç türlerinin sağladığı ekosistem hizmetleri: Rize Mesut Yılmaz (Sahil) parkı örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(4), 541-550. DOI: 10.35229/jaes.774967
- Stephens, R. (2016).** *Culture and urban planning*. In *Bandarin, Francesco (ed.), Culture urban future: Global report on culture for sustainable urban development*.
- TEEB. (2010).** The Economics of Ecosystems & Biodiversity Mainstreaming the Economics of Nature a Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/StudyandReports/Reports/Synthesisreport/TEEBSynthesisReport202010.pdf>
- Tengberg, A., Fredholm, S., Eliasson, I., Knez, I., Saltzman, K. & Wetterberg O. (2012).** Cultural ecosystem services provided by landscapes: Assessment of heritage values and identity. *Ecosystem Services*, 2, 14-26. DOI: 10.1016/j.ecoser.2012.07.006
- Thiele, J., Albert, C., Hermes, J. & von Haaren, C. (2020).** Assessing and quantifying offered cultural ecosystem services of German river landscapes. *Ecosystem Services*, 42, 101080. DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101080
- Tırnakçı, A. (2020).** Kırsal Yerleşimlerde Geleneksel Kırsal Kültürel Peyzaj Özellikleri, *International Social Sciences Studies Journal*, 6(58), 1037-1049. DOI: 10.26449/sss.2110
- Timothy, D.J. (2011).** *Cultural Heritage and Tourism: An Introduction*. United Kingdom: Channel View Publications
- Trigger, B.G. (2006).** *A History of Archaeological Thought*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press
- Tweed, C. & Sutherland, M. (2007).** Built cultural heritage and sustainable urban development, *Landscape and Urban Planning*, 83(1), 62-69. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.05.008



Macro and Trace Element Levels of Macroalgae *Cystoseira foeniculacea* and *Gongolaria montagnei* Species from Mediterranean Region (Antalya/Turkey)

Baran AŞIKKUTLU^{1*} Emine Şükran OKUDAN²

^{1*} Selçuk University, Faculty of Science, Department of Biology, Konya, Turkey

² Akdeniz University, Faculty of Aquaculture, Department of Marine Biology, Antalya, Turkey

Geliş/Received: 10.06.2021

Kabul/Accepted: 14.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Aşikkutlu, B. & Okudan, E.Ş. (2021). Macro and Trace Element Levels of Macroalgae *Cystoseira foeniculacea* and *Gongolaria montagnei* Species from Mediterranean Region (Antalya/ Turkey). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 757-764.

Atıf yapmak için: Aşikkutlu, B. & Okudan, E.Ş. (2021). Akdeniz Bölgesi'nden (Antalya/ Türkiye) Alınan Makroalg *Cystoseira foeniculacea* ve *Gongolaria montagnei* Türlerinin Makro ve İz Element Seviyeleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 757-764.

*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2532-5517>
ID: <https://orcid.org/0000-0001-5309-7238>

*Corresponding author's:
Baran AŞIKKUTLU
Selçuk University, Faculty of Science,
Department of Biology, Konya, Turkey
✉: baranasikkutlu@selcuk.edu.tr

Abstract: Aquatic ecosystems and algae, which are the primary producers living in these areas, are the subject of many studies due to their importance. Macroalgae are indicator organisms in terms of showing the elemental composition of the region they live in. In this study, elemental analyzes of macroalgae belonging to *Cystoseira foeniculacea* and *Gongolaria montagnei* were carried out, that species collected from the coastal region of Antalya Province Serik District, which has a coast to the Mediterranean and Pearson Correlation Index (PCI) was applied to show the relationships between the results. The obtained data were compared with other studies. About macro elements, the highest value was determined as K element and the lowest value was determined as P element in *Cystoseira foeniculacea* and *Gongolaria montagnei* species. About trace elements, for *Cystoseira foeniculacea* species the highest value as Fe element and the lowest value as Mo element, for *Gongolaria montagnei* species the highest value as Fe element, and the lowest value as Cd element, were determined. According to the Pearson Correlation Index analysis, positive and negative relationships were determined between the elements. When the data obtained in our study were compared with the data of other previous studies, it was determined that the results were similar to each other.

Keywords: Element levels, macroalgae, mediterranean, PCI.

Akdeniz Bölgesi'nden (Antalya/ Türkiye) Alınan Makroalg *Cystoseira foeniculacea* ve *Gongolaria montagnei* Türlerinin Makro ve İz Element Seviyeleri

Öz: Sucul ekosistemler ve bu alanlarda yaşayan birincil üretici durumundaki algler, bu önemleri nedeniyle çok sayıda araştırmaya konu olmaktadır. Yaşadıkları alanın element kompozisyonunu göstermesi açısından makroalgler indikatör organizmalardır. Çalışmamızda, Akdeniz'e kıyısı olan Antalya İli Serik İlçesi kıyı bölgesinden toplanan *Cystoseira foeniculacea* ve *Gongolaria montagnei* türlerine ait makroalglerin element analizleri yapılmıştır ve sonuçların birbirleriyle olan ilişkilerini göstermek amaçlı Pearson Korelasyon İndeksi (PCI) uygulanmıştır. Elde edilen veriler yapılan diğer çalışmalarla kıyaslanmıştır. Makro elementler için *Cystoseira foeniculacea* ve *Gongolaria montagnei* türlerinde en yüksek değer K elementinde, en düşük değer P elementinde tespit edilmiştir. İz elementler için *Cystoseira foeniculacea* türünde en yüksek değer Fe elementinde, en düşük değer Mo elementinde, *Gongolaria montagnei* türünde en yüksek değer Fe elementinde, en düşük değer Cd elementinde tespit edilmiştir. Pearson Korelasyon İndeksi göre elementler arasında pozitif ve negatif yönde ilişkiler belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler daha önce gerçekleştirilen diğer çalışmaların verileriyle kıyaslandığında, sonuçların birbirleriyle benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

*Sorumlu yazar:
Baran AŞIKKUTLU
Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
Bölümü, Konya, Türkiye
✉: baranasikkutlu@selcuk.edu.tr

Anahtar kelimeler: Akdeniz, element seviyesi, makroalg, PCI.

INTRODUCTION

Pollution pressures occur in the marine environment, especially in areas with urban and industrial interactions (Bonanno et al., 2020). Elimination of this pollution is time consuming and expensive. The use of low-cost eco-friendly technologies to grade contaminated water sources is an important issue (Ahmadpour, 2012). Heavy metals can be found in natural conditions, but it is important to determine the difference between anthropogenic pollution and natural levels in order to determine the pollution level in the environment (Akcalı & Küçüksezgin, 2011). Heavy metals cause health problems for living creatures in the environment due to their high toxicity, cause problems in the food chain and reduce environmental quality (Cheng et al., 2019). It is important to compare chemicals in natural sources and sources under anthropogenic pressure. Examining the creatures living in the marine environment is important in terms of showing the effect of pollutants (Chakraborty et al., 2014). Metals found in environment need to be constantly monitored, evaluated and investigated. (Haghshenas et al., 2020). Since the examination of elemental accumulation in ecological environments is an important issue, many researchers are working in this field. (Al-Homaidan et al., 2021; Gümüş et al., 2021; Lin et al., 2020).

Brown algae are considered as a bioindicator of heavy metal presence in coastal waters. Comparing algae which living in different environmental conditions will guide the understanding of the environmental adaptation of these creatures against human influence (Ryabushko et al., 2017). In the coastal region where the sea and land meet, it is seen that there is an anthropogenic pressure due to the increase in the human population. Brown macroalgae belonging to the *Cystoseira* genus in the coastal region of the Mediterranean, support to the ecosystem with their high biodiversity and productivity (De La Fuente et al., 2019). In recent years, it has been observed that the *Cystoseira* genus macroalgae has decreased due to the increasing pollution in the Mediterranean (Sales et al., 2011). Algae can accumulate low levels of heavy metals and cause them to be transmitted through the food chain (Pinto et al., 2003). In addition, studies on aquaculture applications and use of macroalgae as a supplementary food source for humans or other creatures according to their biological content have recently been a remarkable field of study (Asghari, 2017; Berik, 2019; Wells, 2017; Yulianto, 2017).

Turkey's Mediterranean coasts are under the influence of eutrophication and pollution problems, especially from agriculture (Muhammed, 2020). Macroalgae has been defined as one of the biological quality elements used to define the ecological quality status of coastal waters

in Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council (EU, 2000). In our study, the brown macroalgae *Cystoseira foeniculacea* f. *latiramosa* (Ercegovic) A. Gómez Garreta, M.C. Barceló, M.A. Ribera & J.R. Lluch 2001 and *Gongolaria montagnei* (J.Agardh) Kuntze 1891 species taken in 2015 from the coastal region of Serik District of Antalya Province on the Mediterranean coast were investigated in order to determine their macro and trace element levels. The aim of our study is to evaluate the element accumulation levels by comparing the element levels detected in macroalgae taken from the region determined on the Antalya coast with the results of other studies. In addition, determining the elemental levels of macroalgae species in our study will be a supportive research for studies evaluating the use of these organisms as nutritional supplements.

MATERIAL AND METHOD

Working Area: The province of Antalya, which is our study area, is located in the southwest of Turkey and is a developed region in terms of tourism activities. Our station where the samples were collected is within the borders of Serik District and is located at 36°49'59.84"N and 31° 7'28.67"E coordinates. The satellite image of the sampling station and the region is shown in Figure 1.

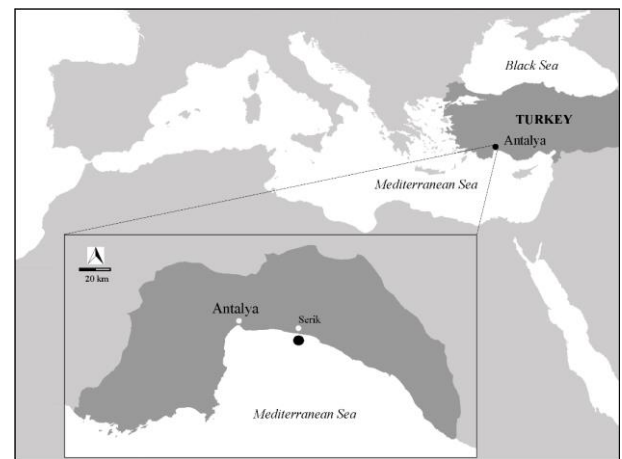


Figure 1. The satellite image of the sampling station and the region.

Collection and Identification of macroalgae: Both algae samples were collected in 2015 from the station determined in the Antalya coastal region during the periods when algae were intense. Collected samples were placed in sterile glass bottles and brought to the laboratory. Morphological identification was made with a light microscope. Algaebase site (Guiry & Guiry, 2021), study of Orlando-Bonaca & Trkov, (2020) and Sellam et al., (2017) were used for species identification of macroalgae. *Gongolaria montagnei* (J.Agardh) Kuntze 1891 species was

evaluated as a basionym of *Cystoseira montagnei* J. Agardh species (Guiry & Guiry, 2021).

Determination of macro and trace elements:

Cystoseira foeniculacea and *Gongolaria montagnei* species were first thoroughly washed with tap water, then all epiphytes, organic and mineral particles were manually removed. Samples were rinsed with distilled water and ultrapure water, respectively, then dried in an oven at 45 °C and stored in airtight boxes at room temperature until analysis (Akköz et al., 2011).

Before analysis, algae samples were placed in durable glass bottles and dried at 105 °C for 24 hours in a drying oven. 0.2 g of the dried samples were taken and 5 mL nitric acid (65% HNO₃) and 2 mL of purified water were added and allowed to stand at room temperature for 24 hours. After that samples were dissolved in microwaved. Following this process, the samples were placed in the Cem brand Mars 6 model microwave and dissolved at 180 °C for 45 minutes. The samples removed from the microwave were cooled and filtered through a 100 mm blue band filter paper, then transferred to falcon tubes and 25 mL volume was completed with deionized water (Ahmad et al., 2021; Akköz et al., 2011; Cengiz et al., 2017). Three measurement of macro and trace element concentrations were determined using

inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES, Varian Vista) according to DIN EN ISO 11885. (DIN EN ISO 11885, 2009). The wavelengths of the elements measured in the device are respectively B 249.772 nm, Ca 317.933 nm, Cd 214.439 nm, Co 238.892 nm, Cr 267.716 nm, Cu 327.395 nm, Fe 238.204 nm, K 766.491 nm, Mg 279.553 nm, Mn 257.610 nm, Mo 202.032 nm, Na 589.592 nm, Ni 231.604 nm, P 213.618 nm, Pb 220.353 nm and Zn 213.857 nm.

Statistical analysis: Pearson Correlation Index (PCI) SPSS 22 package program was used to evaluate the relationship between the parameters. (Öztürk & Akköz, 2014).

RESULTS

The macro and trace element minimum, maximum, average values and standart deviations of the ICP device measurement results of *Cystoseira foeniculacea* and *Gongolaria montagnei* brown macroalgae samples collected from the coastal region of Antalya Province Serik District in August 2015 are given in Table 1.

Table 1. Macro elements and trace elements (mg kg⁻¹ dry weight) minimum, maximum and average values of macroalgae.

Macro Elements	<i>Cystoseira foeniculacea</i>			<i>Gongolaria montagnei</i>		
	Minimum	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average
Ca	7099.65	8279.70	7841.88±527.66	9109.93	13095.07	11233.37±1637.42
K	27026.02	31020.53	28974.58±1632.21	22259.83	23230.92	22714.83±398.79
Mg	606.77	648.62	630.78±17.63	594.67	646.09	622.00±21.12
Na	6140.36	6892.86	6462.15±316.72	8104.28	8647.02	8357.51±223.05
P	311.24	327.82	316.84±7.76	335.11	401.19	370.35±27.16
Trace Elements	Minimum	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average
B	70.69	81.20	77.00±4.54	96.57	128.81	113.29±13.19
Co	0.98	1.00	1.00±0.01	0.97	1.00	0.98±0.01
Cd	0.76	0.83	0.80±0.03	BDL	BDL	BDL
Cr	0.98	1.00	1.00±0.01	0.97	1.99	1.64±0.47
Cu	1.96	2.01	1.66±0.46	5.81	6.97	6.22±0.63
Fe	225.34	343.86	289.88±48.96	467.80	865.11	667.72±162.21
Mn	21.03	24.06	22.56±1.24	37.77	53.76	46.17±6.55
Mo	BDL	BDL	BDL	0.78	0.80	0.79±0.01
Ni	0.98	2.01	1.33±0.48	2.91	4.98	3.93±0.85
Pb	6.87	8.02	7.30±0.51	7.75	9.96	8.84±0.90
Zn	2.95	4.01	3.32±0.49	5.81	7.96	6.87±0.88

BDL: Below Detection Limit

For the *Cystoseira foeniculacea* species, the highest value among the macro elements was determined as 28974.58 mg kg⁻¹ for the element K and the lowest value was determined as 316.84 mg kg⁻¹ for the P element. Among the trace elements of the same species, the highest value was found to be 289.88 mg kg⁻¹ for Fe element, and the lowest value was 0.80 mg kg⁻¹ for Cd elements, and the Mo element was determined below the device measurement range. The macro elements detected in the species are listed as K>Ca>Na>Mg>P from largest to smallest. Trace elements detected in the species are listed as Fe>B>Mn>Pb>Zn>Cu>Ni>Co=Cr>Cd>Mo from largest to smallest. For *Gongolaria montagnei* species, the highest value among macro elements was determined as 22714.83

mg kg⁻¹ for K element and the lowest value was 370.35 mg kg⁻¹ for P element. Among the trace elements of the same species, the highest value was 667.72 mg kg⁻¹ for Fe element, and the lowest value was 0.79 mg kg⁻¹ for Mo and the Cd element was determined below the device measurement range. The macro elements detected in the species are listed as K>Ca>Na>Mg>P from largest to smallest. Trace elements detected in the species are listed as Fe>B>Mn>Pb>Zn>Cu>Ni>Cr>Co>Mo>Cd from largest to smallest.

The results of the Pearson Correlation Index analysis applied to show the relationships and correlations of the parameters determined in the algae samples as a result of the ICP analysis are given in Table 2.

Table 2. The relationships between parameters determined in algae samples according to Pearson Correlation Index analysis

	Ca	K	Mg	B	Na	P	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Cd	Co	Mo
Ca	1															
K	-0.825*	1														
Mg	0.22	0.33	1													
B	0.46	-0.8	-0.4	1												
Na	0.71	-0.876*	-0.2	0.945**	1											
P	0.987**	-0.8	0.3	0.47	0.71	1										
Cr	0.933**	-0.6	0.4	0.33	0.56	0.942**	1									
Cu	0.893*	-0.966**	-0.1	0.79	0.926**	0.872*	0.74	1								
Fe	0.996**	-0.842*	0.2	0.51	0.75	0.990**	0.912*	0.918**	1							
Mn	0.968**	-0.891*	0.1	0.65	0.845*	0.963**	0.884*	0.965**	0.981**	1						
Ni	0.966**	-0.843*	0.2	0.62	0.835*	0.978**	0.870*	0.939**	0.982**	0.982**	1					
Pb	0.948**	-0.7	0.5	0.4	0.68	0.978**	0.880*	0.814*	0.956**	0.908*	0.962**	1				
Zn	0.951**	-0.879*	0.1	0.69	0.880*	0.959**	0.848*	0.966**	0.971**	0.990**	0.994**	0.928**	1			
Cd	-0.8	0.918**	0.2	-0.883*	-0.962**	-0.8	-0.7	-0.970**	-0.839*	-0.926**	-0.884*	-0.7	-0.928**	1		
Co	-0.2	0.66	0.902*	-0.7	-0.6	-0.1	-0	-0.5	-0.2	-0.3	-0.2	0.07	-0.3	0.55	1	
Mo	0.81	-0.933**	-0.2	0.885*	0.962**	0.8	0.69	0.974**	0.838*	0.924**	0.879*	0.72	0.924**	-0.999**	-0.6	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed), **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

DISCUSSION AND CONCLUSION

When we compared the data obtained in our study with other studies, calcium from the macro elements was determined as 7.84 mg g⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 11.23 mg g⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Szlag-Sikora et al., (2016) the highest mean value for calcium in the *Cystoseira barbata* species was determined as 24.83 mg g⁻¹ at Striletska station and the lowest value was 9.03 mg g⁻¹ at Sevastopolska station. In the study of Kravtsova et al., (2014) the highest mean value for calcium in the *Cystoseira barbata* species was 21.10 mg g⁻¹ in the spring, 22.60 mg g⁻¹ in the summer, the highest mean value in the *Cystoseira crinita* species was 18.10 mg g⁻¹ in the spring, 34.10 mg g⁻¹ in the summer. The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Potassium was found to be as 28.97 mg g⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 22.71 mg g⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Szlag-Sikora et al., (2016) the highest mean value for potassium in the *Cystoseira barbata* species was determined as 53.22 mg g⁻¹ at Kamyshova station, and the lowest value was 19.91 mg g⁻¹ at Pivdena station. Kravtsova et al., (2014) found that the highest mean value for potassium in *Cystoseira barbata* species was 45.40 mg g⁻¹ in spring, 22.60 mg g⁻¹ in summer, the highest mean value in *Cystoseira crinita* species was 53.70 mg g⁻¹ in spring and 46.70 mg g⁻¹ in summer. The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Magnesium was found to be as 0.63 mg g⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 0.62 mg g⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Szlag-Sikora et al., (2016) the highest mean value for magnesium in the *Cystoseira barbata* species was determined as 6.26 mg g⁻¹ at Kamyshova station and the lowest value as 4.70 mg g⁻¹ at Pishchana station. In the study of Kravtsova et al., (2014) the highest mean value for magnesium in *Cystoseira barbata* species was 6.90 mg g⁻¹ in spring, 9.30 mg g⁻¹ in summer, the highest average value in *Cystoseira crinita* species was 8.70 mg g⁻¹ in spring and

12.10 mg g⁻¹ in summer, were detected. The data obtained in our study was found to be lower than in these studies.

Sodium was determined as 6.46 mg g⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 8.36 mg g⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. Kravtsova et al., (2014) found that the highest mean value for sodium in *Cystoseira barbata* species was 11.30 mg g⁻¹ in spring, 26.60 mg g⁻¹ in summer, and the highest average value for sodium in *Cystoseira crinita* species was 20.00 mg g⁻¹ in spring and 25.30 mg g⁻¹ in summer. The data obtained in our study was found to be slightly lower than in these studies.

Phosphorus was detected as 0.32 mg g⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 0.37 mg g⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Szlag-Sikora et al., (2016) the highest mean value for phosphorus in the *Cystoseira barbata* species was determined as 1.24 mg g⁻¹ at Sevastopolska station, and the lowest value was 0.47 mg g⁻¹ at Striletska station. The data obtained in our study was found to be similar to this study.

When we compared the data obtained in our study with other studies, the trace element boron was found to be as 0.08 mg g⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 0.11 mg g⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Ak et al., (2020) the average value for boron in *Cystoseira barbata* species was determined as 0.02 mg g⁻¹. The data obtained in our study were found to be slightly higher than in this study.

Cobalt was determined as 1.00 mg kg⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 0.98 mg kg⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for cobalt in *Cystoseira barbata* species was determined as 0.50 mg kg⁻¹, and the mean value for cobalt in *Cystoseira crinita* species as 0.57 mg kg⁻¹. The data obtained in our study was found to be similar to this study. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for cobalt in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 1.78 mg kg⁻¹, at Giresun station as 2.70 mg kg⁻¹, at Espiye station as 0.90 mg kg⁻¹. The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Cadmium was found to be as 0.80 mg kg^{-1} in *Cystoseira foeniculacea* species and below the measurement range in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for cadmium in *Cystoseira barbata* species was found to be as 0.20 mg kg^{-1} , and the average value for cadmium in *Cystoseira crinita* species was 0.23 mg kg^{-1} . In the study of Akcalı & Küçüksezgin (2011) about *Cystoseira* sp. mean value for cadmium in the Canakkale/ City region as 0.09 mg kg^{-1} , in the Çanakkale/ Dardanos region as 0.05 mg kg^{-1} , in the İzmir/ Foça region as 0.06 mg kg^{-1} , in the İzmir/ Urla region as 0.08 mg kg^{-1} , in the Marmaris/ Turunç region as 0.09 mg kg^{-1} were determined. The data obtained in our study were slightly higher than these studies. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for cadmium in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 0.16 mg kg^{-1} , at Giresun station as 0.60 mg kg^{-1} , at Espiye station as 0.18 mg kg^{-1} . The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Chromium was detected as 1.00 mg kg^{-1} in *Cystoseira foeniculacea* species and 1.64 mg kg^{-1} in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Akcalı & Küçüksezgin (2011) about *Cystoseira* sp. mean value for chromium in Canakkale/ City region as 2.13 mg kg^{-1} , in Çanakkale/ Dardanos region as 4.76 mg kg^{-1} , in İzmir/ Foça region as 3.29 mg kg^{-1} , in İzmir/ Urla region as 2.65 mg kg^{-1} , in Marmaris/ Turunç region as 1.36 mg kg^{-1} were determined. The data obtained in our study was found to be similar to this study. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for chromium in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 34.90 mg kg^{-1} , at Giresun station as 34.00 mg kg^{-1} , at Espiye station as 6.81 mg kg^{-1} . The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Copper was found to be as 1.66 mg kg^{-1} in *Cystoseira foeniculacea* species and 6.22 mg kg^{-1} in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for copper in *Cystoseira barbata* species was 10.20 mg kg^{-1} , and the mean value for copper in *Cystoseira crinita* species was 4.27 mg kg^{-1} . In the study of Akcalı & Küçüksezgin (2011) for *Cystoseira* sp. mean value for copper in the Çanakkale/ City region as 6.73 mg kg^{-1} , in Çanakkale/ Dardanos region as 3.13 mg kg^{-1} , in İzmir/ Foça as 5.29 mg kg^{-1} , in İzmir/ Urla as 2.37 mg kg^{-1} , in Marmaris/ Turunç region as 5.69 mg kg^{-1} were determined. The data obtained in our study were similar to the first study, but slightly higher than the second study. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for copper in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 7.11 mg kg^{-1} , at Giresun station as 16.20 mg kg^{-1} , at Espiye station as 8.40 mg kg^{-1} . The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Iron was determined as 0.29 mg g^{-1} in *Cystoseira foeniculacea* species and 0.67 mg g^{-1} in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for iron in *Cystoseira barbata* species was 0.48 mg g^{-1} , and the mean value for iron in *Cystoseira crinita* species was 0.32 mg g^{-1} . In the study of Akcalı & Küçüksezgin (2011) about *Cystoseira* sp. mean value for iron in the species as 0.30 mg g^{-1} in Çanakkale/ City region, 0.19 mg g^{-1} in Çanakkale/ Dardanos region, 0.10 mg g^{-1} in İzmir/ Foça region, 230.00 mg g^{-1} in İzmir/ Urla region, 0.33 mg g^{-1} in Marmaris/ Turunç region, were determined. The data obtained in our study were slightly higher than these studies. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for iron in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 3.19 mg g^{-1} , at Giresun station as 4.48 mg g^{-1} , at Espiye station as 1.58 mg g^{-1} . The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Manganese was determined as 0.02 mg g^{-1} in *Cystoseira foeniculacea* species and 0.05 mg g^{-1} in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for manganese in *Cystoseira barbata* species was determined as 0.02 mg g^{-1} , and the mean value for manganese in *Cystoseira crinita* species was determined as 0.03 mg g^{-1} . The data obtained in our study were found to be slightly higher than in this study. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for manganese in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 0.06 mg g^{-1} , at Giresun station as 0.11 mg g^{-1} , at Espiye station as 0.06 mg g^{-1} . The data obtained in our study was found to be similar to this study.

Molybdenum was determined as 0.79 mg kg^{-1} in *Gongolaria montagnei* species and below the measurement range in *Cystoseira foeniculacea* species, in our study. In the study of Ak et al., (2020) the average value for molybdenum in the *Cystoseira barbata* species was determined as 0.18 mg kg^{-1} . The data obtained in our study were found to be slightly higher than in this study.

Nickel was found to be as 1.33 mg kg^{-1} in *Cystoseira foeniculacea* species and 3.93 mg kg^{-1} in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for nickel in *Cystoseira barbata* species was determined as 4.44 mg kg^{-1} , and the average value for nickel in *Cystoseira crinita* species was 4.11 mg kg^{-1} . The data obtained in our study was found to be slightly higher than in this study. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for nickel in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as $173.00 \text{ mg kg}^{-1}$, at Giresun station as $164.00 \text{ mg kg}^{-1}$, at Espiye station as 31.80 mg kg^{-1} . The data obtained in our study were found to be lower than in this study.

Lead was found to be as 7.30 mg kg⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 8.84 mg kg⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for lead in *Cystoseira barbata* species was 1.44 mg kg⁻¹, and the mean value for lead in *Cystoseira crinita* species was 0.87 mg kg⁻¹. In the study of Akcalı & Küçüksezgin (2011) about *Cystoseira* sp. mean value for lead in Çanakkale/ City region as 0.01 mg kg⁻¹, in Çanakkale/ Dardanos region as 0.002 mg kg⁻¹, in İzmir/ Foça region as 0.003 mg kg⁻¹, in İzmir/ Urla region as 0.003 mg kg⁻¹, in Marmaris/ Turunc region as 0.001 mg kg⁻¹ were determined. The data obtained in our study were found to be higher than these studies. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for lead in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 1.51 mg kg⁻¹, at Giresun station as 2.31 mg kg⁻¹, at Espiye station as 1.00 mg kg⁻¹. The data obtained in our study were found to be slightly higher than in this study.

Zinc was found to be as 3.32 mg kg⁻¹ in *Cystoseira foeniculacea* species and 6.87 mg kg⁻¹ in *Gongolaria montagnei* species in our study. In the study of Arıcı et al., (2019) the mean value for zinc in *Cystoseira barbata* species was 59.50 mg kg⁻¹, and the mean value for zinc in *Cystoseira crinita* species was 47.89 mg kg⁻¹. In the study of Akcalı & Küçüksezgin (2011) about *Cystoseira* sp. mean value for zinc in the Çanakkale/ City region as 75.50 mg kg⁻¹, in the Çanakkale/ Dardanos region as 36.90 mg kg⁻¹, in the İzmir/ Foça region as 23.80 mg kg⁻¹, in the İzmir/ Urla region as 40.50 mg kg⁻¹, in the Marmaris/ Turunc region as 51.50 mg kg⁻¹ was determined. The data obtained in our study were found to be similar to these studies. In the study of Türkmen & Aydın (2021) the mean value for zinc in *Cystoseira barbata* species was determined at Piraziz station as 24.30 mg kg⁻¹, at Giresun station as 79.50 mg kg⁻¹, at Espiye station as 31.80 mg kg⁻¹. The data obtained in our study were found to be lower than in this study.

According to PCI Table, relations between parameters at 0.05 significance level that, Ca correlated positive with Cu and negative with K. K correlated negative with Ca, Na, Fe, Mn, Ni, Zn. Mg correlated positive with Co. B correlated positive with Mo and negative with Cd. Na correlated positive with Mn, Ni, Zn and negative with K. P correlated positive with Cu. Cr correlated positive with Fe, Mn, Ni, Pb, Zn. Cu correlated positive with Ca, P, Pb. Fe correlated positive with Cr, Mo and negative with Cd, K. Mn correlated positive with Na, Cr, Pb and negative with K. Ni correlated positive with Na, Cr, Mo and negative with Cd, K. Pb correlated positive with Cr, Cu, Mn. Zn correlated positive with Na, Cr and negative with K. Cd correlated negative with B, Fe, Ni. Co correlated positive with Mg. Mo correlated positive with B, Fe, Ni. Relations between parameters at 0.01

significance level that, Ca correlated positive with P, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn. K correlated positive with Cd and negative with Cu, Mo. B correlated positive with Na. Na correlated positive with Cu, Mo, B and negative with Cd. P correlated positive with Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Ca. Cr correlated positive with Ca, P. Cu correlated positive with Fe, Mn, Ni, Zn, Mo, Na and negative with Cd, K. Fe correlated positive with Mn, Ni, Pb, Zn, Ca, P, Cu. Mn correlated positive with Ni, Zn, Mo, Ca, P, Cu, Fe and negative with Cd. Ni correlated positive with Pb, Zn, Ca, P, Cu, Fe, Mn. Pb correlated positive with Zn, Ca, P, Fe, Ni. Zn correlated positive with Mo, Ca, P, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and negative with Cd. Cd correlated positive with K and negative with Mo, Na, Cu, Mn, Zn.

It was determined that the K element showed the highest positive and negative correlation with other elements at 0.05 significance level and Zn element showed the highest positive and negative correlation with other elements at 0.01 significance level. In addition, Mg and Co elements did not show any correlation with other elements at the 0.01 significance level, also these two elements and the P element were the elements with the lowest correlation with the other elements at the 0.05 significance level. In another study, according to Gümüş (2021), physicochemical and heavy metals in the Akarçay River were analyzed by PCI and it was stated that they showed positive and negative correlations with each other.

As a result, in our study, *Cystoseira foeniculacea* and *Gongolaria montagnei* macroalgae species, which are included in brown algae were collected from the coasts of Antalya Province Serik District, because of they are bioindicators for heavy metals in aquatic ecosystems, Macro and trace element levels of algae were examined using the ICP device and the results were compared with other studies conducted in our country and in the world. In addition, the relations between the measurement results and these results are shown by Pearson Correlation Index analysis. In the macro element analysis of the samples taken from the region constituting our study area, the highest value was determined as K element and the lowest value as P element in both *Cystoseira foeniculacea* species and *Gongolaria montagnei* species. In the trace element analysis of the samples taken from the region forming our study area, the highest value was found as Fe element and the lowest value as Mo element in *Cystoseira foeniculacea* species, the highest value as Fe element and the lowest value as Cd element in *Gongolaria montagnei* species. When the data obtained in our study were evaluated in general, similar results were found in other studies. According to these results, it can be said that there is no intense element accumulation in the study area.

REFERENCES

- Ahmad, H., Zhao, L., Liu, C., Cai, C. & Ma, F. (2021).** Ultrasound assisted dispersive solid phase microextraction of inorganic arsenic from food and water samples using CdS nanoflowers combined with ICP-OES determination. *Food Chemistry*, **338**, 128028. DOI: [10.1016/j.foodchem.2020.128028](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128028)
- Ahmadpour, P., Ahmadpour, F., Mahmud, T.M.M., Abdu, A., Soleimani, M. & Tayefeh, F.H. (2012).** Phytoremediation of heavy metals: A green technology. *African Journal of Biotechnology*, **11**(76), 14036-14043. DOI: [10.5897/AJB12.459](https://doi.org/10.5897/AJB12.459)
- Ak, İ., Çankırılıgil, E.C., Türker, G. & Sever, O. (2020).** Assessment of light intensity and salinity regimes on the element levels of brown macroalgae, *Treptacantha barbata*: Application of response surface methodology (RSM). *Food Science and Technology*, (AHEAD). DOI: [10.1590/fst.25220](https://doi.org/10.1590/fst.25220)
- Akköz, C., Arslan, D., Ünver, A., Özcan, M.M. & Yılmaz, B. (2011).** Chemical composition, total phenolic and mineral contents of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Kütz. and *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. seaweeds. *Journal of Food Biochemistry*, **35**(2), 513-523. DOI: [10.1111/j.1745-4514.2010.00399.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00399.x)
- Akcalı, I. & Küçüksezgin, F. (2011).** A biomonitoring study: heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas. *Marine Pollution Bulletin*, **62**(3), 637-645. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2010.12.021](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.12.021)
- Al-Homaidan, A.A., Al-Ghanayem, A.A., Al-Qahtani, H.S., Al-Abbad, A.F., Alabdullatif, J.A., Alwakeel, S.S. & Ameen, F. (2021).** Effect of sampling time on the heavy metal concentrations of brown algae: A bioindicator study on the Arabian Gulf coast. *Chemosphere*, **263**, 127998. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2020.127998](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127998)
- Arıcı, E., Bat, L. & Yıldız, G. (2019).** Comparison Of Metal Uptake Capacities Of The Brown Algae *Cystoseira barbata* and *Cystoseira crinita* (Phaeophyceae) Collected In Sinop, Turkey. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, **28**(1), 05-17.
- Asghari, S., Salarzadeh, A.R., Rohani, K., Yahyavi, M. & Mohammadzadeh, F. (2017).** Fatty acid profile of wild and farmed sandworms, *Perinereis nuntia*, in the coast of Bandar Abbas, Iran. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **17**(5), 1049-1053. DOI: [10.4194/1303-2712-v17_5_21](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_5_21)
- Berik, N. & Cankırılıgil, E.C. (2019).** The elemental composition of green seaweed (*Ulva rigida*) collected from Çanakkale, Turkey. *Aquatic Sciences and Engineering*, **34**(3), 74-79. DOI: [10.26650/ASE2019557380](https://doi.org/10.26650/ASE2019557380)
- Orlando-Bonaca, M. & Trkov, D. (2020).** After more than forty-five years a new finding of *Cystoseira foeniculacea* f. *latiramosa* in the coastal sea of Slovenia. *Annales, Series Historia Naturalis*, **30**(2), 233-238. DOI: [10.19233/ASHS.2020.28](https://doi.org/10.19233/ASHS.2020.28)
- Bonanno, G., Veneziano, V. & Piccione, V. (2020).** The alga *Ulva lactuca* (Ulveae, Chlorophyta) as a bioindicator of trace element contamination along the coast of Sicily, Italy. *Science of The Total Environment*, **699**, 134329. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.134329](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134329)
- Cengiz, M.F., Kilic, S., Yalcin, F., Kilic, M. & Yalcin, M. G. (2017).** Evaluation of heavy metal risk potential in Bogacayi River water (Antalya, Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, **189**(6), 248. DOI: [10.1007/s10661-017-5925-3](https://doi.org/10.1007/s10661-017-5925-3)
- Chakraborty, S., Bhattacharya, T., Singh, G. & Maity, J.P. (2014).** Benthic macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in the marine environments: A biomonitoring approach for pollution assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **100**, 61-68. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2013.12.003](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.12.003)
- Cheng, S.Y., Show, P.L., Lau, B.F., Chang, J.S. & Ling, T.C. (2019).** New prospects for modified algae in heavy metal adsorption. *Trends in Biotechnology*, **37**(11), 1255-1268. DOI: [10.1016/j.tibtech.2019.04.007](https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.04.007)
- De La Fuente, G., Asnaghi, V., Chiantore, M., Thrush, S., Povero, P., Vassallo, P., Petrillo, M. & Paoli, C. (2019).** The effect of *Cystoseira* canopy on the value of midlittoral habitats in NW Mediterranean, an emergy assessment. *Ecological Modelling*, **404**, 1-11. DOI: [10.1016/j.ecolmodel.2019.04.005](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.04.005)
- DIN EN ISO 11885. (2009).** Water quality Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)(ISO 11885: 2007); *German version EN ISO, 2009*, 11885.
- EU. (2000).** Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council, of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*.
- Guiry M.D. & Guiry G.M. (2021).** AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 06 June 2021.
- Gümüş N.E. (2021).** Determination Of Water Quality And Heavy Metal Pollution Of Akarçay Stream (Afyonkarahisar). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **6**(1), 120-127. DOI: [10.35229/jaes.839147](https://doi.org/10.35229/jaes.839147)
- Gümüş, N. E., Aşıkutlu B., Kesinkaya, H.B. & Akköz, C. (2021).** Comparison Of Heavy Metal Absorption Of Some Algae Isolated From Altınapa Dam Lake (Konya). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **6**(1), 50-56. DOI: [10.35229/jaes.809876](https://doi.org/10.35229/jaes.809876)
- Haghshenas, V., Kafaei, R., Tahmasebi, R., Dobaradaran, S., Hashemi, S., Sahebi, S., Sorial, G.A. & Ramavandi, B. (2020).** Potential of green/brown algae for monitoring of metal (loid) s pollution in the coastal seawater and sediments of the Persian Gulf: ecological and

- health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, **27**(7), 7463-7475. DOI: [10.1007/s11356-019-07481-0](https://doi.org/10.1007/s11356-019-07481-0)
- Kravtsova, A., Milchakova, N. & Frontasyeva, M. (2014).** Elemental accumulation in the Black Sea brown algae *Cystoseira* studied by neutron activation analysis. *Ecological Chemistry and Engineering S*, **21**(1), 9-23. DOI: [10.2478/eces-2014-0001](https://doi.org/10.2478/eces-2014-0001)
- Lin, Z., Li, J., Luan, Y. & Dai, W. (2020).** Application of algae for heavy metal adsorption: A 20-year meta-analysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **190**, 110089. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2019.110089](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110089)
- Muhammed, E.A. (2020).** The Problem of Environmental Pollution In The Mediterranean Sea Along The Coast of Turkey. *Journal of Engineering Studies and Research*, **26**(2), 7-14.
- Öztürk B.Y. & Akköz, C. (2014).** Investigation of water quality of Apa Dam Lake (Çumra-Konya) and according to the evaluation of PCA. *Biodicon*, **7**(2), 136-147.
- Pinto, E., Sigaud-Kutner, T.C.S., Leitao, M.A.S., Okamoto, O.K., Morse, D. & Colepicolo, P. (2003).** Heavy metal-induced oxidative stress in algae. *Journal of Phycology*, **39**, 1008-1018.
- Ryabushko, V.I., Prazukin, A.V., Gureeva, E.V., Bobko, N.I., Kovrigina, N.P. & Nekhoroshev, M.V. (2017).** Fucoxanthin and heavy metals in brown algae of genus *Cystoseira* C. Agardh from water areas with different anthropogenic influences (Black Sea). *Marine Biological Journal*, **2**(2), 70-79. DOI: [10.21072/mbj.2017.02.2.07](https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.2.07)
- Sales, M., Cebrian, E., Tomas, F. & Ballesteros, E. (2011).** Pollution impacts and recovery potential in three species of the genus *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **92**(3), 347-357. DOI: [10.1016/j.ecss.2011.01.008](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.01.008)
- Sellam, L.N., Blanfuné, A., Boudouresque, C.F., Thibaut, T., Zahaf, C.R. & Verlaque, M. (2017).** *Cystoseira montagnei* J. Agardh and *C. spinosa* Sauvageau (Phaeophyceae, Sargassaceae): A Taxonomic Reappraisal of Misused Names, with the Proposal of *Cystoseira michaelae* Verlaque et al. nom. et stat. nov. *Cryptogamie, Algologie*, **38**(2), 133-158. DOI: [10.7872/crya/v38.iss2.2017.133](https://doi.org/10.7872/crya/v38.iss2.2017.133)
- Szelag-Sikora, A., Niemiec, M. & Sikora, J. (2016).** Assessment of the content of magnesium, potassium, phosphorus and calcium in water and algae from the Black Sea in selected bays near Sevastopol. *Journal of Elementology*, **21**(3), 915-926. DOI: [10.5601/jelem.2015.20.4.969](https://doi.org/10.5601/jelem.2015.20.4.969)
- Türkmen, M. & Aydın, T. (2021).** Seasonal and Spatial Accumulation of Heavy Metals in *Cystoseira barbata* from Northeastern Black Sea Coasts. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, **50**(4), 339-342.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E. & Brawley, S. H. (2017).** Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, **29**(2), 949-982. DOI: [10.1007/s10811-016-0974-5](https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5)
- Yulianto, H., Damai, A.A., Delis, P.C. & Elisdiana, Y. (2017).** Spatial analysis to evaluate the suitability of seaweed farming site in Lampung Bay, Indonesia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **17**(6), 1253-1261. DOI: [10.4194/1303-2712-v17_6_18](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_6_18)



Determination of Morphometric and Genetic Structure in *Salmo* Populations Inhabiting Samsun Province: A New Record for Black Sea Region

Savaş YILMAZ Melek ÖZPİÇAK* Semra SAYGIN Nazmi POLAT

Ondokuz Mayıs University, Arts and Sciences Faculty, Biology Department, Samsun, Turkey

Geliş/Received: 11.10.2021

Kabul/Accepted: 30.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

How to cite: Yılmaz, S., Özpıçak, M., Saygın, S. & Polat, N. (2021). Determination of Morphometric and Genetic Structure in *Salmo* Populations Inhabiting Samsun Province: A New Record for Black Sea Region. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 765-773.

Atıf yapmak için: Yılmaz, S., Özpıçak, M., Saygın, S. & Polat, N. (2021). Samsun Bölgesi'nde Yaşayan *Salmo* Populasyonlarının Genetik ve Morfometrik Yapısının Belirlenmesi: Karadeniz Bölgesi için Yeni Bir Kayıt. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 765-773.

 : <https://orcid.org/0000-0003-2859-4886>
*  : <https://orcid.org/0000-0003-3506-4242>
 : <https://orcid.org/0000-0002-3249-5074>
 : <https://orcid.org/0000-0001-9785-9927>

*Corresponding author's:
Melek ÖZPİÇAK
Ondokuz Mayıs University, Arts and Sciences Faculty,
Biology Department, Samsun, Turkey
✉: melek.zengin@omu.edu.tr

Abstract: This study aimed to determine genetic and morphometric characteristics of trout population in Terme Stream, a southern coastal Black Sea drainage. A total of 50 samples were used in morphometric studies and 29 traditional morphometric measurements were taken from all samples with a digital caliper. In addition to morphometric evaluations, mtDNA (cyt b and Control region), and nDNA (Gh2c1) markers were used in molecular studies, too. For molecular studies, DNA was extracted from caudal fin tissue of 10 samples. A total of 991 bp long consensus length of cyt b gene, 974 bp of Control Region and 538 bp of Gh2c1 were obtained (the accession numbers MW871594 for cyt b, MZ055401 for Control Region, and MZ055402 for Gh2c1). However, *Salmo* species from the GenBank database, and also *Salmo salar* (LC012541-outgroup) were used in phylogenetic analyses. According to the results of this study, a new record, *Salmo fahrettini*, from Black Sea Region (Terme-Salıpazarı) were described with molecular and morphometric analysis.

Keywords: Black Sea, mtDNA, morphometric, nDNA, *Salmo fahrettini*.

Samsun Bölgesi'nde Yaşayan *Salmo* Populasyonlarının Genetik ve Morfometrik Yapısının Belirlenmesi: Karadeniz Bölgesi için Yeni Bir Kayıt

Öz: Bu çalışmada, Güney Karadeniz'in kıyısız bir drenajı olan Terme Deresi'ndeki doğal alabalık populasyonunun genetik ve morfometrik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Toplamda 50 örnek morfometrik analizlerde kullanılmıştır ve dijital kumpas kullanılarak örneklerden 31 adet geleneksel morfometrik ölçüm alınmıştır. Morfometrik değerlendirmelere ilave olarak mtDNA (cyt b ve Kontrol Bölgesi) ve nDNA (Gh2c1) gen bölgeleri moleküler çalışmalarda kullanılmıştır. Moleküler çalışmalar için 10 adet örneğin kaudal yüzgeç dokularından DNA elde edilmiştir. Cyt b gen bölgesinin 991 bazlık, Kontrol Bölgesi'nin 974 ve Gh2c1 gen bölgesinin 538 baz çiftlik kısmı elde edilmiştir (Erişim numaraları: MW871594-cyt b, MZ055401-Kontrol Bölgesi ve MZ055402-Gh2c1 bölgesi). Ayrıca GenBank veri tabanından alınmış olan *Salmo* türleri ile *Salmo salar* (LC012541-Dış grup) filogenetik analizlerde kullanılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Karadeniz Bölgesi için yeni bir kayıt olan *Salmo fahrettini* moleküler ve morfometrik analizler ile tanımlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Karadeniz, mtDNA, morfometrik, nDNA, *Salmo fahrettini*.

INTRODUCTION

The basis of all biological studies is based on systematic and taxonomy. It is essential to correctly determine the systematic position of the species for the studies to be carried out. Since the beginning of Linnaean taxonomy, taxonomists have started describing and classifying species, mainly based on morphological characters (Tougaard et al., 2018). For more than a century, scientists have tried to reveal diversity by examining the

internal and external morphologies of species. In recent years with the developing technology, classical systematic is been supported by molecular studies (Sušnik et al., 2006; Turan et al., 2009; Mangit & Yerli, 2018; Ninua et al., 2018; Özpiçak & Polat, 2019; Bektas et al., 2020; Delling et al., 2020). Genetic techniques in fisheries science have revealed that many phenotypically different populations or genera are not genetically different.

It is much debated to determine the causes of phenotypic variations among populations of the same

species in terms of fisheries management and biology (Cadrin, 2000). For this reason, morphometric studies need to support with different approaches like molecular techniques. Population genetic bottleneck, geographic isolation, living environment, gene flow, and natural selection have large effects on the genetic construction of populations (Li et al., 2007). It is known that especially biogeography has a critical role in the formation of genetic isolation mechanisms. The distribution of biological diversity in the world is usually measured as the diversity of species. However, subspecies are formed mostly due to geographical isolation within the species and genetic studies have made a great contribution to subspecies diversity (Hewitt, 2004). Especially natural trout show lots of variations in this respect. These variations observed within the species confuse the studies performed.

The evolutionary relations of brown trout have been studied with molecular techniques throughout its natural range of distribution (Bernatchez, 2001). Genus *Salmo* has been divided into five main evolutionary lineages by evaluating molecular studies. These lineages have been described as Atlantic (AT), Mediterranean (ME), Marble (MA), Adriatic (AD), and Danubian (DA) by Bernatchez et al. (1992). The Black Sea Basin is accepted as the ancestral center of the Danubian lineage.

Genus *Salmo* is distributed throughout Europe, reaching southwards in Africa to Morocco (Algeria) and eastwards to the upper Amu Darya drainage in Afghanistan (Kottelat, 1997). The fact that Anatolia is a speciation center due to its geological and geomorphological location has led to the observation of many taxonomic studies on *Salmo* species. The taxonomy of brown trout is still controversial. According to the literature 16 trout species described inhabiting Turkey (Turan et al., 2009; Turan et al., 2014a; Turan et al., 2014b; Turan et al., 2017; Turan et al., 2020; Turan & Bayçelebi, 2020; Çiçek et al., 2020; Turan & Aksu, 2021; Turan et al., 2021). Despite the presence of these species in almost all cold streams and rivers in Turkey, due to their economic importance, overfishing has caused a serious decline in populations.

The aim of this study is (i) to describe trout population according to updated literature and (ii) discuss the *Salmo* diversity with molecular (mtDNA and nDNA) and morphological data in Terme Stream.

MATERIALS AND METHODS

Study Area and Sampling: Terme Stream is located by the east of Samsun in the Central Black Sea region (Turkey). It is formed by the merging of Yeşilköy, Ayazma and Çağlayan streams which was born from the northern slopes (1100-1300 m) of the Canik Mountains

(Uncu, 1995). A total of 50 individuals were collected in Terme Stream (in Salıpazarı) with an electroshocker (Figure 1).



Figure 1. *Salmo fahrettini* (Terme Stream, 199 mm SL)

After anesthesia, samples were transferred to the laboratory for morphological and molecular investigations. Identification of the specimens was conducted following literature (Kottelat & Freyhof, 2007; Turan et al., 2020). Additionally, morphological measurements were taken from samples according to literature (Kottelat & Freyhof, 2007; Delling et al., 2020). The care and use of experimental animals, sampling and analysis techniques used in this work are approved by Ondokuz Mayıs University Animal Experiments Local Ethics Committee with decree no “2017/38”.

Molecular methods: In this study 10 samples were used in genetic analysis. Caudal fin clips of each sample were conserved in 98% ethanol and stored at -20°C until DNA extraction. Total genomic DNA was extracted from 15-20 mg of caudal fin tissue by the INVITROGEN, PureLink™ Genomic DNA Tissue Kit using the following the manufacturer’s protocol.

Partial fragments of the cyt b, Control region and Gh2c1 were amplified by PCR using the following primers; 5'-CATAATTCCTGCTCGGACTTTAACC-3' and 5'-TTTAACCTCCGACCTCCGGTTTACA-3' for cyt b (Crête-Lafrenière et al., 2012); 5'-CCCAAAGCTAAAATTCTAAAT-3' and 5'-GCTTTAGTTAAGCTACGC-3' for Control region (Cortey & García-Marín, 2002); 5'-ATCGTGAGCCCAATCGACAAGCAG-3' and 5'-GGGTACTCCCAGGATTCAATCAGG-3' for Gh2c1 (Von Schalburg et al., 2008).

The PCR conditions were an initial denaturation (95 °C, 5 min for Control Region and cyt b; 94 °C, 3 min for Gh2c1) followed by 35 cycles of strand denaturation (95 °C, 1 min for Control Region; 95 °C, 40 sec for cyt b; 94 °C, 1 min and 30 sec for Gh2c1), annealing (52 °C, 1 min for Control Region, 51 °C, 40 sec for cyt b; 55°C, 2 min for Gh2c1) and DNA extension (72 °C, 1 min (Control Region), 2 min (cyt b), 3 min (Gh2c1)), then final extension (72 °C, 10 min). PCR products were visualized in 1.5% agarose low-melting point gels stained with ethidium bromide for band characterization via ultraviolet

transillumination. Sequencing was performed directly using the corresponding both forward and reverse PCR primers. Sequence analysis was carried out at the MacroGen sequencing service. Sequences were deposited in GenBank.

Nucleotide sequences were aligned with BioEdit (Hall, 1999) software. mtDNA and nDNA regions were analyzed to determine the nucleotide composition for *Salmo* population using MEGA 5 (Tamura et al., 2011). DnaSP v.5.10 were used to calculate the number of haplotypes (H), haplotype diversity (h), nucleotide diversity (π), and the average number of nucleotide substitutions (K) (Librado & Rozas, 2009). The best fit models of nucleotide substitution for cyt b, Control Region and Gh2c1 were calculated by the Akaike (AIC) and Bayesian Information Criteria (BIC) approaches in the j Model Test 0.1.1 (Posada, 2008). ML trees were used to determine phylogenetic relationships between species. In addition, evaluations were carried out for the cyt b region. ML analyses were performed using PhyML version 3.0 (Guindon & Gascuel, 2003) and using the best-fit models (TIM3+I for cyt b). ML tree was generated using 1000 bootstrap replicates to explore phylogenetic affinities of the mitochondrial lineages. Phylogenetic trees were drawn using TREEVIEW v.1.6.6 (taxonomy.zoology.gla.ac.uk/rod/treeview.html). Phylogenetic relationships were inferred using different analytical approaches, performed with PAUP version 4.0b10 (Swofford, 2003) and PHYLIP v.3.68 (Felsenstein, 1993). Maximum parsimony (MP) analysis was conducted assuming equal weightings for all characters. SplitsTree (Huson and Bryant, 2006) were used to determine the relationships between haplotypes as another approach. *Salmo* species from the GenBank database and *Salmo salar* (LC012541-outgroup) were used in analyses.

Morphological methods: After sampling, all samples were brought to Ondokuz Mayıs Ichthyological Research Laboratory for investigations. A total of 29 traditional morphometric measurements were taken from all samples. All measurements were taken on the left side of each specimen with a digital caliper by the same person according to Delling et al. (2020), and Kottelat and Freyhof (2007) (± 0.1 mm). The number of scales along the lateral line to the end of the caudal peduncle (left side), gill rakers, number of fin rays were counted under a binocular microscope because of determining descriptive characteristics according to literature.

All the variables were tested for normality and homogeneity of variance using the Kolmogorov-Smirnov, Shapiro and Levene's test respectively. Length and weight relations were determined by using the equation of Bagenal and Tesch (1978). Additionally, the t-test employed to test

whether the slopes (b) were significantly different from 3, indicating the growth type: isometric ($b=3$), positive allometric ($b>3$) or negative allometric ($b<3$). According to the measurements taken from the species, relationships of morphometric characters with total length and regression relations were calculated, measurements taken on the head were related to the head length. All the calculations were done using SPSS 21, Minitab 17.0 and the Excel software, and results were considered as significant for $P<0.05$.

RESULTS

Molecular results: In the present study, the total of 991 bp long consensus length of cyt b gene, 974 bp of Control Region and 538 bp of Gh2c1 were aligned and analyzed to determine the genetic variation. For each of the regions only one haplotype is determined. Haplotypes were recorded in GenBank database with Accession numbers MW871594 for cyt b, MZ055401 for Control Region, and MZ055402 for Gh2c1.

Average nucleotide composition of adenine (A), thymine (T), cytosine (C), guanine (G) of cyt b were examined as 24.54%, 28.84%, 31.13% and 15.49%, respectively. Haplotype diversity (h) and nucleotide diversity (π) were calculated as $h=0.808$ and $\pi=0.0330$. GenBank haplotype sequences are used as a reference and illustrating the diversity on all the range of the *Salmo* species. A comprehensive network of these new and published haplotypes is presented in Figure 3. For cyt b, pairwise sequence divergence (K2P) among species of *Salmo* species analyzed ranged from 0.00% (between *Salmo fahrettini* and *Salmo* sp. (Terme population)) to 6.58% (*S. salar* and *S. euphrataeus*). Based on the Kimura 2-parameter (K2P), overall genetic distance between *Salmo* species is 1.67%. The Control Region dataset had an aligned length of 974 bp. Average nucleotide composition of adenine (A), thymine (T), cytosine (C), guanine (G) of Control Region were examined as 30.90%, 31.62%, 23.00% and 14.48%, respectively. The growth hormone dataset had an aligned length of 538 bp. The Average nucleotide composition of adenine (A), thymine (T), cytosine (C), guanine (G) of Gh2c1 were examined as 31.93%, 28.25%, 22.12%, and 17.70%, respectively. According to ML analyses (sequences from GenBank database and data from present study were used), *Salmo* sp. population in Samsun is described as *Salmo fahrettini*, a new record for this province (Figure 2-Figure 3). Phylogenetic trees were drawn based on the cyt b gene region, as studies on Gh2c1 and the Control Region are limited in the literature.

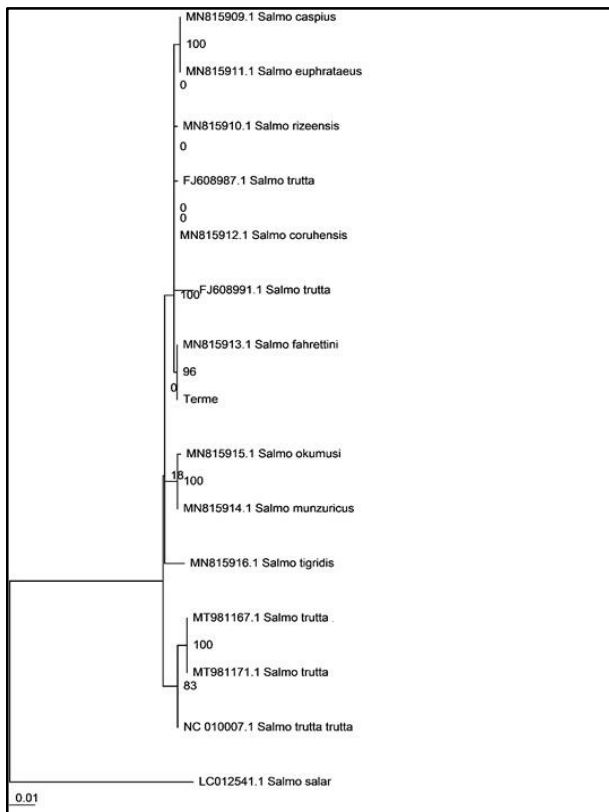


Figure 2. Maximum likelihood (ML) tree based on mitochondrial cytochrome b gene sequences of *Salmo* species in Terme Stream and Genbank data. Bootstrap values are shown above nodes on tree if 50% or higher.

Morphological results: The minimum and maximum total lengths and weights of the samples are 6.3-24.1 cm and 2.73-162.51 g, respectively. The morphometric measurements were offered in Table 1.

Length-weight relationship were calculated as $W=0.009TL^{3.078}$ ($r^2=0.992$). Analyses showed that *Salmo* sp. has isometric growth in Terme population (95% CI of $b= 2.997-3.159$) (CI: Confidence intervals). All of the morphometric measurement has significant correlation with the total length after M transformation indicating that allometric formula was effective in removing size effect from the data ($P<0.001$). Relationships between total length and morphometric characteristics were calculated with linear regression (Table 2) and measurements taken from head were related to head length.

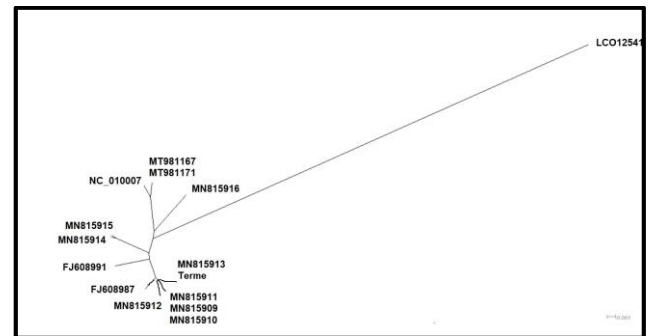


Figure 3. The tree model created using the SplitsTree program for the cytb gene region with haplotypes and outgroup (LC012541.1-*Salmo salar*).

Table 1. Morphometric data of trout population from Terme Stream

Gender	Male		S.D.	Female		Undetermined	
	Holotype	N=8		N=10	S.D	N=31	S.D
Number of specimens							
Standard length (mm)	199	83-159		74-144		49-89	
Percentages of standard length (mm)							
Head Length	25.4	25.0-31.0 (27.6)	1.9	24.3-26.9 (25.6)	0.7	23.2-29.7 (27.2)	1.4
Head Depth	17.7	14.4-18.9 (16.7)	1.8	14.2-18.1 (16.4)	1.4	12.8-19.3 (16.8)	1.4
Predorsal length	46.5	47.1-51.2 (48.9)	0.9	46.6-48.8 (47.8)	0.7	42.1-51.2 (48.3)	2.0
Postdorsal length	51.4	47.3-69.1 (57.7)	1.2	48.9-67.2 (58.1)	0.9	44.0-69.8 (58.8)	2.3
Prepectoral length	27.0	25.2-30.1 (27.4)	1.6	20.0-27.2 (25.2)	2.1	22.0-29.9 (27.2)	1.4
Postpectoral length	56.0	50.7-59.9 (55.8)	2.7	50.9-57.5 (55.2)	2.0	47.9-64.8 (54.7)	2.4
Height of dorsal fin	14.8	14.6-18.3 (16.0)	1.3	12.0-17.0 (14.7)	1.4	11.9-22.3 (16.4)	2.1
Body depth of dorsal fin origin	14.8	13.2-15.3 (14.1)	0.7	12.0-16.5 (13.6)	1.5	10.9-19.8 (13.9)	1.6
Length of pectoral fin	16.3	18.5-19.7 (19.1)	0.4	15.7-20.9 (18.5)	1.2	17.0-23.9 (20.5)	1.3
Length of anal fin base	9.8	9.2-11.2 (10.0)	0.6	8.8-11.5 (9.7)	0.8	7.6-12.5 (9.6)	1.2
Length of pelvic fin	12.9	13.9-15.7 (14.5)	0.6	12.1-15.1 (13.8)	0.9	12.2-17.2 (15.5)	1.3
Length of upper caudal fin lobe	20.5	19.1-22.8 (20.9)	1.3	19.1-24.4 (21.7)	1.9	18.4- 25.1 (22.0)	1.7
Distance between upper and lower caudal fin lobes	29.9	26.1-30.5 (27.9)	1.7	25.0-31.1 (28.5)	2.1	20.5-35.3 (28.8)	1.6
Eye diameter	5.8	5.4-7.2 (6.5)	0.6	5.6-6.7 (6.2)	0.3	5.3-8.5 (7.1)	0.8
Interorbital width	8.5	4.6-8.8 (7.4)	1.6	5.4-10.2 (7.5)	1.5	4.5-9.2 (7.0)	0.8
Internasal distance	4.2	1.7-4.2 (3.1)	0.9	2.2-3.9 (3.1)	0.5	1.3-5.0 (3.0)	0.2
Snout length	4.3	3.0-5.7 (4.4)	0.9	3.4-4.4 (3.8)	0.2	2.1-4.9 (4.1)	0.6
Premaxilla to preoperculum length	19.7	20.0-23.2 (21.4)	1.2	19.0-20.8 (17.8)	0.6	17.6-23.9 (20.4)	1.3
Distance between dorsal and caudal fin origin	35.4	35.3-51.9 (46.3)	1.2	35.4-51.9 (44.2)	2.5	32.2-55.2 (43.9)	2.1
Distance between pectoral and ventral fin	33.3	29.3-32.3 (30.8)	1.1	29.3-32.9 (30.9)	1.1	27.8-35.7 (31.3)	1.8
Distance between ventral and anal fin	23.3	18.0-22.9 (20.0)	2.7	18.6-21.8 (20.3)	0.9	16.5-22.3 (19.6)	1.2
Distance between anal and caudal fin	11.5	11.3-24.7 (20.9)	1.4	11.8-26.4 (19.3)	1.6	12.8-27.2 (19.4)	2.4
Caudal peduncle length	9.9	10.0-12.2 (11.5)	0.8	11.0-12.7 (11.7)	0.4	8.0-13.4 (11.8)	1.5
Least body depth	9.6	9.1-10.7 (9.8)	0.5	8.4-10.2 (9.5)	1.5	7.3-10.8 (9.4)	0.8
Maximum body depth	25.1	21.4-25.9 (23.3)	1.5	8.9-26.2 (22.5)	2.5	16.0-26.2 (22.3)	2.2
Length of adipose fin base	3.4	2.4-4.8 (3.4)	0.8	2.3-4.8 (3.1)	0.7	1.7-4.8 (3.5)	0.7

Table 2. Morphological characteristics taken from body and total length relationships

Characteristics	a	b	r ²	P
Fork length	-0.363	0.991	0.997	*
Standard length	-0.111	0.836	0.995	*
Head length	-1.036	1.487	0.963	*
Head depth	0.377	2.174	0.973	*
Predorsal length	-0.865	3.985	0.993	*
Postdorsal length	2.325	4.546	0.903	*
Prepectoral length	0.017	2.211	0.973	*
Postpectoral length	-0.911	4.633	0.979	*
Height of dorsal fin	1.641	1.399	0.927	*
Body depth of dorsal fin origin	-0.806	1.230	0.965	*
Length of pectoral fin	-0.763	0.883	0.956	*
Length of anal fin base	2.794	1.334	0.969	*
Length of pelvic fin	1.851	1.035	0.964	*
Length of upper caudal fin lobe	1.463	1.637	0.962	*
Distance between upper and lower caudal fin lobes	0.118	2.347	0.955	*
Eye diameter	1.064	0.449	0.917	*
Interorbital width	-0.505	0.747	0.895	*
Internasal distance	-0.813	1.155	0.806	*
Snout length	-0.565	0.181	0.925	*
Premaxilla to preoperculum length	-0.717	0.797	0.990	*
Distance between dorsal and caudal fin origin	2.881	3.365	0.818	*
Distance between pectoral and ventral fin	-1.061	2.684	0.982	*
Distance between ventral and anal fin	-2.302	1.884	0.970	*
Distance between anal and caudal fin	4.109	1.177	0.826	*
Caudal peduncle length	0.554	0.906	0.960	*
Least body depth	-0.480	0.835	0.978	*
Maximum body depth	-2.830	2.156	0.936	*
Length of adipose fin base	0.171	0.266	0.725	*

(*) P=0.000

DISCUSSION AND CONCLUSION

Salmonids include anadromous and freshwater forms. Because of the economic importance of trouts, overfishing negatively affected *Salmo* populations. There are many taxonomic studies conducted on the *Salmo* genus worldwide in the literature (Bernatchez et al., 1992; Cortey & García-Marín, 2002; Sušnik et al., 2006; Turan et al., 2009; Pustovrh et al., 2014; Splendiani et al., 2019; Segherloo et al., 2021). The combined investigation of genetic and morphological characteristics has allowed the successful recognition of new distinct taxonomic entities in recent years (Ninua et al., 2018; Delling et al., 2020).

Faunistic studies are important for biodiversity and conservation studies. Turkey is a speciation center of different fish species. Important biodiversity hotspots such as Caucasus, Iran-Anatolia and Mediterranean basin exhibit high diversity and endemism for freshwater fish (Perea et al., 2010). One of the most distinctive biogeographical features determining the biodiversity level of Anatolia is the Anatolian diagonal, which is considered to be the biogeographical boundary between the central and eastern Anatolian fauna. In the literature, it is generally accepted that Turkey started to rise in the Middle Miocene, this tectonic uplift continued during the Pliocene (Şengör et al., 1988). During the last interglacial cycle, it is suggested most of the populations or taxa isolated on both sides of the Anatolian diagonal diverged overtime under the influence of environmental factors (Gür, 2016).

Banarescu (1991) suggested that regard the Black and Caspian Sea basins as well as Anatolia as one of the most important refugia for the freshwater species. Since the *Salmo* species in Turkey may not have been affected by glaciations as much as those in the northern hemisphere, the genetic variability within them was therefore maintained (Bardakci et al., 2006). Studies in recent years have revealed a race for the identification of a species involving *Salmo* species. Some of the studies that have been carried out are only on morphometry and some are only molecular-based (Turan et al., 2014a; Turan et al., 2017; Tougard et al., 2018). Generally, new species were described in *Salmo* taxonomy with morphometric observation (Behnke, 1968; Bardakci et al., 1994; Turan et al., 2014b; Turan et al., 2017; Turan & Bayçelebi, 2020). However, it has been observed that some molecular studies conducted in recent years either support or do not support morphometric studies. Özen (2013) investigated molecular phylogeny of *Salmo* species in Turkey and stated that ecological forms do not reflect phylogenetic relationships (especially for anadromous or lake forms). Ninua et al., (2018) stated that there was not suitable evidence of the morphological separation between *S. labrax* and *S. coruhensis*. Variations in fish morphology are associated with changes in environment and temperature (Loy et al., 1996; Pakkasmaa and Piironen, 2000), feeding regime and ecological factors such as salinity (Chen et al., 2008), turbidity (Mohadasi et al., 2014) and predation risk (Loy et al., 1996) in their habitats.

Different gene regions were also used in studies such as cyt b, Control region, COI, microsatellite loci, growth hormone, or vice versa (Berrebi et al., 2019; Rossi et al., 2019; Delling et al., 2020). In this study, cyt b, Control Region and Gh2c1 regions were used, and phylogenetic evaluations were done with cyt b. Because when the literature is examined, it is seen that the Control Region and nuclear DNA gene regions of *Salmo* species examined in Turkey have not been studied. For this reason, phylogenetic trees were drawn over the cyt b.

Kalayci et al. (2018) suggested that all brown trout populations belonging to the Danubian (DA) lineage (sensu Bernatchez et al., 1992) should have nominotypical species status. Ninua et al. (2018) evaluated the phylogeography, evaluation and taxonomic status of trouts from the Ponto-Caspian drainages. According to the results of their study, southeastern Black Sea area is the most likely place of diversification and species from Black and Caspian Sea drainages are monophyletic. However, salmon taxonomy is still confusing and problematic. In recent years, there are lots of studies about biogeography, phylogeny, phylogeographic and systematic position of *Salmo* species (Bardakci et al., 2006; Sušnik et al., 2006; Kanjuh et al., 2020; Turan et al., 2020; Guinand et al., 2021). Rossi et al. (2019) investigated the genetic identification of native populations of *S. trutta* complex in central Italy and found that most of the haplotypes observed belong to the Adriatic or Mediterranean lineages. Unfortunately, the fact that the size factor is not eliminated in morphometry-based studies unfortunately causes the identification of erroneous species. In the present study, we can say that species studied which were sequenced with GenBank data were very close together (Figure 2 and Figure 3). According to the result, MN815909-*Salmo caspius* and MN815911-*Salmo euphrataeus* and also, MN815915-*Salmo okumusi* and MN815914-*Salmo munzuricus* are very close species. It is recommended by us to re-evaluate the genetic results belonging to these species.

Unfortunately, the erroneous approaches in some studies carried out for species identification have brought about literature pollution. Phenotypic plasticity and ecological adaptation have contributed to a confusing nomenclature picture and to “taxonomic inflation” (Tougaard et al., 2018). According to Çiçek et al. (2020), there are 16 *Salmo* species (including *S. trutta*) in Turkey. However, Turan et al. (2020) reported 14 *Salmo* species from the inland waters of Turkey. Guinand et al. (2021) indicated that the delimitation of trout taxa by ichthyologists was certainly first impacted by the poor awareness of phenotypic plasticity and speciation as a process, then based on species concepts based on

diagnosability, while these taxa are not reproductively isolated and contradict Mayr’s (1942) biological species concept.

The last *Salmo* species which have been described from Erzurum Province: Stream Ömertepesuyu at Palandöken is *Salmo fahrettini* (Turan et al., 2020) with molecular and morphometric data together and stated that *S. fahrettini* is most probably endemic to this area. However, in the present study, a new distribution area was determined for *S. fahrettini*. According to the results from present study, samples from Terme Stream (Salıpazarı Province-Samsun) are described as *S. fahrettini*, too. Molecular results showed that both species (*S. fahrettini* [Turan et al. (2020)] and samples in this study) were in the same haplotype group and also, there is no differences in sequence results. Additionally, morphological results in present study are similar with Turan et al. (2020) (Table 1).

According to Turan et al. (2009) *S. rizeensis* lives in the upper part of streams and rivers draining to the south and the southeastern Black Sea and *S. coruhensis* in the lower and the middle part of the streams and rivers of the same area. Nonetheless, *S. fahrettini* is described in southeastern Black Sea region. Therefore, it is expected that the trout present in this area will be one of these two species. For this reason, it is very important to know the zoogeographic characteristics and the geological development stages of the studied areas in the conducted studies. Terme Stream is located in the central part of the northern Anatolian Mountain folds, one of Turkey's tectonic units. In the formation of this region in the Quaternary period, the uplifts in the northern Anatolian Mountains and the deposits in the Black Sea basin are very important (Uncu, 1995). Also, Terme Stream was formed by Yeşildere, Ayazma and Kırğıl (Çağlayan) streams, which were born from 1100-1300 m altitudes on the north-facing slopes of Canik Mountains, near Salıpazarı (Uncu, 1995). Therefore, more detailed studies should be done about how the species cross the Anatolian diagonal, northern Anatolian Mountains line and the Canik Mountains and is found in the Terme Stream.

Diagnosis of *S. fahrettini* from other salmonids was described in Turan et al., (2020). In the present study, the general coloration of freshly preserved specimens silvery on back and flank, yellowish on the belly. There is one small black spot in the postorbital and suborbital areas, approximately equal to the pupil. Red spots numerous, ocellated, organized in four to six irregular longitudinal rows on the median part of the body and half of lower part of the flank. The number of black and red spots on flanks increases with increasing size. Morphological characteristics are compatible with Turan et al. (2020). The minimum and maximum total lengths are 63-241 mm,

standard length range in Turan et al. (2020) is 136-232 mm in males and 138-172 mm in females. It is observed that the individual with the smallest standard length among the samples caught in this study is also 49 mm. Turan et al. (2020) were stated the smallest length as 136 mm in standard length. Also, the results presented in this study show isometric growth for *S. fahrettini*. Thus, phenotypic differences and similarities between different locations of the same species can be evaluated in future studies. It is a really important point to determine the phenotypic variation caused by environmental factors (Cadrin, 2000; Özpiçak & Polat, 2019; Endo & Watanabe, 2020; Dunn et al., 2020).

In the literature, there is no study about both morphological characteristics and total length relationships and growth parameters of *S. fahrettini*. Though, Alp and Kara (2004) found isometric growth for *S. trutta macrostigma*, Yıldız (2019) found negative allometric growth for *S. coruhensis* from Artvin Province. The differences between growth can be explained by ecological parameters. Environmental conditions have an important influence on the ecology of fishes and are considered to be the principal factors in intraspecific and interspecific growth differences (Oliveira et al., 2002).

We emphasize that both mitochondrial and nuclear sequence data were used together in the present study. Combine mitochondrial, nuclear sequence and morphometric data will produce much more accurate results in the studies. Especially, evaluating morphological data in more than one region rather than a single gene region together systematics and phylogenetic relationships are complex, will prevent confusion. In this study, a new record, *S. fahrettini*, from Black Sea Region (Terme-Salipazarı) were described with molecular and morphometric analysis together. However, present study will enable to ichthyologists in planning conservation strategies for *S. fahrettini* from Terme Stream.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was financially supported by Ondokuz Mayıs University (Project No: PYO.FEN.1901.18.009).

REFERENCES

- Alp, A. & Kara, C. (2004). Length, weight and condition factors of the native brown trouts (*Salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858 and *Salmo platycephalus* Behnke, 1968) in the Ceyhan, Seyhan and Euphrates basins. *EgeJFAS*, 21, 9-15. (Article in Turkish). DOI: 10.12714/egejfas.2004.21.1.5000156960
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. (1978). *Age and growth, in Bagenal T, Methods for assessment of fish production in freshwaters*. Blackwell Science Publications, 101-136, Oxford.
- Banarescu, P., (1991). *Zoogeography of Fresh Waters*, Vol. 2. Wiesbaden: AULA-Verlag.
- Bardakci, F., Degerli, N., Ozdemir, O. & Basibuyuk, H.H. (2006). Phylogeography of the Turkish brown trout *Salmo trutta* L.: mitochondrial DNA PCR-RFLP variation. *Journal of Fish Biology*, 68(A), 36-55. DOI: 10.1111/j.0022-1112.2006.00948.x
- Bardakci, F., Tanyolac, J., Akpınar, M.A. & Erdem, U. (1994). Morphological comparison of trout (*Salmo trutta* L., 1766) populations caught from streams in Sivas. *Turkish Journal of Zoology*, 18, 1-6.
- Behnke, R. J. (1968). A new subgenus and species of trout, *Salmo (Platysalmo) platycephalus*, from southcentral Turkey, with comments on the classification of the subfamily Salmoninae. *Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst.*, 66, 1-15.
- Bektas, Y., Aksu, I., Kaya, C., Baycelebi, E., Küçük F. & Turan D. (2020). Molecular systematics and phylogeography of the genus *Alburnus* Rafinesque, 1820 (Teleostei, Leuciscidae) in Turkey. *Mitochondrial DNA Part A*, 31(7), 273-284. DOI: 10.1080/24701394.2020.1791840
- Bernatchez, L. (2001). The evolutionary history of browntrout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution*, 55, 351-379. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2001.tb01300.x
- Bernatchez, L., Guyomard, R. & Bonhomme, F. (1992). DNA sequence variation of the mitochondrial control region among geographically and morphologically remote European brown trout *Salmo trutta* populations. *Molecular Ecology*, 1, 161-173. DOI: 10.1111/j.1365-294x.1992.tb00172.x
- Berrebi, P., Barucchi, V.C., Splendiani, A., Muracciole, S., Sabatini, A., Palmas, F., Tougard, C., Arculeo, M. & Marić, S. (2019). Brown trout (*Salmo trutta* L.) high genetic diversity around the Tyrrhenian Sea as revealed by nuclear and mitochondrial markers. *Hydrobiologia*, 826(1), 209-231. DOI: 10.1007/s10750-018-3734-5
- Cadrin, S.X. (2000). Advances in morphometric identification of fisheries stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10, 91-112.
- Chen, H.L., Shen, K.N., Chang, C.W., Iizuka, Y. & Tzeng, W.N. (2008). Effects of water temperature, salinity and feeding regimes on metamorphosis, growth and otolith Sr: Ca ratios of *Megalops cyprinoides leptoccephali*. *Aquatic Biology*, 3(1), 41-50. DOI: 10.3354/ab00062
- Çiçek, E., Sungur, S. & Fricke, R., (2020). Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist 2020. *Zootaxa*, 4809(2), 241-270. DOI: 10.11646/zootaxa.4809.2.2
- Cortey, M., & García-Marín, J.L. (2002). Evidence for phylogeographically informative sequence variation in the mitochondrial control region of Atlantic brown trout. *Journal of Fish Biology*, 60 (4), 1058-1063. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb02429.x
- Crête-Lafrenière, A., Weir, L.K. & Bernatchez, L. (2012). Framing the Salmonidae family phylogenetic portrait: a more complete picture from increased

- taxon sampling. *PLoS ONE*, 7 (10), e46662. DOI: [10.1371/journal.pone.0046662](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046662)
- Delling, B., Sabatini, A., Muracciole, S., Tougard, C. & Berrebi, P. (2020).** Morphologic and genetic characterization of Corsican and Sardinian trout with comments on *Salmo* taxonomy. *Knowl Manag Aquat Ecosyst*, 421(21). DOI: [10.1051/kmae/2020013](https://doi.org/10.1051/kmae/2020013)
- Dunn, N.R., O'Brien, L.K. & Closs, G.P. (2020).** Phenotypically induced intraspecific variation in the morphological development of wetland and stream *Galaxias gollumoides* McDowall and Chadderton. *Diversity*, 12(6), 220. DOI: [10.3390/d12060220](https://doi.org/10.3390/d12060220)
- Endo, C. & Watanabe, K. (2020).** Morphological variation associated with trophic niche expansion within a lake population of a benthic fish. *PLoS ONE*, 15(4), e0232114. DOI: [0.1371/journal.pone.0232114](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232114)
- Felsenstein, J., (1993).** *Phylogeny Inference Package* (PHYLIP). Version 3.5. University of Washington, Seattle.
- Guinand, B., Oral, M. & Tougard, C. (2021).** Brown trout phylogenetics: a persistent mirage towards (too) many species. *Journal of Fish Biology*, 99(2), 298-307. DOI: [10.1111/jfb.14686](https://doi.org/10.1111/jfb.14686)
- Guindon, S. & Gascuel, O. (2003).** A simple, fast and accurate method to estimate large phylogenies by maximum-likelihood. *Systematic Biology*, 52, 696-704. DOI: [10.1080/10635150390235520](https://doi.org/10.1080/10635150390235520)
- Gür, H. (2016).** The Anatolian diagonal revisited: Testing the ecological basis of a biogeographic boundary. *Zoology in the Middle East*, 62(3), 189-199. DOI: [10.1080/09397140.2016.1226544](https://doi.org/10.1080/09397140.2016.1226544)
- Hall, T.A. (1999).** BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- Hewitt, G.M. (2004).** The structure of biodiversity—insights from molecular phylogeography. *Frontier in Zoology*, 1(1), 1-16. DOI: [10.1186/1742-9994-1-4](https://doi.org/10.1186/1742-9994-1-4)
- Huson, D.H. & Bryant, D. (2006).** Application of phylogenetic networks in evolutionary studies. *Molecular Biology and Evolution*, 23, 254-267. DOI: [10.1093/molbev/msj030](https://doi.org/10.1093/molbev/msj030)
- Kalaycı, G., Ozturk, R.C., Capkin, E. & Altinok, I. (2018).** Genetic and molecular evidence that brown trout *Salmo trutta* belonging to the Danubian lineage are a single biological species. *Journal of Fish Biology*, 93(5), 792-804. DOI: [10.1111/jfb.13777](https://doi.org/10.1111/jfb.13777)
- Kanjuh, T., Marić, A., Piria, M., Špelić, I., Maguire, I. & Simonović, P. (2020).** Diversity of brown trout, *Salmo trutta* (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae), in the danube river basin of croatia revealed by mitochondrial DNA. DOI: [10.3750/AIEP/02939](https://doi.org/10.3750/AIEP/02939) *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 50(3), 291-300.
- Kottelat, M. (1997).** European freshwater fishes: a heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologia*, 52, 1-271.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007).** *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, 646 p
- Li, D., Kang, D., Yin, Q., Sun, X. & Liang, L. (2007).** Microsatellite DNA marker analysis of genetic diversity in wild common carp (*Cyprinus carpio* L.) populations. *Journal of Genetics and Genomics*, 34, 984-993. DOI: [10.1016/S1673-8527\(07\)60111-8](https://doi.org/10.1016/S1673-8527(07)60111-8)
- Librado, P. & Rozas, J. (2009).** DnaSP v.5: A software for comprehensive analysis for DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, 25, 1451-1452. DOI: [10.1093/bioinformatics/btp187](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp187)
- Loy, A., Ciccotti, E., Ferrucci L. & Cataudella, S. (1996).** An application of automated feature extraction and geometric morphometrics: temperature-related changes in body form of *Cyprinus carpio* juveniles. *Aquacultural Engineering*, 15(4), 301-311.
- Mangit, F. & Yerli, S.V. (2018).** Systematic evaluation of the genus *Alburnus* (Cyprinidae) with description of a new species. *Hydrobiologia*, 807, 297-312. DOI: [10.1007/s10750-017-3405-y](https://doi.org/10.1007/s10750-017-3405-y)
- Mayr, E. (1942).** *Systematics and the origin of species*. New York: Columbia University Press.
- Mohadasi, M., Eagderi, S., Shabanipour, N., Hosseinzadeh, M.S., AnvariFar, H. & Khaefi, R. (2014).** Allometric body shape changes and morphological differentiation of Shemaya, *Alburnus chalcoides* (Guldenstadf, 1772), populations in the southern part of Caspian Sea using Elliptic Fourier analysis. *IJAB*, 2(3), 164-171. DOI: [10.22034/ijab.v2i3.80](https://doi.org/10.22034/ijab.v2i3.80)
- Ninua, L., Tarkhnishvili, D. & Gvazava, E. (2018).** Phylogeography and taxonomic status of trout and salmon from the Ponto-Caspian drainages, with inferences on European Brown Trout evolution and taxonomy. *Ecology and Evolution*, 8, 2645-2658. DOI: [10.1002/ece3.3884](https://doi.org/10.1002/ece3.3884)
- Oliveira, J.M., Ferreira, A.P. & Ferreira, M.T. (2002).** Intrabasin variations in age and growth of *Barbus bocagei* populations. *Journal of Applied Ichthyology*, 18, 134-139. DOI: [10.1046/j.1439-0426.2002.00333.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2002.00333.x)
- Özen, N. (2013).** Molecular phylogeny of brown trouts (*Salmo trutta* L.) in Turkey. PhD, Adnan Menderes University, Aydın, Turkey.
- Özpiçak, M. & Polat, N. (2019).** Determination of genetic structure in *Barbus tauricus* Kessler, 1877 populations inhabiting a few streams along the Black Sea Region (Turkey) inferred from mtDNA Cytochrome b gene sequence analysis. *EgeJFAS*, 36(1), 1-11. DOI: [10.12714/egejfas.2019.36.1.01](https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.1.01)
- Pakkasmaa, S. & Piironen, J. (2000).** Water velocity shapes juvenile salmonids. *Evolutionary Ecology*, 14, 721-730. DOI: [10.1023/A:1011691810801](https://doi.org/10.1023/A:1011691810801)
- Perea, S., Böhme, M., Zupančič, P., Freyhof, J., Šanda, R., Özüluğ, M., Abdoli, A. & Doadrio, I. (2010).** Phylogenetic relationships and biogeographical patterns in Circum-Mediterranean subfamily Leuciscinae (Teleostei, Cyprinidae) inferred from both mitochondrial and nuclear data. *BMC Evolutionary Biology*, 10(1), 1-27. DOI: [10.1186/1471-2148-10-265](https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-265)
- Posada, D. (2008).** jModelTest: Phylogenetic Model Averaging. *Molecular Biology and Evolution*, 25, 1253-1256. DOI: [10.1093/molbev/msn083](https://doi.org/10.1093/molbev/msn083)

- Pustovrh, G., Snoj, A., & Bajec, S.S. (2014).** Molecular phylogeny of *Salmo* of the western Balkans, based upon multiple nuclear loci. *Genetics Selection Evolution*, **46**(1), 1-12. DOI: [10.1186/1297-9686-46-7](https://doi.org/10.1186/1297-9686-46-7)
- Rossi, A.R., Petrosino, G., Milana, V., Martinoli, M., Rakaj, A. & Tancioni L. (2019).** Genetic identification of native populations of Mediterranean brown trout *Salmo trutta* L. complex (Osteichthyes: Salmonidae) in central Italy. *The European Zoological Journal*, **86**(1), 424-431. DOI: [10.1080/24750263.2019.1686077](https://doi.org/10.1080/24750263.2019.1686077)
- Şengör, A.M.C., Altiner, D., Cin, A., Ustaomer, T. & Hsu, K. J. (1998).** *Origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwana Land. In Gondwana and Tethys* (Audley-Charles MG, Hallam, A, eds), New York: Oxford University Press.
- Segherloo, I. H., Freyhof, J., Berrebi, P., Ferchaud, A. L., Geiger, M., Laroche, J., Levin, B. A., Normandeau, E. & Bernatchez, L. (2021).** A Genomic Perspective on an Old Question: *Salmo* trouts or *Salmo trutta* (Teleostei: Salmonidae)? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2021, e107204. DOI: [10.1016/j.ympev.2021.107204](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2021.107204)
- Splendiani, A., Palmas, F., Sabatini, A., & Caputo Barucchi, V. (2019).** The name of the trout: considerations on the taxonomic status of the *Salmo trutta* L., 1758 complex (Osteichthyes: Salmonidae) in Italy. *The European Zoological Journal*, **86**(1), 432-442. DOI: [10.1080/24750263.2019.1686544](https://doi.org/10.1080/24750263.2019.1686544)
- Sušnik, S., Knizhin, I., Snoj, A. & Weiss, S. (2006).** Genetic and morphological characterization of a Lake Ohrid endemic, *Salmo (Acantholingua) ohridanus* with a comparison to sympatric *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology*, **68**, 2-23. DOI: [10.1111/j.0022-1112.2006.00902.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00902.x)
- Swofford, D.L., (2003).** PAUP: Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods) Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M. & Kumar, S. (2011).** MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution*, **28**, 2731-2739. DOI: [10.1093/molbev/msr121](https://doi.org/10.1093/molbev/msr121)
- Tougaard, C., Justy, F., Guinand, B., Douzery, E.J. & Berrebi, P. (2018).** *Salmo macrostigma* (Teleostei, Salmonidae): nothing more than a brown trout (*S. trutta*) lineage? *Journal of Fish Biology*, **93**, 302-310. DOI: [10.1111/jfb.13751](https://doi.org/10.1111/jfb.13751)
- Turan, D., Kottelat, M. & Engin, S. (2014a).** Two new species of trouts from the Euphrates drainage, Turkey (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **24**(3), 275-287.
- Turan, D., Dogan, E., Kaya, C. & Kanyılmaz, M. (2014b).** *Salmo kottelati*, a new species of trout from Alakır stream, draining to the Mediterranean in southern Anatolia, Turkey (Teleostei, Salmonidae). *Zookeys*, **462**, 135-151. DOI: [10.3897/zookeys.462.8177](https://doi.org/10.3897/zookeys.462.8177)
- Turan, D., Kalaycı, G., Bektaş, Y., Kaya, C. & Baycelebi, E. (2020).** A new species of trout from the northern drainages of Euphrates River, Turkey (Salmoniformes: Salmonidae). *Journal of Fish Biology*, **96**(6), 1454-1462. DOI: [10.1111/jfb.14321](https://doi.org/10.1111/jfb.14321)
- Turan, D., Kottelat, M., & Engin, S. (2009).** Two new species of trouts, resident and migratory, sympatric in streams of northern Anatolia (Salmoniformes: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **20**(4), 333-364.
- Turan, D., Kottelat, M. & Kaya C. (2017).** *Salmo munzuricus*, a new species of trout from the Euphrates River drainage, Turkey (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, **28**(1), 55-63.
- Turan, D.T., & Bayçelebi, E. (2020).** First Record of *Salmo pelagonicus* Karaman, 1938 (Teleostei: Salmonidae) in the Karamenderes River, Turkey. *JAES*, **5**(4), 551-555. DOI: [10.35229/jaes.777776](https://doi.org/10.35229/jaes.777776)
- Uncu, L. (1995).** *Terme Çayı ile Kocamandere Havzalarında Fiziki Coğrafya Araştırmaları ve Doğal Çevre Sorunları*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Von Schalburg, K.R., Yazawa, R., De Boer, J., Lubieniecki, K.P., Goh, B. & Straub, C.A., Koop B.F. (2008).** Isolation, characterization and comparison of Atlantic and Chinook salmon growth hormone 1 and 2. *BMC Genomics*, **9**(1), 1-12. DOI: [10.1186/1471-2164-9-522](https://doi.org/10.1186/1471-2164-9-522)
- Yıldız, R. (2019).** *Sagittal otolith biometry of Çoruh trout (Salmo coruhensis Turan, Kottelat and Engin, 2010) inhabiting Çam Stream (Artvin, Turkey)*. Msc, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey.