

Su Ürünlerinde Yeni Gelişmeler

Editör
HİKMET YETER ÇOĞUN

BİDGE Yayınları

Su Ürünlerinde Yeni Gelişmeler

Editör: Prof. Dr. Hikmet Yeter Çoğun

ISBN: 978-625-6707-92-4

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2023

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	3
Vibrio Türlerinin Çanakkale Boğazı'ndaki Sayı ve Dağılımlarının Belirlenmesi	5
İbrahim Ender KÜNİLİ	5
Selin Özge DİNÇ	5
Mustafa AY	5
Fikret ÇAKIR	5
Ogün GEZEN	5
Ekonomik Deniz Hıyarı Türü Holothuria tubulosa'nın Genel Özellikleri ve Güney Marmara Denizi Popülasyonlarının Biyometrik Değişkenlerinin Belirlenmesi	24
Serhat ÇOLAKOĞLU	24
İbrahim Ender KÜNİLİ	24

Fatma ÇOLAKOĞLU	24
Akuaponik Sistemlerde Önemli Balık Türleri	47
Esin ÖZÇİÇEK.....	47
Spa (Sanal Population Analysis) Ve Vpa (Virtual Population Analysis) Stok Tahmin Yöntemleri	63
Mürşide DARTAY	63
Besleyici Elementlerin Sucul Ekositemde (Pülümür Çayı-Tunceli) İzlenmesi	86
Serdar ÇETİNDAG	86
Banu KUTLU	86
Fatma ÇEVİK.....	86
Akuaponik Sistemlerde Önemli Bitki Türleri	117
Esin ÖZÇİÇEK.....	117
Masere Udi Hindi (Aquilaria agallocha roxb.) Yağının Yüksek Yoğunlukta Stoklanan Japon Balıklarında (Carassius auratus) Antioksidan Durumuna Etkileri	132
Murat BÖRÜBAŞ	132
Volkan KIZAK.....	132
Önder AKSU	132
The Effects of The Dams Built on The Fırat River in Şanlıurfa Province on Fish Populations and Fish Production	161
Muhammed Yaşar DÖRTBUDAK	161
Zebrafish In Research On Diseases Of The Central Nervous System.....	181
Çetin YAĞCILAR.....	181
Cemal POLAT.....	181

BÖLÜM I

Vibrio Türlerinin Çanakkale Boğazı'ndaki Sayı ve Dağılımlarının Belirlenmesi

İbrahim Ender KÜNİLİ¹

Selin Özge DİNÇ²

Mustafa AY³

Fikret ÇAKIR⁴

Ogün GEZEN⁵

1.Giriş

Vibrio spp. tatlı su, nehir ağzı ve deniz ortamlarının doğal florasında bulunabilen, Gram-negatif, virgül şeklinde bakteri grubudur (Baker-Austin ve ark., 2018). *Vibrio* spp. su canlılarında hastalık (*Vibrio* (*V.*) *anguillarum* ve *V. tapetis*), insanlar için ciddi patojenite (*V. cholerae*) etmenleri olarak, hem insan hem hayvan sağlığını tehdit eden mikroorganizmalardır (*V. parahaemolyticus* ve

¹ Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi

² Arş. Gör., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi

³ Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi

⁵ Öğr. Gör., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Teknolojileri Meslek Yüksekokulu

V. vulnificus) (Farmer, 2005; Austin, 2005; Austin ve ark., 2007; Austin, 2010). Özellikle iklim değişikliğinin etkilerine bağlı olarak değişen su sıcaklıklarıyla birlikte *Vibrio* spp.'in doğal ortamlarında yayılımı ve farklı bölgelerin doğal floralarına entegre olmaya başladığı gözlenmektedir (Baker-Austin ve ark., 2017). Özellikle daha önce *Vibrio* spp. kaynaklı insan ve su canlısı hastalıklarına dair bildirimlerin yapıldığı ABD, İsrail, Kuzey ve Batı Avrupa ülkelerinde son yıllarda artan vakalar bu durumu desteklemektedir (Paz ve ark., 2007; Baker-Austin ve ark., 2013; Martinez-Urtaza, ve ark., 2013; Baker-Austin ve ark., 2016).

Akdeniz ekosistemi iklim değişiminden önemli ölçüde etkilenmekte, bu da ekosistem içinde farklı tür ve sayıda mikroorganizma dağılımlarına yansımaktadır. Örneğin, 2017 yılında, ilk olarak İspanya'da tespit edilen *Pinna nobilis* kitlesel ölümleri, *Haplosporidium pinnae* adlı iç parazit türünden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Darriba, 2017). Daha sonrasında ise İtalya ve Yunanistan kıyılarında da birer yıl ara ile ölümlerin gerçekteştiği ve bahsedilen parazite ilave olarak, bazı bakteri türlerinin de pinaların kitlesel ölümlerinde etkili olabileceği bildirilmiştir (Prado ve ark., 2020, Scarpa ve ark., 2020; Lattos ve ark., 2020). Son olarak 2021 yılında, bu parazit türünün Çanakkale Boğazı'na kadar ulaştığı ve burada gerçekteşen toplu pina ölümlerinin hem sorumlu parazitten, hem de farklı *Vibrio* spp. türleri (*V. harveyi* > *V. mediterranei* > *V. hispanicus* = *V. tubiashi* = *V. coalliilyticus*)'den kaynaklandığı belirlenmiştir (Künili ve ark., 2021). Bu çalışmanın sonuçlarında daha önce Çanakkale Boğazı ve çevresinde tespit edilmemiş tür ve sayıda *Vibrio* spp. belirlenmiştir. Önceki yıllarda *Vibrio* spp. türlerinin bu bölgede ya hiç tespit edilmediği, ya da birkaç türüne az sayıda rastlanıldığı bildirilmiştir. Yılmaz ve ark. (2005) Güney Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı'ndan indikatör deniz canlılarından ekonomik öneme sahip olan Akdeniz midyesi ile kum midyesi türlerinde *Vibrio* türlerine rastlamadıklarını bildirmiştir. Çolakoğlu ve ark. (2006) ise otel mutfakları ve perakende satış alanlarından temin ettikleri örneklerde *V. alginolyticus*, *V. vulnificus* ve *V. parahaemolyticus* türlerine

rastladıklarını bildirmişlerdir. 2010 yılında yapılan bir çalışmada ise Çanakkale kıyılarından mevsimsel olarak alınan kum midyesi örneklerinde iki kez *V. parahaemolyticus* varlığı tespit edilmiştir (Çolakoğlu ve ark., 2010).

Çanakkale Boğazı ve yakınındaki kıyı bölgelerde bildirilen bu *Vibrio* türleri ve sayılarının yakın geçmişten itibaren artmasının nedenleri arasında, yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının artarak, *Vibrio* spp. için uygun hale gelmesi veya müsilaj sonrası suyun fiziksel ve kimyasal karakteristiğindeki bazı değişimlerin mikrofloraya kalıcı etki etmesi gibi faktörler olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Akdeniz’de yapılan bir çalışmada müsilaj içinde tespit edilen *Vibrio* spp. türlerinin su kolonuna göre çok daha fazla olduğu belirlenmiş, *V. harveyi* türünün de bunlar arasında dominant olduğu bildirilmiştir (Danovaro ve ark., 2009). Müsilaj sonrası Marmara Denizinde yapılan başka bir çalışmada ise *Pinna nobilis* türlerinde görülen toplu ölümlerin *Vibrio* spp. gibi patojenler, müsilaj gibi ekolojik etkenler ve antropojenik etkilere bağlı olabileceği bildirilmekte, bölgede yapılacak çalışmalarda patojen varlığının belirlenmesi için moleküler ve/veya histolojik analizlerin ve canlılık izleme çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Acarlı ve ark., 2022). Son yıllarda Çanakkale bölgesinde *Vibrio* spp. türlerinin yanı sıra su ve su ürünlerinde diğer patojenik ve indikatör mikroorganizmaların varlığı ile özelliklerinin araştırıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. Çanakkale ili genelinde su ve su canlılarında toplam mikrobiyolojik yükün belirlendiği çalışmalar özellikle suyun mikrobiyolojik kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Bunun için ise toplam heterotrofik aerobik bakteri (THAB), *Enterobacteriaceae*, fekal koliform, fekal *Streptococcus* ve *Escherichia coli* (*E. coli*) mikroorganizma grupları ayrı ayrı veya birlikte değerlendirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2005; Çolakoğlu ve ark., 2010; Şener ve ark., 2012; Tosun ve ark., 2021). Ancak, *Vibrio* türlerinin, hem bahsi geçen mikroorganizma grupları hem de sayıca Marmara ve Karadeniz’in girişi olan Çanakkale Boğazı’nda dağılımları ile çalışmaların eksikliği özellikle müsilaj sonrasında göze çarpmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada, Çanakkale Boğazı’nda

son yıllarda varlığında artış gözlenen *Vibrio* spp. ile diğer mikroorganizma tür ve sayılarındaki değişimlerin belirlenerek, hem ekolojik, hem ekonomik, hem de gıda güvenliği perspektifinden karakterize edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için, Akdeniz midyesinin materyal olarak kullanılması ve örneklemenin yapıldığı istasyonlardan alınan su örnekleriyle karşılaştırılmalı analizler yapılması planlanmıştır. Boğaz giriş (Güney Marmara Denizi) ve çıkışı (Saroz Körfezi) bölgesine ait midye ve su örneklerinde belirlenen *Vibrio* spp. ile diğer mikroorganizmaların tür ve sayıları ise referans olarak kabul edilmiş ve diğer sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Dolayısıyla, elde edilecek veriler ile bölgesel mikrobiyal flora değişiminin nedenleri, etki eden faktörler, kontaminasyon kaynakları ve gıda güvenliği risk değerlendirmeleri yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma materyalleri Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) ve deniz suyu örneklerinden oluşmaktadır. Örnekler Ağustos-Eylül 2023 aylarında her istasyondan, 1-3 cm; 3-5 cm ve 5 cm'den büyük rastlanabilen en büyük midyelerden kompozisyon yapılarak, toplamda 150 adet olacak şekilde scuba ve serbest dalış ile toplanmıştır. Ayrıca her bölge için aynı yöntem ile yüzey altından (30-100 cm) deniz suyu örnekleme de gerçekleştirilmiştir. Örnekleme istasyonları Şekil 1'de gösterilmiş, koordinat ve istasyon isimleri Tablo 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Örneklem istasyonları

Tablo 1. Örneklem yapılan istasyonların isim ve koordinatları

İstasyon No	İstasyon Adı	İstasyon Koordinatları
1	Saroz Körfezi	40°33'194"N; 26°46'098"E
2	Abide	40°03'174"N; 26°13'444"E
3	Baykuş Feneri (Karanfil Burnu)	40°06'222"N; 26°19'420"E
4	Çardak (Kum Adası)	40°22'577"N; 26°42'374"E
5	Hamzakoy	40°24'397"N; 26°40'559"E
6	Eceabat (Kilye Koyu)	40°12'023"N; 26°21'297"E
7	İlgardere (Balıkçı Barınağı)	40°16'410"N; 26°29'382"E

8	Kilitbahir	40°08'422"N; 26°22'521"E
9	Yapıldak	40°13'557"N; 26°32'114"E
10	Çanakkale	40°08'336"N; 26°23'521"E
11	Edincik (Güney Marmara Denizi)	40°22'116"N; 27°52'015"E

Örnekleme yapılan numuneler buz aküleri ile soğutulmuş izolasyonlu örnek taşıma kutularında laboratuvara nakledilmiştir. Örnekler, ön hazırlıkları yapıldıktan sonra analize alınmıştır.

2.1. Mikrobiyolojik Analizler

2.1.1. Midye Örnekleri

Laboratuvara getirilen canlı örnekler kum, çamur ve makroorganizmalardan arındırıldıktan sonra kabuk kısımları alkollü pamuk ile temizlenmiş ve steril bıçak yardımı ile açılmıştır. Kabuklar arası sıvı ve midye etinden toplamda 10 g alınarak 90 ml peptonlu su (%2,5 NaCl ve % 1 bakteriyel pepton) içerisine tartılmıştır. Tartım işlemi sonrasında örnekler Stomacher (Seward, 400)'de 4000 rpm'de 4 dakika homojenize edilmiştir. Homojen hale getirilen örneklerin yine %2,5 NaCl içeren peptonlu su içerisine 1ml'e 9 ml olacak şekilde, 10^{-6} 'ya kadar desimal seyreltmeleri yapılarak, seyreltmelerden 1 ml alınmış aynı besiyeri bulunan 3 petriye dağıtılacak şekilde yayma plak yöntemine göre ekimler yapılmıştır (FDA-BAM, 1998). Ekimlerde kullanılacak besiyerleri, inkübasyon süre ve sıcaklıkları ise şu şekildedir;

Marine Agar (Difco): Midye içeriğinde bulunan tüm mikroorganizmaların belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Ekimi yapılan petriler 25°C'de 3 gün inkübasyona tabi tutulmuştur. Inkübasyon sonrasında farklı tipte koloni morfolojisine sahip olan

bakteri türleri, yeniden Marine Agar bulunan besiyerine tek türde bakteri olacak şekilde geçiş yapılmıştır. Geçiş yapılan petriler, 25°C’de 24 saat inkübe edilerek saflık kontrolü yapılmış ve suş kodları atanarak ön tanımlama testleri uygulanmaya başlanmıştır.

Thiosulfate Citrate Bile Sucrose (TCBS) Agar: Vibrio türlerinin sayısı ve çeşitliliğini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Ekimi yapılan petriler 30°C’de 36 saat inkübasyona tabi tutulmuş ve tüm farklı koloni morfolojisine sahip bakteri türlerinin sayısı belirlenmiştir. Bu türler seçilerek, Marine Agar bulunan besiyerine pasajlanmıştır. Pasajı yapılan petriler 25°C’de 36 saat inkübasyona tabi tutulmuş ve inkübasyon sonunda saflığı teyit edilen bakteri suşlarının ön tanımlama testleri yapılmıştır.

Endo-Agar: Enterobacteriaceae grubu bakterilerin varlığı, miktarı ve türlerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Endo agar bulunan ve ekimi yapılan petriler 35°C’de 24-36 saat inkübasyona tabii tutulmuştur. Inkübasyon sonunda koloni morfolojisinde farklılık gösteren suşlar seçilerek, yeniden Endo agara pasajlanmıştır. Pasajı yapılan bakteri suşları, 35°C’de 24 saat inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda saflığı kontrol edilen suşlar, ön tanımlama testlerine tabi tutulmuştur.

Plate Count Agar: Midye örneklerinden izole edilen, saflaştırılan ve kodları atanan suşlar için daha sonraki çoğaltma ve saklama aşamalarında Plate Count Agar (PCA) kullanılmıştır. Marine Agar ve TCBS agardan izole edilen suşlar için PCA+ %2,5 NaCl, Endo Agar’dan izole edilen suşlar için ise NaCl ilavesi olmayan PCA kullanılarak, petriler 25°C’de 24 saat inkübe edilmiştir. PCA’da saflaştırılan ve saklanan kolonilerde biyokimyasal tanımlama testleri uygulanarak tür doğrulamaları gerçekleştirilmiştir.

2.1.2. Su Örnekleri

Laboratuvara getirilen su örneklerinde mikroorganizma türlerinin çeşitliliği ve sayısının belirlenmesi amacıyla membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır (APHA, 2005). Su örneklerinin

ekimi yapılmadan önce, filtre edilmiş steril deniz suyu ile 1:1 oranında 10^{-4} 'e kadar seyreltmeleri yapılmıştır. Ekim için bu seyreltmelerden 100 ml su örneği alınarak, membran filtrasyon düzeneği ve 0.45 µl göz açıklığına sahip membran filtre kullanılarak filtrasyon yapılmıştır. Filtre işlemi sonrasında, membran filtre, Marine Agar, TCBS Agar ve Endo Agar besiyerleri bulunan petrilere yerleştirilmiştir. İnkübasyon süre ve sıcaklıkları midye ekiminde kullanılan süre ve sıcaklıklar ile aynı olarak uygulanmıştır. İnkübasyon süresi sonrasında koloni morfolojilerine göre farklılık gösteren suşlar seçilerek Marine Agar bulunan petrilere pasajlanmıştır. Pasajı yapılan suşlar yine midye örneklerinde kullanılan süre ve sıcaklıkta inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında ön tanımlama yapılarak, canlı midye örneklerinden izole edilen suşlar ile karşılaştırılmış, farklı suş tespit edilirse yeni suş kodu atanmıştır. Su örneklerindeki bakteriyel yük ve çeşitlilik midye örneklerinin bünyelerindeki yük ve çeşitlilik ile karşılaştırılarak, tutunma, depure etme ve akümülyasyon karakterleri belirlenmeye çalışılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çanakkale Boğazının, farklı iki ekosistem arasında geçiş güzergahı olması ve yapısında önemli farklılıkları barındırması nedeniyle, yapılan araştırmaların tüm boğazı kapsayacak şekilde yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında, Çanakkale Boğazı ekosistemi dışında kalan Saroz Körfezi ile Güney Marmara Denizi (Edincik) örnekleri, boğazdaki örneklerde tespit edilen değişimlerin incelenmesi amacıyla referans alanlar olarak seçilmiş ve boğaz içerisinde belirlenen dokuz ayrı istasyondan alınan örnekler ile karşılaştırılmıştır. Örnekleme ve çalışma planı, mikroorganizma değişimlerini en iyi gösteren biyoindikatör canlı olan Akdeniz midyesi ile deniz suyu örnekleri üzerinden oluşturulmuştur. Elde edilen veriler Tablo 2’de özetlenmiştir.

Toplam hetotrofik aerobik bakteri (THAB), deniz ortamında bulunan organik ve inorganik bileşiklere haiz besiyerinde, oksijenli ortamda üreyebilen tüm mikroorganizmaları temsil etmektedir. Bu

mikroorganizmaların sayısı sıcaklık, tuzluluk ve örnekleme alanındaki diğer çevresel parametrelere bağlı olarak normal kabul edilebilecek $10^1 - 10^5$ kob/ml seviyeleri aralığında değişkenlik gösterebilmektedir (Pujalte ve ark., 1999; Stabili ve Cavallo, 2011). Bu seviyeden daha fazla kültüre alınabilen mikroorganizma sayısı ise örneklerin alındığı deniz alanında muhtemel bir kontaminasyonun, dolaylı olarak akıntı ile veya doğrudan deşarj, biyolojik aktivite veya benzer başka bir kaynaktan potansiyel bir bulaşma ile olabileceğini gösterebilmektedir. Bu çalışmada referans istasyonlar olan Saroz Körfezi ve Güney Marmara Denizi (Edincik) istasyonlarında THAB sayısı su örneklerinde 10^3 ve 10^5 kob/ml seviyelerindeyken, midye örneklerinde 10^4 ve 10^6 kob/g olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). THAB sayısı Çanakkale Boğazı istasyonu midye örneklerinde ise 10^4 ve 10^7 kob/ml değerleri arasında tespit edilmiştir. Örneklerde mikrobiyal yükteki değişimin bölgeler arası denizel faaliyetlerdeki farklılıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim Çanakkale boğazında turistik ve ticari faaliyetler yaygın olarak gerçekleştirilmekte ve bölgede kıyılar oldukça aktif kullanılmaktadır (Çolakoğlu ve ark., 2019).Yapılan bir çalışmada Çanakkale ili genelinde 11 farklı istasyondan alınan midye örneklerinin mikrobiyal yüklerinin $3,6 \times 10^3$ kob/g'a kadar ulaşabildiği rapor edilirken (Tosun ve ark., 2021), Gelibolu Merkez İskele ile Çanakkale boğazının iki yakasından örnekleme yapan diğer çalışmalarda THAB sayısı $1,7 \times 10^3 - 1,6 \times 10^6$ aralığında bildirilmiştir (Kaçar, 2011; Şener ve ark., 2012). Çolakoğlu ve ark. (2010) ise mevsimsel değişimin mikrobiyal yük üzerindeki etkisini vurgulayarak, Çanakkale kıyılarından örneklenen çift kabuklu yumuşakça türlerinde (*Chamelea gallina*) ve su örneklerinde THAB sayılarının yaz aylarında 10^4 kob/g değerine kadar çıktığını, kış aylarında ise 10^2 kob/g değerine düştüğü ve bu aralıkta yıl boyu değiştiği bildirilmiştir (Çolakoğlu ve ark., 2010). Dolayısıyla, farklı çalışmalarda aynı bölgelerden toplanan midye örneklerinde farklı mikrobiyal yüke rastlanması mevsimsel değişimler ve yıla bağlı olarak bölgedeki kirlilik farklarıyla ilişkilendirilebilmektedir.

Tablo 2. Örneklerde tespit edilen mikrobiyal yükün istasyonlara göre dağılımı

İstasyon	Midye Örnekleri (kob/g)			Su Örnekleri (kob/ml)		
	THMB	Vibrio spp.	Entb.*	THMB	Vibrio spp.	Entb.*
Saroz Körfezi	1,06x10 ⁴	<10	<10	2,5x10 ³	1,0x10 ¹	2,0x10 ¹
Abide	4,7x10 ⁶	1,7x10 ³	2,3x10 ⁴	6,0x10 ⁴	7,2x10 ²	3,6x10 ²
Baykuş Feneri	5,0x10 ⁷	9,0x10 ²	1,5x10 ⁶	7,2x10 ⁶	1,2x10 ²	5,4x10 ⁵
Çardak	2,3x10 ⁷	2,5x10 ³	7,6x10 ⁵	5,6x10 ⁶	1,2x10 ³	6,0x10 ⁴
Hamzakoy	2,5x10 ⁵	1,0x10 ³	8,0x10 ³	5,1x10 ⁴	1,9x10 ²	6,5x10 ²
Eceabat	3,3x10 ⁶	7,0x10 ²	2,5x10 ⁴	5,2x10 ⁵	3,6x10 ²	7,4x10 ²
İlgardere	3,3x10 ⁵	9,0x10 ²	1,9x10 ⁴	6,3x10 ⁴	5,3x10 ²	4,9x10 ²
Kilitbahir	1,1x10 ⁷	1,8x10 ³	8,4x10 ⁶	3,5x10 ⁵	6,0x10 ²	1,3x10 ²
Yapıldak	2,8x10 ⁴	1,4x10 ³	8,3x10 ⁴	5,3x10 ³	3,6x10 ²	1,3x10 ²
Çanakkaile	1,4x10 ⁵	1,3x10 ³	4,6x10 ⁴	6,4x10 ⁴	2,1x10 ²	5,2x10 ³
Edincik	4,8x10 ⁶	<10	<10	2,5x10 ⁵	4,0x10 ¹	1,8x10 ¹

*Entb: *Enterobacteriaceae*

Vibrio spp. türleri genel olarak subtropik ve tropik iklimlerin hakim olduğu denizlerde yaygın bulunmaktadır. *Vibrio* spp. su ürünleri açısından önemli bakteriler olup, *Vibrio* türlerini içeren su ürünleri ile temas veya bu ürünleri tüketim insan sağlığı açısından risk oluşturabilmektedir. Akdeniz’de yapılan birçok çalışmada *Vibrio* spp. varlığına rastlanmış sayı ve çeşitlilik açısından değerlendirilmiştir (Vezzulli ve ark., 2009; Pedrotti ve ark., 2022; Triga ve ark., 2023; Bukha ve ark., 2023; Arab ve ark., 2023). Çanakkale Boğazı ise, Akdeniz’in uzantısı olmasına rağmen, Karadeniz ve Marmara denizlerinin etkisi altında karakteristik olarak su sıcaklığı ve tuzluluk açısından farklılıklar göstermektedir. İklim değişimi nedeniyle, bu farklılıkların azalabileceği düşünülmektedir. Zira, Akdeniz endemik türü olan pina popülasyonlarında toplu ölümleri bir parazit türü ile ilişkilendirilerek 2017 yılında İspanya’da başlamış, en son 2021 yılında Çanakkale Boğazı’nda da görülmüştür. Akdeniz’in son uzantısı olan Çanakkale Boğazı’nda pina ölümlerinin ardında ise bazı parazit türlerinin yanı sıra, daha önce bu bölgelerden rapor edilmemiş *Vibrio* türlerinin varlığı ve aktivitelerinin olabileceği vurgulanmıştır (Künili ve ark., 2021). Bu çalışmada referans örnekleme alanlarını temsil eden Saroz Körfezi ve Edincik istasyonları su örneklerinde *Vibrio* spp. 1×10^1 ve 4×10^1 kob/ml olarak belirlenirken, midye örneklerinde *Vibrio* spp. türü mikroorganizmalara rastlanmamıştır. Çalışmamıza benzer şekilde, Marmara Denizinden (Gelibolu Bölgesi) örneklenen kum midyesi (*Venus gallina*) ve kara midyelerde (*M. galloprovincialis*) *V. cholera* ve *V. parahaemolyticus* varlığını belirlemeye yönelik yapılan analizlerde bu mikroorganizmaların varlığı tespit edilememiştir (Yılmaz ve ark., 2005). İrkin ve ark. (2007) ise daha geniş bir örnekleme alanında (Güney Marmara- Çanakkale arası) kum midyesi örneklerinde *Vibrio* spp. varlığına rastlanmamıştır. Bu çalışmada, Boğaz hattında, midye ve su örneklerinde en yüksek *Vibrio* spp. sayısı sırasıyla $2,5 \times 10^3$ kob/g ve $1,2 \times 10^3$ kob/ml olarak Çardak bölgesinde tespit edilmiştir. Boğaz bölgesinin diğer istasyonlarında midye örneklerinde ise *Vibrio* spp. sayısı genel

anlamda $10^2 - 10^3$ kob/g seviyelerinde tespit edilmiştir. Yapılan biyokimyasal testler sonucu ise Boğaz örneklerinden elde edilen *Vibrio* spp. türlerine ait 35 ayrı izolatın, 12 farklı türden oluştuğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, benzer şekilde Çanakkale bölgesi *C. gallina* örneklerinde, *Vibrio* spp. arasında su ürünleri gıda güvenliği açısından en önemli suşlardan olan *V. parahaemolyticus*, iki kez ve yalnızca yaz aylarında tespit edilmiştir (Çolakoğlu ve ark., 2010). Yaz aylarında gerçekleşmiş bu benzer durumun, genel olarak yıllık bazda deniz suyu sıcaklıklarının ortalamasındaki artışa bağlı olabileceği yanı sıra, *Vibrio* türlerinin çift kabuklu yumuşakçalara bulaşması sonrasında kabukluların bünyesinden diğer mikroorganizmalara göre daha zor arındırması veya tamamen arındıramaması ile alakalı olabileceği düşünülmektedir (Çardak ve ark., 2013; Künili ve ark., 2013; Çolakoğlu ve ark., 2014).

Enterobacteriaceae sayımı, su kalitesinin değerlendirilmesi ve fekal patojen varlığı riskinin bir göstergesi olarak, fekal koliform, fekal Streptococcus ve *Escherichia coli* (*E. coli*) gibi indikatör bakteriler ile kullanılabilir. Çalışmamızda, su ve midye örneklerinde en yüksek *Enterobacteriaceae* Baykuş Feneri, Kilitbahir ve Çardak bölgelerinde tespit edilmiştir. Bu bölgelerde sudaki yoğunluk maksimum $10^4 - 10^5$ kob/ml seviyelerinde seyrederken, bu alanların midye örneklerinde 10^5-10^6 kob/g aralığında tespit edilmiştir. Bu istasyonların civarında yerleşim yeri, turistik amaçlı kullanım olması ve muhtemel deniz dışı kaynaklardan bulaşma nedeniyle *Enterobacteriaceae* sayıları yüksek tespit edildiği düşünülmektedir. Çanakkale kıyılarında yapılan çalışmalarda, *Enterobacteriaceae* familyasına ait olan koliform, fekal koliform ve *E. coli* mikroorganizmalarına ait seviyelerin akıntı olan yerlerden örneklenen çift kabuklu yumuşakça (*C. gallina*) türlerinde ve su örneklerinde $10^2 - 10^3$ kob/g-ml'lere ulaştığı (Çolakoğlu ve ark., 2010); akıntının olmadığı ve muhtemel deşarjların olabileceği Çardak Lagünü gibi Çanakkale kıyı alanlarında ise daha yüksek seviyelere ulaşabildiği bildirilmiştir (Künili ve Ateş, 2021). Çanakkale Boğazı istasyonu midye örneklerinde *Enterobacteriaceae* sayısı $10^3 - 10^6$ kob/g değerleri

aralığında belirlenirken, Saroz Körfezi ile Güney Marmara Denizi midye örneklerinde bu familyaya ait mikroorganizmalara rastlanmamıştır. Bununla birlikte Çanakkale Boğazı istasyonu su örneklerinde 10^5 kob/ml seviyelerine ulaşan *Enterobacteriaceae* yükü Saroz Körfezi ve Güney Marmara Denizi su örneklerinde 10^1 kob/ml seviyesinde tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Çanakkale civarında yapılan bir çalışmada ($<10 - 3,6 \times 10^3$ kob/g) bildirilmiştir (Tosun ve ark. (2021). Bununla birlikte Marmara Denizi'nde yapılan başka bir çalışmada koliform grubu bakteri ve *E. coli* sayıları sırasıyla $2,9 \times 10^2$ kob/g ve $7,9 \times 10^1$ kob/g olarak bildirilirken (Yılmaz ve ark., 2005), Çanakkale'nin iki yakasındaki istasyonlardan elde edilen kara midye örneklerinin koliform bakteri ve *E. coli* sayımları sırasıyla $1,0 \times 10^5 - 1,3 \times 10^5$ kob/g ve $2,5 \times 10^5 - 1,3 \times 10^6$ kob/g arasında olduğu bildirilmiştir (Şener ve ark. 2013). *Enterobacteriaceae* ve bu familyaya ait mikroorganizmalar için bildirilen değerlerin genel anlamda bu çalışmada elde edilen sayıları ile uyumlu olduğu, tespit edilen bazı farklılıkların ise özellikle örnekleme zamanına paralel olarak değişen deniz faaliyetleri ile çevresel değişkenlerin etkisi altında şekillendiği düşünülmektedir.

Sonuç

Bu çalışma ile Akdeniz'in son uzantısı olan Çanakkale Boğazı'nda, küresel iklim değişimi, farklı insani faaliyetler ve ticaret ağının varlığı ile tetiklenen denizel mikrobiyal flora değişikliği irdelenmiştir. Elde edilen bulgular, Boğaz iç kısmından doğrudan etkilenmeyen referans bölgelerdeki sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Deniz suyu ve midye örneklerinde tespit edilen mikroorganizma değerleri referans bölgelerde normal seviyelerde tespit edilmiş, Boğaz içinde ise sayı ve tür bakımından mikroorganizmalar da artış gözlenmiştir. İnsan faaliyetler ile doğrudan alakalı olabileceği düşünülen mikroorganizma tür ve sayısındaki seviyenin, yüksek ortalama ile seyreden deniz suyu sıcaklığı ile de yakından alakalı olabileceği düşünülmektedir. Deniz suyu sıcaklıklarının, tuzluluk ve pH gibi fizikokimyasal değişkenler ile birlikte, mikroorganizmaların canlılıklarını korumalarına, *Vibrio* spp. gibi tropik/sub-tropik

mikroorganizmaların tür ve sayılarında artışa, diğer refakatçi floranın ise sayılarını artırmasına yada korumasına yardımcı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, Akdeniz'den geçiş konumunda olan Çanakkale Boğazı ve kıyılarında düzenli takip çalışmalarının sürdürülmesi, gelecekte iklim değişimine bağlı karşılaşılabilecek muhtemel olan bu alanlardaki ekolojik, ekonomik ve gıda güvenliği risklerinin erken tanımlanabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2023-4330.

Kaynakça

Acarlı, D., Acarlı, S., ve Kale, S. (2022). The struggle for life: *Pinna nobilis* in the Marmara Sea (Turkey). *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 1-14.

APHA (American Public Health Association) 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed., American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, DC, USA.

Arab, S., Nalbone, L., Giarratana, F., & Berbar, A. (2020). Occurrence of *Vibrio* spp. along the Algerian Mediterranean coast in wild and farmed *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Veterinary World*, 13(6), 1199.

Austin B. (2005). Bacteria pathogens of marine fish S. Belkin, R.R. Colwell (Eds.), *Oceans and Health: Pathogens in the Marine Environment*, Kluwer, p. 391-413

Austin, B. (2010). *Vibrios as causal agents of zoonoses*. *Veterinary microbiology*, 140(3-4), 310-317.

Austin, B., Austin, D. A., ve Munn, C. B. (2007). Bacterial fish pathogens: disease of farmed and wild fish (Vol. 26, p. 552). Chichester: Springer.

Baker-Austin, C., Oliver, J. D., Alam, M., Ali, A., Waldor, M. K., Qadri, F., ve Martinez-Urtaza, J. (2018). *Vibrio* spp. infections. *Nature Reviews Disease Primers*, 4(1), 1-19.

Baker-Austin, C., Trinanès, J. A., Salmenlinna, S., Löfdahl, M., Siitonen, A., Taylor, N. G., ve Martinez-Urtaza, J. (2016). Heat wave-associated vibriosis, Sweden and Finland, 2014. *Emerging infectious diseases*, 22(7), 1216.

Baker-Austin, C., Trinanès, J. A., Taylor, N. G., Hartnell, R., Siitonen, A., ve Martinez-Urtaza, J. (2013). Emerging *Vibrio* risk at high latitudes in response to ocean warming. *Nature Climate Change*, 3(1), 73-77.

Baker-Austin, C., Trinanes, J., Gonzalez-Escalona, N., ve Martinez-Urtaza, J. (2017). Non-cholera vibrios: the microbial barometer of climate change. *Trends in microbiology*, 25(1), 76-84.

Bukha, K. K., Mahgiubi, S. A., Elbahi, A. M., Sharif, E. A., Showehdi, M. L., Ahmed, M. O., ... & Abouzeed, Y. M. (2023). Pathological lesions associated with *Vibrio* infection in Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus* L., 1758) from the western coast of Tripoli, Libya. *Open Veterinary Journal*, 13(3), 327-336.

Çardak M, Çolakoğlu F, Künili İE, Çolakoğlu S 2013. Effect of depuration on Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, contaminated with *Escherichia coli* *Salmonella typhimurium* and *Vibrio parahaemolyticus*. 40th International CIESM (Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Mediterranee) Congress,, Marsielle, Fransa, 28 Ekim - 01 Kasım 2013, 473-474.

Çolakoglu F, Künili İE, Ormanci HB 2019. Fisheries food industry of Canakkale. *Proceedings of The International Scientific and Practical Conference “Bulgaria of Regions”*, 2(1): 707-710.

Çolakoğlu, F.A., Ormanci, H.B., Künili, İ.E. ve Çolakoğlu, S. (2010). Chemical and Microbiological Quality of the *Chamelea gallina* from the Southern Coast of the Marmara Sea in Turkey. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 153-158.

Çolakoğlu, F.A., Sarmasik, A. ve Koseoglu, B. (2006). Occurrence of *Vibrio* spp. and *Aeromonas* spp. in shellfish harvested off Dardanelles coast of Turkey. 17 (8), 648-652.

Çolakolu, F.A., Çardak, M., Çolakoglu, S., ve Künili, I. E. (2014). Depuration Times of *Donax trunculus* and *Tapes decussatus*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45, 1017-1022.

Danovaro, R., FondaUmani, S. ve Pusceddu, A. (2009). Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE* 4(9).

Darriba, S., (2017). First haplosporidan parasite reported infecting a member of the Superfamily Pinnoidea (*Pinna nobilis*) during a mortality event in Alicante (Spain, Western Mediterranean). *Journal of invertebrate pathology*, 148, 14–19

Farmer, J.J. (2005). Genus I. *Vibrio* Pacini 1854, 411[^]. Bergey's manual of systematic bacteriology, 2, 494-546.

FDA/BAM (1998). Bacteriological Analytical Manual, 8th ed. Revision A, Food and Drug Administration, AOAC International, Washington, DC.

İrkin R, Korukoğlu M, Tavşanlı H 2007. İhracata yönelik hazırlanan bazı deniz ürünlerinin mikrobiyal özellikleri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 64 (1): 26-30.

Kacar, A. (2011). Some microbial characteristics of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in coastal city area. *Environ Sci Pollut Res*, 18(8), 1384–1389, doi: 10.1007/s11356-011-0487-3

Künili, İ. E., Ertürk Gürkan, S., Aksu, A., Turgay, E., Çakır, F., Gürkan, M., ve Altınağaç, U. (2021). Mass mortality in endangered fan mussels *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) caused by co-infection of *Haplosporidium pinnae* and multiple *Vibrio* infection in Çanakkale Strait, Turkey. *Biomarkers*, 26(5), 450-461.

Künili, İ.E. ve Ateş, S. (2021). Effects of seasonal changes and environmental factors on bioindicator bacteria levels in Çardak Lagoon, Çanakkale Strait, Turkey. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 50(3): 299-309.

Lattos, A., Giantsis, I.A., Karagiannis, D., Theodorou, J.A., Michaelidis, B. (2020). Gut symbiotic microbial communities in the IUCN critically endangered *Pinna nobilis* suffering from mass mortalities, revealed by 16S rRNA amplicon NGS. *Pathogens*, 9 (12), 1002.

Martinez-Urtaza, J., Baker-Austin, C., Jones, J. L., Newton, A. E., Gonzalez-Aviles, G.D., ve DePaola, A. (2013). Spread of Pacific

northwest *Vibrio parahaemolyticus* strain. *New England Journal of Medicine*, 369(16), 1573-1574.

Pujalte, M. J., Ortigosa, M., Macián, M. C., & Garay, E. (1999). Aerobic and facultative anaerobic heterotrophic bacteria associated to Mediterranean oysters and seawater. *International Microbiology*, 2(4), 259-266.

Paz, S., Bisharat, N., Paz, E., Kidar, O., ve Cohen, D. (2007). Climate change and the emergence of *Vibrio vulnificus* disease in Israel. *Environmental Research*, 103(3), 390-396.

Pedrotti, M. L., de Figueiredo Lacerda, A. L., Petit, S., Ghiglione, J. F., & Gorsky, G. (2022). *Vibrio* spp and other potential pathogenic bacteria associated to microfibers in the North-Western Mediterranean Sea. *Plos one*, 17(11), e0275284.

Prado, P., Carrasco, N., Catanese, G., Grau, A., Cabanes, P., Carella, F., García-March, J.R., Tena, J., Roque, A., Bertomeu, E., Gras, N., Caiola, N., Furones, M.D., Andree, K.B., 2020. Presence of *Vibrio mediterranei* associated to major mortality in stabled individuals of *Pinna nobilis* L. *Aquaculture*, 519, 734899.

Scarpa, F., Sanna, D., Azzena, I., Mugetti, D., Cerruti, F., Hosseini, S., Cossu, P., Pinna, S., Grech, D., Cabana, D., Pasquini, V., Esposito, G., Cadoni, N., Atzori, F., Antuofermo, E., Addis, P., Sechi, L.A., Prearo, M., Peletto, S., Mossa, M.A., Saba, T., Gazale, V., Casu, M. (2020). Multiple non-species-specific pathogens possibly triggered the mass mortality in *Pinna nobilis*. *Life*, 10 (10), 238.

Stabili, L., & Cavallo, R. A. (2011). Microbial pollution indicators and culturable heterotrophic bacteria in a Mediterranean area (Southern Adriatic Sea Italian coasts). *Journal of sea research*, 65(4), 461-469.

Şener, A., Demir, N., Çakıcı, N., Kaya, H. ve Bakar, C. (2012). Çanakkale Boğazı'ndan avlanan kara midyelerinin (*Mytilus*

galloprovincialis) mikrobiyolojik incelemesi. Nobel Medicus, 26(9-2): 69-73.

Tosun, M., Taylan, G., Zorba, N.N. (2021). Çanakkale bölgesinden alınan midye ve deniz suyu örneklerinin mikrobiyolojik kalitelerinin belirlenmesi. Gıda, 46(4): 949-958.

Triga, A., Smyrli, M., & Katharios, P. (2023). Pathogenic and Opportunistic *Vibrio* spp. Associated with Vibriosis Incidences in the Greek Aquaculture: The Role of *Vibrio harveyi* as the Principal Cause of Vibriosis. Microorganisms, 11(5), 1197.

Vezzulli, L., Pezzati, E., Moreno, M., Fabiano, M., Pane, L., Pruzzo, C., & VibrioSea Consortium. (2009). Benthic ecology of *Vibrio* spp. and pathogenic *Vibrio* species in a coastal Mediterranean environment (La Spezia Gulf, Italy). Microbial ecology, 58, 808-818.

Yilmaz, I., Bilgin, B. ve Öktem, B. (2005). Occurrence of *Vibrio* and other pathogenic bacteria in *Mytilus galloprovincialis* and *Venus gallina* harvested from the Marmara Sea. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 29(2): 409-415.

BÖLÜM II

Ekonomik Deniz Hıyarı Türü *Holothuria tubulosa*'nın Genel Özellikleri ve Güney Marmara Denizi Popülasyonlarının Biyometrik Değişkenlerinin Belirlenmesi

**Serhat ÇOLAKOĞLU¹
İbrahim Ender KÜNİLİ²
Fatma ÇOLAKOĞLU³**

1. Giriş

Dünyada toplam üretimin 100 milyon tona yaklaşması, stoklar üzerindeki (özellikle balık stokları) av baskısının maksimum düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu av baskısı, stokların yıpranmasına ve azalmasına sebep olmaktadır. Balık stoklarının aşırı yıpranması ve azalması, insanoğlunun ihtiyacı karşılamak için protein değeri yüksek olan farklı su ürünleri kaynaklarından faydalanma yollarına yöneltmiştir. Bu kaynakların arasında deniz

¹ Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu

² Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi

³ Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi

hıyarları da yer almakta olup, bu canlıların hali hazırda dünya denizlerinde yaklaşık 66 türü ticari olarak değerlendirilmektedir (Purcell vd., 2013). Akdeniz’de Holothuroidea ailesinden 37 tür dağılım göstermektedir (Fischer vd., 1987). Türkiye karasularında ise 8 adet tür tespit edilmiş olup (Aydın, 2016), ve bunlar içerisinde ekonomik olarak değerlendirilen en önemli türlerden biri ise *Holothuria tubulosa*’dır (Künili ve ark., 2016; Künili, 2017, Künili ve Çolakoğlu, 2018; Künili ve Çolakoğlu, 2019; Künili ve Çolakoğlu, 2022). *H. tubulosa*, Atlantik ve Akdeniz kökenli olup, sığ sublitoral bölgelerdeki bentik omurgasızlar arasındadır. Türkiye’de Ege Denizi (İzmir ve Ayvalık) ve Marmara Denizi’nde 3-30 m derinliklerde çeşitli habitatları bulunmaktadır. Bu tür sediment üzerindeki organik materyal ile beslenmektedirler. Ülkemizde, bu türün ticari olarak değerlendirilmesi sadece avcılık yolu ile, karides avcılığında kullanılan sürütme ağlarıyla hedef dışı tür (bycatch) olarak ya da SCUBA dalış ile sağlanmaktadır. Türkiye’de deniz hıyarı avcılığı 1996 yılında 19 ton iken, 2015 yılında 270 ton civarında gerçekleşmiştir. Böylece yıllar içinde sömürme oranı artmıştır. Deniz hıyarı stokları da diğer su ürünlerinde olduğu gibi çevresel şartlara bağlı değişim göstermekte, artan kirlilik ve kontrolsüz avcılık nedeniyle büyük zararlara maruz kalmaktadırlar. Diğer taraftan stokların yapısal özellikleri ve büyüklüğü de yeterince bilinmediğinden, üretim ve koruma politikası tayin edilememekte, bu yüzden aşırı ya da kaçak avcılık konusu her zaman gündemde kalmaktadır. Denizlerimizdeki ekonomik deniz hıyarları (*H. tubulosa*, *H. poli* vb.) kaynaklarından verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yararlanabilmek için öncelikle bu alanlardaki popülasyonların durumlarının tanımlanması, incelenmesi ve içinde bulunduğu şartlara göre önlemler alınarak, izlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, ekonomik ve ticari öneme sahip olan *H. tubulosa*’nın ülkemiz denizlerinde yoğun olarak Marmara ve Ege Denizi’nde bulunmaktadır (Aydın, 2015; 2019). Tarım ve Orman Bakanlığı’nın “4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ” kapsamında Marmara Denizi’nin tamamında deniz hıyarı avcılığı tamamen

yasaklanmıştır. Ayrıca, bu tebliğde avcılığa açık olan bölgelerde dalma yöntemiyle avcılığın serbest olduğu ve üreme zamanı yasaklarının ise 1 Haziran – 31 Ekim olarak belirtilmiştir. *H. tubulosa*'nın ekonomik değerinin yüksek olması Güney Marmara Adalar bölgesinde kaçak avcılığın önünü açmıştır. Bu durum, bu bölgede hem türün yok olmasına hem de ülke ekonomisine verilen bir zarar olarak ciddi boyut taşımaktadır. Bu sebeple hem kaçak avcılığın önüne geçilmesi hem de üretimin verimli hale getirilmesi adına bu türün popülasyon yapısının araştırılması elzem hale gelmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, Marmara Denizi'nin Adalar bölgesinde *H. tubulosa*'nın popülasyon yapısı hakkında geniş bilgi sahibi olunmasına imkân vermiştir. Bu bölgede *H. tubulosa* stoklarının yönetimi açısından; kısa ve uzun vadeli planlamaların yapılabilmesi ve balıkçılık yönetimi stratejilerinin oluşturulması için bu bilgiler gösterge olmuştur.

1.1. Deniz Hıyarının (*Holothuria tubulosa*) taksonomik sınıflandırılması

Deniz hıyarının (*Holothuria tubulosa*) taksonomik sınıflandırması Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. *Deniz hıyarının taksonomik sınıflandırılması*

Phylum	Mollusca
Alem	Animalia
Şube	Echinodermata
Sınıf	Holothuroidea
Takım	Aspidochirotida
Familya	Holothuriidae
Cins	Holothuria
Tür	<i>Holothuria tubulosa</i> (Gmelin, 1790)

1.2. Morfolojik özellikleri

Deniz hıyarları derisi dikenlilerin Holothuroidea sınıfından omurgasız hayvanlardır, vücutları ağızla anüsten geçen eksen istikametinde uzamış olup sosis veya hıyara benzer. Ağız ve anüs karşılıklı iki uca yerleşmiştir. Derisi dikenlilerden kutupların uzamasıyla farklılaşmışlardır. Bu uzama hayvanların yan yatmasına neden olmuştur. Ağız etrafında çelenk şeklinde 10-30 kadar duyu, dokunma ve av yakalamaya yarayan tentakülleri (dokunaçları) vardır. Solunumları vücut boşluğunda uzanan bir çift su akciğeri veya solunum ağacı denen 10 organlarla sağlanır. Deniz kıyılarına yakın sığ yerlerde yaşarlar, tüp ayaklarla yavaş hareket ederler ve bu ayaklarını duyu organı olarak da kullanırlar. Bentik bölgedeki ölü organizmalarla beslenmesi açısından bentik ekosistemde önemli rolleri vardır. Deniz hıyarlarının tür tespitlerinde ayırt edici özellik olarak kullanılan cuvier organı mevcuttur. Bu cuvier tüplerinin içerisinde kendilerini tehlikede hissettiklerinde ortama ağ şeklinde bıraktıkları, yapışma gücü çok yüksek tübüler salgılamaktadırlar. Savunma mekanizması olarak kullandığı ağ şeklindeki bu sıvı bir balığı veya bir yengeci etkisiz hale getirecek kadar güçlüdür. Deniz hıyarları kendilerini tehlikede hissettiklerinde savunma mekanizması olarak iç organlarını dışarıya atarlar ve kısa süre sonra rejenerasyon özelliği sayesinde yeniden bu organlarını oluştururlar.

1.3. Coğrafik dağılımı

H. tubulosa kıyısal alanlarda yaşamalarına rağmen, her derinlikte bulunabilen canlılardır. Genel olarak kumlu, kumlu-çamurlu, deniz çayırıları ve mercan resiflerinin bulunduğu zeminleri tercih ederler. *H. tubulosa* dünya genelinde, özellikle tropikal Batı Pasifik ve Hindistan kıyılarında, Güney Pasifik ve Asya ülkelerinde, Japonya denizlerinde bulunan ve ekonomik açıdan çok değerli bir su canlısıdır. Türkiye’de ise Marmara, Ege ve Batı Akdeniz kıyılarında dağılım göstermektedir.

1.4. Habitat ve davranışları

H. tubulosa'nın popülasyon yoğunluğu, habitat tipi ve derinliğine göre değişmektedir (Kazanidis vd., 2010). Türün dağılımını etkileyen diğer çevresel faktörler; besin varlığı, su hareketleri ve deniz çayırları yoğunluğudur (Bulteel vd., 1992). 1-100 m derinlikler arasında dağılım gösteren (Tortonese, 1965; Massin ve Jangoux, 1976; Gustato vd., 1982; Bulteel vd., 1992). *H. tubulosa*'nın küçük bireyleri kıyı sularında dağılım gösterirken büyüme döneminde derine göç ettiği bildirilmiştir (Bulteel vd., 1992). Kıyı sularına göç yaz aylarında gerçekleşmekte ve büyük bireyler kıyıya doğru 15-20 m'deki termoklin seviyesinin üzerine göç etmektedir (Bulteel vd., 1992; Mezali vd., 2006). Bu göçü doğrular şekilde popülasyon yoğunluğu ile gonadosomatik indeks (GSI) arasında temmuz ayında en yüksek seviyeye çıkan pozitif ilişki tespit edilmiştir (Dereli vd., 2016). Organik girdinin fazla olduğu alanlarda popülasyonun büyüme performansı oldukça yüksektir (Vafeiadou vd., 2010). *H. tubulosa* genellikle organik yük açısından zengin 11 zeminlerde ve deniz çayırları yataklarında dağılım göstermektedir (Tortonese, 1965; Massin ve Jangoux, 1976; Gustato vd., 1982; Bulteel vd., 1992).

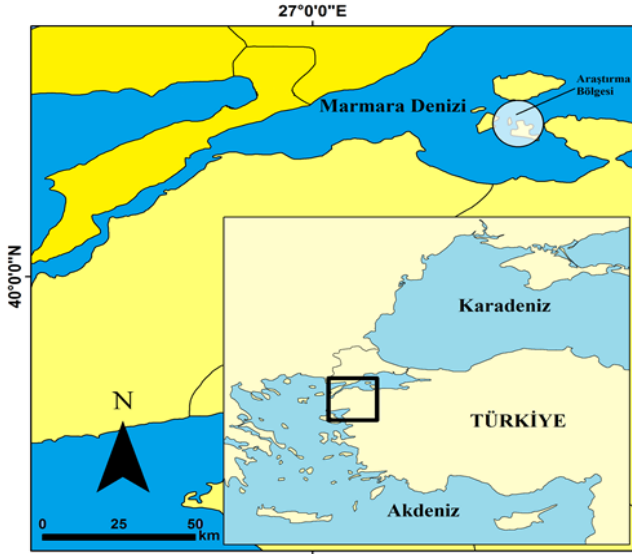
1.5. Üreme zamanı

Deniz hıyarında cinsiyet organı çok küçüktür bu nedenle erkek ve dişi ayırt etmek çok zordur. Cinsiyet organı aynı zamanda boşaltım görevini de üstlenmektedir. Dişi bir birey 1-2 milyon kadar yumurta verebilir. Bazı bireylerin 10 milyona kadar yumurta verebildiği kaydedilmiştir. Yumurta verimliliği vücut ağırlığıyla da ilgilidir. *H. tubulosa*, yaz aylarında özellikle Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül sıg sularında ürerler. Larvaları 7-13 haftalık planktonik dönemden sonra dibe yerleşirler. Bir yılda 2-5 mm'ye 5-6 yılda ise cinsi olgunluğa ulaşırlar, 8 yıldan daha uzun yaşarlar.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma alanı

Bu araştırma, Marmara Denizi'nin güneyinde Adalar bölgesinde ($40^{\circ} 34' 53''$ N– $27^{\circ} 33' 12''$ E – $40^{\circ} 32' 25''$ N– $27^{\circ} 31' 20''$ E – $40^{\circ} 29' 41''$ N– $27^{\circ} 33' 33''$ E – $40^{\circ} 30' 32''$ N– $27^{\circ} 38' 01''$ E – $40^{\circ} 34' 33''$ N– $27^{\circ} 37' 23''$) kıyılarında yapılmıştır (Şekil 1). Araştırma alanı örnekleme materyallerinin yoğun olarak bulunduğu, 2-20 m derinlikler arasında dip yapısı kumlu ve deniz çayırılı alanlardan seçilmiştir.



Şekil 1. Araştırma bölgesi.

2.2. Araştırma materyali

Araştırma materyali olarak deniz hıyarlarından (*Holothuria tubulosa*, Gmelin, 1790) kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. *Holothuria tubulosa*'nın genel görünümü.

2.3. Metot

2.3.1. Araştırma bölgesi ve örnekleme planı

Holothuria tubulosa örnekleri, Marmara Denizi'nin güneyinde Adalar bölgesi kıyılarında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından ticari avcılığa kapalı alanlardan aylık olarak 12 ay boyunca toplanmıştır (Şekil 2). Örnekler, infralittoral bölgede, 2–20 m derinliklerden dip yapısı kumlu alanlardan SCUBA dalış yapılarak temin edilmiştir. Örnekleme noktaları DGPS ile kaydedilmiştir. 3 cm'den büyük 20 yada 25 adet birey, rastgele elle toplanmıştır. Deniz hıyarının vücudunun kasılması önlemek için bir şerit metre (0.1 cm hassasiyet) kullanılarak toplam boy (Lt) için sahada ölçülmüştür ve daha sonra bireysel plastik torbalara konulmuştur (Künili, 2022). Her bir örneklemede çalışma sahasında yüzey suyunda sıcaklık (°C), tuzluluk (‰), pH ve çözünmüş oksijen (mg/l) kaydedilmiştir. Toplanan tüm *H. tubulosa* bireyleri laboratuvara transfer edilerek incelenmiştir.

2.3.2. Biyometrik ölçümler ve Tür Tayini

Projede hedeflenen *H. tubulosa* türünün, *H. mammata* ve *H. poli* türlerinden ayrımı için laboratuvarında spikül tayini ile teyit edilecek olup, tür tespitinde kas dokusunda yer alan kalkerli spiküller kullanılmıştır (Hickman, 1998; Purcell vd., 2013). Ayrıca, tür tayini anahtarı olarak Borrero-Perez vd. (2009) faydalanılmıştır.

Vücutun açılması ve koelomik sıvının çıkarılmasını takiben toplam boşaltılan ağırlık (W), gonad ağırlığı (Wg), gonadların çıkarılmasından sonra bağırsak ağırlığı (Wgt), sindirim kanalı ve solunum ağaçları (Conand, 1981) elektronik terazi ile mg göre kaydedilmiştir. Her deniz hıyarının sindirim sistemi uzunluğu (Ld) ve perifaringeal kron (Pc) genişliği (Bulteel vd., 1992) ölçülmüştür. Ayrıca, tüm iç organların boşaltıldığı ve sadece vücut duvarı(kas) dokusunun kaldığı "karkas ağırlığı/gutted weight" ve boyu "karkas boyu/gutted length" de ölçülmüştür (Dereli vd., 2016). Bu ölçümler, 0,1 mm hassasiyetli dijital Vernier kumpas yardımıyla yapılmıştır. Ayrıca, çıkarılan gonadlar, *H. tubulosa* bireylerini cinsiyetlere göre sınıflandırmak için makroskopik olarak incelenecek ve daha sonra %9 formaldehit içinde sabitlenmiştir (Despalatovic vd., 2004). Türün ilk üreme boyu, popülasyonun %50'nin olgun olduğu boy olarak belirlenmiştir.

2.4. İstatistiksel analizler

Deniz hıyarlarının biyometrik karakterlerinin (Lt, Ld, Pc, W, Wgt ve Wg) ortalama değerlerindeki zamansal olarak aralarında anlamlı fark bulunmayan null hipotezleri tek yönlü ANOVA ile test edilmiştir. Analizlerden önce, varyans homojenliği Cohran'ın testi ile test edilecek ve gerektiğinde veriler log dönüşümü yapılmıştır. Post-hoc karşılaştırmalar için Fisher'ın LSD testi kullanılmıştır.

Boy-frekans dağılımları, türün popülasyon yapısını incelemek amacıyla, karkas boyunun/gutted length temelinde mevsimsel olarak tahmin edilmiştir (Conand, 1981; Bulteel vd., 1992). Dağılımlar, 20 g'lık ağırlık gruplarına göre frekanslarına ayrılarak hesaplanacak olup, FISAT paket program kullanılarak Battacharya ve NORMSEP analizi yapılarak belirlenmiştir (Gayanilo ve Pauly, 1997).

Morfometrik ilişkiler doğrusal bir regresyon analizi kullanılarak, $Y = aX^b$ her iki tarafın logaritması alınarak doğrusal hale getirilerek tahmin edilmiştir (Zar, 1984). *H. tubulosa*'nın üreme durumunu incelemek için gonad ağırlığının bağırsak ağırlığına oranı (Shiell ve Uthicke, 2006) olarak ifade edilen gonadosomatik indeksi

(GS = Wg / Wgt) ağırlık ölçümleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Ayrıca, gonadosomatik indeksteki zamansal farklılıklar ANOVA ile test edilmiştir. Cinsiyet oranının 1: 1'den sapıp saptmadığını belirlemek için Ki-kare testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Deniz suyu fiziko-kimyasal özellikleri

Araştırma dönemi boyunca, yüzey suyunda (0-5 m) ölçümü gerçekleştirilen sıcaklık, pH, Tuzluluk, Çözünmüş Oksijen, Toplam Azot, Toplam Fosfor ve Klorofil-a değişimleri Tablo 2'de verilmiştir.

Deniz suyu sıcaklığı Şubat 2022'de 9,85 °C ile en düşük, Temmuz 2021'de 24,45 °C ile en yüksek ölçülmüştür. pH 8,05 - 8,45 arasında; tuzluluk ‰ 22,30-25,50 arasında değişim göstermiştir. Çözünmüş oksijen miktarı 6,80-8,60 mg/l arasında olduğu, kış örneklemelerinde yüksek çözünmüş oksijen oranı, fırtına/rüzgâr etkisi ile artan yüzey suyu-atmosfer karışımının yüzey tabakada çözünmüş oksijenin yüksek doygunluk değerlerine ulaşmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, Marmara Denizi'nde sürekli var olan iki tabakalı yapıdan dolayı, oksijence doymun üst tabaka suları ara tabaka engeli nedeniyle alt tabakaya ulaşmamakta ve alt sularda düşük oksijen seviyelerinin görülmesine sebep olmaktadır.

Araştırma bölgesinden örneklenerek ölçülen deniz suyunda, Toplam Azot düzeyleri 0,15-3,92 µM aralığında değişmiştir. Toplam Fosfor konsantrasyonları ise, çalışma süresince 0,35-2,22 µM arasında değişmiştir (Tablo 2). Kış örneklemelerinde toplam azot konsantrasyonlarının yaz döneminden fazla olduğu görülmektedir. Marmara Denizi'nin bir iç deniz olması sebebiyle dış baskılardan diğer denizlerimize göre daha fazla etkilendiği bilinmektedir. Özellikle kış dönemindeki salınımlar yağış miktarı dolayısıyla artan nehir yükü ve rüzgar yönü/hızı gibi meteorolojik farklılıklardan kaynaklanabilir.

Tablo 2. Araştırma bölgesinde ölçülen/örneklenen deniz suyunun fiziko-kimyasal değerleri.

Mevsim	Aylar	Sıcaklık (°C)	pH	Tuzluluk (ppt)	Çözünmüş Oksijen	Toplam Azot	Toplam Fosfor	Klorofil-a (µg/l)
YAZ	Hazira	21,25	8,2	23,00	7,60	0,44	0,49	1,85
	Temm	24,45	8,3	22,50	6,80	0,38	0,35	1,95
	Ağusto	23,20	8,4	23,00	7,50	0,15	0,62	3,10
KIŞ	Aralık	13,95	8,0	22,80	7,95	1,62	2,15	1,10
	Ocak	10,60	8,1	25,50	8,60	3,92	2,22	2,00
	Şubat	9,85	8,2	25,00	8,50	2,48	1,83	1,95

Fitoplankton biyokütlesi göstergesi olan Klorofil-a konsantrasyonları, yaz ve kış mevsimlerinde 1,10 – 3,10 µg/L⁻¹ aralığında belirlenmiş olup, en yüksek konsantrasyon ağustos, en düşük konsantrasyon ise aralık ayında tespit edilmiştir (Tablo 2).

3.2. Morfolojik Ölçümler

Araştırma periyodu boyunca incelenen 338 adet *H. tubulosa* bireyinin boy, ağırlık, vücut sıvısı, vücut duvarı ve iç organ ağırlıkları belirlenmiş, elde edilen veriler ve yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3'te özetlenmiştir. *H. tubulosa* örneklerinin boy ve ağırlık değerleri 6,0 – 23,0 cm ve 22,93 – 125,59 g olarak tespit edilmiş, ortalama boy değeri 11,22±0,17 cm ve ortalama ağırlık değeri 52,46±1,41 g olarak belirlenmiştir. Araştırmada materyali *H. tubulosa* örneklerinin vücut duvarı ağırlığı (GW), gonadsız iç organ ağırlığı (GWgt) ve vücut sıvısı ağırlıklarına (WS) ait değerler sırasıyla; 9,15 – 133,35 g, 1,62 – 50,35 g, 0,07 – 40,48 g aralığında bulunmuştur. Ortalama değerler ise sırasıyla, 29,98±0,98 g, 13,74±0,42 g, 6,06±0,32 g olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, sindirim sistemi uzunluğu (Ld), vücut duvar uzunluğu (GL) ve et kalınlığına ait değerler sırasıyla; 3,0 – 88,0 cm, 4,50 – 27,0 cm, 1,15 – 15,12 cm aralığında bulunmuştur. Ortalama değerler ise sırasıyla; 32,26±0,59 cm, 8,47±0,12 cm, 3,44±0,07 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 3).

TW ve GWgt ölçümleri dikkate alındığında, yılın sıcak mevsiminde daha iyi büyüme göstermiştir.

Tablo 3. *H. tubulosa*'nın biyometrik değişkenleri üzerinde zamanın etkileri için ANOVA sonuçları.

Parametreler	Ort $\pm$ Std. Hata	Min.	Maks.	MS	F	P
TL (cm)	11,22 $\pm$ 0,17	6,00	23,0	239,34	50,91	>0,05
TW (g)	52,46 $\pm$ 1,41	17,38	164,0	15992,45	52,73	>0,05
GW (g)	29,98 $\pm$ 0,98	9,15	133,35	4161,17	47,68	>0,05
GWgt (g)	13,74 $\pm$ 0,42	1,62	50,35	991,91	26,00	>0,05
GL (cm)	8,47 $\pm$ 0,12	4,50	27,00	101,22	35,25	>0,05
Ld (cm)	32,26 $\pm$ 0,59	3,00	88,00	790,92	7,82	>0,05
WS (g)	6,06 $\pm$ 0,32	0,07	40,48	84,59	2,57	<0,01
Et Kalınlığı (cm)	3,44 $\pm$ 0,07	1,15	15,12	31,75	31,48	>0,05

TL: Total Boy, TW: Total Ağırlık, GW: vücut duvarı ağırlığı, GWgt: Gonadsız iç organların ağırlığı, GL: vücut duvarı uzunluğu, Ld: Sindirim sistemi uzunluğu, WS: Vücut Sıvısı Ağırlığı.

4. Tartışma ve Sonuç

Dünyanın farklı bölgelerinde *H. tubulosa*'nın populasyon dinamiği (Gustato vd., 1982; Bulteel ve Jangoux, 1989; Bulteel vd., 1992; Simunovic ve Grubelic, 1998; Simunovic vd., 2000); üremesi (Pladellorens ve Subirana, 1975; Bulteel vd., 1992; Despalatovic

vd., 2004), beslenme ekolojisi (Amon ve Herndl, 1991; Coulon ve Jangoux, 1993; Mezali vd., 2003) ve avcılığı (Simunovic ve Grubelic, 1998; Aydın, 2008), türlerin tanımlanması ve bazı biyolojik özellikleri (Aydın ve Erkan, 2015) üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Güney Marmara Adalar bölgesinde *H. tubulosa* yoğun stoklarının olması ve ticari avcılığın yapılmasına rağmen herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, Marmara Denizi'nin güneyinde Adalar bölgesi kıyılarında ekonomik öneme sahip olan *Holothuria tubulosa* populasyon parametrelerinden büyüme ve üreme ile türün avlanma bölgesindeki bolluğu üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, ilgili parametrelere ait veriler aşağıda tartışılmıştır. *Holothuria* türleri sığ bölgelerden derin deniz tabanlarına kadar (Gilliland, 1993), ve genellikle Atlantik Okyanusu ve Akdeniz'de yayılım gösterdikleri bildirilmektedir (Tortonese ve Vadon, 1987; Koukouras vd., 2007). Deniz kıyıları deniz dibinde çökelti halinde bulunan ölü organik madde yada organik atıklarla beslenerek doğal dönüşümü gerçekleştirirler (González-Wangüemert vd., 2014; Purcell vd., 2013). Böylece bulundukları ortamdaki organik kirliliği temizleyerek doğaya katkıda bulunurlar. Dünya denizlerinde 1200'e yakın deniz kıyısı türü olmasına rağmen ticari avcılığı yapılan yaklaşık 60 tür bulunmaktadır (Conand, 1990). Akdeniz'de ise 37 tür tespit edilmiş olmasına rağmen, Türkiye'de sadece 8 tür olduğu belirlenmiştir (Aydın ve Erkan, 2015; Aydın, 2017). Bu türler, *Holothuria forskali*, *H. mammata*, *H. poli*, *H. sanctori*, *H. tubulosa*, *Stereoderma kirschbergii*, *Stichopus regalis* ve *Synaptula reciprocans*'dir. *Holothuria tubulosa*, Ege ve Marmara Denizi'nde sık görülen bir tür olup, yumuşak kum ve çamur zeminlerde ve posidonia topluluklarının kenarlarında yoğun olarak bulunurlar. Genellikle 0-20 m derinliklerde yaşarlar. Bu canlıların karın bölgeleri daha açık renkte olmakla birlikte koyu kahve rengi bir renge sahiptir. Rahatsız edildikleri anda hemen kasılırlar (Fischer vd., 1987). *H. tubulosa*'nın yumurta verimi düşük, seks oranı 1:1'e yakın, fertilizasyonu yüksek olan ayrı eşeyli türler olup, çok geniş bir yumurta sperm boşaltım dönemi vardır. Yaz mevsiminde, özellikle de Temmuz-Eylül döneminde sığ sularda ürerler. Dünyanın

farklı bölgelerinde deniz hıyarının ticari avcılığı yapılmaktadır. Özellikle, Asya ülkelerinde Pasifik Adaları ve Hint Okyanusunda yoğun şekilde yapılmaktadır (Choo, 2008; Conand, 2008). *H. tubulosa* son yıllarda ülkemiz denizlerinden toplanarak ihracatı önem 20 kazanmış olan deniz hıyarlarından. Özellikle, Marmara ve Ege'deki birçok balıkçının gelir sağladığı bir su ürünü durumuna gelmiştir (Aydın, 2008). Türkiye'de 1996 yılında başlayan deniz hıyarı avcılığı, dondurulmuş, kurutulmuş ve tuzlanmış olarak Asya ülkelerine ihraç edilmektedir. Son yıllarda balıkçılık çabası oldukça yüksek olup, yılda yaklaşık 300 ton ihracat gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de deniz hıyarı avcılığı 4-12 m uzunluğunda 28-150 hp motor gücündeki teknelerle Marmara ve Ege Denizi'nde SCUBA yada nargile sistemi dalışla 2-20 m derinliklerde kıyısız alanlarda yapılmaktadır. Bu türün avcılığı, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2016 yılında yürürlüğe koyduğu "4/1 numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliğ" kapsamında yapılmaktadır. Bakanlık tarafından avcılığın yapılacağı alanlar, Ege Denizi'nde, İzmir Körfezindeki Ardıç Burnu (38° 31.955' N - 26° 37.525' E) ile Kapan Burnu (38° 32.689' N - 26° 48.880' E) arasında çekilen hattın güneyinde kalan karasularımız hariç olmak üzere; İzmir İli, Çeşme İlçesi, Karaabdullah Burnu (38° 15,955' N - 26° 14,373' E) ile Balıkesir ili, Ayvalık ilçesi, Eğribucak Burnu (39° 16,399' N-26° 36,589' E) arasında kalan karasularımız ve Akdeniz'de, Mersin ili Anamur Burnu (36° 00.906'N - 32° 48.200'E) ile Seyhan Nehrinin denize döküldüğü yer (36° 43.458'N -34° 54.420'E) arasında kalan karasularımız olarak belirlemiştir. Ayrıca, 1 Haziran-31 Ekim tarihleri arasında üreme dönemi nedeniyle avcılık yasaklanmıştır. Ülkemizin farklı bölgelerinde *H. tubulosa*'nın boy ve ağırlık dağılımları üzerine yapılan çalışmalarda, Ege Denizi'nde 754 örneğe ait boy ve ağırlıkların 8,00 – 26,00 cm ve 30,00 – 211,00 g arasında tespit edildiği bildirilmiştir (Gonzalez-Wangüemert vd., 2014). Yine aynı çalışmada, *H. tubulosa*'nın ortalama karkas boyu ve ağırlığı sırasıyla, 16.40±2.96 cm ve 88.78±30.93 g olarak belirlenmiş, büyümenin ise allometrik olduğu ($b= 6.68$) olduğu tespit edilmiştir. Ege Denizi'nde yapılan başka bir çalışmada ise ortalama boy-ağırlık

değerleri sırasıyla 13,80 - 49,40 cm ve 69,50 – 535,47 g aralığında bildirilmiştir (Kazanidis vd., 2010). Çanakkale Boğazı'nda Dereli vd. (2016)'nın yaptıkları çalışmada, 598 adet *H. tubulosa* boy ve ağırlık değerleri sırasıyla 5,6 - 30,3 cm ve 6,1 - 127 g olarak belirlenmiştir. Diğer araştırmacıların rapor ettiği boy ve ağırlık verileri ile bu çalışmada elde edilen veriler paralellik göstermektedir. *H. tubulosa*'nın ile yapılan önceki çalışmalarda araştırmacılar sadece vücut duvarına ait veri tespiti yapmış, Çanakkale Boğazı'nda vücut duvarı ağırlığı 36-58 g aralığında (Dereli vd., 2016). Ege denizinde ise 20,3-164,43 g (Vafeiadou vd., 2010) ve 39,5-226,4 g (Kazanidis vd., 2010) olarak rapor edilmiştir. *H. tubulosa* türüne ait tespit edilen bu değerlerin bu çalışma verileri (6,0 – 23,0 cm TL ve 17,38-164 g TW) ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. 21 Vücut sıvısı ağırlığı ile ilgili olarak farklı deniz hıyarı ile yapılan çalışmalarda, örneğin *Apostichopus japonicus* türünde 0-15 cm boy ve 100-150 g ağırlığa sahip ait örneklerden 5-10 ml vücut sıvısı toplandığı rapor edilmiştir (Xing vd., 2008). Yine *Holothuria leucospilota* türü üzerine yapılan başka bir çalışmada ise vücut sıvısı miktarı 40-60 ml arasında elde edildiği bildirilmiştir (Xing vd., 1998). Bu çalışmada *H. tubulosa*'nın vücut sıvısı ağırlığı ise 0,07-40,48 g aralığında ortalama $6,06 \pm 0,32$ olarak belirlenmiştir. Vücut sıvısı miktarı aynı türde, aynı boy ve ağırlıkta dahi farklı yaşam ortamları ve şartlarına bağlı olmak üzere değişebilmektedir. Bu sebeple araştırmacılar, örnekleri ön şartlandırma havuzlarında dinlendirerek çalışmalarını sürdürmekte, canlının fizyolojik olarak belli bir durumda stabil kalması sağlanmaktadır. Dolayısıyla bu çalışma da dâhil tüm çalışmalarda tespit edilen sıvı ağırlık verilerinin farklılık göstermesi normal karşılanmaktadır. *H. tubulosa* üzerine dünyada ve ülkemizde ağır metal, popülasyon dinamiği ve üreme gibi farklı konularda birçok araştırmalar yapılmış olmasına rağmen, türün stok yoğunluğu üzerine çok az çalışma bulunmaktadır. Deniz hıyarının popülasyon yapısı bireylerin bolluk, büyüme ve üreme özelliklerinin bilinmesi ile belirlenmektedir. Örneğin, Aydın (2018), Ege Denizi'nde ticari avcılığa açık alanda yaptığı çalışmada, *H. tubulosa*'nın biyometrisi, stok yoğunluğu ve biyomasını belirlemiştir. Bu çalışmada, ortalama

karkas ağırlığı (MGW) 66.51 ± 30.85 , stok yoğunluğu ise 1.91 ind./m² , biyomas ise 106.56 g/m² olarak belirlemiş ve deniz hıyarları içerisinde % 43 oranında *H. tubulosa* avlandığını belirlemiştir. Aydın (2019), Kuzey Ege’de üç deniz hıyarı üzerine 5, 10 ve 15 m derinliklerde yoğunluk ve biyomaları değerlendirilmiştir. Araştırmada, *H. tubulosa*’nın ortalama karkas boy ve ağırlığı, 11.00 cm ve 47.97 g dır. Üç farklı türün ortalama biyomas ve yoğunluk miktarı; 5 m derinlikte 2.62 ind./m² ve 125.65 g/m² ; 10 m derinlikte 1.8 ind./m² ve 111.35 g/m² ; 15 derinlikte 1.31 ind./m² ve 82.8 g/m² olarak hesaplanmıştır. Ege Denizi’nin Kuşadası-Didim bölgesinde yapılan biyometrik ölçüm çalışmasında, karkas boyları 11-25 cm olmak üzere ortalama boy 18.1 cm; ağırlıkları ise 51-175.7 g ve ortalama ağırlığı ise 100.5 g olarak belirlemişlerdir (Aydın, 2013). Ege Denizi’nde Pagasitikos Körfezinde yapılan çalışmada, popülasyon yoğunluğu 9.93 ind./100 m² olarak belirlenmiştir. Bu araştırmada, güney Marmara Adalar bölgesinde türün ortalama bolluğu 8.77 ± 0.87 birey/100 m² olduğu belirlenmiştir. *Holothuria tubulosa*, cinsiyetin gonadların görünümü ve rengine göre makroskobik olarak belirlenebildiği, dış cinsel dimorfizmi olmayan gonokoristik bir türdür (Despalatovic vd., 2004). Farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda erkek: dişi oranının 1:1 (Despalatovic vd., 2004; Kazanidis vd., 2010; Dereli vd., 2016), Simunovic ve Grubelic (1998) ile bu çalışmada 22 dişi oranının (1:1,78) yüksek olduğu rapor edilmiştir. Adriyatik'teki *H. tubulosa*’nın Temmuz’dan Eylül’e kadar olan yılın sıcak mevsimlerinde yılda bir kez yumurtladığı (Despalatovic vd., 2004), bunun deniz suyu sıcaklığı ile ilgili olduğunu göstermektedir (Conand, 1981; Despalatovic vd., 2004). Bu çalışmada, üreme dönemi yaz ayları ve deniz suyu sıcaklıklarının artması ile birlikte gonad gelişiminin başladığı tespit edilmiştir. *H. tubulosa* türünün ekonomik değerinin yüksek olması, özellikle tür üzerinde kaçak avcılığın artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, işlenerek ürünün katma değerinin artması da buna katkı vermekte (Simunovic ve Grubelic, 1998; Cakli vd., 2004; Aydın, 2008; Vafidis vd., 2008) ve bu nedenle de *H. tubulosa*’nın popülasyonlarının izlenmesini

gerektirmektedir. Marmara Dernizi'nde yaşanan müsilaj ve kirlilik problemleri dikkate alındığında *H. tubulosa*'nın popülasyonlarının zarar görmesi daha derin olumsuzlukların yaşanmasına da neden olabilir.

Teşekkür

Bu alıma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2020-3316.

Kaynakça

Amon RMW, Herndl GJ (1991). Deposit feeding and sediment: I. Interrelationship between *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea, Echinodermata) and the sediment microbial community. PSZNI Mar Ecol 12: 163–174.

Aydın, M. (2013). Deniz hıyarı *Holothuria* (Platyperona) sanctori DelleChiaje, 1823 (Echinodermata: Holothuroidea) türünün bazı biyolojik özellikleri. Biological Diversity and Conservation 6(3): 153-159.

Aydın, M. (2015). Türkiye Denizlerinde Dağılım Gösteren Deniz Hıyarı (Echinodermata: Holothuroidea) Türleri Hakkında Ön Araştırmalar. Ekoloji Sempozyumu, 6-9 Mayıs 2015, Sinop. Sayfa 483.

Aydın, M. (2016). Sea Cucumber (Holothuroidea) Species of Turkey. Journal of Maritime and Marine Sciences. 2 (1), 49-58. (in Turkish).

Aydın, M. (2017). Present status of the sea cucumber fishery in Turkey. SPC Beche de Mer Information Bulletin, 37, 30-34

Aydın, M. (2018). Biometry, Density and the Biomass of the Commercial Sea Cucumber Population of the Aegean Sea, Turk. J. Fish.& Aquat. Sci. 19(6), 463-474 http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_6_02

Aydın, M. (2019). Density and Biomass of Commercial Sea Cucumber Species Relativeto Depth in the Northern Aegean Sea. Thalassas, 35(2), 541-550. <https://doi.org/10.1007/s41208-019-00144-4>.

Aydın, M., Erkan, S. (2015). Identification and some biological characteristics of commercial sea cucumber in the Turkey coast waters. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 3(1): 260-265.

Aydin M (2008). The commercial sea cucumber fishery in Turkey. SPC Beche-de-Mer Inf Bull 28: 40–41.

Borrero-Perez, H.G., Perez-Ruzafa, A., Marcos, C. and Gonzalez-Wangüemert, M. (2009). The taxonomic status of some Atlanto-Mediterranean species in the subgenus *Holothuria* (Echinodermata: Holothuroidea: Holothuriidae) based on molecular evidence, Zoological Journal of the Linnean Society, 1-19.

Bulteel P, Jangoux M, Coulon P (1992). Biometry, bathymetric distribution, and reproductive cycle of the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in Mediterranean seagrass beds. PSZNI Mar Ecol 13: 53–62.

Bulteel, P., Jangoux, M. (1989). Dynamique de population de l'holothurie *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) en baie de Naples: observations préliminaires. Vie Marine H.S. 10, 107–115.

Cakli S., Cadun A., Kislal D. and Dincer T. (2004) Determination of quality characteristics of *Holothuria tubulosa*, (Gmelin, 1788) in Turkish Sea (Aegean Region) depending on sun drying process step used in Turkey. Journal of Aquatic Food Product Technology 13, 69–78.

Choo, P. S. (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Asia. In Toral-Granda V., Lovatelli A. And Vasconcellos M. (eds). Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, 81-118.

Conand C. (1981). Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. Bull Mar Sci 31: 523–543.

Conand, C. (1990). The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper. No. 272. Rome. 143 pp.

Conand, C. (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Indian Ocean. In: Toral-Granda, V., Lovatelli, A.,

Vasconcellos, M. (eds). Sea cucumbers: a global review on fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, 153– 205

Coulon, P., Jangoux, M. (1993). Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. Marine Ecology Progress Series. 92, 201–204.

Dereli, H., Culha, S.T., Culha, M., Özalp, B.H., Tekinay, A.A. (2016). Reproduction and population structure of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* in the Dardanelles Strait, Turkey. Mediterr Mar Sci 17(1), 47-55. <https://doi.org/10.12681/mms.1360>

Despalatović M, Grubelić I, Šimunović A, Antolić B, Žuljević A (2004). Reproductive biology of the holothurian *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in the Adriatic Sea. J Mar Biol Assoc UK 84: 409–414.

Fischer, W., Schneider, M. Bauchot., M. L. (1987). Méditerranée et Mer Noire (Zone de Pêche 37). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Rev.1. (2 volumes).

Gilliland, P.M. (1993). The skeletal morphology, systematics and evolutionary history of holothurians. Special Papers in Palaeontology. 47, 1-147.

González-Wangüemert, M., Aydın, M., Chantal, C. (2014). Assessment of sea cucumber populations from Aegean Sea (Turkey): First insights to sustainable management of new fisheries. Ocean & Coastal Management 92: 87- 94. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2014.02.014.

Gustato G, Villari A, Del Gaudio S, Pedata P. (1982). Ulteriori dati sulla distribuzione di *Holothuria tubulosa*, *Holothuria polii* e *Holothuria stellati* nel Golfo di Napoli. Boll Soc Nat Napoli 91: 1–14 (in Italian).

Hampden-Thompson, G. & Galindo, C. (2017) School–family relationships, school satisfaction and the academic achievement of young people. *Educational Review*, 69 (2), 248-265. Doi: 10.1080/00131911.2016.1207613

Hickman C.J. (1998). A Field Guide To Sea Stars And Other Echinoderms Of Galápagos. Sugar Spring Press, Lexington, VA, USA. 83 pp.

Kazanidis G, Antoniadou C, Lolas AP, Neofitou N, Vafidis D, Chintiroglou C, Neofitou C. (2010). Population Dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. *J Mar Biol Assoc UK* 90:895–901.

Kline, B. R. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (Second edit). NY: The Guilford Press.

Koukouras A., Sinis A.I., Bobori D., Kazantzidis S. and Kitsos M.S. (2007). The echinoderm (Deuterostomia) fauna of the Aegean Sea, and comparison with those of the neighbouring seas. *Journal of Biological Research* 7, 67–92.

Künili, İ. E. (2017). Determination of biochemical, functional, and bioactive properties of sea cucumber (*Holothuria tubulosa*). Ph.D. Thesis. Çanakkale Onsekiz Mart University, Graduate School of Applied and Natural Sciences, Çanakkale, Turkey.

Künili, İ. E. (2022). Effects of morphometric and biochemical parameters on collagen and pepsin-solubilized collagen yields of *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1790) and *Holothuria poli* (Delle Chiaje, 1823). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 51(1), 100-114.

Künili, İ. E., & Çolakoğlu, F. (2022). Seasonal Variations in Proximate and Mineral Compositions of *Holothuria* (Roweothuria) *poli* (Delle Chiaje, 1823) Distributed Along the Coasts of Çanakkale, Türkiye. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries*, 5(Special Issue), 70-79.

Künili, İ. E., & Çolakoğlu, F. A. (2018). Antioxidant and antimicrobial activity of sea cucumber (*Holothuria tubulosa*, Gmelin 1791) extracts. *Canakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries*, 1(2), 66-71.

Künili, İ. E., & Çolakoğlu, F. A. (2019). Chemical and Nutritional Characteristics of *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788); A Seasonally Comparative Study, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28 (7), 716-728.

Künili, İ. E., Çolakoğlu, F. A., & Ormanci, H. B. (2016). Elemental Composition of Body Parts of *Holothuria tubulosa*. 41st CIESM Congress Proceedings, Kiel, Germany, Volume 41, pp 243.

Massin, C., Jangoux, M. (1976). Observations ecologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. polii* et *H. forskali* (Echinodermata, Holothuroidea) et comportement alimentaire de *H. tubulosa*. *Cahiers de Biologie Marine*, 17, 45-59.

Mezali K., Chekaba B., Zupo V. and Asslah B. (2003). Comportement alimentaire de cinq espèces d'holothuries aspidochirotés (Holothuroidea: Echinodermata) de la presqu'île de Sidi-Fredj (Algerie). *Bulletin de la Société Zoologique de France* 128, 49–62.

Mezali, K., Zupo, V., Francour, P. (2006). Population dynamics of *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa* and *Holothuria* (*Lessonothuria*) *polii* of an Algerian *Posidonia oceanica* meadow. *Biologia Marina Mediterranea*, 132, 158-161.

Nal, M. (2018). *Hastanelerde acil yardım ve afet yönetimi*. Ankara: Akademisyen Kitabevi

Pladellorens M. and Subirana J.A. (1975). Spermiogenesis in the sea cucumber *Holothuria tubulosa*. *Journal of Ultrastructure Research* 52, 235–242.

Purcell SW, Mercier A, Conand C, Hamel JF, Toral-Granda MV, Lovatelli A, Uthicke S. (2013). Sea cucumber fisheries: global

analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish Fish 14: 34–59.

Simunovic, A., Grubelic, I. (1998). A contribution to the knowledge of the species *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788 (*Holothuria*, *Echinodermata*) in the coastal area of the central eastern Adriatic. *Acta Adriatica* 39, 13–23.

Simunovic, A., Piccinetti, C., Bartulovic, M., Grubelic, I. (2000). Distribution and abundance of the species *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788 and *Holothuria forskali* Delle Chiaje, 1823 (*Holothuria*, *Echinodermata*) in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica* 41, 3–16.

Tortonese E. and Vadon C. (1987). Oursins et Holothuries. In Fischer W., Bouchon M.L. and Schneider M. (eds) Fiches FAO d'identification des espe`ces pour les besoins de la pe^che (re'vision 1)—Me'diterrane'e et Mer Noire. Zone de pe^che 37. Rome: FAO publications, pp. 743–760.

Tortonese, E. (1965). *Echinodermata - Fauna d'italia*, VI. Ed. Calderini, Bologna. XIII 422 pp., 186 figg.

Uthicke S. (1997). Seasonality of asexual reproduction in *Holothuria* (*Halodeima*) *atra*, H. (H.) *edulis* and *Stichopus chloronotus* (*Holothuroidea*: *Aspidochirotida*) on the Great Barrier Reef. *Marine Biology* 129, 435–441.

Vafeiadou, A. M., Antoniadou, C., Vafidis, D., Fryganiotis, K., Chintiroglou, C., (2010). Density and biometry of the exploited holothurian *Holothuria tubulosa* at the dodecanese, south Aegean sea. *Rapport Commission International Pour l'exploration Scientifique de la Mer Me'diterranee*, 39, 661.

Vafidis D., Tsagridis A., Chintiroglou C., Stamatis N. and Antoniadou C. (2008) Fisheries, processing and trade of the South Aegean holothurian stocks. Ministry of Agricultural Development and Food, Operational Programme for Greek fisheries for the period 2000–2006, Final Technical Report, Greece, 83 pp.

Xing K., Yang H.S. ve Chen M.Y. (2008). Morphological and ultrastructural characterization of the coelomocytes in *Apostichopus japonicus*. *Inter-Research Aquatic Biology*.2:85- 92.

Zar, J.H. (1984). “Biostatistical analysis, 2nd edn”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

BÖLÜM III

Akuaponik Sistemlerde Önemli Balık Türleri

Esin ÖZÇİÇEK

Giriş

Akuaponik sistemler, gelişmekte olan bir teknoloji ve bilim konusudur. Hidroponik (Topraksız tarım) ile kapalı devre yetiştiricilik sistemlerinin kombinasyonu olan akuaponik sistemler, geleneksel deniz ürünleri üretim yöntemlerine çevre dostu yeni bir alternatif gıda üretim sistemidir (Tyson & ark., 2011; Buzby & Lin, 2014). Yetiştiricilikte kullanılan suyun hidroponik sistemlerde yeniden kullanılması esasına dayanır. Bu sistemler, su kullanımını azaltma ve atık yönetimi ile besin geri dönüşümünü iyileştirme fırsatları sağlar. Ayrıca, yoğun balık üretimini çevresel sürdürülebilirlikle uyumlu hale getirmektedir (Martins & ark., 2010). Akuaponiklerde balık ve bitkisel üretimi birleştirme prensibi, düşük teknoloji seviyesinden yüksek teknolojiye sahip son teknolojik sisteme kadar uygulanabilir (Trang & Brix, 2014). Akuaponik sistemler, son yıllarda önemli bir yetiştiricilik faaliyeti olarak hızlı bir şekilde yayılmaktadır (Şekil 1’de).

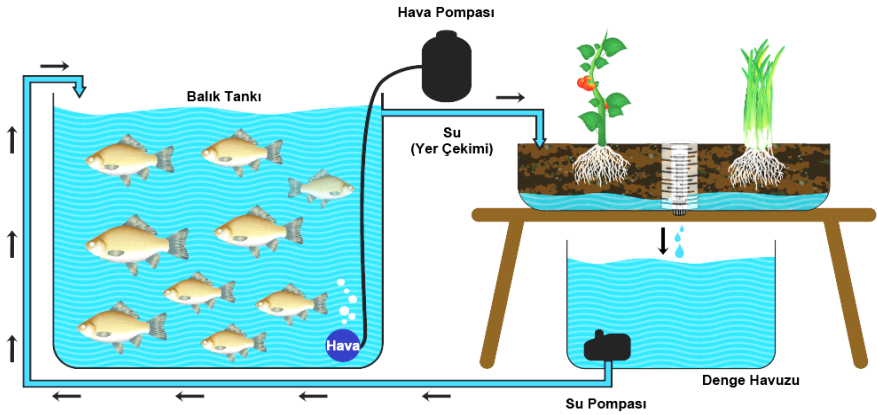
Her ne kadar bir akuaponik sistemin temel düzenlemesi görünüşte basit olup, yalnızca üç tür canlı organizmayı (balıklar, faydalı bakteriler ve bitkiler) içeriyor olsa da, bunlar arasındaki karşılıklı ilişkiler oldukça karmaşık ve birbirine bağımlıdır (Tyson & ark., 2011). Akuaponik sistemdeki balıklar, ihtiyaç duyduğu maddeleri içeren besinlerle beslenmektedir. Balıkların oluşturduğu azotlu bileşenlerce zengin atıklar, bitkilerin besin olarak kullanabileceği formlara bakteriler tarafından dönüştürülerek bitkilere sunulur. Bitkiler de bu bileşenleri besin olarak alırlar. Bitkiler bünyesinde ortamdaki azotlu bileşikleri topladığı için, aynı zamanda suyu biyolojik olarak filtrelemiş olur (Dede & Türkan, 2009). Akuaponik bitkilerdeki sulu bir fazda besin alımı daha verimli olduğu için toprakta yetişen muadillerine göre büyümeleri daha hızlı olur (Azad & ark., 2013).

Akuaponik sistemlerdeki su kalitesi optimizasyonu oldukça önem arz eder. Su kalitesi parametreleri balık ve bitki türüne göre ayarlanırken, yararlı bakterilerin de yaşam koşullarına uygun olmalıdır (Kargın & Bilgüven, 2018). Su kalitesini belirleyen kritik etmenler; sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH, karbondioksit, amonyak, nitrit, nitrat ile klordur. Ayrıca balığın türü, büyüme ve beslenme hızı, su hacmi ve diğer çevresel faktörler de suyun kalitesinde ani değişimlere neden olabilir (Dede & Türkan, 2009). Su kalitesinin bozulması; balık fizyolojisi, yem verimliliği, büyüme hızı gibi etmenlerdeki patolojik değişikliklere ve ölümlere bile yol açabilir. Akuaponikler, geniş bir balık yelpazesıyla çalıştırılabilir ancak her durumda seçilen türler için çevresel kriterlerin karşılanması gerekir (Martins & ark., 2010).

Sucul bir organizmanın akuaponikte üretken olmasının temel özelliği, yüksek popülasyon yoğunluklarını ve yüksek düzeyde toplam askıda katı madde, nitrojen, fosfor ve potasyumu tolere edebilme yeteneğidir (Rakocy, Masser & Losordo, 2006; & Ebeling, 2010). Genel olarak balıklar 0,06 kg/L'nin üzerinde stoklanmamalıdır, ancak bu yoğunluk seviyesine yakın gelişebilen türler akuaponik için idealdir ((Rakocy, Masser & Losordo, 2006).

Akuaponik sistemlerde genellikle toleransı yüksek olan balık türleri (tilapia, sazan, alabalık vb.) tercih edilir (Türker, 2018). Bitki olarak da performansı, bitkinin büyüme evreleri ve besin ihtiyacına bağlı olarak sebzeler (marul, biber, domates, salatalık, çilek vb.), hayvansal üretimde yem olarak kullanılan sucul bitkiler (su marulu, su teresi vb.) ve ekonomik açıdan değerli tıbbi veya aromatik bitkiler (fesleğen, sarımsak, kişniş otu, maydanoz vb.) kullanılabilir (Türker, 2018; Bingöl, 2019).

Akuaponik sistemlerde en önemli faktörlerden biri balık seçimidir. Ekonomik önemi olan balıklar tercih edilmelidir. İklim faktörlerine göre bitkinin de istekleri göz önüne alınmalıdır. Ayrıca akuaponiklerde balık refahı çok önemlidir. Balık refahı davranışsal, fizyolojik ve bilişsel tepkiler ile stres uyaranlarına karşı verilen adaptif tepkileri gösterir. Refah standartlarına uygun yetiştirilen sağlıklı balıklar tüketilmelidir. Balık refahı, tüketiciye yüksek kalitede ürün sunmak için oldukça önemlidir (İkiz & Daşgan, 2023).



Şekil 1. Akuaponik şematik gösterimi (Somerville & ark., 2014).

Tilapia

Tilapia balıklarının dünyanın pek çok ülkesinde yetiştiriciliğinin yaygınlaşmasını sağlayan çok sayıda özelliği bulunmaktadır. Uzak mesafelere kolayca ve çok fire vermeden

nakledilebilir. Hem monokültür olarak hem de sazan, yayın balığı ve kefal ile polikültür olarak da yetiştirilebilir. Bu tür, tatlı su balığı olmakla birlikte tuzlu suya da dayanıklıdır (Alpbaz, 2009).

Başlıca ticari türler: mavi tilapia (*Oreochromis aureus*), nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) ve mozambik tilapia (*Oreochromis mossambicus*)'dır (Somerville & ark., 2014). Çoğu akuaponik sistemde, ana balık türü olarak Nil tilapia'sı (*Oreochromis niloticus*) kullanılmaktadır. Tilapia, sıcak sulara toleranslı bir türdür ve bu nedenle akuaponik sistemlerde popüler bir balıktır. Tilapia ideal koşullarda hızlı büyür ve 8-9 ayda yaklaşık 1 kg ağırlığa ulaşabilir (Martins & ark., 2009). *Oreochromis* cinsi balıklar, genellikle yüksek gövdeli balıklar olup yanlardan basıktır (Çelik, 2012). Vücutları büyük boyutlu olan sikloid pullarla kaplıdır Birçok patojen ve parazite karşı dirençlidirler ve strese karşı dayanıklıdırlar (Somerville & ark., 2014). Yüksek su sıcaklığına dayanabilen bu balık, düşük su sıcaklığına fazla dayanmamaktadır. Su sıcaklığının 13 °C'nin altına düşmemesi gerekir (İkiz & Daşgan, 2023). Ilık su balığı olup, optimum sıcaklık 27-28 °C'dir. Yem yaklaşık %30 protein içermelidir. Tilapia'nın üremesi kolaydır, hızlı büyür, çok çeşitli çevre koşullarını tolere eder ve iyi kalitede güzel beyaz bir ete sahiptir. Tilapia dünyada yetiştirilen en popüler beyaz balıktır ve hızlı büyümesi nedeniyle sıklıkla su tavuğu olarak bilinir (Thorarinsdottir, 2015). Tilapia, normalde diğer suda yaşayan türler için sınırlayıcı faktörler olan daha yüksek toplam askıda katı maddeleri ve 44,67 mg/l'ye kadar nitrit seviyelerini tolere edebilir (Ru & ark., 2017). Tilapia, düşük çözünmüş oksijen gereksinimlerinden dolayı yüksek miktarda yetiştirme alanı gerektirmez ve bu nedenle daha yüksek oranda stoklanabilir; bu da akuaponikte bitkilerin besin maddesi taleplerinin karşılanması için idealdir (El-Sayed, 2006). Optimum çözünmüş oksijen miktarı 4 mg/l'tnin üzerindedir (Somerville & ark., 2014).

Tilapialar omnivorlardır, yani hem bitki hem de hayvan bazlı yemleri yerler. Balık, böcek, alg, planktonik organizma ve bitki materyalleriyle beslenirler. Juveniller, zooplankton tüketme eğilimindedir (Gominho-Rosa & ark., 2015). Tilapialar diğer

balıkları, özellikle de kendi yavrularını yerler; üreme sırasında tilapia boyutuna göre ayrılmalıdır. 15 cm'den küçük tilapialar daha küçük balıkları yerler, ancak 15 cm'den büyük olduklarında genellikle çok yavaş olurlar ve sorun olmaktan çıkarlar. Tilapialar, özellikle suyun sıcak, oksijenli, yosunla dolu ve gölgeli olduğu, sakin ve sessiz bir ortamda kolaylıkla ürerler (Somerville & ark., 2014).

Tilapialar özellikle düşük yoğunluklarda agresif olabilir. Bu nedenle balıkların yetiştirme tanklarında yüksek yoğunluklarda tutulması gerekmektedir. Bazı çiftlikler yetiştirme tanklarında yalnızca erkek balıkları kullanır; aynı yaştaki tüm erkek kültürleri daha büyük ve daha hızlı büyür, çünkü erkekler enerjiyi yumurtalıkların gelişimine yönlendirmezler ve dişiler gibi yumurta yumurtlarken beslenmeyi bırakmazlar (Somerville & ark., 2014).

McMurtry & ark. (1990) balık, bitki ve bakteri birimlerini içeren ilk akuaponik sistemi kurmuş ve mavi tilapia ve bazı bitkiler (salatalık, domates) üzerinde çalışmıştır. Bu öncü çalışmaları, domates-tilapia (Watten & Busch, 1984; McMurtry & ark., 1997), marul-tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Rakocy & ark., 1997) gibi diğer kombinasyonlar takip etmiştir.

Koi ve Sazan

Başlıca ticari türler: sazan balığı (*Cyprinus carpio*), gümüş sazanı (*Hypophthalmichthys molitrix*) ve ot sazanı (*Ctenopharyngodon idella*)'dır (Somerville & ark., 2014). Sazan balıkları, ılıman iklim balıklarıdır. Sıcak sevmesiyle birlikte soğuğa da dayanıklı olan bu balıklar, entansif yetiştiriciliğe oldukça uygundur. pH 5-9 arasında olmalıdır (Alpbaz, 2009). Tilapia gibi sazanlar da nispeten kötü su kalitesine toleranslıdır, ancak su sıcaklığı konusunda çok daha geniş bir tolerans aralığına sahiptirler. Sazanların 4 °C kadar düşük ve 34 °C kadar yüksek sıcaklıklarda hayatta kalabilmesi, onları hem ılıman hem de tropik bölgelerdeki akuaponikler için ideal bir seçim haline getiriyor. En iyi büyüme oranları, sıcaklıklar 25 °C ile 30 °C arasında olduğunda elde edilir.

Bu koşullarda, bir yıldan kısa bir sürede (10 ay) fingerlingden hasat büyüklüğüne (500-600 g) kadar büyüyebilirler. 12 °C'nin altındaki sıcaklıklarda büyüme oranları önemli ölçüde azalır. Optimum çözünmüş oksijen miktarı 4 mg/l't'nin üzerindedir. Erkek sazanlar, dişilerden daha küçük olmaktadır (Somerville & ark., 2014).

Doğada sazanlar, çok çeşitli yiyecekleri yiyen, dipten beslenen omnivorlardır. Su böcekleri, böcek larvaları, solucanlar, yumuşakçalar ve zooplankton gibi omurgasızlarla beslenmeyi tercih ederler. Kültür sazanı, yüzen pelet yemiyle beslenmek üzere kolayca eğitilebilir (Somerville & ark., 2014).

Sazan yavruları en iyi kuluçkahanelerden ve özel yetiştirme tesislerinden elde edilir. Yavru elde etme prosedürü tilapialardan daha karmaşıktır çünkü dişi sazanlarda yumurtlama, hormon enjeksiyonu ile tetiklenir (Somerville & ark., 2014).

Dünyada koi olarak bilinen renkli havuz balıkları, sazan balıkları (*Cyprinus carpio*) türüne dâhil bir varyete olarak geliştirilmiştir. Çok uzun ömürlüdür. Genel olarak 25-36 yıl kadar yaşamaktadır (Alpbaz, 2005). Bu balıkların ekonomik önemi çok fazladır (Alpbaz, 2009). Koi sazanları, esas olarak akvaryum balığı endüstrisi için üretilmektedir. Bu balıklar, farklı su koşullarına karşı yüksek toleransa sahiptir ve bu nedenle akuaponik sistem için iyi adaylardır. Gıda olarak satılan balıklardan çok daha fazla paraya birey ve akvaryum mağazalarına satılabilirler. Koi sazanları, vejetaryen akuaponik yetiştiriciler için popüler bir seçimdir (Somerville & ark., 2014). Koi sazanları için uygun su sıcaklığı 22-24°C'dir. Çözünmüş oksijen 5 ppm'den aşağı olmamalıdır. pH 6.5-8.0 arasında olmalıdır. Genellikle durgun suları tercih ederler. Temiz sular yaşama ortamı için en idealidir. Devridaim ettirilerek suyun temizlendiği ortamda rahatça yaşarlar (Alpbaz, 1993).

Yayın Balığı

Başlıca ticari türler: kanal yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) ile Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*)'dır. Yayın balığı; çözünmüş oksijen, sıcaklık ve pH'daki geniş dalgalanmaları tolere

eden son derece dayanıklı bir balık grubudur. Ayrıca birçok hastalık ve parazite karşı dirençli olmaları, onları su ürünleri yetiştiriciliği için ideal kılmaktadır. Afrika yayın balığı, Clariidae ailesindeki birçok türden biridir. Bu türler hava soluyanlardır ve bu da onları su ürünleri yetiştiriciliği ve suda yaşayan bitkiler için ideal kılar; çünkü çözünmüş oksijendeki ani bir düşüş herhangi bir balık ölümüyle sonuçlanmaz. Yayın balığı, yeni başlayanlar veya elektrik temininin güvenilir olmadığı bölgelerde balık yetiştirmek isteyen akuaponistler için en kolay türdür. Düşük çözünmüş oksijen seviyelerine ve yüksek amonyak seviyelerine karşı yüksek toleransı göz önüne alındığında, yeterli mekanik filtrelemenin olması koşuluyla yayın balığı daha yüksek yoğunluklarda stoklanabilir. Yayın balığı tarafından üretilen askıda katı atıkların tilapiaya göre daha az hacimli ve daha fazla çözünmüş olduğunu belirtmek gerekir; bu da mineralizasyonu kolaylaştıran bir faktördür. Tilapia gibi yayın balığı da ılık suda en iyi şekilde büyür ve 26 °C sıcaklığı tercih eder; ancak Afrika yayın balığının büyümesi 20-22 °C'nin altında durur. Optimum çözünmüş oksijen miktarı 3 mg/l'tnin üzerindedir (Somerville & ark., 2014). Düşük kalitede, akış hızının az olduğu ve az oksijenli sularda yaşayabilmesi kültüre alınmasını kolaylaştırmaktadır (Hecht & ark., 1996).

Yayın balıklarında genellikle dorsal kahverengi veya koyu, yanlar gri-kahverengi, karın bulanık beyaz renklidir. Cinsel olgunluğa 3-4 yaşlarında ulaşır. Gelişimi hızlıdır. Karnivor olan bu tür, çoğunlukla solucan, salyangoz vb. canlılar ile beslenir (Demirsoy, 1993).

Yayın balığı bentik balıktır, yani tankın yalnızca alt kısmını kaplarlar. Bu durum, su sütunu boyunca yayılmadıkları için onları yüksek yoğunluklarda yetiştirmede zorluklara neden olabilir. Aşırı kalabalık tanklarda yayın balıkları dikenleriyle birbirlerine zarar verebilir. Yayın balığı yetiştirirken bir seçenek, dikey alandan daha büyük yatay alana sahip bir tank kullanmak, böylece balığın tabana yayılmasına izin vermektir. Alternatif olarak, bir çok çiftçi yayın balığını tankın üst kısmını kullanan başka bir balık türüyle (genellikle levrek veya tilapia) yetiştirir (Somerville & ark., 2014).

Ticari işletmelerdeki *C. gariepinus* üretiminin Tilapia türleri ve *Pangasius* sp. ile birlikte yapılması ve stok yoğunluğunun 600 g/m³ olması, bu türün dünyada ticari olarak değerli bir balık olduğunu göstermektedir (FAO, 2018).

Alabalık

Başlıca ticari tür: gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'dır (Somerville vd., 2014). Gökkuşağı alabalığı, 20 °C'ye kadar sıcaklığı tolere edebilen ve optimum yetiştirme sıcaklığı 17-18 °C olan bir soğuk su türüdür. Daha yüksek sıcaklıklar; balıkları strese sokacağı ve hatta öldüreceğinden, su sıcaklıklarını her zaman 20 °C'nin altında tutmak için sıcaklık kontrolüne ihtiyaç duyulacaktır (Dalsgaard & ark., 2012). Alabalık, özellikle kış aylarında ılıman iklim bölgelerinde akuaponikler için idealdir. Sıcaklıklar 21 °C'nin üzerine çıktıkça büyüme oranları önemli ölçüde azalır ve balıklar çözünmüş oksijeni gerektiği gibi kullanamayabilir. Alabalık, sazan ve tilapia ile karşılaştırıldığında yüksek proteinli bir diyet gerektirir; bu, eklenen balık yemi birimi başına genel besin havuzunda daha fazla miktarda nitrojen bulunması anlamına gelir. Bu oluşum, dengeli bir akuaponik üniteyi korurken, yapraklı sebzelerin daha fazla ekilebilir alanlarına izin verir. Alabalıkların tuzluluğa karşı toleransı çok yüksektir ve birçok çeşidi tatlı su, acı su ve deniz ortamlarında hayatta kalabilir. Genel olarak alabalık, özellikle çözünmüş oksijen ve amonyak açısından tilapia veya sazandan daha iyi su kalitesine ihtiyaç duyar. Optimum çözünmüş oksijen miktarı 6 mg/l'tnin üzerindedir (Somerville & ark., 2014).

Gökkuşağı alabalığı, çevresel faktörlere karşı adaptasyonu yüksek ve hızlı büyüyen bir türdür. Yem değerlendirme oranının yüksek olması, kolay döl alımı ile hastalıklara karşı dirençli olması bu türün tercih edilmesini sağlamaktadır (Lindhorst-Emme, 1990).

Gökkuşağı alabalığı, dünyada yetiştiricilik ve akuaponik açısından en uygun soğuk su balığıdır. Salmonidae familyasında yer alırlar (Bruno & Poppe 1996). Gökkuşağı alabalığı uzun, ince ve

pulsuz, genellikle mavi-yeşil renkte ve üstte benekli, yanlarda kırmızı bir şerit bulunur. Alabalıkların morfolojik olarak en belirgin özelliği, sırt yüzgeci ile kuyruk yüzgeci arasında yağ yüzgecinin bulunmasıdır. Vücutları yanlardan hafifçe yassılaşmış, genellikle mekik şeklindedir. Alabalık, yüksek miktarda A vitamini, D vitamini ve omega-3 yağ asidini belirten bir besin tanımı olan "yağlı balık" olarak kabul edilir ve bu da onları yetiştirmek için mükemmel bir seçim haline getirir (Somerville & ark., 2014).

Büyük Ağızlı Levrek

Başlıca ticari tür: büyük ağızlı levrek (*Micropterus salmoides*)'dir. Bu tür, Kuzey Amerika'ya özgüdür ancak birçok su kütlesinde meydana gelerek dünya çapında yaygın olarak dağılmıştır. Bunlar ayrıca çizgili levrek, Avustralya levreği, kara levrek, Avrupa levreği ve daha birçoğunu içeren Perciformes takımına aittir (Somerville & ark., 2014).

Büyük ağızlı levrek geniş bir sıcaklık aralığını tolere eder; ancak büyüme 10 °C'nin altında veya 36 °C'nin üzerinde durur. 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda beslenmeyi durdururlar. Balıkların tüm aşamaları için optimum büyüme sıcaklıkları 24–30 °C aralığındadır. Düşük çözünmüş oksijen ve pH'ı tolere ederler, ancak iyi bir FCR için en uygun çözünmüş oksijen 4 mg/l't'nin üzerindedir (Somerville & ark., 2014).

Büyük ağızlı levrek, askıda katı madde konsantrasyonu 25 mg/l't'den az olan temiz suları tercih eder. Karnivor balıklardır ve yüksek proteinli diyetler gerektirir; bu nedenle yavruların daha büyük balıklar tarafından tüketilmesini önlemek için büyüklüklerine göre ayrılmalıdır. Büyüme oranları büyük ölçüde sıcaklığa ve yemin kalitesine bağlıdır; ılıman iklimlerde büyümenin çoğu sıcak mevsimlerde elde edilir. Çözünmüş oksijene karşı yüksek toleranslarının yanı sıra yüksek nitrit seviyelerine karşı iyi dirençleri göz önüne alındığında geniş ağızlı levrek, özellikle soğuk ve sıcak mevsimler arasında tür değiştiremeyen akuaponik çiftçiler için mükemmel bir seçimdir (Somerville & ark., 2014).

Japon Balığı

Dünyada akvaryum balıkçılığının, Japon balığı (*Carassius auratus*) yetiştiriciliği ile Çin’de başladığı bildirilmektedir (Wallat, Lazur & Chapman, 2005). Akvaryum balıkları içerisinde Japon balıkları, en popüler türlerden biridir. Cyprinidae familyası içerisinde yer alır (Shete & ark., 2013). Japon balıklarında vücut formu çok çeşitlilik göstermekle birlikte; karın bölgesi şişkince, gövde yapısı yüksek, iri gözlü, küçük ağızlı ve çatallı kuyruk yüzgecinin olduğu görülmektedir. Renkleri, yeşil-bronzdan çok renkliye değişim göstermektedir (McDowall, 2000). Cinsiyet ayrımında, erkeklerin dişilere göre daha ince bir vücut yapısı ve uzun pektoral yüzgeçlerinin bulunduğu gözlenmektedir (Riehl, 1991). Beslenmesi rahat olan bu balıkların diyetlerinde sucul bitkiler, krustaseler, detritus, küçük böcekler, kurtlar, tubifex, daphnia, artemia ile kuru yemler kullanılmaktadır (Temelli, 1988; Wallat, Lazur & Chapman, 2005; Laurilla, Piironen & Holopainen, 1987; McDowall, 2000). Ömürleri 6-30 yıl olan Japon balıklarının 12-41 cm boy uzunluğuna kadar ulaşabildiği belirtilmektedir (Robison & ark., 1988; Page & Burr, 1991). Su sıcaklığının 15-20 °C ve pH’ın 6.5-8.5 arasında değiştiği ifade edilmiştir. Japon balığı için su sıcaklığında büyük değişikliklerin olmaması önemlidir (Altınköprü & Altınköprü, 1976; Laurilla & ark., 1987; Temelli, 1988). Optimum çözünmüş oksijen miktarı ise 4-6 mg/l arasındadır (Somerville & ark., 2014).

Sonuç

Akuaponikler, bütünleştirici karakteri ve yüksek teknolojiye düşük teknolojiye kadar çoklu uygulama senaryoları nedeniyle atipik ve karmaşık bir gıda üretim teknolojisidir (König & ark., 2016). İyi tasarlanmış bir akuaponik sistem; organik yükü fazla olan sudan yararlanma oranını arttırırken, su tüketimini azaltabilir; balık ve bitki olmak üzere iki farklı ürün üretilip kârlılığı arttırabilmektedir (Pantanella & ark., 2013; Hu & ark., 2015). Bu sistemlerin, tarım sektöründeki sürdürülebilirlik zorlukların üstesinden gelmek için büyük bir potansiyel taşımakta olup, az miktarda besin maddesi ile

yüksek verim üretme yeteneği, ayrıca su ürünleri yetiştiriciliğinden besin deşarjını, atık su kirliliği ile su kaybını önemli ölçüde azaltabileceği belirlenmiştir (Kuşlu & Er, 2022). Bu teknoloji, geleneksel yöntemlere göre birim alan başına yaklaşık on kat daha fazla sebze üretebilmektedir. Sistem, makineli tarıma göre yaklaşık %75 daha az enerji ve yaklaşık %80-90 daha az su kullanmaktadır (Goddek & Keesman, 2017). Bu nedenle akuaponik, kuraklığa yatkın ve su kıtlığı olan bölgeler için ideal bir teknolojidir. Akuaponik ürünleri tamamen organiktir ve sistem, geleneksel tarım yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha az emek gerektirir (Rakocy, 2012). Bu ürünlerde herbisit, böcek ilaçları gibi kimyasallar kullanılmadığından sağlıklı ve güvenli olup, ekolojik ürün olarak değerlendirilir (Mukherjee, 2013).

Balık ve bitki türü seçimi, balık-bitki oranı, stoklama yoğunluğu, su döngüsü, debisi ve süresi gibi optimum şartların sağlanması, sistemin oluşturulması ve işletilmesi açısından hayati önem arz etmektedir (Shete & ark., 2013). Yüksek değerli balık türlerinin tercih edilmesi, üretimi iyileştirmek ve akuaponik çiftliğinden kâr elde etmek için oldukça önemlidir. Bu balıklar, iyileştirilmiş su kalitesi, daha fazla alan ve daha az askıda katı madde konsantrasyonu gibi özel bakım ve yönetim gerektirir (Aishwarya & ark., 2018).

Kaynakça

Aishwarya, K. S., Harish, M., Prathibhashree, S. & Panimozhi, K. (2018). Survey on IoT based automated aquaponics gardening approaches. In *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, IEEE, (pp. 1495-1500).

Alpbaz, A. (1993). *Akvaryum Tekniği ve Balıkları*. 3. Baskı. İzmir: Mas Yayıncılık. Yayın No: 3.

Alpbaz, A. (2005). *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*. 2. baskı. İzmir: Alp Yayınları.ONGRES

Alpbaz, A. (2009). *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*. İzmir: Rotifer Su Ürünleri Yayıncılığı.

Altınköprü, M. & Altınköprü, T. (1976). *Akvaryum Balıklarının Üretilmesi*. İstanbul: Haşmet Matbaası. 110-125.

Azad, K. L., Ishikawa, K., Diaz-Perez, J. C., Eaton, T. E. & Takeda, N. (2013). Growth and development of komatsuna (*Brassica rapa* L. Nothovar) in NFT (nutrient film technique) system, as influenced by natural mineral. *Agric. Sci. J.*, 4, 1-7.

Bingöl, B. (2019). Alternatif Tarım Yöntemleri; Aeroponik, Akuaponik, Hidroponik. *Harman Time Dergisi*, 7 (82), 34-42.

Çelik, E. (2012). *Tilapia culture review*. Dissertation. Norwegian University of Life Sciences. Master Thesis.

Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K. & Pedersen, P. B. (2012). Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering*. doi:10.1016/j.aquaeng.2012.11.008

Demirsoy, A. (1993). *Yaşamın Temel Kuralları: Omurgalılar/Anamniyota*. 2. Baskı Ankara: Meteksan A.Ş.

El-Sayed, A. F. M. (2006). Tilapia Culture. CABI eBooks. Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Alexandria, Egypt.

FAO (2018). Cultured aquatic species information programme. (03.12.2018 tarihinde www.fao.org/fishery/culturedspecies/Clarias_gariepinus/en)

Goddek, S. & Keesman, K. (2017). *Aquaponics—climate smart solutions to enhance food security in Namibia: Leaflet biobases chemistry & technology*. Wageningen University & Research.

Gominho-Rosa, M. D. C., Rodrigues, A. P. O., Mattioni, B., Francisco, A. D., Moraes, G. & Fracalossi, D. M. (2015). Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. *Aquaculture*, 435, 92-99.

Hecht, T. (1996). An alternative life history approach to the nutrition and feeding of Siluroidei larvae and early juveniles. *Aquat. Living Resour.*, 9, 121-133.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. & Khanal, S. K. (2015). Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource Technology*, 188, 92-98.

İkiz, B. & Daşgan, H. Y. (2023). Yeni bir sürdürülebilir tarım şekli: akuaponik a new form of sustainable agriculture: aquaponics. *International Scientific Research and Innovation Congress*. Proceedings book. 22

König, B., Junge, R., Bittsanszky, A., Villarroel, M. & Komives, T. (2016). On the sustainability of aquaponics. *Ecocycles*, 2(1), 26–32.

Kuşlu, Y. & Er, H. (2022). Akuaponik tarım sistemleri. Kağan Kökten, Hakan İnci (Ed.), *Tarım ve hayvancılığın sürdürülebilirlik*

dinamikleri üzerine akademik çalışmalar içinde (s. 71-94). Ankara: İksad Yayınevi.

Laurilla, S., Piironen, J. & Holopainen, I. J. (1987). Notes on egg development and larval and juvenile growth of crucian carp (*Carassius carassius* (L.)). *Ann. Zool. Fennici*, 24, 315-321.

Lindhorst-Emme, W. (1990). *Forellenzucht*. Bedarf Produktion Werbung Absatz Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.

Martins, I. M., Ochola, D., Ende, S. W., Eding, H. E. & Verreth, J. A. (2009). Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems? *Aquaculture*, 298 (1-2), 43-50.

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L.T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., d'Orbcastel, E. R. & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquac. Eng.*, 43 (3), 83–93.

McDowall, R. M. (2000). *The Reed Field Guide to New Zealand Freshwater Fishes*. Auckland: Raupo Publishing Ltd.

McMurtry, M. R., Nelson, P. V., Sanders, D. C. & Hodges, L. (1990). Sand culture of vegetables using recirculated aquacultural effluents. *Applied Agricultural Research*, 5 (4), 280-284.

McMurtry, M. R., Sanders, D. C., Cure, J. D. & Hodson, R. G. (1997). Effects of biofilter/culture tank volume ratios on productivity of a recirculating fish/vegetable co-culture system. *Journal of Applied Aquaculture*. 7 (4), 33-51.

Mukherjee, S. (2013). *Concept Note: Aquaponic systems and technologies*. Sankalpa Research Center. (15.04.2015 tarihinde http://www.sankalpamfs.org/src/wp/Concept.Note_Aquaponic.Systems. adresinden ulaşılmıştır).

Page, L. M. & Burr, B. M. (1991). *A field guide to freshwater fishes: north America north of Mexico*. Boston: Houghton Mifflin Company.

Pantanella, E. & Colla, G. (2013). Advances in freshwater aquaponic research. *International Aquaponic Conference: Aquaponic and Global Food Security*, 19-21 June 2013, University of Wisconsin-Stevens Point.

Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, K. A. & Cole, W. M. (1997). Evaluation of a commercial-scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 9–12 November 1997, Orlando, FL, USA, (pp. 357–372).

Rakocy, J. E., Masser, M. P. & Losordo, T. M. (2006). *Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture*. SRAC Publication. No.454.

Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics: integrating fish and plant culture. *Aquaculture Production Systems*, 1, 344–386. <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch14>

Riehl, R. & Baensch, H. A. (1991). *Aquarien Atlas*. Melle: Mergus. Verlag für Natur- und Heimtierkunde. Germany.

Robison, H. W. & Buchanan, T. M. (1988). *Fishes of Arkansas*. Fayetteville: University of Arkansas Press.

Ru, D., Liu, J., Hu, Z., Zou, Y., Jiang, L., Cheng, X. & Lv, Z. (2017). Improvement of aquaponic performance through micro- and macro-nutrient addition. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 24 (19), 16328-16335. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9273-1>.

Shete, A. P., Verma, A. K., Tandel, R. S., Prakash, C., Tiwari, V. K. & Hussain, T. (2013). Optimization of water circulation period for the culture of goldfish with spinach in aquaponic system. *Journal of Agricultural Science*, 5 (4), 26-30.,doi:10.5539/jas.v5n4p26

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production*.

Integrated fish and plant farming. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 589.

Temelli, B. (1988). *Japon Balığı Yetiştiriciliği*. Akademik Seminerler Yıllığı. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

Thorarinsdottir, R. (2015). *Aquaponics Guidelines*. University of Iceland. 10.13140/RG.2.1.4975.6880.

Timmons, M. B. & Ebeling, J. M. (2010). *Recirculating Aquaculture*. 2nd Edn. Ithaca, NY, USA: Ithaca Publishing Company.

Trang, N. T. D. & Hans, B. (2014). Use of planted biofilters in integrated recirculating aquaculture-hydroponics systems in the mekong delta, Vietnam. *Aquaculture Research*, 45 (3), 460–69.

Türker, H. (2018). Nutrient dynamics of different plants in an aquaponics aquaculture system. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33 (3), 77-83.

Tyson, R. V., Treadwell, D. D. & Simonne, E. H. (2011). Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *Hort Technology*, 21 (1), 6–13.

Wallat, G. K., Lazur, A. M. & Chapman, F. A. (2005). Carotenoids of different types and concentrations in commercial formulated fish diets affect color and its development in the skin of the red oranda variety of goldfish. *North American Journal of Aquaculture*, 67 (1): 42–51.

Watten, B. J. & Busch, R. L. (1984). Tropical production of tilapia (*Sarotherodon aurea*) and tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in a small-scale recirculation water system. *Aquaculture*, 41 (3), 271-283.

BÖLÜM IV

Spa (Sanal Population Analysis) Ve Vpa (Virtual Population Analysis) Stok Tahmin Yöntemleri

Mürşide DARTAY¹

Giriş

Son yıllarda en yaygın kullanılan stok tahmini yöntemlerinden olan SPA (Sanal Populasyon Analizi) ve VPA (Virtual Populasyon analizi) yöntemidir. Bu yöntemi en iyi anlamanın yolu, bu yöntemin, oluşum gereksinimleri ve bu yöntem etrafındaki kullanılan diğer yöntem ve metodların iyi anlaşılmasıyla mümkün olmaktadır. Sanal popülasyon analizi yöntemi ilk defa Fry (1949), tarafından geliştirilmiştir (Sparre & ark., 1989). Ancak Joney (1984) bu tekniğe “Sanal popülasyon Analizi-SPA, Virtual Population Analysis-VPA” adını ilk defa Gulland (1975), tarafından verildiğini bildirmiştir. Daha sonra Pope (1972), hesaplama adımlarını biraz

¹ Fırat üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi Bölümü, 23119, Elazığ, Orcid: 0000-0001-8875-8702

daha kısaltıp basitleştirerek yöntemi popüler hale getirmiştir. Hilborn & Walters (1992), sanal popülasyon analizi yönteminin balık stoklarının tahmininde kullanılan en önemli yöntemlerden birisi olduğunu, sanal popülasyon analizinde genel istatistiki varsayımlar dikkate alınmaksızın avcılıktan elde edilen yaş veya boy bilgilerinin kullanılarak stok büyüklüğünün tahminlendiğini ve bu yönüyle sanal popülasyon analizinin balıkçılık bilgilerinin analizinde kullanılabilen en güçlü tekniklerden birisi olduğunu bildirmişlerdir. Sonraki yıllarda yöntem popülerliğini korurken esas alan forma getirilmiştir. Daha sonra Laurec & Shepherd (1983); Pope & Sheplerd (1985) tarafından sanal popülasyon analizi yönetimi çoklu filolarla sömürülen balıkçılığı optimize etme yöntemini geliştirmişlerdir. Sanal popülasyon analizi (SPA) her yıl bireylerin ölümüyle ilgili bilgileri kullanarak yaştaki tarihi balık sayılarını yeniden oluşturmak için balıkçılık biliminde yaygın olarak kullanılan bir kohort modelleme tekniğidir. Bu ölüm genellikle balıkçılık ve doğal ölüm oranına göre avlanır. VPA, popülasyon büyüklüğünün doğrudan gözlemlenmemesi veya ölçülmemesi, ancak gözlenen balık avlarını ve balıkçılık dışı nedenlerden kaynaklanan varsayılan ölüm oranını desteklemek için geçmişte belirli bir büyüklüğe sahip olduğu çıkarımının yapılması veya geriye doğru hesaplanması anlamında sanal olmaktadır. Sanal popülasyon analizi, eski çalışmalara dayalı olarak 1965 yılında Gulland tarafından balık stoku değerlendirmesinde tanıtılmıştır. Balık popülasyonlarında kohort rekonstrüksiyon tekniği, sürekli avlanma denklemini geliştirdiği için 1918'de Rusya'dan Profesör Baranov, 1949'da Kanada'dan Profesör Fry ve Drs. 1957'de İngiltere'den Beverton ve Holt Kohort yeniden yapılandırması esasen bir muhasebe uygulaması olduğundan, muhtemelen birçok kez bağımsız olarak tasarlandı.

Kanada ve ABD'de sıklıkla kullanılan ADAPT ve Avrupa'da yaygın olarak kullanılan XSA dahil olmak üzere balık popülasyonları için kohort rekonstrüksiyonuna yönelik birkaç farklı yazılım uygulaması mevcuttur. Bu uygulamalardaki geri hesaplamalar aynı şekilde çalışır, ancak nüfus büyüklüğü

endekslerinde yer almak için kullanılan istatistiksel yöntemlerde farklılık gösterirler.

VPA, ölüm oranlarını kullanarak geçmiş stok büyüklüğünü belirlemek için av verilerini (balıkçılığa bağlı veri toplama) kullanır (Jennings & ark., 2001). Önceki dönem (yani önceki yıl/ay) ve hayatta kalanlar için stoktaki sayıyı ayırt etmek için balıkçılık ölümlerini (karaya çıkarma sayısı) ve doğal ölüm oranını (tahmini) kullanır. Bu veriler daha sonra set sayısı veya tekrarlar genelinde gerçek zamanlı verilerle karşılaştırılabilir (ICES, 2006 ; Sarda & Aguzzi, 2012) ve üreme potansiyeli gibi diğer faktörleri analiz etmek için değiştirilebilir (Relini & diğerleri, 1998).

VPA, balık tutma baskısının stok büyüklüğü üzerindeki etkisini açıklamak için popülasyon dinamik modellemesi için yaşa dayalı verileri kullanır. Bununla birlikte, genel olarak kabuklularda olduğu gibi, Nefrops'un yaşını belirlemek sorunludur, çünkü yaşı belirlemek için kolay veya nispeten ucuz yöntemler yoktur, kireçlenmiş işaretler eski dış iskeletle birlikte kaybolur (Ulmestrand & Eggert, 2001). Bu sorunun üstesinden gelmek için, uzunluk verilerini yaş sınıflarına dönüştürmek için von Bertalanffy, büyüme parametreleri kullanılır, bu verilerin 'dilimlenmesi' olarak adlandırılır (ICES, 2008). Bununla birlikte, bu yöntem, büyümede varsayılan değişkenliğin olmaması ve örnekleme ve yakalama metodolojisi gibi diğer dış etkiler nedeniyle inceleme altına alınmıştır. Bu nedenle, bilim adamlarının VPA'dan türetilen modelleri dikkatli kullanmaları için güçlü bir neden vardır (ICES, 2006 ; Sarda & Aguzzi, 2012 ; Tuck & ark., 1997; Ulmestrand & Eggert, 2001). Bölgesel balıkçılık çabası ve teknolojisi, örneğin mide analizinden elde edilen doğal ölüm oranları, SOM ve boyut-ağırlık ilişkileri gibi çoğu parametre literatürde bulunabilir (Sarda & Aguzzi, 2012; Sparre, 1991; ICES, 2012). Yaş-boyutu ve etiketleme çalışmalarından büyüme tahmin etmeye yönelik VPA modellerindeki gelişmelere olan talep, tahmin edilen veya uydurulan büyüme fonksiyonlarının kullanılmasındaki yanlılığı azaltmak için artmaktadır (Walters & Martell, 2004). Bununla birlikte, bireylerin yaşını belirlemek için kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Zaman

içinde göz sapında veya nöral alanlarda pigment toplanması kullanılarak dolaylı yaş ölçümü farklı türler için değerlendirilmiştir, örneğin Avrupa ıstakozu (O'Donovan & Tully, 1996; Sheehy & ark., 1999) ve kahverengi yengeç (Sheehy & Prior, 2008) ve Nephrops için (Belchier & ark., 1994)). Bu teknik, yaşı bilinen örnekler kullanılarak her tür ve ortam için kalibrasyon gerektirir (Vogt, 2012). Spektrofotometrik yöntemler kullanılarak yapılan lipofuscin analizleri, örneğin mavi yengeç *Callinectes sapidus* için de değerlendirilmiştir (Ju & ark., 2001). Son zamanlarda, Amerikan ıstakozu ve kar yengeci gibi ticari kabuklular için göz sapı veya mide değirmen taşları üzerinde kütikül büyüme bantlarının gözlemlendiği yeni bir doğrudan teknik sunulmuştur (Kilada & ark., 2012). Bununla birlikte, yaşlandırma tekniklerine ihtiyaç duymadan Nephrops balıkçılığında elde edilen verileri birleştirebilen bir dizi alternatif model vardır. Bunlar, yakalamada Nephrops'a özgü varyasyona izin veren Stok Sentezi ve GADGET modelleme çerçevelerini içerir . Bu varyasyon, yoğunluğa bağlı büyüme ve olgunluk oranları ve tipik olarak kullanılacak diğer modellerin veya değerlendirmelerin mevcudiyetini azaltan azaltılmış dişi çıkış modelleri şeklinde olabilir. Nephrops popülasyon değerlendirmeleri için kullanılan ve verilerin sunulma ve hesaplanma biçimleri bakımından farklılık gösteren birkaç VPA yöntemi vardır. ADAPT ve XSA, anket verileriyle bağlantılı yakalama verilerini kullanan ve giderek daha popüler hale gelen birkaç yöntemdir. Çok çeşitli VPA (MSVPA) ve diğer türlerle etkileşimler nedeniyle her zaman periyodunda ölüm ve büyümedeki varyasyonun etkilenebilmesi nedeniyle tek popülasyon modelinden farklıdır (Magnusson, 1995 ; FAO). Standart VPA'da, doğal ölüm oranı (M) sabit kabul edilirken MSVPA, M 'nin her zaman periyodu ve yaş için yinelemeli olduğunu varsayar. Predasyon da modele dahil edilir ve ölüm oranını etkiler. Balıkçılıktaki avcı - av ilişkisini belirlemede modeldeki kapsamın genişliği açısından hem karmaşık hem de zaman alıcı görüldüğü için bu yöntemle çok az girişimde bulunulmuştur (Molina & Livingston, 2004).

Genel olarak, VPA ve Uzunluk Kohort Analizi, yakalanan bireylerden alınan doğrudan verileri kullandıkları için popülasyonların en gerçekçi ve güvenilir tahminini sağlıyor gibi görünmektedir (Sarda & Aguzzi, 2012). Bu yaklaşımlarla ilgili bir uyarı notu, mutlak biyokütle tahminlerinin inişlerin güvenilir bir şekilde raporlanmasına bağlı olmasıdır. 2006'dan önce, Nephrops da dahil olmak üzere çok sayıda türün eksik raporlanması yaygındı. Birleşik Krallık'ta 'Alıcılar ve Satıcılar' mevzuatının getirilmesi, inişlerin bildirilmesini önemli ölçüde iyileştirmiş görünmektedir. Bu mevzuata göre balık alımlarının kayıt altına alınması zorunludur. Çoğu değerlendirme çalışması artık VPA/LCA'yı CPUE ve UWTV izleme gibi bulguları benzer olan diğer değerlendirme yöntemleriyle birlikte kullanıyor. Batı İrlanda Denizi FU, uzun vadeli yakalama verileri ve anket verilerine sahip olduğundan ve yönetim danışmanlığı için entegre bir yaklaşımda çeşitli değerlendirme yöntemlerini keşfetmek için uygun olan UWTV için teknikler geliştirdiğinden, Nephrops popülasyon değerlendirmesi açısından ilginçtir .

Yakalama yaşı analizinde temel VPA'nın ötesindeki birçok gelişme, tahmin edilen parametrelerin sayısını azaltmayı ve böylece makul bir hata yapısına izin vermeyi amaçlamıştır. Yaygın bir yaklaşım, $F_{a,t}$ 'yi kabul etmek olmuştur . Bir zaman ürünü olarak Yaş faktörü genellikle bir seçicilik eğrisi kullanılarak parametrelendirilir . F' 'nin seçicilik (yaş veya uzunluk) ve zamana bağlı olarak bileşenlere ayrılması için bu yaklaşıma 'ayrılabilir VPA' adı verilmiştir . Ayrılabilirlik varsayımı, birçok daha ayrıntılı yakalama-yaş modellerinde de bulunur. İkinci bir yaygın uzantı, tahminleri şekillendirmeye yardımcı olmak için bolluk endeksleri gibi yardımcı verilerin kullanılmasıdır. Bu, bir dereceye kadar, mevcut popülasyon durumunu tahmin etmede VPA'nın belirsizliğini çözebilir. Diğer yaygın uzantılar arasında, bir yumurtlayıcı işe alma işlevine ilişkin koşullandırma tahminleri; yaşta yakalama verilerinde modelleme hatası; filoya göre seçicilik, avlanma ve avlanma ölüm oranlarının bölünmesi. Tahminlerin standart hataları, önyükleme de dahil olmak üzere analitik yaklaşımlar veya yeniden örnekleme

prosedürleri yoluyla elde edilir. Sanal popölasyon analizi ve Virtual Population Analysis-VPA yöntemleri, bir yıl sınıfının doğumdan ölümüne kadar devam eden sürecini dikkate alan bir yaklaşımdır. Bir yıl sınıfı ilk yıllarda sayıca fazla iken her yıl çeşitli nedenlerle ölümler meydana gelir ve yıl sınıfının sayısı azalır.

Bir yıl sınıfının yaşamı boyunca sayısal olarak sürekli bir azalma söz konusu olmaktadır. Ancak bu azalma doğrusal değil, negatif üssel bir azalmadır. Bu yüzden biz popölasyon dinamiği çalışmalarında yaşam seyrinden toplam ölüm ve yaşama oranlarını hesaplamak gerekmektedir. İşte sanal popölasyon analizi de temelde bu yaşam seyrini dikkate almaktadır. Ancak SPA, yıl sınıfının başlangıç miktarını değil, ömrünün sonuna gelmiş olanların stok içindeki oranlarını dikkate alarak sondan başa doğru, yıl sınıfının yaşam tablosunu oluşturma esasına dayanmaktadır. Stok içindeki en şanslı gribin avcılık içinde maksimum düzeyde temsil edildiği varsayılarak, stok için daha önce hesaplanmamış avcılık, doğal ve toplum ölüm oranlarını dikkate alarak yıl sınıfı en yaşlı gruptan en gence doğru sanal olarak yapılandırılmaktadır.

Sanal popölasyon analizi (SPA), ticari balıkçılıkla geçmişte karaya çıkarılan balıkların yaş dağılımlarını dikkate alarak stok bolluğunu hesaplayan bir yöntemdir. SPA, balıkçılık bilgilerinin analizi için kullanılabilir en güçlü tekniklerden birisidir (Hilborn & Walters, 1993). Yöntemde genel istatistiki varsayımlar dikkate alınmaksızın avcılıktan elde edilen yaş veya boy bilgileri kullanılarak stok büyüklüğü sayısal olarak tahminlenir ve her yaş ya da boy grubuna karşılık gelen avcılık ölüm oranları hesaplanır. Yöntemin esası geçmiş stok tarihçesini yapılandırmaya dayanmaktadır. Yöntemde hesaplamaların başlangıcında total olarak ticari balıkçılar tarafından karaya çıkarılan balıklar yaş gruplarına ayrılarak her bir yaş grubundaki balıkların total sayıları hesaplanarak SPA başlatılır (Sparre & ark., 1989). SPA'da tamamen ticari balıkçıların karaya çıkardıkları balıklar dikkate alındığı için kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen hataları minimuma indirmek amacıyla en az iki yıllık örnekleme tavsiye edilmektedir (Jones, 1984).

SPA ile geçmiş yıllarda her bir yıl sınıfında canlı kalan balıkların sayısı hesaplanır. Hesaplamaların başlangıcında total olarak avcılıkla karaya çıkarılanlar yaş gruplarına ayrılarak her bir yaş grubundakilerin total sayıları hesaplanır. Daha sonra doğal ölüm için bir başlangıç değeri girilir. Bunun anlamı yakalama anında doğal ölüm katsayısının bilindiğinin varsayılmasıdır. Bu varsayımla en yaşlı grup için balıkçılık ölüm oranı (terminal balıkçılık ölüm oranı, F_t) değeri seçilerek yakalama anında denizde ne kadar balık bulunduğu tahminlenir. Böylece SPA başlamış olur (Sparre ve ark., 1989). Yöntemde öncelikle başlangıçta bilindiği varsayılan doğal ölüm katsayısı (M) ve en yaşlı grup için terminal F_t değerleri kullanılarak en uçtaki yıl sınıfının büyüklüğü (N_t) hesaplanır.

$$N_t = C_t (M + F_t) / F_t$$

N_t - En yaşlı yıl sonofının stok büyüklüğü, adet,

C_t - En yaşlı grupta avcılıkta karaya çıkarılanların sayısı, adet,

M - Bilindiği varsayılan doğal ölüm katsayısı,

F_t - En yaşlı yıl sınıfı için bilindiği varsayılan balıkçılık ölüm katsayısı.

Daha sonra N_t 'den başlanarak bir önceki yaş grubunun (N_{t-1}) F değeri iteratif (adım adım) çözümleme tekniği ile hesaplanır ;

$$C_i = (N_{i+\Delta t} (F_i / Z_i)) (\exp (Z_i * \Delta t) - 1)$$

C_i - i. yıl sınıfından avcılıkla karaya çıkarılanların miktarı, adet

$N_{i+\Delta t}$ - i + Δt . yıl sınıfının stok büyüklüğü, adet

Δt - Yaş grupları arasındaki süre

F_i - i. yıl sonofi için balıkçılık ölüm oranı

Z_i - i. yıl sınıfı için total ölüm oranı ($F_i + M$)

Daha sonra her yaş grubunun (ya da yıl sınıfının) stok büyüklüğü (N_i) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$N_i = N_{i+\Delta t} (\exp Z_i)$$

Bu şekilde hesaplanan yıl sınıfı büyüklükleri toplanarak popülasyon büyüklüğü hesaplanır :

$$N = \sum N_i$$

Sanal popülasyon analizi yönteminde de markalama yönteminde olduğu gibi bir takım varsayımlar benimsenir. Çünkü yapılan iş bir tahmindir ve tahmin yapılmaya çalışılan stok durağan değil dinamiktir. Oysa tüm tahmin metotları stoku o an için durağan varsayar. Yani bir anlık da olsa stokta tüm şartların değişmeden kaldığını varsayar. Oysa hiçbir canlı sistem tam anlamıyla durağan değildir. Sanal popülasyon analizi yönteminde de hesaplama yapılırken kabul edilen varsayımlar şunlardır:

1. Stok büyüklüğü ticari balıkçıların bilgilerinden yararlanılarak tahminlendiği için, hesaplanan stok büyüklüğü sadece o dönemi yansıtır.
2. Tahmin süresince stok durağan kabul edilir.
3. İncelenen balıkların yaş kompozisyonlarının total ticari avın yaş kompozisyonunu temsil ettiği varsayılır.
4. Doğal ölümün bütün yaşlar için sabit olduğu varsayılır.

Popülasyondaki tüm bireylerin aşağı yukarı eşit olduğunu varsaymaktadır (örneğin, birey başına ortalama yumurta üretimi zamanla değişmez veya balıkçılığa konulan her bireyin ortalama ağırlığı değişmez). Gerçekte, belirli bir nüfusun dinamiklerini etkileyebilecek, nüfus yaşı veya büyüklük yapısı ile ilişkili ek demografik etkiler vardır. Örneğin, daha yaşlı, daha büyük balıklar, daha genç, daha küçük balıklara göre daha fazla yumurta verir veya daha iyi ebeveyn bakımı vb. sağlar. Ayrıca, neredeyse tüm av araçları boyut seçicidir (yani, küçük balıkların büyük olmalara yakalanma olasılığı daha düşüktür. Balıkçılık yalnızca büyük balıkların bulunduğu bir alanda faaliyet gösteriyorsa) ve her bir balığın olta takımlarına karşı savunmasız hale gelecek kadar büyüyüp büyümesi birkaç yıl (hatta on yıllar) alabilir. Üretimdeki bu

gecikmeler (balıkçılık tarafından görülen üretim) basit üretim modelleriyle yeterince yakalanmaz ve yaşa göre yapılandırılmış veya aşamaya göre yapılandırılmış modellerle daha iyi temsil edilir. Aşamaya dayalı model terimi, yaş bilgisini elde etmek her zaman mümkün olmadığından (örneğin, omurgasızların yaşlanması zordur) takvim yaşlarından ziyade belirli yaşam öyküsü aşamalarını (örneğin larva, genç, yetişkin) veya uzunluk sınıflarını temsil etmek için kullanılır. otolit gibi kalıcı kemik yapılarından yoksun oldukları için yaşı belirlemek için kullanılır). Yaşam öyküsü aşamalarına dayalı nüfus modelleri, temel farkın bir aşamadan sonraki aşamaya geçmek için geçen süre olduğu yaşa dayalı modellerle aynı temel ilkeye göre çalışmaktadır.

Sırasıyla sentetik popülasyon, sanal popülasyon analizi (VPA) ve istatistiksel yaş yakalama analizi (SCA). Her iki yaklaşım da popülasyon parametrelerini tahmin etmek için büyük ölçüde yaşa göre yakalama verilerine dayanır; ancak, SCA yaklaşımı için tam yakalama yaşı bileşimi bilgilerine sahip olmak her zaman gerekli değildir. Zaman içinde yaşa bağlı sayılardaki değişiklikleri tanımlamak için kullanılan temel denklemler şu şekilde verilir:

Burada;

$N_{a,t}$ t yılındaki yaştaki sayılardır ,

S yıllık hayatta kalma oranıdır (bu durumda sabit ve yaştan bağımsız olduğu varsayılır),

$C_{a,t}$ yaştaki yakalamadır,

va_{t} , sömürüye açık yaştaki orandır

U_t , t yılındaki genel sömürü oranıdır .

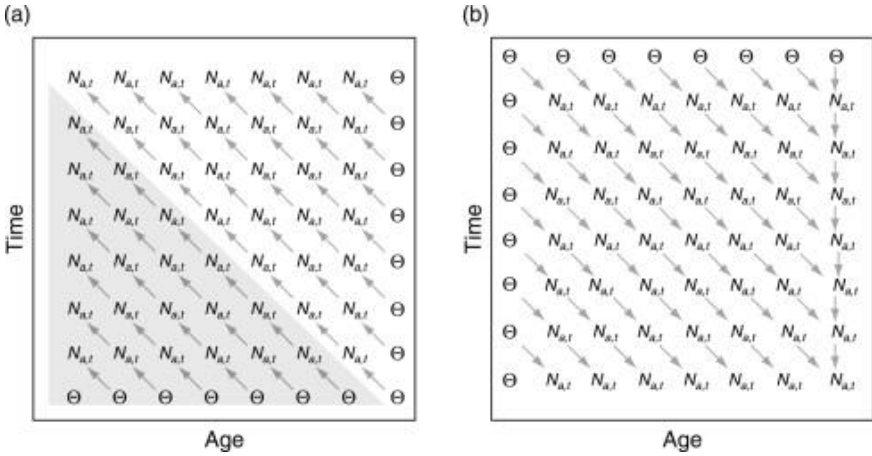
VPA durumunda, denklem sistemi aslında zamanda geriye doğru çözülür (**Şekil 1**) ,burada son yıldaki yaş sayıları ve her yıl için en yaşlı yaş grubundaki sayılar, tahmin edilmesi gereken bilinmeyen miktarlardır. En yaşlı yaş grubundaki bilinmeyen sayılar için, genellikle hiçbir balığın en yaşlı yaş sınıfından daha uzun yaşamadığı varsayılır, bu nedenle en yaşlı yaş sınıfındaki balık

sayısı, basitçe balıkçılıkta yakalanan sayının o sömürü oranına bölümüdür. Yaşa göre terminal sayıları için, tahminler genellikle

$N_{a,t}$ için eqn çözülerek ve terminal yılında

. VPA daha sonra $C_{a,t}$ bilgisini

$N_{a+1,t+1}$ ekleyerek ve hayatta kalma oranına bölerek yaştaki sayıları geri hesaplamaya devam eder. Bu nedenle, her yıl için yaşa göre yakalama bilgilerinin belirtilmesi önemlidir. Tamamlanmamış kohort'ların bolluğunu belirlemek için son yıldaki yaşa bağlı güvenlik açığı çizelgesi belirtilmelidir .Bu güvenlik açıkları genellikle daha önceki yıllarda tarihsel yaşta güvenlik açığı kalıpları incelenerek belirlenir.



Şekil 1 . (a) bir VPA ve (b) bir SCA'da yaştaki sayıların nasıl güncellendiğine dair grafiksel görünüm (Θ sembolleri, yaklaşımların her birinde tahmin edilmesi gereken bilinmeyen parametreleri veya miktarları temsil eder. Bir VPA'da bu bilinmeyenler, son yıldaki bolluklara ve tüm yıllardaki son yaşa karşılık gelir. Gölge bölge, tamamlanmamış kohortları (hala balıkçılıkta kalan kohortlar) temsil eder. Bir SCA'da bilinmeyenler, ilk yaş kompozisyonu ve her yıl ilk işe alınanlardır).

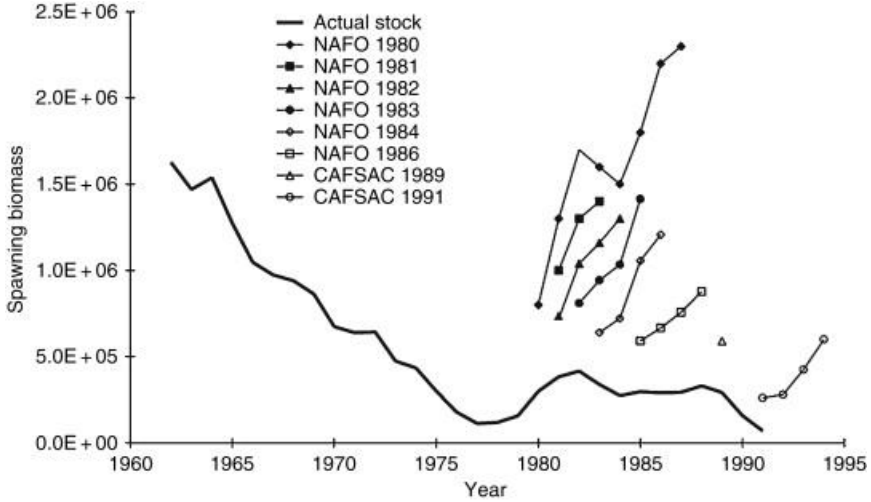
SCA durumunda, denklem sistemi zamanda ileriye doğru çözülür .ve bilinmeyen miktarlar, popülasyondaki ilk yaş yapısından ve her yıl yeni işe alınanlardan oluşur . SCA'daki bilinmeyenler,

modeli gözlemlenen yaşta yakalama bilgilerine ve göreceli bolluktaki zaman serisi verilerine uydurarak tahmin edilen bilinmeyen parametreler olarak ele alınabilir. Alternatif olarak, her yıl yeni üyeler aynı zamanda bir yumurtlayan-yeni üye ilişkisinden (örneğin, bir Beverton-Holt veya Ricker tipi stok işe alım modeli) ve ilk yaş yapısı, tahmini bir ilk işe alımdan ve şu şekilde tanımlanan bir hayatta kalma eğrisinden belirlenebilir: ilk toplam ölüm oranı. SCA ve VPA arasındaki en büyük fark, bir yaşta güvenlik açığı matrisinin ($v_{a,t}$) SCA durumundaki mevcut verilerden belirlenmeli veya tahmin edilmelidir ve bu genellikle tahmin edilen parametre setine birçok ek parametre ekler ve stok boyutu tahminindeki belirsizliği artırır. Bununla birlikte, bu yaklaşımlardan herhangi birini kullanırken dikkate alınması gereken iki temel endişe vardır:

1. Yaşlanma hatasının etkileri,
2. Yaştaki savunmasızlık hakkındaki varsayımlar.

VPA durumunda, eskime hataları zaman içinde genişletilmiş etki ile geriye doğru yayılır. Örneğin, daha büyük bir yaş sınıfında yaşa göre orantı tahminindeki basit bir hata, zamanda geriye doğru yayılır ve hayatta kalma oranı S'nin art arda bölünmesiyle büyütülür. Bu etki, SCA durumunda azaltılır, çünkü hata, hayatta kalma oranının zamanla çarpılmasıyla art arda azalır. Yaşa göre savunmasızlık çizelgesinin (yani, belirli bir yaş sınıfındaki sömürüye karşı savunmasız olan balık fraksiyonu) genellikle zaman içinde (veya belki de belirli balıkçılık faaliyetlerinin dönemlerini temsil eden zaman blokları üzerinde) sabit olduğu varsayılır. Balık avlama yerlerindeki veya teçhizat türlerindeki değişikliklerle ilişkili yaştaki hassasiyetteki geçici değişiklikler tam olarak bu şekilde yorumlanabilir veya ayrıca balıkçılığa giren veya buradan kaybolan güçlü yıl sınıfları olarak da yorumlanabilir. Örneğin, balıkçılar daha küçük balıkların daha yüksek bir değer getirdiğini öğrenirlerse, daha büyük balıklara göre daha küçük balıkları hedeflemeye başlarlar (daha genç balıklar için artar) ve bu bilgi stok değerlendirme bilim adımına aktarılmazsa, verilerin yorumu, güçlü bir grubun balıkçılığa

girmek üzere olduğu ve stok boyutunun ciddi şekilde fazla tahmin edileceği şeklindedir. Bu senaryo, 1970'lerin sonlarında ve 1980'lerin başlarında Kanada'nın doğu kıyısındaki kuzey morina stoklarında meydana geldi (Şekil 2).



Şekil 2. *Deniz Biyolojisindeki Gelişmeler*

Balık popülasyonu dinamiklerini ve sömürünün etkilerini tanımlayan ilk matematiksel modeller geliştirildiğinde, bunların etkin yönetimin getirilmesi için bir temel oluşturacağı varsayılmıştır. Bu varsayımın çoğu zaman temelsiz olduğu kanıtlanmıştır ve en azından nispeten zengin ülkelerde yönetim tavsiyesi artık sanal nüfus analizi (VPA) (Pope, 1979) gibi daha az kalıplaşmış yaklaşımlar kullanılarak sağlanmaktadır . VPA daha sonra çoklu tür etkileşimlerini (MSVPA) hesaba katacak şekilde değiştirildi; bu yaklaşım, popülasyon ve ekosistem temelli çalışmalar arasındaki uçurumu kapatmaya başlayan ve tür etkileşimleri ile predasyon ölümlerine yeni ilgi uyandıran bir yaklaşımdır (Sparholt, 1990; Gulland, 1991) . Bu modeller, hedef olmayan türler arasındaki etkileşimleri hesaba katmamakla birlikte, sömürülen stokların popülasyon yapısına ilişkin iyi kısa vadeli

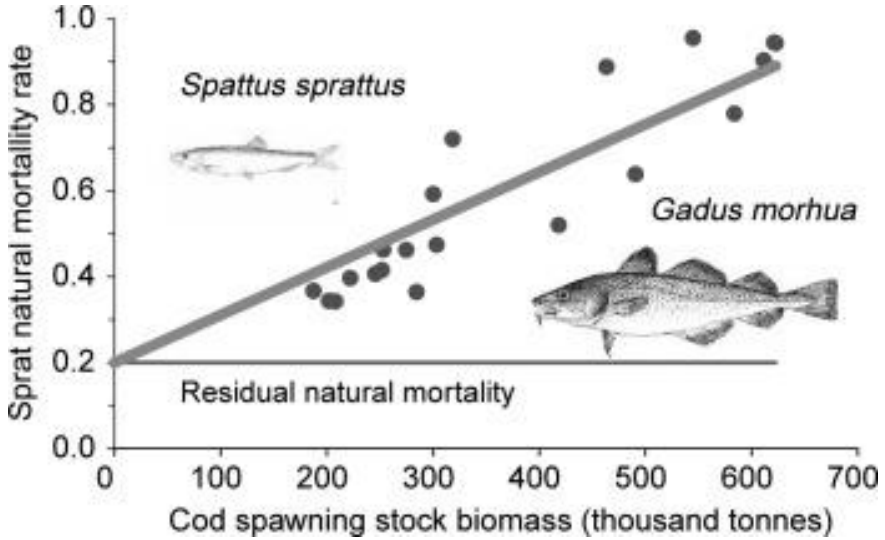
tahminler sağlar. Yöneticilerin bakış açısına göre, bu ılıman sistemlerde hedef olmayan türler arasındaki etkileşimler önemsiz olarak görülüyordu çünkü etkileri, balıkçılığın doğal ölüm oranlarına, oranındaki değişikliklerle doğrudan ilgili olamıyordu. Büyük ılıman deniz ekosistemlerinde "haşere kontrolü" birçok yönetici tarafından hala mümkün görülmediğinden (zararlıının kendisi ekonomik değere sahip olmadığı sürece), kontrolsüz gelip gidebilen istismar edilmemiş avcılar veya avlarla etkileşimler daha az ilgi çekicidir (Daan, 1987) .

İlman bölgelerdeki balık stoklarının çöküşünün şu anda nüfusa dayalı balıkçılık biliminin yetersizlikleriyle çok az ilgisi var ve çoğu bilim adamı, uyarıları politika yapımcılar tarafından dikkate alınmasa bile stokların ne zaman tehlikede olduğunun gayet iyi farkındalar (Myers & ark. , 1996 ; Cook vd., 1997). Bireysel Aktarılabılır Kotalar ve benzer güçlü yönetim araçları, değerlendirme ve yönetimin iyi finanse edildiği balıkçılıkta kullanılabilirken, bunlar küresel olarak uygulanabilir değildir. Yönetim stratejilerinin çoğu, bir temanın basit varyasyonlarıdır ve insanın balıkçılık çabasının balık üretimiyle doğru bir şekilde senkronize edilmesi gerektiği gibi önemli bir sorunu çözmek için çok az şey yaparlar. Balıkçılık filoları, balık bol olduğunda hızla gelişir, ancak yetersiz toplamanın ardından balık üretimi azaldığında aynı hızla küçülmez. Ayrıca bilimsel tavsiyeler, işlevsel olarak basit ve uygulaması kolay düzenlemelere dönüştürülmez (Holden, 1994).) ve yöneticiler, balıkçılar ve balık popülasyonları benzer zaman ölçeklerinde faaliyet göstermez. Çöktükten sonra balıkçıların kapatılması gibi basit ve kesin düzenlemelerin uygulandığı ender durumlarda, bunlar genellikle etkilidir. Ne yazık ki, bu tür önlemler, deniz ortamının sürdürülebilir şekilde kullanılmasını sağlamaya yönelik proaktif bir yaklaşımdan ziyade bir krize tepki niteliğindedir. Balıkçılık yönetimi ve deniz ortamındaki antropojenik faaliyetlerin etkileri hakkında çok şey yazılmaktadır. Balıkçılık izole bir şekilde yönetilir ve ekosistem yönetimi, deniz ortamını kontrol eden birçok düzenleyici kurumun faaliyetlerini entegre etmelidir. Mükemmel bir

resif balıkçılığı yönetimi stratejisi bile, balık avlama alanlarında mercanlar çıkarılıyorsa veya kıyı çiftliklerinden resiflere tortu yığılıyorsa işe yaramayacaktır.

Yukarıdan aşağıya kontrol hipotezine göre, deniz balık popülasyonlarının bolluğu , en iyi avcılarının avlanmasıyla kontrol edilir. Avlanmayı göstermek rekabetten daha kolaydır, çünkü kanıtları avcılarının midelerinde bulunabilir. Bununla birlikte, predasyonun üretimi daha düşük trofik seviyelerde düzenlediğini göstermek için , büyük balıkların küçükleri yediği gözleminden daha fazlası gerekir. İlk olarak, yırtıcılık oranları, av bolluğunda gözlemlenen değişiklikleri hesaba katacak kadar yüksek olmalıdır. Predasyon, özellikle genç balıklar için kesinlikle ana ölüm nedenidir. MSVPA gibi çok türlü modellerle 0 yaş ve 1 yaş balıklar için yüksek yırtıcılık seviyeleri tahmin edilmiştir. Georges Bank mezgit balığı içinve Baltık Denizi morina balığı, her yıl 0 yaşındaki balıkların yaklaşık %60'ı ve 1 yaşındaki balıkların %20'si diğer balıklar tarafından yenir. Bu yüksek yırtıcı ölüm oranları, avcılar tarafından yukarıdan aşağıya kontrol hipotezini desteklemektedir.

Predasyon hipotezi için daha fazla kanıt olarak, avcı ve av popülasyonlarının bir zaman gecikmesiyle fazda değişmesini bekleriz. Avcı – av faz uzayında görüntülendiğinde (Şekil 3), saat yönünde bir yörünge bekleniyor; avcı bolluğu düşük olduğunda av artar ve bunun tersi de geçerlidir. Baltık örneğinde, balık avlama nedeniyle morina bolluğu azaldığında, daha düşük predasyon ölüm oranı nedeniyle çaça biyokütlesi arttı. MSVPA ile tahmin edildiği gibi çaça balığının avlanma ölüm oranı, morina biyokütlesi ile doğrusal olarak ilişkilidir. Georges Bank örneğinde, predasyon hipotezi, morina ve gümüş berlam balığının beslenme alışkanlıkları, MSVPA ile tahmin edilen predasyon ölümleri ve çoklu tür üretim modeli ile tahmin edilen etkileşim süreleri ile desteklenmektedir. Etkileşim terimi pelajikler için negatif, gadoidler için pozitif, pelajiklerde gadoidler tarafından avlanma ile tutarlıdır. Yırtıcı olarak morina ve av olarak ringa balığı, çaça balığı veya kapelin ile avcı - av etkileşimleri Şekil 3 te gösterilmektedir.



Şekil 3. Baltık Denizi çaçasının doğal ölüm oranı, ana avcısı olan morina balığının bolluğuna

Yukarıdan aşağıya kontrol hipotezi, balık topluluklarının yapılandırılmasında avlanmanın rolünü vurgular. Göller gibi kapalı ekosistemlerde, en büyük yırtıcıların ortadan kaldırılması, daha düşük trofik seviyeler üzerinde dolaylı etkilere sahip olabilir. Örneğin, piscivorlar (örn; turna balığı, walleye), planktivor yem balıklarının (örn. güneş balığı) bolluğunu kontrol edebilir. Düşük avlanma ile, zooplankton gelişir ve fitoplanktonu ekebilir. En iyi avcılar avlandığında, planktivor balıklar zooplanktonu artırabilir ve kesebilir. Azalan otlatma baskısı ile fitoplankton çoğalır ve çiçeklenmeye neden olarak su berraklığının azalmasına neden olabilir. Trofik kaskad olarak bilinen bu mekanizma, tüm göller üzerinde zarif deneylerle kanıtlanmıştır. Bir trofik çağlayanın klasik bir örneği, Kuzey Amerika'nın batı kıyısındaki su samurlarını içerir. Su samurları, yosun üzerinde otlayan deniz kestanelerini yerler. Deniz su samurlarını kürkleri için hasat etmek, görünüşe göre deniz kestanelerinin çoğalmasına ve yosun yataklarında otlamasına izin verdi. Trofik çağlayanların, deniz besin ağlarının dağılması ve

karmaşıklığı nedeniyle trofik tepkilerin zayıfladığı pelajik topluluklarda meydana gelme olasılığı daha düşüktür. Birçok boreal ve yukarı doğru yükselen ekosistemde, besin ağının ortasına bir veya iki planktivor balık türü hakimdir. Bu tür besin ağlarının "belleri" olduğu söylenir çünkü ortadakinden daha düşük ve daha yüksek trofik seviyelerde daha fazla tür vardır. Örneğin, walleye pollock, Bering Denizi'ndeki baskın yem türüdür ve kapelin, Kuzey Atlantik'teki baskın planktivordur. Kıyıda yükselme sistemlerinde bel pozisyonu hamsi veya sardalya tarafından işgal edilir. Besin ağındaki enerjinin çoğu, birkaç alternatif yol olduğu için bu planktivor türler aracılığıyla süzülür. Bu nedenle, bel türü çok önemli bir trofik konuma sahiptir ve hem avcıları üzerinde aşağıdan yukarıya kontrol hem de zooplankton üzerinde yukarıdan aşağıya kontrol uygulayabilir. Deniz besin ağlarında var olan trofik bağlantılar göz önüne alındığında, besin ağının bir bileşeninin hasat edilmesinin etkileşen türler üzerinde dolaylı etkilere sahip olmasını beklemeliyiz. Basit iki tür, avcı-av sistemlerinde (örneğin, Vito Volterra'nın denklemleri), avcıyı toplamanın ava fayda sağladığı ve tersine, avı toplamanın avcı üretimini sınırladığı gösterilmiştir. Güney Okyanusu'nda balenli balinaların tükenmesinin kril "fazlası" yarattığı düşünülüyor. Georges Bank ekosisteminde, 1960'larda ve 1970'lerde pelajik türleri hasat etmek, gadoid için mevcut olan avı azaltmış olabilir .avcılar Bununla birlikte, Güney Okyanusu'nda 'fazla' krili tüketen başka avcılar (penguenler, foklar) vardır ve Georges Bank'ta gadoidleri besleyen başka av türleri vardır. Trofik etkileşimlerin ölçülebilmesi koşuluyla, balıkçılığın dolaylı etkilerini tahmin etmek için çok türlü modeller kullanılabilir. Bununla birlikte, bu modellerin sonuçları veya tahminleri, formülasyonlarında yapılan varsayımlara karşı çok hassas olabilir. Balık tutmanın besin ağı üzerinde dolaylı etkileri olmasını bekliyoruz, ancak geçmiş kalıpları rasyonelleştirmek, gelecekteki balıkçılık faaliyetlerinin sonuçlarını tahmin etmekten her zaman daha kolay olacaktır.

Balıkçılık konsorsiyumlarının piyasa faiz oranına eşit bir iskonto oranında faaliyet gösterdiğini varsayarsak, o zaman gerçek

dünya profili ile geleneksel optimum arasındaki son durum biyokütle farkı, etkisiz yönetim ve/veya çevresel faktörlerden sorumlu tutulabilir.

Hükümetlerin ve birkaç uluslararası kuruluşun balıkçılık kaynaklarını yönetmek için kullandığı baskın yaklaşım, türleri birbirinden ayrı olarak ele alır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, Magnuson - Stevens Balıkçılığı Koruma ve Yönetim Yasası (Magnuson-Stevens Yasası), stok komplekslerinin çok-türlü yönetimine ve yönetilen türlerin avına işaret eder, ancak uygulamada, yönetim planları genellikle aşırı avlanma, hedef dışı avlanma ve avlanmayı tanımlar . Tür stoklarından maksimum sürdürülebilir verim (MSV) temelinde optimum verimdir.

Balıkçılık yönetiminin Büyük Deniz Ekosistemi (LME) modeli. Bu teorik noktalar ampirik çalışmalarda destek bulmaktadır. Örneğin, 1931-1993 yılları arasında MSV'ye karşılık gelen Georges Bank mezgıt balığı biyokütlesine ilişkin tahminler, seçilen zaman dilimine bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik göstermiştir (Sherman & Duda 1999), uzun süredir devam eden ve sıklıkla eleştirilen (Larkin, 1996) tek tür yaklaşımıyla çelişir. Tek başına termodinamik, bir sistemde tüm popülasyonları MSY seviyelerinde desteklemek için yeterli birincil üretim olmadığını öne sürer. Ayrıca, ekolojik ve teknolojik etkileşimlerin basit teorik modelleri, diğer türlerin popülasyonlarına ve çevresel durumlara bağlı olarak her bir stok için sonsuz sayıda MSV [ve ekonomik muadili, maksimum ekonomik verim (MEV)olabileceğini göstermektedir (Anderson 1975 ; Hannesson 1983 ; Huppert 1979 ; Larkin 1966 ; Mayıs & ark., 1979 ; Mitchell 1982 ; Pontecorvo 1986 Applegate & ark., 1998). Ayrıca, Brown & ark., (1976), Kuzeybatı Atlantik'teki birkaç dip balığı türünün bireysel stok değerlendirmelerinden elde edilen MSV tahminlerinin toplamının, kompleks için MSV tahminini çok aştığını bildirdi.

Sanal nüfus analizi, balıkçılık sorununun biyolojik temellerine indirgeme ve bölme çabaları yanlış yönlendirilmiştir. Buna ek olarak, biyologlar tarafından bu şekilde belirlenen ve sunulan

çözümler kaynağı en iyi şekilde kullanmaya çalışanların gerçek ihtiyaçları ile ilgisiz değilse de çoğu zaman yetersizdir. Örneğin, Magnuson - Stevens Yasasında tanımlandığı şekliyle optimum verim kavramı, MSV'ye bağlı olduğu ve işlevsel ve değerlendirilemeyecek kadar belirsizdir (Solow 1991).

Hanna'nın (1998) uzmanlaşmamış hasat teknolojileri manipüle etmekten beklenen toplam faydalar) balıkçılık yönetiminin tek türden tür portföyüne yeniden yönlendirilmesi gerektiği önerisi. Çoklu tür yönetimine yönelik iki parçalı portföy yaklaşımımız, LME kaynaklarını topluma süresiz olarak fayda sağlayabilecek, risk taşıyan sermaye varlıkları olarak görmektedir. Bir kısım, ekolojik etkileşimler nedeniyle balıkçılık faydalarındaki (protein, topluluk istikrarı, istihdam veya gelir) değiş tokuşları değerlendiren teknik bir çerçevedir (havuz, beslenme alışkanlıkları, habitat gereksinimleri) riske karşı portföy çerçevesi, toplumun hedeflerinin ve ekolojik kısıtlamaların açıkça tanımlanmasını ve değerlendirilebilir olmasını gerektirir.

Portföy yaklaşımının diğer kısmı, balık stoklarını ekonomik varlıklar olarak ele alan, taraflar için bir bütün olarak balık topluluğunun faydalarını en üst düzeye çıkarmak için teşvikler yaratan ve belirsizliği azaltan bilgiye yapılan yatırımları koruyan kurumsal düzenlemelerle teknik çerçeveyi harekete geçirir. Bir sonraki bölüm, çok türlü balıkçılık yönetimine yönelik portföy yaklaşımının ekolojik bağlamını sunmaktadır. Bunu, teknik çerçevenin genel bir tanımı ve ardından uyumlu kurumsal düzenlemelerin gereklilikleri izlemektedir.

Sonuç olarak; balık popülasyonlarının durumunun tipik değerlendirmesi, popülasyonlar üzerindeki farklı balıkçılık düzeylerinin ve stratejilerinin etkilerini simüle etmek ve gelecekteki verimi tahmin etmek için yaşa dayalı analitik modeller kullanılmıştır. Balıkçılıktan elde edilen tarihsel yaşta avlanma verileri, kohorta özgü bollukların ve balıkçılık ölüm oranlarının (Gulland, 1965) geriye doğru hesaplanması için temel olarak Sanal

Popölasyon Analizinde (VPA) kullanılmaktadır (Gulland, 1965), Hilborn & Walters, 1992).

Kaynakça

Caddy, J. F., & Mahon, R. (1995). Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper No. 347. Rome, FAO, 83 pp.

Clark, C. W. (1985). Bioeconomic modelling and fisheries management. John Wiley & Sons, Inc., London.

Cooper, AB (2006). A Guide to fisheries stock assessment from data to recommendations. University of New Hampshire

Daan, N. (1973). A quantitative analysis of the food uptake of North Sea cod. *Sea Res* ,6 479-517

Daan, N. (1975). Consumption and production in North Sea cod. *Gadus morhua* an assessment of the ecological status of the stock *Sea Res* , 9 24-55

Daan, N. (1987). Multispecies versus single species assessment of North Sea fish stocks *Can J Fish Aquat Sci* ,44(Suppl 2) 360-370.

Gulland, J. A. (1965). Estimation of mortality rates Annex to Arctic fisheries working group report ICES CM Doc

Helgason, T & Gislason H., (1979) VPA analysis with species interaction due to predation ICES CM 1979/G 52.

Jones, R. (1984). Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis) FAO Fish Tech Paper No 256 118 pp.

Fry, F. E. J. (1949). Statistics of a Lake Trout Fishery. *Biometrics*, 5,1. 27-67. <https://doi.org/10.2307/3001890>

Gulland, J. A. (1965). Estimation of mortality rates. Annex to Arctic Fisheries Working Group Report. *ICES CM* Document 3.

Jones, R. (1984). Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis), FAO Fish. Tech. Pap., (No:256), pp. 118

Gulland, JA (1969). Manual of Methods for Fish Stock Assessment, Part 1. Fish population analysis, Fishery Resources and Exploitation Division, FAO, Rome, pp. 154.

Hilborn, R., & Walters, C. J. (1992). Quantitative Fisheries Stock Assessment: choice, dynamics & uncertainty. Chapman & Hall, Inc.

ICES (1992). Report of the Working Group on Multispecies Assessments of Baltic Fish. ICES CM 1992/Assess:7.

ICES (1998). Stocks in the Baltic. Extract of the report of the Advisory Committee on Fishery Management. No. 6. ICES.

ICES (2000). Study Group on life history of Nephrops. ICES Document CM 2000/G:6 104–111

ICES (2008). Report of the workshop and training course on Nephrops norvegicus burrow identification (WKNEPHBID). CM/LRC:3

ICES (2009). Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk, and Megrim, 5–11 ICES Document/ACOM:08

Morello EB, Frogia C, & Atkinson RJA (2007). Underwater television as a fishery-independent method for stock assessment of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the central Adriatic Sea (Italy). ICES J Mar Sci 64:1116–1123

Sparre, P (1984). A computer program for estimation of suitability coefficients from stomach content data and multispecies VPA *ICESCM*, 25.

Sparre, P (1991). Introduction to multispecies virtual population analysis. *ICES mar Sci Symp*, 193 12-21

Pope, J G (1979). A modified cohort analysis in which constant natural mortality is replaced by estimates of predation levels *ICES CM* .16.

Pope, J G (1983). Analogies to the status quo TACs their nature and variance, pp 99-113 In Sampling commercial catches of marine fish and invertebrates Ed by W G Doubleday and D Rivard Can Spec *Publ Fish aquat Sci* , 66.

Pope, J A., Margctts, A R., Hamley, J M , Akyuz &, E F.,(1975). Manual methods for fish stock assessment. Part III Selectivity o fishing gear FAO *Fish Tech Pap* 41 Revision 1 Rome, Italy 65 pp

Sparre, P (1991). Introduction to multispecies virtual population analysis ICES mar Sci Symp, 193 12-21

Sarı,M. (2015). Balıkçılık Yönetimi. *Nobel Yay.*, s.47-51, Ankara.

Sarda,F & Aguzzi, J (2012). A review of burrow counting as an alternative to other typical methods of assessment of Norway lobster populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* volume 22, pages409–422.

Sparre P, Ursin E, & Vanema SC (1989). Introduction to tropical fish stock assessment. FAO *Fish Tech Pap* 306/1

FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. 206 p. <https://doi.org/10.4060.9229en>.

Sparre P, & Venema SC (1998). Introduction to Tropical Fish Stock Assessment, Part 1-Manual (Vol. 306/1). *FAO Fisheries Technical Paper*

Pope, JG (1972). An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Research Bulletin* 9:65–74

Shea K (1998). NCEAS working group on population management. Management of populations in conservation, harvesting and control. *Trends Ecol Evol* 13:371–375

Tuck ID, Chapman CJ, Atkinson RJA, Bailey N, & Smith CJ (1997) .A comparison of methods for stock assessment of the

Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, in the Firth of Clyde. *Fish Res* 32:89–100

Tuck ID, Chapman CJ, Atkinson RJA, Bailey N, & Smith CJ (1997) A comparison of methods for stock assessment of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, in the Firth of Clyde. *Fish Res* 32:89–100

BÖLÜM V

Besleyici Elementlerin Sucul Ekositemde (Pülümür Çayı-Tunceli) İzlenmesi

Serdar ÇETİNDAG¹
Banu KUTLU²
Fatma ÇEVİK³

1. Giriş

Dünya üzerindeki suyun büyük bir çoğunluğu, %98'i buzullar, okyanuslar ve tortul kayalardan oluşmaktadır. Ancak, tatlı su kaynakları, bu geniş su kütlelerinin sadece %2'sini oluşturarak oldukça sınırlıdır (Kuleli, 1989). Buzullar, özellikle tatlı su rezervlerinin önemli bir bölümünü oluştururken, su, tarih boyunca toplumların dikkatini çekmiş ve yerleşim yerlerini belirlerken su kaynaklarının yakınında yer almıştır. Doğanın doğal işleyişine

¹ İl Halk Sağlığı Müdürlüğü, Tunceli serdarcetindag@hotmail.com

² Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi- Temel Bilimler Bölümü
banukutlu@munzur.edu.tr

³ Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri fakültesi-Temel Bilimler Bölümü fcevik@cu.edu.tr

baktığımızda, su kaynaklarının belirli bir derecede kirliliği absorbe etme kapasitesine sahip olduğunu görebiliriz. Ancak, kirleticilerin türü ve miktarı arttıkça, su kirliliği oranında belirgin bir artış meydana gelmektedir. Su kirliliği, Türkiye'nin su kaynakları bakımından teorik olarak yeterli olmasına rağmen, çevresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Türküm, 1998). Bu durum, su kaynaklarının kalitesini etkileyen çeşitli faktörlerin artış gösterdiği bir ortamda ortaya çıkmaktadır. Su kirliliği, sadece miktar değil, aynı zamanda kirliliğin niteliği açısından da önemli bir konudur. Bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve ekosistem sağlığını tehdit edebilir. Bu nedenle, su kaynaklarının etkili bir şekilde korunması ve yönetilmesi, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için kritik bir öneme sahiptir.

Dünya genelinde mevcut su kaynaklarının yaklaşık %70'i tarım faaliyetleri için kullanılmaktadır. Bu oranın %19'u sanayi ve %11'i evsel kullanım amaçlarına ayrılmıştır. Avrupa genelinde ise su kullanımı şu şekildedir: %40 tarım, %46 sanayi ve %14 evsel kullanım. Türkiye'nin toplam su tüketiminin ise %11'i sanayide, %15'i evsel kullanımda ve çoğunluğu olan %74'ü tarım sektöründe gerçekleşmektedir. Ancak su kullanımı sadece tarım, sanayi ve evsel alanlarla sınırlı değildir. Her yıl içme suyu, ısıtma, soğutma, turizm ve diğer hizmet sektörlerinde milyarlarca metreküp su kullanılmaktadır. Artan su talebi ve su kirliliği, endüstri, tarım ve evsel kullanım alanlarında rekabete yol açarak sürdürülebilir su kaynaklarına olan ihtiyacı artırmaktadır. Birleşmiş Milletler'e göre, 2050 yılına kadar dünya genelinde temiz su talebinin %40 artması beklenmektedir. Bu durumda dünya nüfusunun en az dörtte biri "kronik veya tekrar eden" temiz su sıkıntısıyla karşı karşıya kalabilir. Sürdürülebilir su kaynaklarına erişimde artan gerilimler, özellikle Suriye'deki 2007-2010 yıllarındaki tarihsel kuraklık sonrasında yaşanan ayaklanma gibi olaylarla birlikte, birçok ülkede ekonomik ve politik krizlere neden olabilir.

Su kaynaklarının miktarı ve kalitesi üzerindeki baskıları azaltmak, korumak ve iyileştirmek, hayati bir öneme sahiptir. Türkiye'de bu konuda önemli adımlar atılarak su kaynaklarının

bütünlüklü ve etkili bir şekilde yönetilmesi için Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün kurulması ve Su Çerçeve Direktifi 'ne uyum sağlama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çabalar, suyun yönetimi ile ilgili yaklaşımların ne kadar kritik olduğunu vurgulamaktadır. Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün kurulması, su kaynaklarının daha etkin bir şekilde yönetilmesi için alınan önemli bir adımdır. Ayrıca, Su Çerçeve Direktifi'ne uyum çalışmaları, ulusal düzeyde su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlama amacını taşımaktadır. Bu çerçevede, suyun kalitesinin ve miktarının korunması için çeşitli politika ve stratejiler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Türkiye'deki bu önlemler, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması adına ulusal düzeyde bilinç oluşturmaya ve su yönetimi konusunda toplumsal katılımı teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Su yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ve ekosistem sağlığı için kritik bir öneme sahip olduğundan, bu tür çabaların devam etmesi büyük bir önem arz etmektedir.

Türkiye, 2023 yılına kadar mevcut su potansiyelinin tamamını kullanma hedefini benimsemiş durumda, ancak bu artan su ihtiyacını karşılamak için su kaynakları üzerindeki baskının giderek arttığı görülmektedir. Gelecekte su kaynaklarının azalması ve su kirliliğinin artması, enerji tüketimini de artırabilir. Özellikle Türkiye'de, noktasal ve yayılı kirletici kaynaklardan kaynaklanan baskı, azot ve fosfor gibi besin maddeleri gibi önemli kirlilik parametrelerini içermektedir. Ülkemizde su kaynakları, özellikle azot ve fosfor gibi besin maddeleriyle zenginleşme eğilimindedir; bu durum, ötrofikasyon olarak bilinen bir olguya yol açmaktadır. Ötrofikasyon, su kaynaklarının kalitesinin bozulması, içme ve kullanma suyu olarak uygun olmayan hale gelmesi, su ortamında yaşayan canlıların sayısında azalma, istenmeyen türlerin çoğalması, koku sorunları, rekreasyon için uygun olmayan ortamlar gibi istenmeyen etkileri beraberinde getirebilir. Bu nedenle, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve su kirliliğinin önlenmesi önemlidir. Özellikle azot ve fosfor gibi kirletici maddelerin kontrol altına alınması, su kaynaklarının uzun vadeli sağlığını ve kullanılabilirliğini koruma açısından kritik bir adımdır.

Su kaynaklarının korunması, sadece çevresel değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından da büyük bir öneme sahiptir.

Pülümür Çayı'nın su kalitesini geliştirmedeki potansiyel avantajlarına rağmen, ülkemizde bu sistemlerin tasarımı, kirlilik performansları hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Bu durum, akan suların uygulamalarına yönelik rehberlik edici bir çalışmanın eksikliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, söz konusu eksikliği gidermeyi amaçlamakta akan suların etkili bir şekilde planlanması ve uygulanması için bir yol haritası sunmayı hedeflemektedir.

2. Materyal ve Metod

Pülümür Vadisi, 70 km'lik Pülümür-Tunceli karayoluna paralel bir şekilde uzanmaktadır. Vadide bulunan Pülümür Çayı, Kutu, Dereova, Aşirik, Yastık ve Çukur dereleri ile birleştikten sonra, il merkezinde Munzur Çayı'na katılmaktadır. Pülümür Çayı, Avcı Dağları'nın eteklerinden doğmaktadır ve her iki tarafında zengin orman örtüsü ve kayalıklarla çevrili bir yapıya sahiptir.

Vadi boyunca akan suyun bolluğu, doğal çevre, etkileyici manzaralar, doğa yürüyüşleri, kaya tırmanışı, yamaç paraşütü, sportif balıkçılık, piknik ve kamping gibi birçok etkinlik için önemli bir potansiyel sunmaktadır (URL-1, 2022).



Şekil 2.1. Tunceli haritası ve numune istasyonları (URL-2,2022)

I. İstasyon: Tunceli'ye 76 km uzaklıktaki Pülümür ilçesinin en yüksek noktasında konumlanmış olan istasyon alanı, yaz aylarında bir mesire alanı olarak kullanılmaktadır. Ne yazık ki, yaz dönemlerinde akarsu içinde ve çevresinde çöp atıkları gözlemlenmektedir. Suyun debisi yaz aylarında azalırken, kış ve ilkbahar mevsimlerinde debisi iki katına çıkmaktadır. Doğal morfolojik bir özelliğe sahip olan istasyonun taban yapısı küçük kayalardan oluşmakta ve sağ ve sol taraflarında ağaçlar tarafından gölgelenmektedir.



Resim 2. 1. İstasyon

II. İstasyon: Hanım Köprüsü Mevkiinde bulunan Pülümür ilçesi, il merkezine 73,7 km uzaklıkta konumlanmaktadır. İlçede atık su arıtma sistemi bulunmamakla birlikte, atıklar fosseptik çukurlar kullanılarak bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. İlçede yoğun bir hayvancılık faaliyeti gerçekleştirildiğinden dolayı gübre deşarjı da mevcuttur. Bu durum, atıkların suya karışması sonucu zaman zaman suyun bulanık bir görüntü sergilediği gözlemlenmektedir.



Resim 2.2 II. İstasyon

III. İstasyon: Pülümür ilçesi, Kırklar Köyü Mevkiinde konumlanmış olup, il merkezine olan uzaklığı 86,7 km'dir. Aynı zamanda il merkezine en uzak ve en yüksek rakıma sahiptir, bu rakam 1941 metreye ulaşmaktadır. Zemin taban yapısı, çakıl (2-65 mm) ve küçük kayalıklardan (65-250 mm) oluşmaktadır. Ayrıca, sol kesit bitkiler tarafından gölgelenmektedir.



Resin 2.3 III. İstasyon

IV. İstasyon: Pülümür ilçesi, Turnadere Köyü altında konumlanmış olup, il merkezine olan uzaklığı 73,2 km'dir. Kırklar, Hasangazi, Hacılı ve Turnadere köylerinde gerçekleştirilen hayvancılık faaliyetleri sebebiyle gübre deşarjı meydana gelmektedir. Zemin taban yapısı ise küçük kayalıklardan (65-250

mm) oluşmaktadır ve sağ ve sol kesit bitkiler tarafından gölgelenmektedir.



Resim 2.4 IV. İstasyon

V. İstasyon: Çoban Yıldızı Köprüsü mevkisinde konumlanmış olan bu nokta, il merkezine 72,8 km uzaklıktadır. I., II., III. ve IV. numaralı istasyonlar, V. istasyonda birleşirler.



Resim 2.5 V. İstasyon

VI. İstasyon: Pülümür Kırmızıköprü köyü, il merkezine 58,5 km uzaklıkta bulunmaktadır. İstasyon çevresindeki yerleşim yerlerinde atık su arıtma tesisi bulunmaması nedeniyle atıklar suya deşarj olmaktadır. Ayrıca, yağmur ve kar sularının erimesiyle Salördek deresinden gelen suyun etkisiyle su debisi artmaktadır. Bölgedeki geniş ve düz zemin, suyun akış hızının düşük olmasına katkıda bulunmaktadır.



Resim 2.6 VI. İstasyon

VII. İstasyon: Pülümür Kovuklu Deresi, Akdik Mevkii'nde konumlanmış olup, il merkezine 53,6 km uzaklıktadır. Çeşitli derelerden beslenmesi, akış hızı ve su debisinin artmasına neden olmaktadır. Zemin taban yapısı küçük kayalıklardan (65-250 mm) ve daha büyük kayalıklardan (250-4000 mm) oluşmaktadır. Ayrıca, sağ kesit bitkiler tarafından gölgelenmektedir.



Resim 2.7 VII. İstasyon

VIII. İstasyon: Tunceli Kutu Deresi Mevkii, il merkezine sadece 19,6 km uzaklıkta yer alıyor. Bu bölge, mesire alanı olarak kullanılmaktadır. Ancak, bölgede birçok işletme olmasına rağmen altyapı tesisleri bulunmamaktadır. Kıyıların uzak ve düz olması, suyun akış hızını azaltmaktadır. Zemin taban yapısı, küçük kayalıklardan (65-250 mm) ve daha büyük kayalıklardan (250-4000 mm) oluşmaktadır. Ayrıca, sol kesit bitkiler tarafından gölgelenmektedir.



Resim 2.8. VIII. İstasyon

IX. İstasyon: Tunceli Marçik Mevkii, il merkezine sadece 9,8 km uzaklıktadır. Bölgedeki geniş zemin, kıyıların birbirinden uzak ve düz olması, suyun akış hızını azaltmaktadır. Zemin taban yapısı, küçük kayalıklardan (65-250 mm) ve daha büyük kayalıklardan (250-4000 mm) oluşmaktadır. Ayrıca, bölgede nadiren ağaçlar tarafından gölgelenmektedir.



Resim 2.9 IX. İstasyon

X. İstasyon: Tunceli il merkezine sadece 1 km uzaklıkta bulunan bu mevki, Munzur ile Pülümür Çayları'nın birleşim noktasından 250 metre önce konumlanmıştır. İstasyon bölgesine yakın bir yerde şehir çöplüğünün bulunması ve modern depolama olmaması nedeniyle yağmur suları Pülümür Çayı'na karışmaktadır. Ayrıca, istasyona yakın bölgelerde bulunan kum ocakları ve atık suların karışması sonucu su zaman zaman bulanık bir görüntüye sahip olmaktadır.



Resim 2.10 X. İstasyon

Araştırma süresince, Eylül 2021 - Ağustos 2022 tarihleri arasında Pülümür Çayı'nda bulunan 10 istasyonda aylık olarak numune toplandı. İstasyonların konumu, yan kolların karışım noktaları, akarsuya olan etkisi ve kirlilik kaynaklarının özellikleri göz önüne alınarak, bölgeyi temsil edebilecek şekilde belirlendi. Yüzey sularındaki pH, çözünmüş oksijen (Ç.O.) ve su sıcaklığı parametreleri, YSI Professional Plus Portatif

Multiparametre cihazı ile ölçüldü. Ayrıca, klorofil-a miktarı AquaFluor cihazı ile yerinde analiz edildi. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), amonyum ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) ve fosfat (PO_4) parametreleri ise DR/890 Colorimeter ile laboratuvarında ölçüldü. Toplam sertlik ve kalsiyum sertlik ise titrasyon yöntemi ile belirlendi. Arazi koşullarında ölçülemeyen parametrelerin belirlenmesi amacıyla 1000 ml'lik numune şişeleri kullanıldı. Su numuneleri alındıktan sonra, tarih, saat ve istasyon numarası numune kaplarına işlendi.

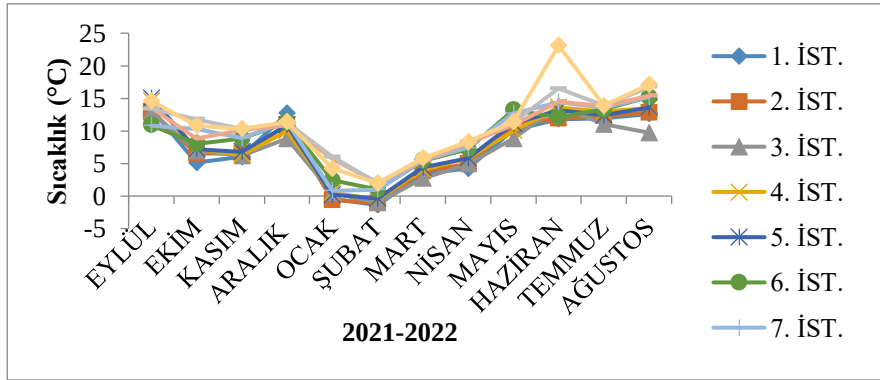
3. Bulgular

Akarsuların fiziksel ve kimyasal özellikleri, akarsuların yerleşim yerine, yatak tipine, debisine, hızına, sıcaklığına, pH değerine, oksijen seviyesine ve çevresel koşullarına bağlı olarak farklılık gösterir. Bu özelliklerin düzenli olarak izlenmesi ve kontrol edilmesi, su güvenliğinin sağlanması açısından büyük öneme sahiptir.

3.1. Sıcaklık

Araştırma süresince Pülümür Çayı'nda yer alan 10 istasyonda, Eylül 2021 - Ağustos 2022 tarihleri arasında aylık su numunelerinin sıcaklıkları YSI Plus Portatif Multiparametre cihazı ile ölçülmüştür. İşte istasyonlara göre elde edilen bazı sıcaklık verileri: I. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük numune sıcaklığı $-1,4^\circ\text{C}$ iken, Eylül 2021'de en yüksek numune sıcaklığı $13,4^\circ\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $7,5^\circ\text{C}$ ve standart sapma değeri 5,3 olarak belirlendi. II. İstasyon: Ocak 2022'de en düşük numune sıcaklığı $-1,1^\circ\text{C}$ iken, Eylül 2021'de en yüksek numune sıcaklığı $13,0^\circ\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $7,7^\circ\text{C}$ ve standart sapma değeri 5,1 olarak belirlendi. III. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük numune sıcaklığı $-1,0^\circ\text{C}$ iken, Haziran 2022'de en yüksek numune sıcaklığı $13,8^\circ\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $7,1^\circ\text{C}$ ve standart sapma değeri 4,7 olarak belirlendi. IV. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük numune sıcaklığı $-0,5^\circ\text{C}$ iken, Eylül 2021'de en yüksek numune sıcaklığı $14,6^\circ\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $8,2^\circ\text{C}$ ve standart sapma değeri 5,1 olarak belirlendi. V. İstasyon: Şubat 2022'de en

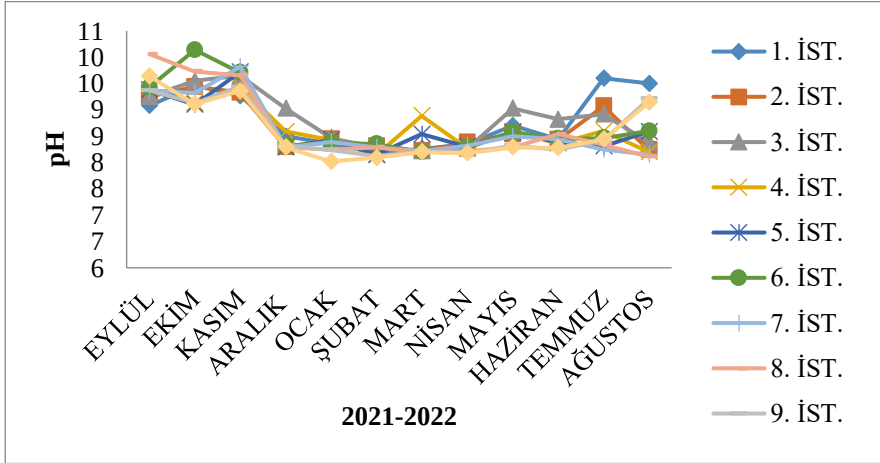
düşük numune sıcaklığı $-0,4^{\circ}\text{C}$ iken, Eylül 2021'de en yüksek numune sıcaklığı $15,0^{\circ}\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $8,4^{\circ}\text{C}$ ve standart sapma değeri 5,2 olarak belirlendi. VI. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük numune sıcaklığı $1,0^{\circ}\text{C}$ iken, Ağustos 2022'de en yüksek numune sıcaklığı $15,2^{\circ}\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $9,1^{\circ}\text{C}$ ve standart sapma değeri 4,4 olarak belirlendi. VII. İstasyon: Ocak 2022'de en düşük numune sıcaklığı $0,8^{\circ}\text{C}$ iken, Ağustos 2022'de en yüksek numune sıcaklığı $15,2^{\circ}\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $9,3^{\circ}\text{C}$ ve standart sapma değeri 4,8 olarak belirlendi. VIII. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük numune sıcaklığı $2,0^{\circ}\text{C}$ iken, Ağustos 2022'de en yüksek numune sıcaklığı $15,4^{\circ}\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $9,9^{\circ}\text{C}$ ve standart sapma değeri 4,1 olarak belirlendi. IX. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük numune sıcaklığı $2,0^{\circ}\text{C}$ iken, Ağustos 2022'de en yüksek numune sıcaklığı $16,7^{\circ}\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $9,9^{\circ}\text{C}$ ve standart sapma değeri 4,5 olarak belirlendi. X. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük numune sıcaklığı $2,0^{\circ}\text{C}$ iken, Haziran 2022'de en yüksek numune sıcaklığı $23,1^{\circ}\text{C}$ olarak ölçüldü. Ortalama su sıcaklığı $11,1^{\circ}\text{C}$ ve standart sapma değeri 5,8 olarak belirlendi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Pülümür Çayı'nın numune sıcaklık değerleri pH

I. İstasyondaki pH değerleri incelendiğinde, en düşük değer Şubat 2022'de 8,18, en yüksek değer ise Temmuz 2022'de 9,60 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,81 ve standart sapma değeri 0,54 olarak belirlenmiştir. II. İstasyondaki pH

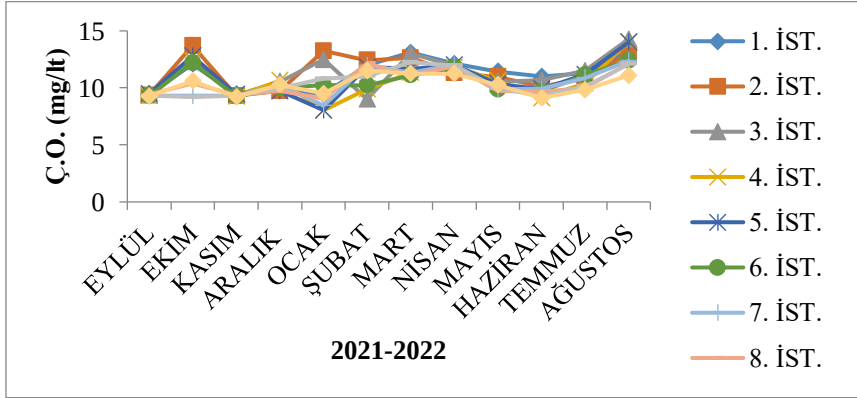
değerleri gözden geçirildiğinde, en düşük değerin Mart 2022'de 8,22, en yüksek değerin ise Ekim 2021'de 9,44 olarak kaydedildiği görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,66 ve standart sapma değeri 0,47 olarak belirlenmiştir. .III. İstasyondaki pH değerleri analiz edildiğinde, en düşük değerin Mart 2022'de 8,22, en yüksek değerin ise Kasım 2021'de 9,65 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,82 ve standart sapma değeri 0,50 olarak belirlenmiştir. IV. İstasyondaki pH değerleri göz atıldığında, en düşük değerin Şubat 2022'de 8,14, en yüksek değerin ise Kasım 2021'de 9,44 olarak kaydedildiği görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,67 ve standart sapma değeri 0,44 olarak belirlenmiştir. V. İstasyondaki pH değerleri incelendiğinde, en düşük değerin Şubat 2022'de 8,15, en yüksek değerin ise Kasım 2021'de 9,72 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,65 ve standart sapma değeri 0,49 olarak belirlenmiştir. VI. İstasyondaki pH değerleri analiz edildiğinde, en düşük değerin Mart 2022'de 8,20, en yüksek değerin ise Ekim 2021'de 11,14 olarak kaydedildiği görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,74 ve standart sapma değeri 0,64 olarak belirlenmiştir. VII. İstasyondaki pH değerleri gözden geçirildiğinde, en düşük değerin Ağustos 2022'de 8,15, en yüksek değerin ise Kasım 2021'de 9,82 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,61 ve standart sapma değeri 0,56 olarak belirlenmiştir. VIII. İstasyondaki pH değerleri incelendiğinde, en düşük değerin Ağustos 2022'de 8,11, en yüksek değerin ise Eylül 2021'de 10,06 olarak kaydedildiği görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,67 ve standart sapma değeri 0,71 olarak belirlenmiştir. IX. İstasyondaki pH değerleri analiz edildiğinde, en düşük değerin Şubat 2022'de 8,12, en yüksek değerin ise Kasım 2021'de 9,44 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,60 ve standart sapma değeri 0,52 olarak belirlenmiştir. X. İstasyondaki pH değerleri incelendiğinde, en düşük değerin Ocak 2022'de 8,02, en yüksek değerin ise Eylül 2021'de 9,64 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ortalama pH değeri 8,59 ve standart sapma değeri 0,56 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Pülümür Çayı'nın pH değerleri Oksijen (mg/L)

I. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri incelendiğinde, Kasım 2021'de en düşük değerin 9,45 mg/l, Ağustos 2022'de ise en yüksek değerin 13,25 mg/l olarak ölçüldüğü görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 11,22 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,38'dir. II. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri gözden geçirildiğinde, Kasım 2021'de en düşük değerin 9,32 mg/l, Ekim 2021'de ise en yüksek değerin 13,70 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 11,38 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,58'dir. III. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri analiz edildiğinde, Şubat 2022'de en düşük değerin 9,02 mg/l, Ağustos 2022'de ise en yüksek değerin 14,28 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 11,26 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,62'dir. IV. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri göz atıldığında, Ocak 2022'de en düşük değerin 8,04 mg/l, Ağustos 2022'de ise en yüksek değerin 14,28 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 10,58 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,65'dir. V. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri incelendiğinde, Ocak 2022'de en düşük değerin 8,04 mg/l, Ağustos 2022'de ise en yüksek değerin 14,0 mg/l olarak tespit

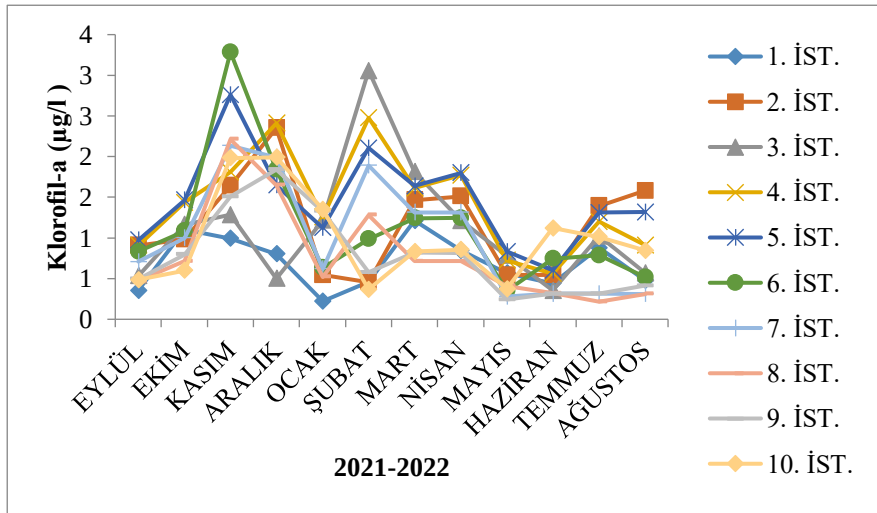
edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 10,87 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,68'dir. VI. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri analiz edildiğinde, Ocak 2022'de en düşük değeri 9,25 mg/l, Ağustos 2022'de ise en yüksek değeri 12,40 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 10,59 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,10'dir. VII. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri gözden geçirildiğinde, Ocak 2022'de en düşük değeri 8,46 mg/l, Ağustos 2022'de ise en yüksek değeri 12,40 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 10,42 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,28'dir. VIII. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri incelendiğinde, Ocak 2022'de en düşük değeri 9,06 mg/l, Şubat 2022'de ise en yüksek değeri 12,16 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 10,39 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,14'dir. IX. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri analiz edildiğinde, Ekim 2021'de en düşük değeri 9,20 mg/l, Mart 2022'de ise en yüksek değeri 12,25 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 10,44 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 1,16'dir. X. İstasyondaki çözünmüş oksijen seviyeleri incelendiğinde, Haziran 2022'de en düşük değeri 9,12 mg/l, Şubat 2022'de ise en yüksek değeri 11,52 mg/l olarak tespit edildiği görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 10,26 mg/l olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,88'dir.



Şekil 3.3. Pülümür Çayı'nın oksijen değerleri Klorofil a

I. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri incelendiğinde, Ocak 2022'de en düşük değerin 0,222 $\mu\text{g/l}$, Mart 2022'de ise en yüksek değerin 1,214 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçüldüğü görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 0,696 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,319'dur. II. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri gözden geçirildiğinde, Şubat 2022'de en düşük değerin 0,455 $\mu\text{g/l}$, Aralık 2021'de ise en yüksek değerin 2,350 $\mu\text{g/l}$ olarak tespit edildiği görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 1,160 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,590'dır. III. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri analiz edildiğinde, Haziran 2022'de en düşük değerin 0,355 $\mu\text{g/l}$, Şubat 2022'de ise en yüksek değerin 3,057 $\mu\text{g/l}$ olarak tespit edildiği görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 1,126 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,740'tır. IV. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri göz atıldığında, Haziran 2022'de en düşük değerin 0,560 $\mu\text{g/l}$, Şubat 2022'de ise en yüksek değerin 2,477 $\mu\text{g/l}$ olarak tespit edildiği görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 1,423 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,620'dir. V. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri incelendiğinde, Haziran 2022'de en düşük değerin 0,603 $\mu\text{g/l}$, Kasım 2021'de ise en yüksek değerin 2,671 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçüldüğü görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 1,465 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,589'dir. VI. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri analiz edildiğinde, Mayıs 2022'de en düşük değerin 0,350 $\mu\text{g/l}$, Kasım 2021'de ise en yüksek değerin

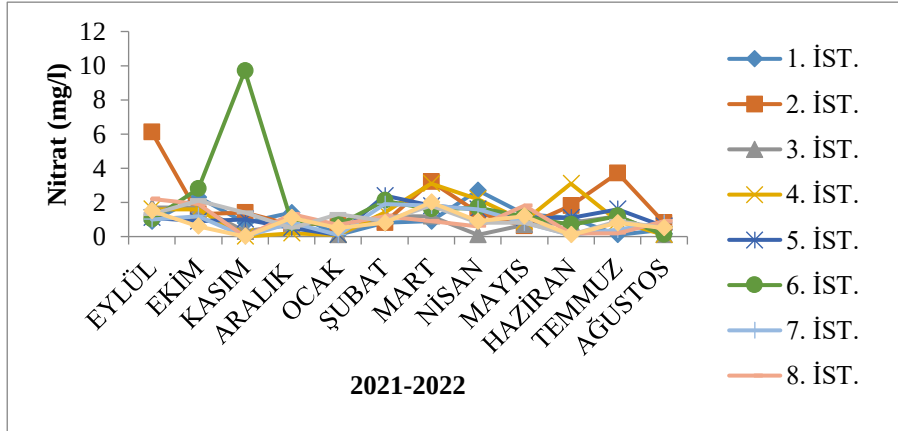
3,285 $\mu\text{g/l}$ olarak tespit edildiği görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 1,129 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,785'tir.VII. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri gözden geçirildiğinde, Mayıs 2022'de en düşük değerin 0,280 $\mu\text{g/l}$, Kasım 2021'de ise en yüksek değerin 2,134 $\mu\text{g/l}$ olarak tespit edildiği görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 1,016 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,702'dir. VIII. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri incelendiğinde, Temmuz 2022'de en düşük değerin 0,216 $\mu\text{g/l}$, Kasım 2021'de ise en yüksek değerin 2,212 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçüldüğü görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 0,795 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,612'dir.IX. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri analiz edildiğinde, Mayıs 2022'de en düşük değerin 0,243 $\mu\text{g/l}$, Aralık 2021'de ise en yüksek değerin 1,840 $\mu\text{g/l}$ olarak tespit edildiği görülmektedir. Klorofil-a ortalaması 0,788 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmış ve standart sapma değeri 0,516'dır.X. İstasyondaki klorofil-a seviyeleri incelendiğinde, Şubat 2022'de en düşük değerin 0,368 $\mu\text{g/l}$.



Şekil 3.4. Pülümür Çayı'nın Klorofil-a değerleri Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N/L}$)

I. İstasyonun nitrat seviyeleri incelendiğinde, Şubat 2022'de en düşük düzey 0,10 mg/l, Nisan 2022'de ise en yüksek düzey 2,70 mg/l olarak belirlenmiştir. Ortalama nitrat seviyesi 1,07 mg/l olarak hesaplanmış ve bu veri setindeki dalgalanmaları ifade etmek için standart sapma 0,79 olarak bulunmuştur. II. İstasyonun nitrat seviyeleri, Mayıs 2022'de en düşük değerin 0,60 mg/l ve Eylül 2021'de en yüksek değerin 6,10 mg/l olduğunu göstermektedir. Ortalama nitrat seviyesi 1,07 mg/l ve standart sapma 0,79 olarak belirlenmiştir. III. İstasyondaki Şubat, Nisan ve Ağustos 2022 aylarındaki nitrat seviyeleri incelendiğinde, en düşük düzeyin 0,10 mg/l, en yüksek düzeyin ise Eylül ve Ekim 2021'de 6,10 mg/l olduğu görülmüştür. Ortalama nitrat seviyesi 0,82 mg/l ve standart sapma 0,59 olarak hesaplanmıştır. IV. Kasım 2021'de istasyonda en düşük nitrat düzeyi 0,00 mg/l, Mart ve Haziran 2022'de ise en yüksek düzey 3,10 mg/l olarak belirlenmiştir. Ortalama nitrat seviyesi 1,27 mg/l ve standart sapma 1,11 olarak hesaplanmıştır. V. İstasyondaki Ocak 2022 verilerine göre en düşük nitrat seviyesi 0,10 mg/l, Şubat 2022'de ise en yüksek seviyenin 2,40 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama nitrat seviyesi 1,15 mg/l ve standart sapma 0,63 olarak hesaplanmıştır. VI. Ağustos 2022'de en düşük nitrat seviyesi 0,10 mg/l, Kasım 2021'de ise en yüksek seviyenin 9,70 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrat seviyesi 1,97 mg/l ve standart sapma 2,54 olarak hesaplanmıştır. VII. Kasım 2021'de en düşük nitrat seviyesi 0,00 mg/l, Şubat 2022'de ise en yüksek seviyenin 1,90 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama nitrat seviyesi 0,88 mg/l ve standart sapma 0,66 olarak hesaplanmıştır. VIII. Kasım 2021'de en düşük nitrat seviyesi 0,00 mg/l, Ocak 2022'de ise en yüksek seviyenin 2,20 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrat seviyesi 0,99 mg/l ve standart sapma 0,71 olarak hesaplanmıştır. IX. Haziran 2022'de en düşük nitrat seviyesi 0,10 mg/l, Ekim 2021'de ise en yüksek seviyenin 2,10 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrat seviyesi 1,03 mg/l ve standart sapma 0,57 olarak hesaplanmıştır. X. Kasım 2021'de en düşük nitrat seviyesi 0,00 mg/l, Mart 2022'de ise en yüksek seviyenin 2,00 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama

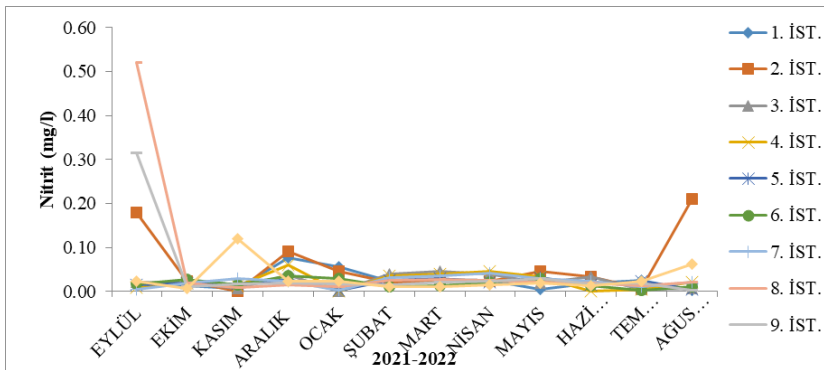
nitrat seviyesi 0,83 mg/l ve standart sapma 0,57 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.5 Pülümür Çayı'nın nitrat değerleri Nitrit Azotu ($\text{NO}_2\text{-N/L}$)

I. İstasyondaki nitrit seviyeleri üzerinde yapılan incelemede, Ağustos 2022'de en düşük nitrit miktarının 0,002 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,076 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,025 mg/l olarak hesaplanmış, veri setindeki dalgalanmaları ifade etmek üzere standart sapma değeri 0,021 olarak bulunmuştur. II. İstasyondaki nitrit düzeyleri incelendiğinde, Kasım 2021'de en düşük nitrit miktarının 0,001 mg/l, Ağustos 2022'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,210 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,058 mg/l ve standart sapma 0,068 olarak hesaplanmıştır. III. İstasyondaki nitrit seviyelerine yönelik yapılan analizde, Ocak 2022'de en düşük nitrit miktarının 0,001 mg/l, Mart 2022'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,045 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,023 mg/l ve standart sapma 0,016 olarak hesaplanmıştır. IV. İstasyondaki Ocak ve Haziran 2022 verileri göz önüne alındığında, en düşük nitrit miktarının 0,001 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,059 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,023 mg/l ve standart sapma

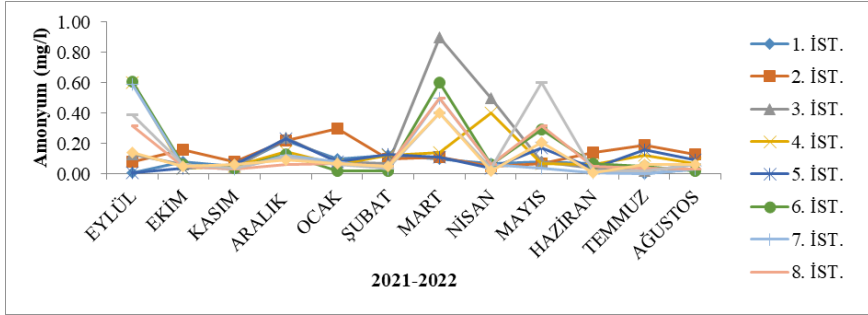
0,019 olarak bulunmuştur. V. İstasyondaki Ocak 2022 verilerine göre en düşük nitrit miktarı 0,002 mg/l, Mayıs 2022'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,031 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,019 mg/l ve standart sapma 0,009 olarak hesaplanmıştır. VI. İstasyondaki Temmuz 2022 verilerine göre en düşük nitrit miktarı 0,003 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,036 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,019 mg/l ve standart sapma 0,010 olarak hesaplanmıştır. VII. İstasyondaki Ocak 2022 verilerine göre en düşük nitrit miktarı 0,002 mg/l, Nisan 2022'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,041 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,022 mg/l ve standart sapma 0,012 olarak hesaplanmıştır. VIII. İstasyondaki Kasım 2021 verilerine göre en düşük nitrit miktarı 0,008 mg/l, Eylül 2021'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,520 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,060 mg/l ve standart sapma 0,145 olarak hesaplanmıştır. IX. İstasyondaki Ağustos 2022 verilerine göre en düşük nitrit miktarı 0,003 mg/l, Eylül 2021'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,315 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,042 mg/l ve standart sapma 0,086 olarak hesaplanmıştır. X. İstasyondaki Ekim 2021 verilerine göre en düşük nitrit miktarı 0,006 mg/l, Kasım 2021'de ise en yüksek nitrit miktarının 0,120 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama nitrit seviyesi 0,029 mg/l ve standart sapma 0,032 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.6 Pülümür Çayı'nın nitrit değerleri Amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N/L}$)

I. İstasyondaki amonyum seviyelerine dair analiz, Temmuz 2022'de en düşük ölçümün 0,00 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek ölçümün 0,22 mg/l olduğunu göstermektedir. Amonyum ortalaması 0,08 mg/l olarak hesaplanmış ve bu veri setindeki değişkenliği ifade etmek için standart sapma değeri 0,06 olarak bulunmuştur. II. İstasyondaki amonyum seviyeleri incelendiğinde, Nisan 2022'de en düşük ölçümün 0,05 mg/l, Ocak 2022'de ise en yüksek ölçümün 0,30 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Amonyum ortalaması 0,14 mg/l ve standart sapma 0,07 olarak hesaplanmıştır. III. İstasyondaki amonyum seviyeleri üzerinde yapılan incelemede, Temmuz 2022'de en düşük ölçümün 0,02 mg/l, Mart 2022'de ise en yüksek ölçümün 0,90 mg/l olduğu belirlenmiştir. Amonyum ortalaması 0,19 mg/l ve standart sapma 0,26 olarak hesaplanmıştır. IV. İstasyondaki Ekim 2021 verilerine göre en düşük amonyum ölçümü 0,04 mg/l, Eylül 2021'de ise en yüksek ölçümün 0,60 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Amonyum ortalaması 0,16 mg/l ve standart sapma 0,17 olarak hesaplanmıştır. V. Eylül 2021'deki en düşük amonyum ölçümü 0,01 mg/l, Aralık 2021'deki en yüksek ölçüm ise 0,23 mg/l olarak belirlenmiştir. Amonyum ortalaması 0,10 mg/l ve standart sapma 0,07 olarak hesaplanmıştır. VI. Ocak, Şubat ve Ağustos 2022'deki en düşük amonyum ölçümleri 0,02 mg/l, Eylül 2021'deki en yüksek ölçüm ise 0,61 mg/l olarak tespit edilmiştir. Amonyum ortalaması 0,16 mg/l ve standart sapma 0,22 olarak hesaplanmıştır. VII. Temmuz 2022'de en düşük amonyum ölçümü 0,00 mg/l, Eylül 2021'deki en yüksek ölçüm ise 0,59 mg/l olarak belirlenmiştir. Amonyum ortalaması 0,13 mg/l ve standart sapma 0,20 olarak hesaplanmıştır. VIII. Kasım 2021'deki en düşük amonyum ölçümü 0,03 mg/l, Mart 2022'deki en yüksek ölçüm ise 0,50 mg/l olarak tespit edilmiştir. Amonyum ortalaması 0,13 mg/l ve standart sapma 0,16 olarak hesaplanmıştır. IX. Haziran ve Temmuz 2022'deki en düşük amonyum ölçümleri 0,02 mg/l, Mayıs 2022'deki en yüksek ölçüm ise 0,60 mg/l olarak belirlenmiştir. Amonyum ortalaması 0,15 mg/l ve standart sapma 0,20 olarak hesaplanmıştır. X. Haziran 2022'deki en düşük amonyum ölçümü 0,01 mg/l, Mart 2022'deki en

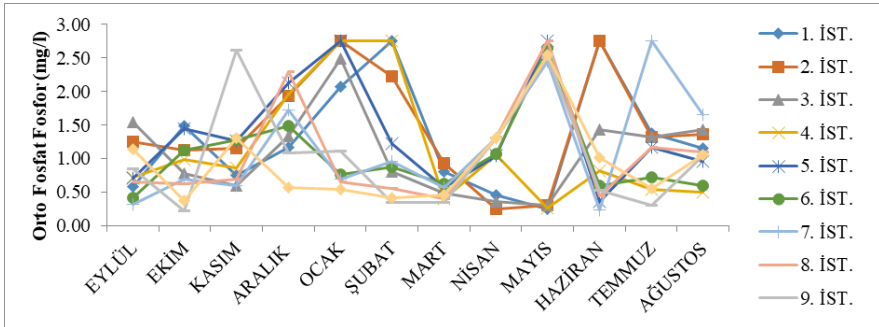
yüksek ölçüm ise 0,40 mg/l olarak tespit edilmiştir. Amonyum ortalaması 0,10 mg/l ve standart sapma 0,11 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. Pülümür Çayı'nın amonyum değerleri Orto Fosfat Fosforu (PO₄/L)

I. İstasyondaki su seviyelerine dair analiz, Mayıs 2022'de en düşük ölçümün 0,25 mg/l, Şubat ve Haziran 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,75 mg/l olduğunu göstermektedir. Ortalama su seviyesi 1,30 mg/l olarak hesaplanmış olup, standart sapma değeri 0,84 olarak belirlenmiştir. II. İstasyondaki su seviyeleri incelendiğinde, Nisan 2022'de en düşük ölçümün 0,25 mg/l, Haziran 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,75 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama su seviyesi 1,45 mg/l ve standart sapma 0,83 olarak hesaplanmıştır. III. İstasyondaki su seviyeleri üzerinde yapılan incelemede, Mayıs 2022'de en düşük ölçümün 0,31 mg/l, Ocak 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,49 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama su seviyesi 1,08 mg/l ve standart sapma 0,63 olarak belirlenmiştir. IV. İstasyondaki Mayıs 2022 su seviyelerine göre en düşük ölçüm 0,26 mg/l, Ocak ve Şubat 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,75 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama su seviyesi 1,13 mg/l ve standart sapma 0,87 olarak hesaplanmıştır. V. İstasyondaki Haziran 2022 su seviyelerine göre en düşük ölçüm 0,36 mg/l, Ocak ve Mayıs 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,75 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama su seviyesi 1,37 mg/l ve standart sapma 0,79 olarak hesaplanmıştır. VI. İstasyondaki Eylül 2021 su seviyelerine göre en düşük ölçüm 0,42 mg/l, Mayıs 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,65 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama su seviyesi 1,02 mg/l ve standart sapma 0,60

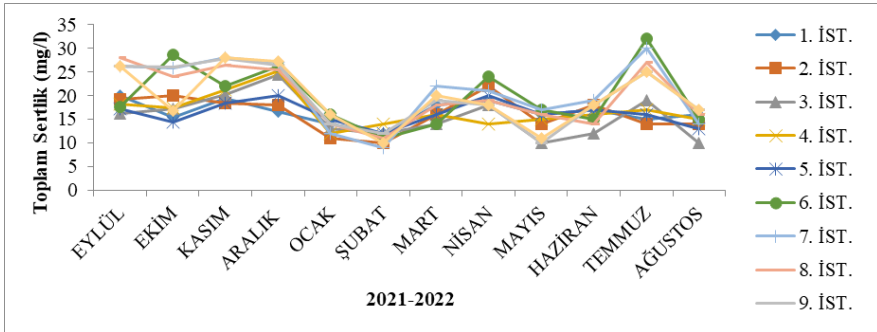
olarak hesaplanmıştır. VII. İstasyondaki Haziran 2022 su seviyelerine göre en düşük ölçüm 0,24 mg/l, Temmuz 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,75 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama su seviyesi 1,17 mg/l ve standart sapma 0,82 olarak hesaplanmıştır. VIII. İstasyondaki Mart 2022 su seviyelerine göre en düşük ölçüm 0,40 mg/l, Mayıs 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,75 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama su seviyesi 1,05 mg/l ve standart sapma 0,75 olarak hesaplanmıştır. IX. İstasyondaki Ekim 2021 su seviyelerine göre en düşük ölçüm 0,22 mg/l, Kasım 2021'de ise en yüksek ölçümün 2,62 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Ortalama su seviyesi 1,02 mg/l ve standart sapma 0,81 olarak hesaplanmıştır. X. İstasyondaki Ekim 2021 su seviyelerine göre en düşük ölçüm 0,37 mg/l, Mayıs 2022'de ise en yüksek ölçümün 2,55 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ortalama su seviyesi 0,94 mg/l ve standart sapma 0,62 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. Pülümür Çayı'nın orto fosfat değerleri Toplam Sertlik (CaCO₃)

Ülkemizde Fransız Sertlik Derecesi (°FS) kullanılarak yapılan toplam sertlik ölçümleri, Pülümür Çayı'nın farklı istasyonlarında gerçekleştirilmiştir. İşte istasyonlara göre toplam sertlik değerleri ve istatistiksel bilgiler. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük toplam sertlik: 12,0 mg/l Eylül 2021'de en yüksek toplam sertlik: 20,0 mg/l Ortalama toplam sertlik: 16,5 mg/l Standart sapma: 2,3. II. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük toplam sertlik: 10,0 mg/l Nisan 2022'de en yüksek toplam sertlik: 22,0 mg/l Ortalama toplam sertlik: 16,2 mg/l Standart sapma: 3,7. III. İstasyon: Mayıs ve Ağustos 2022'de en

düşük toplam sertlik: 10,0 mg/l Aralık 2021'de en yüksek toplam sertlik: 24,5 mg/l Ortalama toplam sertlik: 15,5 mg/l Standart sapma: 4,5. IV. İstasyon: Ocak 2022'de en düşük toplam sertlik: 12,0 mg/l Eylül 2021'de en yüksek toplam sertlik: 25,2 mg/l Ortalama toplam sertlik: 16,8 mg/l Standart sapma: 3,6 V. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük toplam sertlik: 12,0 mg/l Aralık 2021'de en yüksek toplam sertlik: 20,1 mg/l Ortalama toplam sertlik: 16,3 mg/l Standart sapma: 2,5. VI. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük toplam sertlik: 11,0 mg/l Temmuz 2022'de en yüksek toplam sertlik: 32,0 mg/l Ortalama toplam sertlik: 16,5 mg/l Standart sapma: 2,3. VII. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük toplam sertlik: 9,0 mg/l Temmuz 2022'de en yüksek toplam sertlik: 30,0 mg/l Ortalama toplam sertlik: 20,9 mg/l Standart sapma: 6,8. VIII. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük toplam sertlik: 11,0 mg/l Eylül 2021'de en yüksek toplam sertlik: 28,1 mg/l Ortalama toplam sertlik: 19,9 mg/l Standart sapma: 6,0 IX. İstasyon: Mayıs 2022'de en düşük toplam sertlik: 10,0 mg/l Kasım 2021'de en yüksek toplam sertlik: 27,9 mg/l Ortalama toplam sertlik: 20,0 mg/l Standart sapma: 6,2. X. İstasyon: Şubat 2022'de en düşük toplam sertlik: 10,0 mg/l Kasım 2021'de en yüksek toplam sertlik: 28,1 mg/l Ortalama toplam sertlik: 19,5 mg/l Standart sapma: 6,1. Bu veriler, Pülümür Çayı'nın farklı bölgelerindeki toplam sertlik değerlerini ve bu değerlerin varyasyonlarını göstermektedir.

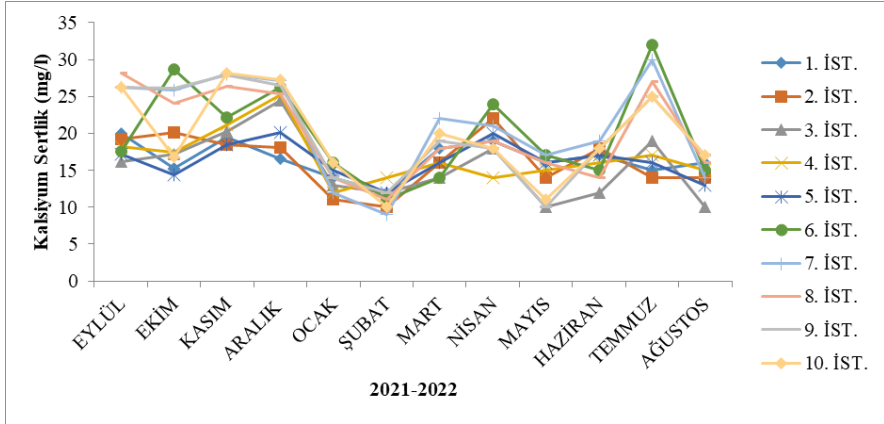


Şekil 3.9. Pülümür Çayı'nın toplam sertlik değerleri Kalsiyum Sertlik

I. İstasyondaki kalsiyum sertliği, Nisan 2022'de en düşük değerin 9,0 mg/l, Temmuz 2022'de ise en yüksek değerin 16,0 mg/l

olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 11,9 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 2,1 olarak belirlendi. II. İstasyondaki kalsiyum sertliği analizi, Mart 2022'de en düşük değerin 8,0 mg/l, Temmuz 2022'de ise en yüksek değerin 16,0 mg/l olduğunu göstermektedir. Ortalama kalsiyum sertliği 12,1 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 2,7 olarak belirlendi. III. İstasyondaki kalsiyum sertliği, Mart ve Nisan 2022'de en düşük değerin 8,0 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek değerin 21,1 mg/l olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 11,8 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 3,7 olarak belirlendi. IV. İstasyondaki kalsiyum sertliği analizi, Haziran 2022'de en düşük değerin 5,0 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek değerin 16,0 mg/l olarak tespit edildi. Ortalama kalsiyum sertliği 11,5 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 4,3 olarak belirlendi. V. İstasyondaki kalsiyum sertliği, Haziran 2022'de en düşük değerin 6,0 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek değerin 17,6 mg/l olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 11,2 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 4,3 olarak belirlendi. VI. İstasyondaki kalsiyum sertliği analizi, Haziran 2022'de en düşük değerin 7,0 mg/l, Aralık 2021'de ise en yüksek değerin 18,2 mg/l olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 12,6 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 3,5 olarak belirlendi. VII. İstasyondaki kalsiyum sertliği, Ağustos 2022'de en düşük değerin 8,0 mg/l, Kasım 2021'de ise en yüksek değerin 19,4 mg/l olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 12,8 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 3,6 olarak belirlendi. VIII. İstasyondaki kalsiyum sertliği analizi, Haziran 2022'de en düşük değerin 7,0 mg/l, Ekim 2021'de ise en yüksek değerin 15,2 mg/l olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 11,0 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 2,5 olarak belirlendi. IX. İstasyondaki kalsiyum sertliği, Ocak ve Şubat 2022'de en düşük değerin 8,0 mg/l, Ekim 2021'de ise en yüksek değerin 16,6 mg/l olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 11,5 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 2,9 olarak belirlendi. X. İstasyondaki kalsiyum sertliği analizi, Şubat 2022'de en düşük değerin 8,0 mg/l, Kasım 2021'de ise en yüksek değerin 19,3 mg/l

olarak ölçüldü. Ortalama kalsiyum sertliği 13,0 mg/l olarak hesaplanırken, standart sapma değeri 3,6 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Pülümür Çayı Kalsiyum Sertlik değeri

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Pülümür Çayı'nın (Tunceli) fiziko kimyasal yönünden ilişkileri incelenmiştir. Eylül 2021-Ağustos 2022 tarihleri arasında belirlenen 10 istasyonda aylık periyotlarda alınan örneklerde akarsu sistemine etkisi tespit edilmiştir.

Pülümür Çayı'nın sıcaklığı, çeşitli etkenlere bağlı olarak belirlenir, bu etkenler arasında yatak tipi, debi, hız, ısı kaynakları ve çevre koşulları bulunmaktadır. Akarsuların sıcaklığı, yerleşim yerlerine ve çevresel şartlara bağlı olarak değişiklik gösterir. Şaşırtıcı bir şekilde, yaz aylarında bile akarsular daha soğuk olabilir, özellikle yüksek rakımlı bölgelerde. Pülümür Çayı özelinde, kış aylarında su sıcaklığının minimum 0,3°C ile donduğu ve yıl boyunca ortalama maksimum 15,5°C'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Bölgedeki mevsimlere bağlı olarak, yoğun kar yağışları ve bu kar sularının erimesi, yaz aylarında su sıcaklığının düşük olmasına neden olmuştur. Pülümür Çayı'nın sıcaklık özellikleri, genel olarak Sınıf I su kalitesine denk gelir. Bu bağlamda, Pülümür Çayı'nın sıcaklığı, çeşitli doğal etkenlerin etkileşimiyle belirlenen özel bir dinamik sergilemektedir.

Bir maddenin asidik veya alkali özelliklerini değerlendirmek amacıyla kullandığımız pH skalası, genellikle 0 ile 14 arasında değerler alır, nötr bir değer olan 7 ise ortasını temsil eder. pH 7'den daha düşük değerler asidik, daha yüksek değerler ise bazik olarak kabul edilir. Pülümür Çayı'nda genellikle pH değerleri 8 ile 9 arasında ölçülmüştür. Bu değerlendirme, Su Kalite Kriterlerine göre yıl boyunca Sınıf I kalitesinde olduğunu göstermiştir. Akarsulardaki pH değerleri, kaynaklandıkları yer, yatak tipi, debi, hız, sıcaklık, oksijen seviyesi ve su kalitesi gibi bir dizi faktöre bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin, toprak veya atık sular gibi doğal veya insan kaynaklı kimyasallar, suyun pH değerini artırabilir. Tatlı su ekosistemlerinde, asidik ve bazik derecelendirmelerde hidrojen iyonu aktivitesi önemli bir rol oynar ve pH'ın kimyasal ve biyokimyasal süreçleri kontrol ettiği bilinir. Akarsulardaki pH değeri zamanla ve coğrafi bölgelere göre değişiklik gösterir. Canlılar için uygun pH aralıkları belirlenmiştir. Örneğin, diyatome türlerinin suyun hafif alkali olması, yayılım oranlarını artırabileceğine dair bir gösterge olarak kabul edilir (Round, 1959).

Çözünmüş oksijen, sucul organizmaların ve bitkilerin hayatta kalması için kritik bir öneme sahiptir. Suda yaşayan canlıların solunumu için gereklidir ve suyun oksijen seviyesi, su kalitesi ile doğrudan ilişkilidir, bu da suda yaşayan hayvanlar ve bitkiler için önemli bir deneyim sunar. Çözünmüş oksijen miktarı, suyun kalitesini değerlendirmede kullanılan önemli göstergelerden biridir. Pülümür Çayı'ndaki çözünmüş oksijen miktarı, su kirliliğinin değerlendirilmesinde önemli bir kriterdir. En düşük seviye, ocak ve şubat aylarında IV. ve V. İstasyonlarda 8,04 mg/l olarak gözlemlenmiştir. En yüksek değer ise ağustos ayında III. İstasyon'da 14,28 mg/l olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Pülümür Çayı'nın su kalitesinin yıl boyunca Sınıf I düzeyinde olduğunu göstermektedir.

Klorofil-a, bitkilerde bulunan önemli bir pigmandır ve fotosentez yapabilen temel pigment olarak görev yapar. Fotosentez sürecinde güneş ışığını enerjiye dönüştürme yeteneğine sahiptir. Fitoplankton biyokütlesini temsil eden klorofil-a, fotosentez yapabilen bitkilerde yoğun olarak bulunur ve miktarı, fotosentetik

aktivite ile doğrudan ilişkilidir (Yüzügüllü ve Aksoy, 2010).Özellikle hava sıcaklıklarının artmasıyla birlikte, I. İstasyon dışındaki tüm istasyonlarda besin atılımı ve klorofil-a artışı gözlemlenmiştir. Klorofil-a ölçümleri, örnekleme istasyonunda Bacillariophyta üyeleri olan epilitik alg florasının baskın organizmalar olarak belirlendiği bir durumu yansıtmaktadır. Pülümür Çayı'nda klorofil-a düzeyleri, en düşük değeri ocak ve temmuz aylarında I. ve VIII. İstasyonlarda (sırasıyla 0,22 µg/l) gösterirken, en yüksek değer şubat ayında III. İstasyon 'da (3,06 µg/l) gözlemlenmiştir.

Nitrat, su içinde bulunan bir kimyasal bileşiktir ve genellikle tarım topraklarında yüksek seviyelerde bulunabilir. Tarımsal atıklar, gübreler ve pestisitler gibi kimyasallar, nitrat konsantrasyonunu artırabilir. Nitrat, azotlu bileşenlerin toprakta ayrışması sonucu meydana gelir. İnsan kaynaklı nitrat kaynakları, özellikle tarımsal hayvanlardan gelen gübre veya atık sular gibi, nitratin akarsulara ve göllere ulaşmadan önce topraktan uzaklaştırılmasına katkıda bulunur. Nitrat, su kalitesini değerlendiren önemli bir parametre olup suyun kirlilik düzeyini belirlemede önemli bir gösterge olarak kabul edilir. Akarsulardaki nitrat miktarı mevsimsel yağışlara bağlı olarak değişir. Kurak mevsimlerin ardından gelen yağışlar, nitrat miktarını artırır (Serdar, 2015). Pülümür Çayı'ndaki çalışma alanlarından biri olan Kırmızıköprü mevkiindeki VI. İstasyon, yerleşim yerinin etkisiyle kasım ayında 9,70 mg/l nitrat içerdiği için Sınıf II su kalitesine sahiptir. Diğer istasyonlarda ise su kalitesi Sınıf I olarak belirlenmiştir.

Amonyum, akarsularda bulunan bir kimyasal bileşiktir ve genellikle topraktaki azotlu ürünlerin parçalanması sonucu ortaya çıkar. Amonyum, doğal kaynaklı olabileceği gibi toprak veya atık sular gibi insan kaynaklı kaynaklardan da gelir. Suda yaşayan organizmalar için amonyumun varlığı zararlı olabilir ve su güvenliğini olumsuz etkileyebilir. Amonyum, su kalitesini değerlendirmek için kullanılan bir parametredir ve su kalite kontrolü açısından büyük önem taşır (Kalyoncu, 2002).Pülümür Çayı'nda su kalite standartlarına göre en yüksek amonyum konsantrasyonu, mart

ayında III. İstasyon 'da 0,90 mg/l olarak tespit edilmiş ve bu değer Sınıf I su kalitesine uygun bulunmuştur.

Nitrit, suda bulunan bir kimyasal bileşiktir ve su kalitesini değerlendirmek için kullanılan önemli bir parametredir. Nitrit, genellikle sucul ortamda bulunan azotun organik maddeler, evsel atıklar, azotlu gübreler ve endüstriyel atıklardan kaynaklanması nedeniyle ortaya çıkar. Bu bileşik, toksik özellikleri nedeniyle sulardaki canlı türleri için olumsuz etkilere neden olabilir (Kalyoncu, 2002). Pülümür Çayı'nın su kalite standartlarına göre, Kasım ve Ocak aylarında en düşük nitrit seviyeleri, sırasıyla II. ve III. istasyonlarda 0,001 mg/l olarak gözlemlenmiştir. En yüksek nitrit konsantrasyonları ise II. İstasyon'da Ağustos ayında 0,210 mg/l ve VIII. İstasyon 'da Ocak ayında 0,520 mg/l olarak ölçülmüştür. Bu değerlendirmeye göre, II. İstasyon 'da su kalitesi Sınıf III, diğer istasyonlarda ise Sınıf II kalitesindedir.

Fosfat, genellikle doğal veya insan kaynaklı olarak toprak veya atık sularla suya karışabilir. Fosfatın suda yüksek konsantrasyonlarda bulunması, sucul bitki ve hayvanlar için zararlı olabilir ve su ekosistemlerinde dengesizliklere neden olabilir. Fosfat, toprakta bulunan fosforlu bileşenlerin parçalanması sonucu ortaya çıkar. Pülümür Çayı'nda, özellikle II. ve V. istasyonlarda, ocak ve mayıs aylarında en yüksek fosfat seviyeleri olan 2,75 mg/l tespit edilmiştir. Buna rağmen, tüm istasyonlarda yıl boyunca su kalite standartlarına göre Sınıf III kalitesinin aşılmadığı belirlenmiştir. Bu durum, Pülümür Çayı'nın fosfat seviyelerinin genel olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu göstermektedir.

Su sertliği, suyun kalitesini belirleyen önemli bir parametredir ve genellikle kalsiyum ve magnezyum iyonlarının toplam konsantrasyonunu ifade eder. Bu değer, laboratuvarla titri metrik yöntemler kullanılarak belirlenir. Pülümür Çayı'nda, su sertliği ölçümleri yapılmış ve III. İstasyon 'da 15,5 mg/l ile en düşük, VII. İstasyon 'da ise 20,9 mg/l ile en yüksek seviyede saptanmıştır. Pülümür Çayı'nın su sertliği birimlerine göre sınıflandırılması yapıldığında, sert ve oldukça sert kategorilerine girdiği

gözlemlenmiştir. Bu durum, Pülümür Çayı'nın sert su karakteristiğine sahip olduğunu ve bu özellikle VII. İstasyon 'da daha belirgin olduğunu göstermektedir. Su sertliği, çevresel etkilerin ve kaynaklardaki mineral içeriğinin bir yansıması olarak suyun kalitesini değerlendirmek için önemli bir göstergedir.

Pülümür Çayı'nın Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği çerçevesinde yapılan değerlendirmeye göre, orto fosfat fosforu Sınıf III, nitrit azotu Sınıf II ve diğer parametreler ise Sınıf I su kalitesi sınıfında bulunmaktadır. Bu sonuçlar, amonyum ve nitratın doğrudan nitrite dönüştürülüp bu şekilde depolandığını göstermektedir. Pülümür Çayı'nın kirliliğini önlemek için, öncelikle valiliğin paydaş kuruluşlarla bir eylem planı hazırlaması gerekmektedir. Bu plan, su kalitesini artırmak ve çevreyi korumak için alınacak tedbirleri içermelidir. Pülümür Çayı'nda gerekli önlemler alınmazsa, sucul ekosistemde dengenin bozulması ve canlı ölümlerinin artması kaçınılmaz olacaktır. Gelecek nesillere temiz su ve sağlıklı bir çevre bırakmak adına su verimliliği seferberliği başlatılması gerekmektedir. Bu, sürdürülebilir bir çevre politikası oluşturarak su kaynaklarını korumayı ve yönetmeyi amaçlayan önemli bir adımdır.

Teşekkürler

Bu çalışma Munzur Üniversitesi bilimsel araştırma projesi tarafından YLMUB021-18- numarası ile yüksek lisans projesi olarak desteklenmiştir

Kaynakça

Kalyoncu, H. 2002. Aksu Çayının fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak incelenmesi.

Kuleli, S. 1989. TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Su Kalitesi Gözlem ve Denetim Semineri. İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi, Ankara.

Round, F. E. 1959. A Comparative Survey of the Epipellic Diatom Flora of Some Irish Loghs. Proceedings of the Royal Irish Academy, 60B: 193-215.

Serdar, S. 2015. Doğu Karadeniz havzası akarsularının fiziko-kimyasal su kalitesi mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Su Ürünleri

Türküm, A. S. 1998. Çağdaş toplumda çevre sorunları ve çevre bilinci. Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İlköğretim Öğretmenliği Lisans Tamamlama Programı, Eskişehir, 165, 181

URL-2, 2022. <https://www.harita.gov.tr/urun/tunceli-mulk-idare-il-haritasi/321>Erişim Tarihi: 10.05.2022

Yüzügüllü, O., Aksoy, A. 2010. Eymir Gölü'ndeki klorofil-a'nın mekansal dağılımının belirlenmesi için uzaktan algılanmış reflektans ve sahada ölçülmüş parametre değerlerini hibrid girdi olarak kullanan model geliştirilmesi.

BÖLÜM VI

Akuaponik Sistemlerde Önemli Bitki Türleri

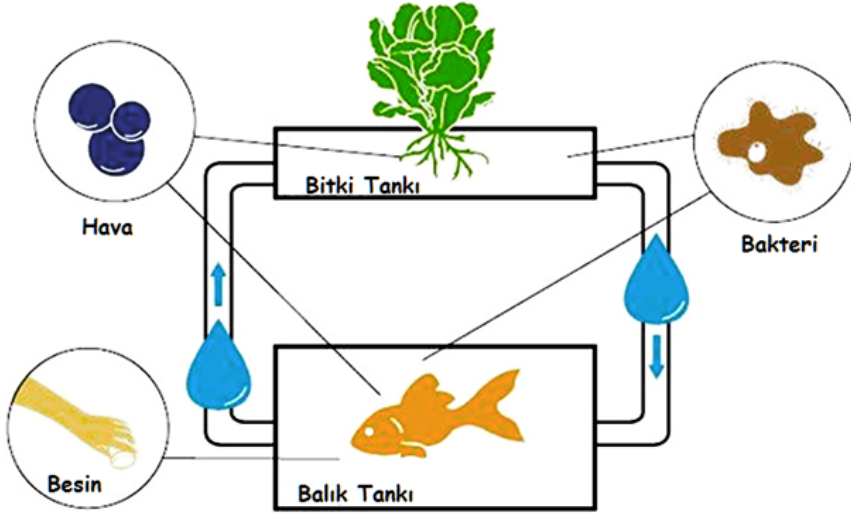
Esin ÖZÇİÇEK¹

Giriş

Akuaponik sistemler; besinleri, diğer biyolojik ve ekonomik kaynakları korumak ve avantajlar sağlamak için hayvan ve bitki kültürü teknolojilerini birleştirmeyi amaçlayan daha geniş kapsamlı entegre tarım-su ürünleri sistemleri disiplininin bir parçası olan teknolojidir. Akuaponikler, verimli su kullanımı, verimli besin kullanımı, azaltılmış veya ortadan kaldırılmış olumsuz çevresel etki ve tarımsal balık ve bitki üretimine biyolojik ve ekolojik yaklaşımların uygulanması gibi çeşitli ilkeleri uygulamaktadır. Akuaponik sistemler teknik, biyolojik, kimyasal, çevresel ve ekonomik avantajlar sağlayan yöntemlerin önemli ölçüde uygulanmasını amaçlamaktadır (Lennard & Goddek, 2019). Akuaponikler, küresel tarımsal üretim bağlamında önemli bir yeri olup yeni ve gelişmekte olan bir endüstri olarak kabul edilmektedir.

¹ Dr. Arş. Gör. Munzur Üniversitesi

Balık kültürünü sucul bitki kültürüyle bütünleştirme teknolojisinin, toplu olarak akuaponik başlığı veya adı altında tanımlanan bir dizi çeşidi vardır (Knaus & Palm, 2017) (Şekil 1’de).



Şekil 1. Akuaponik Sistem (Aquaponicsplan, 2015).

Akuaponik sistemlerin avantajları şu şekilde özetlenmiştir: Su tüketiminde artış olmadan çiftlik verimliliğinde ve kârlılığında artış; çiftliklerin, yüksek değerli su türleri de dâhil olmak üzere, daha yüksek değerli mahsullere dönüştürülmesi; çiftlik atıklarının yeniden kullanılması; yarı-entansif ve entansif tarım uygulamalarının çevresel etkilerinin azaltılması; mevcut çiftlik sermayesi ve işletme giderlerinin dengelenmesi yoluyla oluşan ekonomik faydalardır (Gooley & Gavine, 2003).

Bugüne kadar 150'den fazla farklı sebze, bitki, çiçek ve küçük ağaç; araştırma, evsel ve ticari üniteler de dâhil olmak üzere akuaponik sistemlerde başarıyla yetiştirilmiştir. Genellikle yeşil yapraklı bitkiler ile domates, salatalık ve biber gibi en popüler meyve veren sebzeler akuaponiklerde son derece başarılıdır (Somerville & ark., 2014). Genel olarak yapraklı bitkiler, nitrojen konsantreli suda iyi büyüdükleri, kısa büyüme periyoduna sahip oldukları, yüksek besin gereksinimlerine sahip olmadıkları ve

bunlara genel olarak dünya çapında yüksek bir talep olduğu için akuaponik sistemlerde yetiştirilmek üzere tercih edilen mahsul olmuştur (Bailey & Ferrarezi, 2017). Sistemin kârlı olduğunu bulan çoğu akuaponik ekonomik çalışmada, yapraklı sebzeler kullanılmaktadır (Yep & Zheng, 2019) Çiçekli bitkiler yapraklı sebzelere göre daha yüksek ekonomik değere sahip olsalar da, fosfor ve potasyum gibi ağır besin gereksinimleri, zararlılara ve hastalıklara karşı artan duyarlılıkları ve daha uzun büyüme döngüleri nedeniyle akuaponik sistemlerde yetiştirilmeleri daha zordur (Rakocy, 2012). Ancak bazı kök bitkileri ve hassas bitkiler akuaponik ortamda iyi gelişmemektedir. Kök bitkileri ve yumrular özel dikkat gerektirir ve bunlar yalnızca derin ortam yataklarında başarılı bir şekilde yetiştirilebilir (Somerville & ark., 2014).

Bitkiler genel besin gereksinimlerine göre değişiklik gösterir. Buna göre, akuaponik bitkilerin iki genel kategorisi vardır. Besin gereksinimi düşük bitkiler arasında marul, pazı, salata rokası, fesleğen, nane, maydanoz, kişniş, Frenk soğanı (sarımsak) ve su teresi gibi yapraklı yeşillikler ve otlar bulunur. Bezelye ve fasulye gibi baklagillerin çoğunun besin gereksinimleri de düşüktür. Öte yandan bazen besine aç olarak adlandırılan, yüksek besin talebi olan bitkiler bulunur. Bunlara domates, patlıcan, salatalık, kabak, çilek ve biber gibi sebzeler dâhildir. Lahana, karnabahar ve brokoli gibi besin gereksinimleri orta düzeyde olan bitkiler de vardır. Pancar, soğan ve havuç gibi soğanlı bitkiler orta ila yüksek gereksinimlere sahipken, turp daha az besin gerektirir (Somerville & ark., 2014).

Yetiştirme yatağının tarzı bitki seçimini etkiler. Ortam yatağı ünitelerinde, yapraklı yeşillikler, otlar ve meyve veren sebzelerden oluşan bir polikültürün aynı anda yetiştirilmesi yaygın bir uygulamadır. Ortam yatağı ünitelerinin derinliğinin doğru olması (en az 30 cm) şartıyla, tüm sebzelerin yetiştirilmesi mümkündür. Monokültür uygulamaları ticari besleyici film tekniği (NFT, nutrient film technique) ve derin su kültürü (DWC, deep water culture) ünitelerinde daha yaygındır çünkü yetiştirici, sebze ekebileceği boru ve sallardaki deliklerin sayısı ile sınırlıdır. NFT ünitelerini kullanarak domates gibi daha büyük meyve veren sebzeleri

yetiştirmek mümkün olabilir, ancak bu bitkilerin yeterli miktarda besin tedarikini sağlamak ve su stresinden kaçınmak için bol miktarda suya erişmeleri gerekir. Meyve veren bitkilerde solgunluk, akışın kesilmesi halinde neredeyse anında meydana gelebilir ve tüm mahsul üzerinde yıkıcı etkiler yaratabilir. Bu bitkilerin ayrıca daha büyük yetiştirme borularına dikilmesi ve yapraklı sebzelere göre daha uzak bir mesafeye yerleştirilmesi gerekir. Bunun nedeni, meyve veren bitkilerin büyümesi ve meyvelerini olgunlaştırmak için daha fazla ışığa ihtiyaç duymaları ve ayrıca borularda sınırlı kök alanının bulunmasıdır. Öte yandan, havuç ve şalgam gibi büyük soğanlı ve/veya kök mahsullerin ortam yataklarında yetiştirilme olasılığı daha yüksektir, çünkü NFT ve DWC niteleri bitkilere iyi bir büyüme ortamı ve yeterli destek sağlamaz (Somerville & ark., 2014).

Bitkilerin hasadının tüm ekosistem üzerindeki etkisini dikkate almak önemlidir. Eğer tüm bitkiler bir kerede hasat edilecek olsaydı, sonuç, suyu temizlemeye yetecek kadar bitki bulunmayan dengesiz bir sistem olurdu ve bu da besin maddelerinde ani artışa neden olurdu. Buradaki neri, kademeli bir hasat ve yeniden dikim döngüsünün kullanılmasıdır. Eşzamanlı olarak büyüyen çok fazla bitkinin varlığı, sistemlerin bazı besin maddelerinde alımın maksimum olduğu hasat dönemine doğru yetersiz kalmasına neden olacaktır. Bitkilerin farklı yaşam evrelerinde olması, yani bazılarının fide olması, bazılarının olgun olması nedeniyle genel besin talebi her zaman aynıdır. Bu, su kimyasının daha istikrarlı olmasını sağlarken, aynı zamanda pazar için daha düzenli bir üretim sağlar (Somerville & ark., 2014).

Azot, akuaponik bitkilere, bakteriyel nitrifikasyon yoluyla balık atıklarındaki amonyaktan dönüştürülen nitrat formunda sağlanır. Diğer besin maddelerinin bir kısmı balık atıklarından elde edilen suda çözülür, ancak çoğu, bitkilerin erişemeyeceği katı bir halde kalır. Katı balık atığı heterotrofik bakteriler tarafından parçalanır; bu durum gerekli besin maddelerinin suya salınmasını sağlar. Bitkilerin eksiklik yaşamamasını sağlamanın en iyi yolu, optimum su pH'ını korumak, balıkları dengeli ve eksiksiz bir diyetle

beslemek ve bitkilere verilen balık yemi miktarını dengelemek için yem dönüşüm oranını kullanmaktır. Bununla birlikte, dengelenmiş bir akuaponik sistem bile, çoğunlukla demir, potasyum veya kalsiyum olmak üzere bazı besin maddelerinde yetersiz kalabilir. Bu besinlerdeki eksiklikler balık yemi bileşiminin bir sonucudur. Pelet yemler balıklar için tam bir besindir; ancak bitki büyümesi için gerekli olan her şeyi sağlamayabilir. Balıkların bitkilerin ihtiyaç duyduğu miktarda demir, potasyum ve kalsiyuma ihtiyacı olmadığından, bu besinlerde eksiklikler ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, bitkisel üretim açısından sorun yaratabilir ancak bu üç elementin uygun miktarlarını sağlayacak çözümler mevcuttur (Somerville & ark., 2014). En iyi akuaponik sistem tasarımları, nihai sonucun hem balıkları hem de bitkileri optimum ve verimli büyüme oranlarında üretmek olduğunu kabul eder ve bu nedenle, bitkinin toplam besin maddesi ihtiyacını karşılamak için bir tür ek beslenmenin (örneğin; şelatlı besin formlarının doğrudan kültür suyuna eklenmesi veya yaprak spreyleri yoluyla eklenmesi) gerekli olduğunu da kabul eder (Rakocy, Masser & Losordo, 2006; Roosta & Hamidpour, 2011; Suhl & ark., 2016).

Bitkiler büyümek için güneş ışığına, havaya, suya ve besinlere ihtiyaç duyar. Makro besinlere nispeten büyük miktarlarda ihtiyaç duyulurken, mikro besinlere veya eser elementlere küçük miktarlarda ihtiyaç duyulur. Temel makro besinler: nitrojen, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt; mikro besinler ise demir, çinko, bor, bakır, manganez ve molibdendir. Sınırlayıcı besin maddelerinin ilave gübre ile sağlanması veya mineralizasyonun artırılması yoluyla eksikliklerin giderilmesi gerekmektedir. pH, akuaponik sistemdeki bitkiler için en önemli parametredir. Çünkü bitkinin besinlere erişimini etkiler. Genel olarak çoğu bitki için tolerans aralığı 5,5-7,5'tir. Eğer pH bu aralığın dışına çıkarsa, besinler suda mevcut olsa bile bitkiler bunları kullanamaz. Bu özellikle demir, kalsiyum ve magnezyum için geçerlidir. Çoğu bitki suda yüksek düzeyde çözünmüş oksijene ($> 3 \text{ mg/l}$) ihtiyaç duyar. Çoğu sebze için uygun sıcaklık aralığı 18–30 °C'dir. Ancak bazı sebzeler, belirli koşullarda yetiştirmeye çok daha uygundur. Kış

sebzeleri 8–20 °C, yaz sebzeleri ise 17–30 °C sıcaklık gerektirir. Optimum su sıcaklığı aralıklarını karşılamak için bitki ve balıkların doğru seçimine dikkat edilmelidir. Bir akuaponik ünite de amonyak ve nitrit, her zaman 0-1 mg/litre arasındadır ve bitkiler için sorun oluşturmaz (Somerville & ark., 2014).

Bitki seçiminde öncelikle balık tanklarının stok yoğunluğu ve atık suların bitki besin konsantrasyonu dikkate alınır. Su ve ortam sıcaklığı, ışık ve pH bitki seçimini etkileyen diğer faktörlerdir (Bernstein, 2011, Hu & ark., 2015). Akuaponik sistemlerde bitki seçiminde bölgenin iklim koşulları, pazar ihtiyacı ve yetiştirilmesi için gereken enerji göz önüne alınmalıdır. Ülkemizin ılıman bir iklimi olduğundan, pek çok meyve ve sebze yetiştirebilmektedir (Mol, 2019). Akuaponiklerde azot döngüsü bitki seçimine bağlı olup, bitkilerin beslenme alışkanlığı ve azot tüketimi türlere göre değişir. Ayrıca, nitrifikasyonu sağlayan bakterilerin gelişebilmesi için yüzey alanına ihtiyaç vardır. Kök yüzey alanı daha büyük olan bitkiler, akuaponik sistemden daha fazla yararlanabilir (Hu & ark., 2015).

Marul

Marul (*Lactuca sativa*), Compositae (Asteraceae) familyasının tek yıllık serin iklim sebzesidir. Marul dünyada en fazla yaprakları tüketilen sebzeler arasında bulunmaktadır (Eşiyok, 2012). İnsan beslenmesinde önemli bir yeri olan ve genellikle taze tüketilen bu sebze, vitamin ve mineral madde kaynağıdır (Günay, 2005). Özellikle salatalarda kullanılır ve salata tüketimi de giderek arttığından marul diyetlerin besin içeriğine önemli katkılar sağlamaktadır (Kenny & O'Beirne, 2009). Marul etli kazık kök ve çok miktarda saçak köke sahiptir ve kök yapısı bu sistemler için uygundur (Bodur & Okudur, 2017). Marul (*Lactuca sativa*), akuaponik sistemlerde yaygın olarak yetiştirilen ana bir bitkidir ve genellikle göbek marul (iceberg), yağlı marul ve gevşek yapraklı marul gibi farklı varyasyonları kullanılmaktadır (Somerville & ark., 2014). Marul çeşitleri kısa vejetasyon periyoduna sahip olmaları sebebiyle, Türkiye'nin tüm bölgelerinde yetiştirilebilir ve pazarda devamlılığı yıl boyu sağlanır (Kandemir & Bayındır 2019). Diğer

bitkilere göre biyokütle ölçümleri daha kolay olmaktadır (Pantarella & ark., 2012; Sago, 2016). Marul akuaponik sistemlerde üretilen en iyi üründür, çünkü kısa bir dönemde hasat edilir. Haşere bulaşma riski diğer bitkilere oranla daha düşüktür. Birim zamanda birim alanda elde edilen gelir oldukça yüksektir (Khater & Ali, 2015). Somerville & ark. (2014) marul için en düşük sıcaklığın 15 °C, en yüksek sıcaklığın ise 22 °C olması gerektiğini bildirmiştir. Marulun besin ihtiyacı düşük olduğu için akuaponik sistemlerde oldukça fazla tercih edilir. Ayrıca yüksek talep görmek ve özellikle kentsel bölgelerde yüksek değer bulmaktadır. Böylece büyük ölçekli ticari üretim için çok uygun bir ürün haline gelmektedir (Aydın, 2018). Yüksek su sıcaklıklarında (>26 °C) tadı acılaşabilir. Suyun yüksek Ca konsantrasyonları, yaz bitkilerinde yapraktaki yanık oluşumunu önlemeye yardımcı olur. Marul, hafif asitli bir pH tercih eder (6-6.5), ancak pH 7.6'ya kadar iyi bir performans sergiler (Ware, 1980).

Fesleğen

Somerville & ark. (2014), fesleğeni (*Ocimum basilicum*) nispeten hızlı büyümesi ve iyi ekonomik değeri nedeniyle özellikle büyük ölçekli sistemlerde akuaponik için en popüler bitkilerden biri olarak tanımlamıştır. Dış mekân ve iç mekânlarda kullanılan süs bitkilerindendir. Ayrıca yemeklerde ve salatalarda da kullanılmaktadır (Ertaş, 2019). Morfolojik ve kimyasal içerik yönünden geniş bir varyasyon gösterir. Labiateaea familyasından olan fesleğen, özellikle Hindistan kökenli olup, tropik ve ılıman bölgelerde yaygın olan tek yıllık bir bitkidir (Ceylan, 1997). Hızlı büyüyen ve yüksek gelir sağlayan bu bitki, ticari şekilde akuaponik sistemlerde kolayca yetiştirilebilmektedir (Khater & Ali, 2015). Fesleğen polifenoller, flavonoidler ve fenolik asitler gibi bileşiklerle birlikte uçucu yağları da içeren önemli bitkisel ürünlerden biridir. Bu tek yıllık bitki, nane ailesine ait olup, tropik bölgelere özgüdür. Fesleğenin, uçucu yağ üretimi, baharat, gıda, farmasötik, kozmetik ve süs amaçlı geniş bir kullanım potansiyeli vardır (Javanmardi & ark., 2002; Shahrajabian, Sun & Cheng, 2020). Farklı fesleğen çeşitleri, 20-25 °C arasındaki yüksek sıcaklıklarda yetiştirilebilir. Çakıl ortam yataklarında yetiştirilen fesleğen, *C. gariepinus*'un (0,12

g) aksine, tilapia juvenilleri (*O. niloticus*, 0,30 g) ile birlikte 2,5 kat daha yüksek verime ulaşabilir (Knaus & Palm, 2017). Filep & ark. (2016) fesleğenin büyüme ve gelişmesi için en düşük sıcaklığın 20 °C olması gerektiğini belirlemiştir. Fesleğen, özellikle düşük ışık yoğunluğunda oldukça rahat yetiştirilir (Maboko & Plooy, 2013). Havalandırma ile 21 °C'den yüksek su sıcaklığı, bitki stresi ve hastalık görülme sıklığını azaltır. Dallanmayı desteklemek ve yapraklardaki acı tatları önlemek için çiçekli uçların alınması önerilir. Ancak, fesleğenin çiçekleri polinatör ve faydalı böcekler için çekici olduğundan, birkaç çiçekli yaprağı bırakırsak sürekli tohum elde edebiliriz. Tüm akuaponik yetiştirme teknikleri için idealdir (Aydın, 2018).

Domates

Domates (*Lycopersicon esculentum*), akuaponiklerde “mükemmel bir yaz sebzesi” olarak tanımlanmıştır. Domates türüne bağlı olarak tam güneş ışığına maruz kalma ve 40 °C'nin altındaki sıcaklıklarla baş edebilmektedir (Somerville & ark., 2014). Tüm akuaponik tekniklerinde yetiştirilebilir. Domateslerin, başta potasyum olmak üzere yüksek besin gereksinimi dikkate alındığında, balık biyokütlesine göre birim başına bitki sayısı planlanmalıdır. Vejetatif büyümeyi desteklemek için; ilk aşamada yüksek bir azot konsantrasyonu ve çiçeklenme aşamasında da potasyum bulunmalıdır. İdeal pH aralığı, 5.5-6.5'dir. 8–10 °C'nin altındaki bitkilerde büyüme durmaktadır. Domateslerin tuzluluğa karşı orta derecede bir toleransı vardır (Aydın, 2018). Maksimum büyüme potansiyeli için, optimum sıcaklıklar gün boyunca 21-29 °C, gece boyunca 18-20 °C'dir (Peirce, 1987). Lewis & ark. (1978), akuaponik ortamda domates mahsulünün tarla üretimine göre neredeyse iki kat arttığını ve oluşan demir eksikliğinin etilen diamin tetra-asetik asit kullanılarak giderildiğini bildirmiştir. Domatesler Sutton & Lewis (1982) tarafından son yıllarda farklı akuaponik sistemlerde kanal yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) ile birlikte 28 °C'ye kadar su sıcaklıklarında iyi bir bitki verimiyle üretilmiştir.

Salatalık

Salatalık (*Cucumis sativus*), *Cucurbitaceae* familyasına ait olan bir yaz bitkisidir. Kök yapısı büyük olduğundan, çakıl sistemli akuaponikler için uygundur. Salatalık fazla miktarda potasyum ile nitrojene ihtiyaç duyduğundan, sayısı hesaplanmalı ve balık biyokütlesi göz önüne alınmalıdır. Salatalığın optimum büyüme sıcaklığı 24–27 °C'dir. 10-13 °C'lerde bitkinin büyümesi durur (Grubben & Denton 2004, Kole, 2007). İdeal koşullarda, salatalıklar 10-15 kez hasat edilebilir (Aydın, 2018). Salatalık uzun yuvarlak, silindirik, tokmak ve değişik formlarda meyveler oluşturabilir. Salatalık bitkisi, serin ve ılık iklimlerden hoşlanan bir bitkidir. Yüksek sıcaklıklarda mantari hastalıklar ve aşırı su kaybı, düşük sıcaklıklarda ise üşüme sebebiyle bitkinin gelişimi yavaşlar. Tohumlarda çimlenme için sıcaklık 20-30 °C olmalıdır. Salatalık yetiştiriciliğinde, suyun az ve sık aralıklarla verilmesi önemlidir. Bir defada fazla su vermek sakıncalıdır. Bu durumda bitki, kaybettiği suyu düzenli olarak alamaz ve gelişiminde aksamalar olur. Verim, bitki başına ya da birim alana göre belirlenmektedir (Ekşioğlu, 2012; Ödün, 2016).

Biber

Pek çok biber (*Capsicum annuum*) türü akuaponik sistemlerde yetiştirilebilir. Biber için, çakıl sistem oldukça uygundur. Biber, sıcak ortamları seven bir yaz meyvesidir. Optimum pH aralığı 5.5–6.5'dir. Tohum çimlenme sıcaklığı, 22–34 °C'dir. Tohumlar 15 °C'den düşük sıcaklıklarda iyi filizlenmez (Aydın, 2018). Genellikle, 10–12 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bitkinin büyümesi durur, anormal deformasyon oluşur ve pazarlanamaz duruma gelir. Acı biber genellikle daha yüksek sıcaklıklarda elde edilir. Bitkinin üst yaprakları, güneş ışığına maruz kalan meyveleri korur. Nitrat ilk vejetatif büyümeyi destekler, ancak çiçeklenme ile meyve verme süreçlerinde daha yüksek fosfor ve potasyum konsantrasyonlarına ihtiyaç duyulur (Jovicich, Cantliffe & Hochmuth, 1999, Jovicich & ark., 2004, Locascio & Stall, 1994).

Sonuç

Akuaponikler, aynı anda hayvan ve bitki ürünleri üreten hidroponik ve su ürünleri yetiştiriciliğinin karşılıklı yarar sağlayan bir entegrasyonudur. Bu sistemde toksik olabilecek atık ürünler bakteriler tarafından bitki besin maddelerine dönüştürülür. Besinler daha sonra bitkiler tarafından emilir ve asimile edilir. Bunu yaparken bitkiler su kalitesini iyileştirir ve bu su daha sonra suda yaşayan hayvanların kullanımı için geri dönüştürülür (Siringi, Turoop & Njonge, 2021). Bir akuaponik sistemin temel düzenlemesi görünüşte basit olmasına ve yalnızca üç tür canlı organizmayı (balık, faydalı bakteri ve bitkiler) içermesine rağmen, bunlar arasındaki ilişkiler oldukça karmaşık ve birbirine bağımlıdır (Tyson, Treadwell & Simonne, 2011). Bu teknoloji, geleneksel yöntemlere göre birim alan başına yaklaşık on kat daha fazla sebze üretebilmektedir. Sistem, mekanize tarıma göre yaklaşık %75 daha az enerji ve yaklaşık %80-90 daha az su kullanmaktadır (Goddek & Keesman, 2017). Bu nedenle akuaponik, kuraklığa yatkın ve su kıtlığı olan bölgeler için ideal bir teknolojidir. Akuaponik ürünleri tamamen organikdir ve sistem, geleneksel tarım yöntemlerine kıyasla daha az emek gerektirir. Hava ve iklim değişikliklerine dayanıklıdır (Rakocy, 2012). Akuaponik sistemlerde büyüme için uygun bitki türlerinin ve çeşitlerinin seçimi önemlidir. Mahsuller, akuaponik sistemdeki üretimin birincil bileşeni veya odak noktasıdır. Bu nedenle, üst sınıf pazar nişine girebilmek için seçimlerinin organik ve çevre dostu gıdaya yönelik pazar talebiyle tutarlı olması gerekir. Gelecekteki araştırma çalışmaları, çok daha yüksek kaliteye ve pazar değerine sahip olan su ürünleri türleri ve mahsullerinin çeşitli kombinasyonlarını içerebilir. Akuaponik sistemler, bugün ve gelecekte ihtiyaç duyulan önemli modern gıda üretim sistemlerinden biri olacaktır (Krastanova & ark., 2022).

Kaynakça

Aquaponicsplan, (2015). *Diy Aquaponics System plants* (17.07.2015 tarihinde <http://aquaponicsplan.com/wp-content/uploads/2013/05/organic-aquaponics-1.jpg> adresinden ulaşılmıştır).

Aydın, H. (2018). *Akuaponik sistemlerde kıvrıcık marul (Lactuca sativa) yetiştiriciliği*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı, İzmir.

Bailey, D. S. & Ferrarezi, R. S. (2017). Valuation of vegetable crops produced in the UVI commercial aquaponic system. *Aquaculture Reports*, 7, 77-82.

Bernstein, S. (2011). *Aquaponic gardening- A step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. Canada: New society publishers.

Bodur, T. & Okudur, E. (2017). *Akuaponik Balık ve Bitki Üretim Sistemi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., 102.

Ceylan, A. (1997). *Tıbbi Bitkiler-II (uçucu yağ bitkileri)*. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, No: 481.

Ekşiok, D. (2012). *Kışlık veya Yazlık Sebze Yetiştiriciliği*. İzmir: Sidas Yayınları.

Ertaş, İ. (2019). *Sazan (Cyprinus carpio L.) Kullanılan Akuaponik Üretim Modeliyle Reyhan (Ocimum basilicum L.) ve Lavanta (Lavandula angustifolia)'nın Farklı Bitki Yataklarında Yetiştiriciliği*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı, Adana.

Eşiyok, D. (2012). *Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği*. İzmir: Sidas Yayıncılık.

Filep, R. M., Diaconescu, Ş., Costache, M., Stavrescu-Bedivan, M. M., Badulescu, L. & Nicolae, C. G. (2016). Pilot aquaponic growing system of carp (*Cyprinus carpio*) and basil

(*Ocimum basilicum*). *5th International conference Agriculture for life, life for agriculture*, 9-11 June 2016, Bucharest, 255-260.

Goddek, S. & Keesman, K. (2017). *Aquaponics—climate smart solutions to enhance food security in Namibia: Leaflet Biobases Chemistry & Technology*. Wageningen University & Research.

Gooley, G. J. & Gavine, F. M. (2003). *Integrated agri-aquaculture systems: a resource handbook for Australian industry development*. Australia: RIRDC Publication, No. 03/012

Grubben, G. J. H. & Denton, O. A. (2004). *Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables*. Wageningen: Backhuys Publishers.

Günay, A. (2005). *Sebze Yetiştiriciliği (Cilt II)*. İzmir: Meta Basımevi.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. & Khanal, S. K. (2015). Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource Technology*, 188, 92-98.

Javanmardi, J., Khalighi, A., Kashi, A., Bais, H. P. & Vivanco, J. M. (2002). Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5878- 5883.

Jovicich, E., Cantliffe, D. J. & Hochmuth, G. C. (1999). Plant density and shoot pruning on yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in Northcentral Florida. *Hort Science*. 34, 532.

Jovicich, E., Cantliffe, D. J., Sargent, S. A. & Osborne, L. S. (2004). Production of greenhouse-grown peppers in Florida. (21.07.2018 tarihinde <http://edis.ifas.ufl.edu/hs228> adresinden ulaşılmıştır).

Kandemir, D. & Bayındır, S. (2019). Yetiştirme Tekniği. Marul Tarımı (Özel Sayı). *Tarım Gündem Dergisi*, ISBN:978-605-7846-39-6.

Kenny, O. & O'Beirne, D. (2009). Yıkama işleminin kullanıma hazır göbek marulda antioksidan tutma üzerine etkileri. *Int. J. Gıda Bilimi Teknoloji*, 44, 1146–1156.

Khater, E. G. & Ali, S. A. (2015). Effect of flow rate and length of gully on lettuce plants in aquaponic and hydroponic systems. *Aquaculture Research & Development*, 6 (3), 1.

Knaus, U. & Palm, H. W. (2017). Effects of the fish species choice on vegetables in aquaponics under spring-summer conditions in northern Germany (Mecklenburg Western Pomerania). *Aquaculture*, 473, 62–73.

Kole, C. (2007). *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants: Vegetables*. Germany: Springer; 2007th edition.

Krastanova, M., Sirakov, I., Ivanova-Kirilova, S., Yarkov, D. & Orozova, P. (2022). Aquaponic systems: biological and technological parameters. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 36 (1), 305–316.

Lennard, W. & Goddek, S. (2019). Aquaponics: The Basics. In S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen & G. M. Burnell (Eds.), *Aquaponics food production systems*. Switzerland: Springer, Cham.

Lewis W. M., Yopp, J. H., Schramm, H. L. & Brandeburg, A. M. (1978). Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Trans. American Fish Soc.*, 107 (1), 92–99.

Locascio, S. J. & Stall, W. M. (1994). Bell pepper yield as influenced by plant spacing and row arrangement. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119, 899-902.

Mol, O. (2019). *Dünya’da ve Türkiye’de Yenilikçi Tarım Yöntemi Olan Akuaponik Uygulamasında Alternatif Bir Balık Türü Clarias gariepinus’un (Burchell, 1822) (Kara Yayın) Denenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir.

Ödün, U. C. (2016). *Güneş enerjisi destekli akuaponik sistemlerde koi (Cyprinus carpio) ve hıyar (Cucumis sativus) yetiştiriciliği üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Van.

Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E. & Marcucci, A. (2012). Aquaponics vs. hydroponics: production and quality of lettuce crop. *Acta Horticulturae*, 927, 887-893.

Peirce, L. C. (1987). *Vegetables: characteristics, production, and marketing*. Toronto: John-Wiley & Sons. Inc.

Rakocy, J. E., Masser, M. P. & Losordo, T. M. (2006). *Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics – integrating fish and plant culture*. Southern Regional Aquaculture Center. USA: SRAC Publication, No. 454.

Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics-integrating fish and plant culture. *Aquaculture Product. Syst.*, 1, 344–386.

Roosta, H. R. & Hamidpour, M. (2011). Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Sci. Hortic.*, 129 (3), 396–402.

Sago, Y. (2016). Effects of light intensity and growth rate on tipburn development and leaf calcium concentration in butterhead lettuce, *HortScience*, 51 (9), 1087-1091.

Shahrajabian, M. H., Sun, W. & Cheng, Q. (2020). Chemical components and pharmacological benefits of basil (*Ocimum basilicum*): a review. *International Journal of Food Properties*, 23 (1), 1961–1970.

Siringi, J. O., Turoop, L. & Njonge, F. (2021). Growth and biochemical response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to spirulina (*Arthrospira platensis*) enhanced aquaponic system. *Aquaculture*, 544, 737134.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production*.

Integrated fish and plant farming. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 589.

Suhl, J., Dannehl, D., Kloas, W., Baganz, D., Jobs, S., Schiebe, G. & Schmidt, U. (2016). Advanced aquaponics: evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs conventional hydroponics. *Agric. Water Manag.*, 178, 335–344.

Sutton, R. J. & Lewis, W. M. (1982). Further observations on a fish production system that incorporates hydroponically grown plants. *The Progressive Fish-Culturist*, 44 (1), 55–59.

Tyson, R. V., Treadwell, D. D. & Simonne, E. H. (2011). Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems. *Hort-Technology*, 21 (1), 6–13.

Ware, G. W. (1980). Effects of pesticides on nontarget organisms. In: F. A. Gunther, J. D. Gunther (Ed.), *Residue Reviews* (pp. 173-201). New York: Springer New York.

Yep, B. & Zheng, Y. (2019). Aquaponic trends and challenges – a review. *J. Cleaner Prod.*, 228, 1586-1599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>

BÖLÜM VII

Masere Udi Hindi (*Aquilaria agallocha roxb.*) Yağının Yüksek Yoğunlukta Stoklanan Japon Balıklarında (*Carassius auratus*) Antioksidan Durumuna Etkileri

Murat BÖRÜBAŞ¹
Volkan KIZAK²
Önder AKSU³

1. Giriş

Yakın gelecekte su ürünleri yetiştiriciliğinin doğrudan insan tüketimi için avlanan balıkçılıktan daha fazla balık üretmesi beklenmektedir (Subasinghe, Soto & Jia, 2009). Türkiye’de su ürünleri üretimi 2022 yılında bir önceki yıla göre %6,2 artarak

¹ Tunceli İl Millî Eğitim Müdürlüğü Hürriyet Ortaokulu

² Prof. Dr., Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

³ Doç. Dr., Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

Yüksek lisans öğrencisi MURAT BÖRÜBAŞ’ın YÖK Başkanlığı 808886 numaralı tezinden özetlenmiştir ve Bu çalışma Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası:YLMUB021-21

849.808 ton olarak gerçekleşmiştir. Avcılık yoluyla yapılan toplam üretim 335.003 ton olurken, yetiştiricilik üretimi 514.805 ton olarak gerçekleşmiştir. Yetiştiricilik yoluyla yapılan üretim 2022 yılında 368.742 tonu denizlerde, 146.063 tonu iç sularda gerçekleşmiştir (URL-1, 2023).

Su ürünlerine olan talebin yıldı yıla artması nedeniyle üretim arttırılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple yeni tesislerin açılması yoluna veya mevcut tesislerin kapasite arttırımına gidilmektedir. Bunun yanında, su koşullarının ve teknolojik olanakların el verdiği ölçüde birim hacimde stoklama yoğunluğunun arttırılması yöntemi de uygulanmaktadır. Stoklama yoğunluğunun arttırılması yetiştirilen ürün miktarının artışını sağlasa da beraberinde balık refahı ile ilgili sorunlar getirebilmektedir. Su rnleri yetiştiriciliğinde balık refahı büyük bir ilgi alanı olmuştur (Long & ark., 2019). Çevresel stres faktörleri, su ürünleri yetiştiriciliği koşullarında balık performansını sınırlayan önemli faktörlerdir (Pickering, 1992; Wendelaar-Bonga, 1997; Ellis & ark., 2002). Balıklar olumsuz evre koşullarına maruz kaldığında, hayatta kalma, büyüme ve üreme yeteneğinde değişikliklerle sonuçlanan bazı endokrin ve fizyolojik değişiklikler meydana gelir (Barton & Iwama, 1991; Pickering, 1992). Su rnleri yetiştiriciliğinde stoklama yoğunluğu su kalitesini, hayatta kalmayı, büyümeyi, bağışıklık yanıtlarını, gen ifadesini ve üretimi doğrudan etkileyebilecek kritik bir faktördür (Jia & ark., 2016; Yarahmadi & ark., 2016). Yüksek stoklama yoğunluğu, balığı çeşitli patojenlere karşı daha duyarlı hale getirir (Yarahmadi & ark., 2016) ve ayrıca, oksidatif strese neden olacak reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu da arttırır (Braun & ark., 2010). şıfalı bitkiler, balık yetiştiriciliğinde önemli bir terapötik kaynak olma potansiyeli içermektedir ve organizmaların oksidatif stresle başa çıkmasını sağlayan antioksidanları içermektedir (Syahidah & ark., 2015).

Özellikle kapalı ortamlardaki yüksek yoğunlukların yüksek üretkenliği amaçladığı su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde balık refahını etkileyen stoklama yoğunluğu, genellikle, birim hacim başına balık ağırlığını ifade etmek için kullanılan bir terimdir (Ellis,

2001). Balığın büyüme performansını düşürmesi nedeniyle bir stres faktörü olan yüksek stoklama yoğunluğu (Ellis & ark., 2002), balıklarda kronik strese neden olmaktadır (Montero & ark., 1999a). Kültür balıkları, artan stoklama yoğunluğunun veya aşırı kalabalığın stres tepkilerine neden olduğu ve balık sağlığı için önemli bir risk oluşturduğu yetiştiricilik sistemlerinde farklı stres faktörlerine maruz kalmaktadır (Ortuno, Esteban & Meseguer, 2001). Kısa ve uzun vadeli aşırı kalabalık, plazma kortizol seviyesini yükseltir ve balıklarda (Montero & ark., 1999b; Ramsay & ark., 2006) ikincil ve üçüncül stres tepkilerine neden olur, bu da daha sonra balık sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açar. Akut stresin aksine, uzun süreli aşırı stoklama yoğunluğu gibi kronik stres, nöroendokrin mekanizmalar yoluyla doğuştan gelen ve adaptif bağışıklık tepkilerini baskılar (Dhabhar, 2007).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yüksek stoklama yoğunluğu, plazma kortizol düzeylerinde uzun süreli bir yükselmeye ve zarar verici sonuçlara neden olabilen bir kronik stres etkenidir (Pickering & Pottinger, 1989; Barton & Iwama, 1991; Trenzado, Morales & Higuera, 2006). Yüksek stoklama yoğunluğunun en olumsuz etkisi baskılanmış büyümedir (Ross & Watten, 1998; Irwin, O'Halloran & FitzGerald, 1999; Rowland & ark., 2006). Bu etki, azalan gıda tüketimi dahil olmak üzere çeşitli faktörlere dayandırılmıştır (Vijayan, Ballantine & Leatherland, 1990; Papoutsoglou & ark., 1998). Bu koşullar altında gıda tüketimi azaldığından, ekstra enerji harcaması vücut rezervleri tarafından karşılanmak zorunda kalır ve bunun da büyümenin azalmasına neden olduğu bildirilmektedir (Schreck & ark., 1985; Vijayan & Leatherland, 1988; Vijayan, Ballantine & Leatherland, 1990).

Akut stresin bağışıklık sistemi üzerinde yararlı etkileri olabilirken, kronik stres teleost balıklarda bağışıklık tepkilerini baskılamaktadır. Yüksek stoklama yoğunluğu bağışıklık sistemi için belirgin bir tehdit oluşturmakta ve balığı çeşitli patojenlere karşı daha duyarlı hale getirmektedir (Yarahmadi & ark., 2016). Yüksek stoklama yoğunlukları ayrıca oksidatif strese neden olacak reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu da arttırır (Braun & ark., 2010).

Aerobik yaşamın normal bir özelliği olarak, oksidatif reaksiyonların neticesinde çok çeşitli organik bileşiklerde (DNA, proteinler, karbonhidratlar ve lipitler) yapısal hasarlar meydana gelebilir. Reaktif oksijen türlerinin neden olduğu oksidatif hasara oksidatif stres denir. Biyolojik sistemler, güçlü enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan sistemler içerir ve oksidatif stres, prooksidan/antioksidan dengesinde öncekinin lehine bir kaymayı ifade eder. Enflamasyon, karsinogenez, yaşlanma, radyasyon hasarı ve fotobiyolojik etkiler gibi çeşitli biyolojik süreçlerin reaktif oksijen türlerini içerdiği görülmektedir (Sies, 1986).

ROS'un başlıca hücresel bölmeler içindeki lipidlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin yapısal modifikasyonunu içeren çeşitli zararlı etkileri vardır (Lushchak, 2011). Lipit peroksidasyonu, çoklu doymamış yağ asitlerinin serbest radikal saldırısına eğilimli olduğu ve bir zincirleme reaksiyon başlattığı ROS kaynaklı hasarın yaygın bir örneğidir (Betteridge, 2000). ROS'a maruz kalan hücreler sık DNA hasarına çok eğilimlidir. Nükleazları aktive edebilirler ve hidroksil radikallerinin DNA ile doğrudan reaksiyonu olabilir ve bu da farklı bir kimyasal modifikasyon modeliyle sonuçlanır (Halliwell & Arouma, 1991). Aşırı ROS üretimi hücresel lipitlere, proteinlere, nükleik asitlere, zarlara ve organellere zarar verdiği için, bu da apoptoz gibi hücre ölüm süreçlerinin aktivasyonuna yol açabilir (Dutordoir & Bates, 2016).

Organizmalar ROS'un zararlı etkilerini en aza indirmek için enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunmalara sahiptir. Antioksidanlar hücresel bileşenleri ROS tarafından uygulanan oksidatif hasardan korur. Organizma içindeki bu antioksidan mekanizmalar tarafından ROS üretimi ve nötralizasyonu arasındaki dengesizliğe oksidatif stres denir (Valavanidis & ark., 2006). Vücuttaki fizyolojik süreçlerde, oksidatif strese bağlı olarak artan hücre içi reaktif oksijen türlerinin seviyeleri, lipitler, proteinler ve DNA üzerinde yıkıcı etkilere neden olabilir (Schieber & Chande, 2014).

Sentetik antioksidanlar antioksidan savunma düzeylerini arttırmak ve lipid peroksidasyonunu inhibe etmek için uzun yıllar boyunca kullanılmıştır, ancak çevre için çok sayıda yan etki gösterdikleri için sentetik bileşiklerin kullanımı daha kısıtlı hale gelmektedir (Williams Iatropoulos & Whysner, 1999). Geçmiş yıllarda sentetik antioksidanlara iyi bir alternatif olarak yeni ve güvenli doğal antioksidanları kapsamlı araştırmaya dönük birçok çalışma yapılmıştır (Mishra & ark., 2015). Birçok bitkide bulunan fenolik ve flavonoid bileşikler gibi doğal kaynaklı aktif bileşikler, serbest radikalleri yakalama yeteneklerinden dolayı antioksidan aktivitelere sahiptirler (Hamidpour & ark., 2017). Spesifik esansiyel yağlar kültür balıklarında bakteriyel hastalıkların ve oksidatif stresin tedavisi için umut verici unsurlar olarak öne çıkmaktadır (Anastasiou & ark., 2020).

Antibiyotikler bilinçsiz ve sık bir şekilde uygulandığında patojenler üzerinde direnç gelişimi, balık etinde rezidü oluşumu veya doğal ekosisteme zarar verme gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bu ajanların çevreye, balığa veya insana verebileceği negatif etkiler nedeniyle bitkisel içerikli ürünlerin kullanımına daha çok ağırlık verilmektedir (Çelik, 2020).

Tıbbi özellikleri nedeniyle değerli bir bitki olan udi hindi (*Aquilaria agallocha*) Thymelaeaceae familyasına mensuptur. Antinosiseptif, antimikrobiyal, antioksidan, antihiperglisemik, trombolitik, antidiyabetik, ülser koruyucu, kanser önleyici, ishal önleyici ve hepatoprotektif gibi çeşitli farmakolojik aktivitelere sahiptir (Alam & ark., 2015). Udi hindi bitkisinin en önemli biyoaktif bileşenleri alkaloidler, saponinler, steroidler, terpenoidler, tanenler, flavonoidler ve fenoliklerdir (Satapathy & ark., 2009). *A. agallocha* türünün tıbbi özellikleri ile alakalı araştırmalar mevcuttur. *A. agallocha* yapraklarının etil asetat ekstraktının antioksidan etki gösterdiği (Miles & Grisham, 1994) ve bunun güçlü bir antioksidan etki olduğu (Minyar & ark., 2008) bildirilmiştir. Farelerde yapılan araştırmalarda, *A. agallocha*'nın etanolik ekstraktının analjezik aktiviteye (Khalil & ark., 2013) ve yatıştırıcı etkiye (Takemoto & ark., 2008) sahip olduğu görülmüştür. Udi hindi bitkisinin balıklar

üzerindeki etkisiyle ilgili herhangi bir bilgi veya araştırma literatürde mevcut değildir.

İnfüze edilmiş yağlar olarak da adlandırılan masere edilmiş yağlar, belirli bir bitki veya bitkilerin terapötik özelliklerini çıkarmak için bir çözücü olarak kullanılmış olan taşıyıcı yağlardır. Ekstraksiyon yöntemi ile maserasyon ürünüdeki küçük moleküller yağ moleküllerine aktarılırken sadece küçük moleküller tutulur. Böylece bitkinin içeriği maksimize edilmiş olur (URL-2, 2023). Masere yağların belirli periyotlarda uygun bir sistem ile kültür balıklarında koruyucu amaçla kullanımı ile balıkların bağışıklık sisteminin olumlu yönde uyarılabileceği öngörülmektedir (Altınterim & Dörücü, 2013; Altınterim, Kutluyer & Aksu, 2018a; Altınterim & ark., 2018b). Bitkilerden elde edilen masere yağların balıklar üzerindeki etkisi ile ilgili birkaç çalışma bulunmaktadır (Yüngül, Altınterim & Dörücü, 2014; Altınterim, Kutluyer & Aksu, 2018a; Altınterim & ark., 2018b; Altınterim, 2019; Altınterim & Aksu, 2019a; Altınterim & Aksu, 2019b; Altınterim & Aksu, 2020).

Japon balıkları *Cyprinidae* familyası içinde olup Çin kökenlidir (Ural & Özdemir, 2002). Akvaryum balıkları içerisinde Japon balıkları (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) en popüler balık türlerindendir (Shete & ark., 2013).

Masere udi hindi yağı ile Japon balıkları üzerine yapılan bu çalışma ilk olma özelliğindedir. Çalışmada, masere udi hindi (*Aquilaria agallocha* Roxb.) yağının yüksek yoğunlukta stoklanan Japon balıklarının (*Carassius auratus*) antioksidan durumuna ve büyüme performansına olan etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Etik Kurul İzni, Deneme Yeri ve Çalışma Alanı

Çalışma, T.C. Munzur Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun E-63614754-050.04.04-57910 sayılı kararı (Toplantı sayısı 22-06 / Karar no. 15-03) ile etik kurallar çerçevesinde yapılmıştır. Denemeler, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada yaklaşık 500 lt hacimli dairesel fiberglas tanklar kullanılmıştır. Tekerrürlü deneme gruplarını oluşturmak için fiberglas dairesel tanklar içine plastik sepetler üzerli gruplar halinde yerleştirilmiştir. Tanklarda filtrasyon amaçlı sünger filtreler ve havalandırma için hava motoru (Hailea Hap-120) kullanılmıştır. 7 günde bir filtre temizliği ve yaklaşık olarak %25-30 oranında tanklarda su değişimi yapılmıştır.

2.2. Balık, Yem ve Masere Udi Hindi Yağı

Başlangıç canlı ağırlığı yaklaşık 7,38 gr olan Japon balıkları (*Carassius auratus*) kullanılmıştır. Funny Fish marka akvaryum balığı yemi (%43 ham protein içerikli) deneme yemi olarak tatbik edilmiştir. Çalışmada kullanılan masere udi hindi yağı Elazığ'da yöresel bir işletmeden satın alınmıştır.

2.3. Deneme Planı

Öncelikli olarak Japon balıkları düşük stoklama yoğunluğunda ve yüksek stoklama yoğunluğunda stoklanmıştır. Düşük stoklama yoğunluğunda kontrol grubu (KD) 5 adet balık/ 20 lt olarak, yüksek stoklama yoğunluğunda kontrol grubu (KY) 20 adet / 5 lt (KY) olarak hazırlanmıştır. Balık yemlerine farklı oranlarda masere udi hindi yağı ilave edilmiştir. Masere deneme gruplarının yemlerine %0,5 (Mas05), %1 (Mas1) ve %2 (Mas2) oranında masere udi hindi yağı sprey püskürtme yöntemiyle ilave edilmiştir. Masere deneme grupları yüksek stoklama yoğunluklarında stoklanmıştır. Balıklar günde iki kere *ad libitum* olarak yemlenmiştir. Çalışma 30 gün sürmüştür.

2.4. Ölçümler

2.4.1. Su parametreleri

30 günlük deneme boyunca 5 günde bir su sıcaklığı, çözünmüş O₂ ve pH ölçümleri YSI 55 Model ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

2.4.2. Canlı ağırlık

Bütün balıkların canlı ağırlık ölçümleri periyodik aralıklarla yapılmıştır. Canlı ağırlık ölçümleri öncesinde Japon balıkları 1 gün

boyunca beslenmemiştir. Tartım öncesi balıklar kimyasal anestezi ajan 2-fenoksietanolde (700 µl 2-fenoksietanol / lt) anestezi edilmiştir. Canlı ağırlık tartımında 0,01 gr hassasiyetli elektronik tartı (Kern) kullanılmıştır. Balıklarda büyüme performansının ortaya çıkarılmasında aşağıda belirtilen büyüme parametreleri hesaplanmıştır (Korkut & ark., 2007; Lugert & ark., 2016).

$$\text{Mutlak Büyüme (MB)} = W_t - W_i$$

$$W_t = \text{Final canlı ağırlığı (gr)}, W_i = \text{Başlangıç canlı ağırlığı (gr)}$$

$$\text{Relatif Büyüme Oranı (RBO)} = ((W_t - W_i) / W_i) \times 100$$

$$W_t = \text{Final canlı ağırlığı (gr)}, W_i = \text{Başlangıç canlı ağırlığı (gr)}$$

$$\text{Spesifik Büyüme Oranı (SBO)} = ((\ln W_t - \ln W_i) / t) \times 100$$

$$W_t = \text{Final canlı ağırlığı (gr)}, W_i = \text{Başlangıç canlı ağırlığı (gr)}, t = \text{gün}$$

$$\text{Yem Dönüşüm Oranı (YDO)} = \text{Verilen yem miktarı (gr)} / \text{Canlı ağırlık artışı (gr)}$$

2.5. Antioksidan analizleri

2.5.1. Diseksiyon ve Süpernatantlar

Kas dokusu alınacak balıklara 1 gün boyunca yem verilmemiştir. Diseksiyon işlemi etik kurallara göre uygulanmıştır ve diseksiyon öncesinde 2-fenoksietanol anestezi maddesi ile balıklar derin anesteziye (1500 µl 2-fenoksietanol / lt) maruz bırakılmıştır. Bütün işlemler Munzur Üniversitesi Biyomühendislik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kas dokuları bistüri ile kesilerek çıkarılmış ve 1/5 w/v oranında pH 7,4 fosfatla tamponlanmış tuz solüsyonu içeren ependorf tüplere konulmuştur. Kas dokuları daha sonra homojenizatör (CAT Unidrive) ile homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işleminde ısınmaya karşı ependorf tüp buz kalıbı içinde tutulmuştur. Homojenizasyondan sonra ependorf tüpler içerisindeki örnekler, soğutmalı santrifüj (Hettich Universal 320R) ile 17000 rpm devirde

15 dakika süre boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında süpernatantlar elde edilmiştir.

2.6. Biyokimyasal analizler

Santrifüj sonrası elde edilen süpernatantlar, MDA, SOD ve CAT kitleri (Sunred) kullanılarak işleme tabi tutulmuştur. Otomatik mikropipetler yardımıyla süpernatantlardan alınan örnekler, mikroplate kuyucuklarına deneme grupları gözetilerek bırakılmıştır (Şekil 1). Antioksidan kitlerindeki prosedürler uygulandıktan sonra örneklerin bulunduğu mikroplate, bilgisayara bağlı mikroplate okuyucuda okunmuştur.



Şekil 1. Mikroplate ve bilgisayarlı mikroplate reader (Orijinal).

2.7. İstatistiksel Analizler

Sonuçlar ortalama $\pm$ standart hata olarak sunulmuştur. Verilerin normalliği ve homojenliği ANOVA varsayımlarına göre kontrol edilmiştir. $p < 0,05$ önem seviyesi uygulanmıştır. Farklılıkların analizinde one-way ANOVA ve ortalamalar arasındaki farklılıkların tespitinde Duncan testi kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi SPSS istatistik programı (14.0) ve Excel programı ile yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Su Kalitesi

Çalışma süresince deneme ortamlarına ait su kalitesi takip edilmiştir. Su sıcaklığı, çözülmüş O_2 ve pH verileri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Gruplarda su sıcaklığı, çözünmüş O₂ ve pH değerleri (ort. $\pm$ s.h.).

Parametre	KD	KY	Mas05	Mas1	Mas2
Su Sıcaklığı (°C)	23,1 $\pm$ 0,08	23,1 $\pm$ 0,09	23,1 $\pm$ 0,10	23,1 $\pm$ 0,09	23,2 $\pm$ 0,08
Çözünmüş O₂ (mg/lt)	6,81 $\pm$ 0,16	6,50 $\pm$ 0,15	6,48 $\pm$ 0,19	6,50 $\pm$ 0,18	6,55 $\pm$ 0,17
pH	8,37 $\pm$ 0,10	8,19 $\pm$ 0,14	8,19 $\pm$ 0,11	8,20 $\pm$ 0,16	8,22 $\pm$ 0,13

Ortalama su sıcaklığı yaklaşık 23,1°C ölçülmüştür. En düşük çözünmüş O₂, yüksek stoklama yoğunluğunda bulunan Mas05 grubunda, en yüksek çözünmüş O₂ ise düşük stoklama yoğunluğundaki KD grubunda tespit edilmiştir. En düşük pH, Mas05 ve KY gruplarında, en yüksek pH ise KD grubunda kaydedilmiştir (Tablo 1).

3.2. Büyüme ve Yaşama Oranı

Deneme süresince Japon balığı kontrol ve deneme gruplarının canlı ağırlık artışları Tablo 2 ve Grafik 1’de gösterilmiştir.

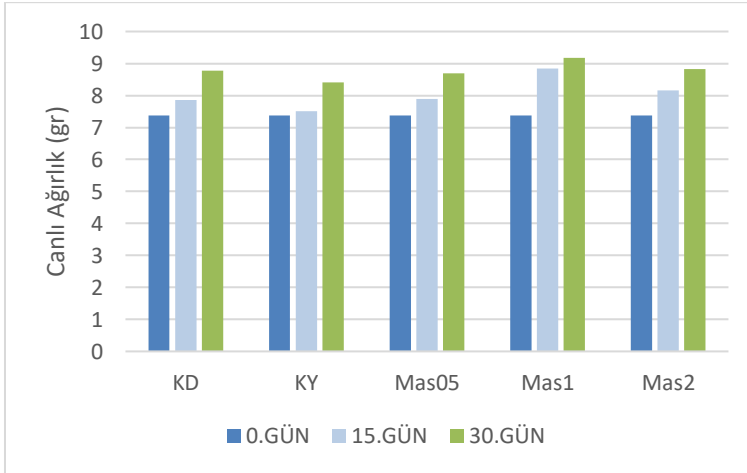
Tablo 2. Kontrol ve deneme gruplarında canlı ağırlıklar (gr) (ort. $\pm$ s.h.).

Zaman	KD (gr)	KY (gr)	Mas05 (gr)	Mas1 (gr)	Mas2 (gr)
0. GÜN	7,38 $\pm$ 0,11	7,38 $\pm$ 0,11	7,38 $\pm$ 0,11	7,38 $\pm$ 0,11	7,38 $\pm$ 0,11
15. GÜN	7,86 $\pm$ 0,12 ^b	7,51 $\pm$ 0,10 ^a	7,89 $\pm$ 0,14 ^b	8,84 $\pm$ 0,13 ^c	8,16 $\pm$ 0,12 ^b
30. GÜN	8,78 $\pm$ 0,18 ^{ab}	8,41 $\pm$ 0,14 ^a	8,70 $\pm$ 0,17 ^{ab}	9,17 $\pm$ 0,19 ^b	8,82 $\pm$ 0,17 ^{ab}

*Aynı satır içinde aynı üst simgelere sahip değerler arasında istatistiksel önemde farklılık yoktur (p>0,05).

30 gün süren çalışma sonunda en yüksek ağırlık Mas1 grubunda, en düşük ağırlık ise KY grubunda çıkmıştır (p<0,05). Yüksek stoklama yoğunluğundaki masere deneme gruplarında ölçülen bütün

son ağırlık verileri, KY grubuna göre yüksek bulunmuştur (Tablo 2, Grafik 1).



Grafik 1. Grupların zamana bağlı canlı ağırlık artışları.

30 gün süren çalışma sonunda deneme ve kontrol gruplarının YDO, MB, RBO ve SBO parametreleri Tablo 3'tedir.

Tablo 3. Büyüme parametrelerine ait veriler (ort. $\pm$ s.h.).

	KD	KY	Mas05	Mas1	Mas2
YDO	1,62 $\pm$ 0,02 ^c	1,94 $\pm$ 0,01 ^d	1,58 $\pm$ 0,03 ^c	1,27 $\pm$ 0,02 ^a	1,39 $\pm$ 0,03 ^b
MB (gr)	1,40 $\pm$ 0,04 ^{bc}	1,03 $\pm$ 0,03 ^a	1,32 $\pm$ 0,03 ^b	1,79 $\pm$ 0,02 ^d	1,44 $\pm$ 0,04 ^c
RBO (%)	19,02 $\pm$ 0,10 ^c	14,00 $\pm$ 0,07 ^a	17,90 $\pm$ 0,09 ^b	24,25 $\pm$ 0,05 ^e	19,53 $\pm$ 0,08 ^d
SBO (%)	0,58 $\pm$ 0,01 ^c	0,44 $\pm$ 0,02 ^a	0,55 $\pm$ 0,01 ^b	0,72 $\pm$ 0,02 ^d	0,59 $\pm$ 0,02 ^c

*Aynı satır içinde farklı üst simgelere sahip değerler arasında istatistiksel önemde farklılık vardır ($p < 0,05$).

En iyi YDO değeri Mas1 grubunda, en yüksek YDO değeri KY grubunda hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Yüksek stoklama yoğunluğundaki Mas05 ve Mas2 gruplarına ait YDO değerleri,

düşük stoklama yoğunluklu KD grubuna göre daha iyi çıkmıştır (Tablo 3).

MB, RBO ve SBO büyüme parametreleri bakımından Mas1 grubu en yüksek değerleri vermiştir ($p<0,05$). KY grubunda en düşük veriler kaydedilmiştir. Düşük stoklama yoğunluklu KD grubuna kıyasla yüksek stoklama yoğunluklu Mas2 grubu, büyüme parametreleri bakımından daha iyi sonuç vermiştir (Tablo 3).

Masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle besleme yapmanın yüksek stoklama yoğunluğundaki Japon balıklarının büyüme performansında etkili olduğu görülmüştür. En etkili masere udi hindi yağı oranı ise %1 olarak tespit edilmiştir. Bütün gruplarda mortalite oranı %0 olarak kaydedilmiştir.

3.3. Biyokimyasal Bulgular

Kas dokusu SOD, CAT ve MDA sonuçları Tablo 4 ve Grafik 2, Grafik 3 ve Grafik 4'te verilmiştir.

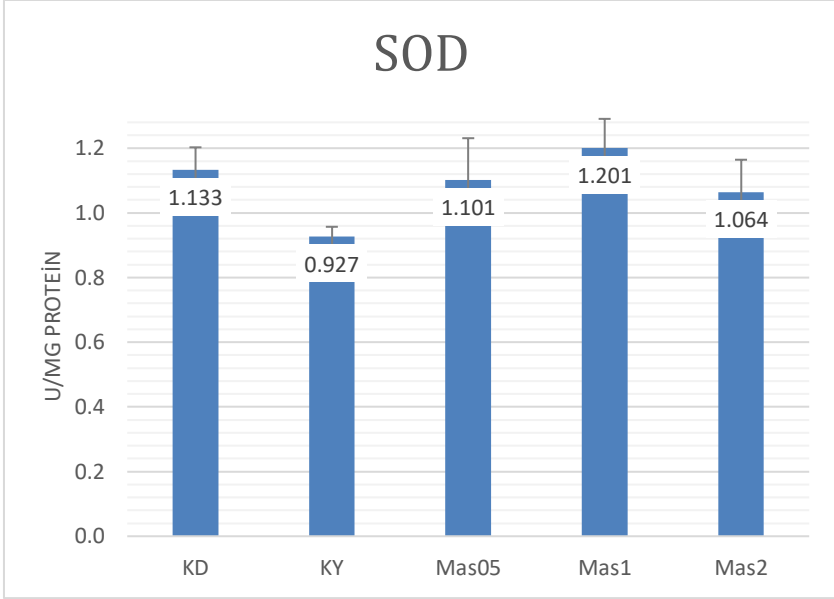
Tablo 4. SOD, CAT ve MDA sonuçları (ort. $\pm$ s.h.).

	KD	KY	Mas05	Mas1	Mas2
SOD U/mg protein	1,133 $\pm$ 0,07 ^b	0,927 $\pm$ 0,03 ^a	1,101 $\pm$ 0,13 ^{ab}	1,201 $\pm$ 0,09 ^b	1,064 $\pm$ 0,10 ^{ab}
CAT U/mg protein	1,354 $\pm$ 0,06 ^b	1,112 $\pm$ 0,08 ^a	1,607 $\pm$ 0,12 ^c	1,216 $\pm$ 0,11 ^{ab}	1,233 $\pm$ 0,08 ^{ab}
MDA nmol/gr protein	1,790 $\pm$ 0,05 ^{ab}	2,318 $\pm$ 0,10 ^d	2,081 $\pm$ 0,11 ^c	1,666 $\pm$ 0,10 ^a	1,864 $\pm$ 0,07 ^b

*Aynı satır içinde farklı üst simgelere sahip değerler arasında istatistiksel önemde farklılık vardır ($p<0,05$).

En yüksek SOD aktivitesi yüksek stoklama yoğunluklu Mas1 grubunda, en düşük SOD aktivitesi KY grubunda bulunmuştur ($p<0,05$). Masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenen yüksek stoklama yoğunluğundaki bütün gruplarda kastaki SOD aktivitesinin, yüksek stoklama yoğunluklu KY grubu SOD

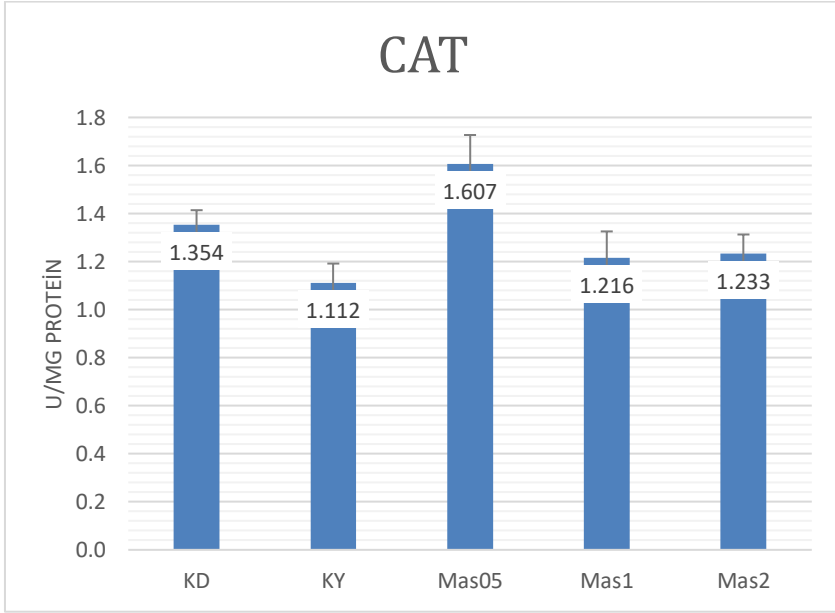
aktivitesine göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Mas05 ve Mas2 grupları SOD enzim aktiviteleri KY grubundan yüksek, KD grubundan düşük çıkmıştır ($p<0,05$) (Grafik 2).



Grafik 2. Kontrol ve deneme grupları kastaki SOD enzim aktiviteleri.

Yüksek stoklama yoğunluğundaki gruplarda kastaki SOD aktivitesinin artmasında masere udi hindi yağının etkili olduğu görülmüştür. SOD aktivitesinin yükselmesinde en etkili masere udi hindi yağı oranı %1 olarak belirlenmiştir.

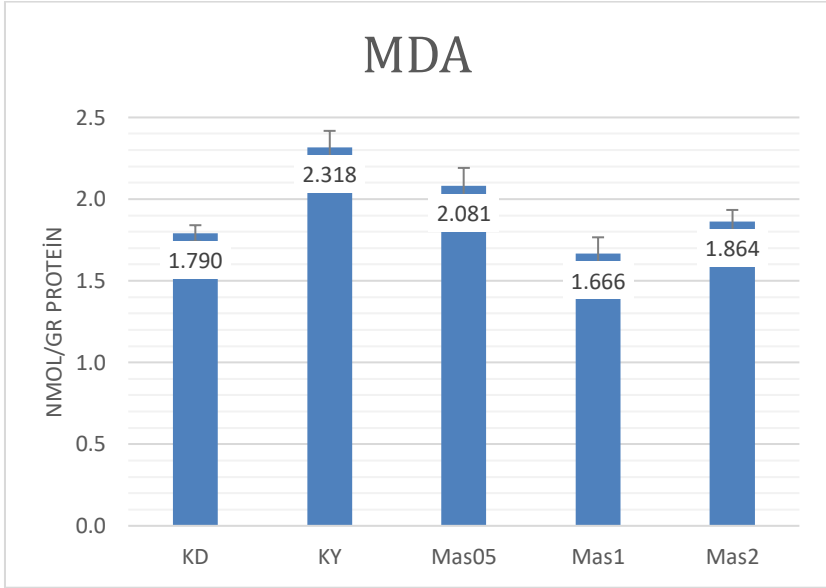
En yüksek CAT aktivitesi yüksek stoklama yoğunluklu Mas05 grubunda, en düşük CAT aktivitesi KY grubunda elde edilmiştir ($p<0,05$). Masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenen yüksek stoklama yoğunluğundaki bütün gruplarda kastaki CAT aktivitesinin, KY grubuna göre arttığı görülmüştür. Mas1 ve Mas2 grupları CAT aktiviteleri KY grubundan yüksek, KD grubundan düşük bulunmuştur ($p>0,05$) (Grafik 3).



Grafik 3. Kontrol ve deneme grupları kastaki CAT enzim aktiviteleri.

Yüksek stoklama yoğunluğundaki gruplarda kastaki CAT aktivitesinin artmasında masere udi hindi yağı etkili bulunmuştur. CAT aktivitesi artışında en etkili masere udi hindi yağı oranı %0,5 olarak tespit edilmiştir.

En yüksek MDA düzeyi KY grubunda, en düşük MDA düzeyi yüksek stoklama yoğunluklu Mas1 grubunda çıkmıştır ($p<0,05$). Masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenen yüksek stoklama yoğunluğundaki bütün gruplarda kastaki MDA düzeyinin, yüksek stoklama yoğunluklu KY grubu MDA düzeyine kıyasla azaldığı gözlemlenmiştir. Mas05 ve Mas2 grupları MDA düzeyleri KY grubundan düşük, KD grubundan yüksek çıkmıştır ($p<0,05$) (Grafik 4).



Grafik 4. Kontrol ve deneme grupları kastaki MDA düzeyleri.

Yüksek stoklama yoğunluğundaki gruplarda kastaki MDA düzeyinin düşürülmesinde masere udi hindi yağı etkili bulunmuştur. MDA düzeyi azalışında en etkili masere udi hindi yağı oranı %1 olarak tespit edilmiştir.

4. Tartışma

Balık yetiştiriciliğinde yüksek stoklama yoğunluğunun birim hacimde biyokütle artışı gibi avantajlı bir tarafı olsa da dezavantajlı durumları da vardır. Aşırı yoğunluktan dolayı azalan çözünmüş O₂ miktarı da bunlardan biridir (Altınterim & Aksu, 2019a). Balıkların büyümesi ve hayatta kalmasındaki değişiklikler, çevresel bozulmaya verilen fizyolojik tepkilerdir (Wootton, 1990). Yüksek stoklama yoğunluklarında sudaki çözünmüş O₂ seviyeleri düşerken, amonyak seviyeleri artmaktadır (Dawood & ark., 2020). Miao (1992), daha yüksek stoklama yoğunluğunun daha düşük pH ve çözünmüş O₂'e eşlik ettiğini bulmuş ve bunun sonucunda su kalitesinde meydana gelen değişikliklerin balıkların büyümesini ve hayatta kalmasını etkilemede önemli bir rol oynayabileceğini öne sürmüştür.

Çalışmada ortalama su sıcaklığı yaklaşık 23,1°C olarak kaydedilmiştir. En yüksek çözünmüş O₂ ve pH değerleri düşük stoklama yoğunluğundaki KD grubunda bulunmuştur. Yüksek stoklama yoğunluğundaki gruplarda çözünmüş O₂ ve pH değerleri KD grubuna kıyasla daha düşük ölçülmüştür. Bu bulgular, yüksek stoklama yoğunluğunun yetiştiricilik ortamı su kalitesini aşağı çekmede önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

Birçok balık türü üzerinde yapılan çalışmalara göre yüksek stoklama yoğunluğu balık büyüme performansı üzerinde genellikle olumsuz etkilere sahiptir. Yüksek stoklama yoğunluklarında gökkuşağı alabalıklarının büyümesinin riske girdiği (Ellis & ark., 2002), yüksek stoklama yoğunluğuna maruz kalmanın yem alımını ve canlı ağırlık artışını azalttığı bildirilmektedir (Sahin & ark., 2014). Dawood & ark. (2020), Nil tilapiasının stoklama yoğunluğunun artmasıyla büyüme parametrelerinin önemli ölçüde azaldığını rapor etmektedir. Bir diğer çalışmada, yüksek stoklama yoğunluğunda yetiştirilen kalkan balıklarının daha düşük spesifik büyüme hızı sergiledikleri bildirilmektedir (Liu & ark., 2016). Çalışmada elde edilen bulgulara göre, yüksek stoklama yoğunluğundaki KY grubu, düşük stoklama yoğunluğundaki KD grubuna göre büyüme performansı açısından geride kalmıştır ($p<0,05$). Bu sonuç, Japon balıklarının büyüme performansında yüksek stoklama yoğunluğunun negatif etkisini göstermektedir ve diğer türlerle yapılan stoklama yoğunluğu çalışmalarında ortaya çıkan sonuçlarla benzerlik arz etmektedir.

Yüksek stoklama yoğunluğunun balık büyüme performansı üzerindeki negatif tesirlerini azaltmada veya ortadan kaldırmada birçok doğal ürün çeşitli araştırmalarda besin takviyesi olarak test edilmiştir. Altıntirim & Aksu (2019a) masere sarımsak yağlarındaki antioksidan maddelerin, gerek yoğunluktan dolayı azalan O₂ miktarından kaynaklanan stresi, gerekse de yem için ortaya çıkan rekabet stresine bağlı olarak makrofajlar ve nötrofiller tarafından üretilen serbest radikallerin yüksek seviyelerini düşürerek normal düzeye getirdiğini göstermiştir. β -glukan diyetiyle beslenen yüksek stoklama yoğunluğunda tutulan balıklarda YDO'nın önemli ölçüde

azaldığı (Dawood & ark., 2020) ve yüksek stoklama yoğunluğunun büyüme performansı üzerindeki zararlı etkilerinin likopen takviyesi ile minimize edildiği (Sahin & ark., 2014) bildirilmektedir. Benzer şekilde başka bir çalışmada da yüksek stoklama yoğunluğunda Se takviyesinin balıkların büyümesini ve antioksidan durumunu iyileştirdiği kaydedilmektedir (Küçükbay & ark., 2009). Çalışmada en yüksek ortalama ağırlık %1 masere udi hindi yağı ilaveli yemle beslenen Mas1 grubunda, en düşük ortalama ağırlık KY grubunda elde edilmiştir ($p<0,05$). Yüksek stoklama yoğunluklu masere udi hindi gruplarında bulunan bütün ortalama final ağırlıkları KY grubuna göre yüksek çıkmıştır. Yüksek stoklama yoğunluklarına rağmen, masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenen balıkların büyüme performans verileri pozitif görünmektedir. YDO, MB, RBO ve SBO parametreleri bakımından en iyi sonuçlar Mas1 grubunda elde edilmiştir ($p<0,05$). Bu sonuca göre, %1 oranında masere udi hindi yağı ilaveli yem ile Japon balıklarının beslenmesi, yüksek stoklama yoğunluğunda büyüme açısından olumlu sonuçlar vermektedir. Ayrıca, düşük stoklama yoğunluklu KD grubuna kıyasla yüksek stoklama yoğunluklu Mas2 grubu büyüme parametreleri bakımından daha iyi sonuç vermiştir. Büyüme parametreleri açısından en olumsuz veriler yüksek stoklama yoğunluğundaki KY grubunda görülmüştür. Stoklama yoğunluğu balık refahını etkileyen önemli bir faktördür. Aşırı kalabalık ortam balığın büyümesini, bağışıklığını ve genel sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek bir sorun olarak kabul edilmektedir (Ardiansyah & Fotedar, 2016; Jia & ark., 2016). Çalışmada elde edilen büyüme verilerine göre, yüksek stoklama yoğunluğunun olumsuz etkileri masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenen gruplarda görülmemektedir. Büyüme performansı açısından en etkili masere udi hindi yağı oranı %1 olarak tespit edilmiştir.

Hücrel fonksiyonlara faydalı özelliklerinin yanı sıra O_2 , ROS oluşumu ile bazı istenmeyen hasarlara sebep olabilir. Çeşitli oksidatif stresörlere maruz kalan balıklarda da bu hasarlar görülebilir (Chowdhury & Saikia, 2020). Balık yetiştiriciliğinde aşırı stoklama yoğunluğundan dolayı azalan çözünmüş O_2 miktarından

kaynaklanan stres ve yem kapma rekabeti stresine bağı olarak makrofajlar ve nötrofiller tarafından serbest radikaller üretilir (Altınterim & Aksu, 2019a). Yüksek stoklama yoğunluğunda yetiştirilen balıklarda antioksidan kapasitenin azalması, oksidatif savunmanın baskılandığını, muhtemelen uzun süreli aşırı kalabalık durumuna maruz kalmanın ardından oksidatif savunma sisteminin zarar gördüğünü göstermektedir (Braun & ark., 2010). Stoklama yoğunluğu balıklarda bir stres faktörüdür (Sahin & ark., 2014) ve stres, antioksidan tepkinin önemli bir modülatörüdür (Braun & ark., 2010). Aşırı yüksek stoklama yoğunluğunun kalkan balığında metabolik ve antioksidan enzimlerin aktivitelerini bloke edebileceği, fizyolojik strese ve immünsüpresyona neden olabileceği bildirilmiştir (Liu & ark., 2016). Artan stoklama yoğunluğu ile birlikte oksijen radikallerinin üretimi de artar (Ruane, Carball & Komen, 2002). Sahin & ark. (2014), yüksek stoklama yoğunluğuna maruz kalmanın plazma ve hepatik MDA düzeylerini artırdığını ve hepatik SOD, CAT ve GSH-Px aktivitelerini azalttığını belirtmiştir. Yine benzer şekilde, Liu ve ark. (2016) yüksek stoklama yoğunluğunda yetiştirilen kalkan balıkları karaciğerinde SOD, CAT, GSH, G3PDH ve G6PDH aktivitelerinin azaldığını rapor etmiştir. Çalışmada, en yüksek SOD enzim aktivitesi yüksek stoklama yoğunluklu Mas1 grubunda, en düşük SOD aktivitesi KY grubunda bulunmuştur ($p<0,05$). Mas05 ve Mas2 grupları SOD aktiviteleri KY grubundan yüksek, KD grubundan düşük çıkmıştır. En yüksek CAT enzim aktivitesi yüksek stoklama yoğunluklu Mas05 grubunda, en düşük CAT aktivitesi KY grubunda elde edilmiştir ($p<0,05$). Mas1 ve Mas2 grupları CAT aktiviteleri KY grubundan yüksek, KD grubundan düşük bulunmuştur ($p>0,05$). Masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenen yüksek stoklama yoğunluğundaki bütün gruplarda kastaki SOD ve CAT enzim aktivitelerinin, yüksek stoklama yoğunluklu KY grubuna göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Yüksek stoklama yoğunluğundaki gruplarda kastaki SOD ve CAT antioksidan aktivitelerinin yükselmesinde masere udi hindi yağının etkili olduğu görülmüştür. SOD enzim aktivitesinin artmasında en etkili masere udi hindi yağı oranı %1, CAT enzim

aktivitesi artışında en etkili masere udi hindi yağı oranı ise %0,5 olarak tespit edilmiştir. Balıkların aerobik durumu, onları, artan oksidatif metabolizmanın bir sonucu olarak reaktif oksijen türlerinin oluşumuna eğilimli hale getirir. Normal şartlar altında, balıkların antioksidan savunmaları, enzimler aracılığıyla kontrolsüz ROS oluşumunu engeller (Trenzado & ark., 2009). Altıntirim & Aksu (2019a), masere sarımsak yağının yoğun stoklanmış gökkuşağı alabalıklarında hücrelerdeki oksidatif stresi azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde, çalışmada elde edilen bulgulara göre, yoğun stoklama yoğunluğu stresine maruz kalmış Japon balıklarının, masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenmesi oksidatif stresi azaltmıştır.

Balıklarda antioksidan enzim aktivitelerinin azalması, aşırı kalabalığın kronik stresine maruz kaldığında bir tepki olup ROS dengesinin ve antioksidan koruyucu mekanizmanın bozulmasına neden olur (Andrade & ark., 2015; Costas & ark., 2013). Bu dengesizlik aşırı malondialdehit üretimine neden olabilir (Long & ark., 2019). Malondialdehit içeriği, aşırı yüksek peroksidasyonun artan hücre bozulmasıyla sonuçlandığı bir geri bildirimdir (Nagasaka, Okamoto & Ushio, 2004). Long & ark. (2019)'nın yaptığı çalışmada, malondialdehit oluşumu stoklama yoğunluğundan etkilenmiş ve düzeyi, yüksek stoklama yoğunluğu grubunda önemli ölçüde artmıştır. Çalışmada, Japon balığı kastaki MDA düzeyi en yüksek KY grubunda, en düşük ise yüksek stoklama yoğunluklu Mas1 grubunda çıkmıştır ($p<0,05$). Masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenen yüksek stoklama yoğunluğundaki bütün gruplarda kastaki MDA düzeyinin, yüksek stoklama yoğunluklu KY grubuna kıyasla azaldığı gözlemlenmiştir. Mas05 ve Mas2 grupları MDA düzeyleri KY grubundan düşük, KD grubundan yüksek çıkmıştır ($p<0,05$). Yonar & ark. (2012) propolis uygulamasıyla MDA düzeyinin düştüğünü belirtirken, Sahin & ark. (2014) likopen takviyesinin hem düşük hem de yüksek stoklama yoğunluklarında antioksidan enzim aktivitesini arttırdığını ve MDA konsantrasyonunu lineer olarak azalttığını bildirmektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, yüksek stoklama

yoğunluğundaki Japon balıklarında kas dokusu MDA düzeyinin düşmesinde masere udi hindi yağı etkili bulunmuştur ve MDA düzeyinin azaltılmasında en etkili masere udi hindi yağı oranının %1 olduğu görülmüştür.

Sonuç

Bu çalışma, konusu itibariyle bir ilk olma özelliğini taşımaktadır. Masere udi hindi yağının balıklarda büyümeye ve antioksidan duruma etkisi konusunda şimdiye kadar yapılmış herhangi araştırma yoktur. Masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle besleme yapılan yüksek stoklama yoğunluğundaki Japon balıklarının büyümesinde ve antioksidan durumunda genel olarak olumlu neticeler alınmıştır. Yoğun stoklama yoğunluğu stresine maruz kalmış Japon balıklarının masere udi hindi yağı ilaveli yemlerle beslenmesi oksidatif stresi azaltmıştır. Sonuç olarak, büyüme performansı ve antioksidan durumu göz önünde bulundurulduğunda, Japon balıkları için yemlerinde tavsiye edilebilecek masere udi hindi yağı optimal oranı %1 olarak belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: YLMUB021-21).

Kaynaklar

Alam, J., Mujahid, M., Badruddeen, Rahman, M. A., Akhtar, J., Khalid, M., Jahan, J., Basit, A., Khan, A., Shawwal, M. & Iqbal, S. S. (2015). An insight of pharmacognostic study and phytopharmacology of *Aquilaria agallocha*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(8),173-181. Doi: 10.7324/JAPS.2015.50827

Altınterim B. & Dörücü M. (2013). The Effects of *Nigella sativa* oil on the immune system of rainbow trout with different application methods. *Journal of FisheriesSciences.com*, 7,209-215. Doi: 10.3153/jfscom.2013021

Altınterim, B., Kutluyer, F. & Aksu, O. (2018a). Oksijen radikal absorbans kapasitesi (ORAK) seviyeleri farklı bitki masere yağlarının yoğun stoklanmış gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) bazı kan parametrelerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(1), 63-69. Doi: 10.17094/ataunivbd.296703

Altınterim, B., Öztürk, E., Kutluyer, F. & Aksu, O. (2018b). Yeşil çay yağının gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) yem değerlendirme oranına ve hematolojik parametrelerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(2), 159-164. Doi: 10.17094/ataunivbd.296989

Altınterim, B. & Aksu, Ö. (2019a). Masere sarımsak (*Allium sativum* Limne) ve Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum* Kollman) yağlarının yoğun stoklanmış gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* W.) bazı kan parametrelerine ve NBT (Nitroblue Tetrazolium) seviyelerine etkileri. *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 716-723. Doi: 10.25092/baunfb.637083

Altınterim, B. & Aksu, Ö. (2019b). Effect of macerated tomato (*Lycopersicon esculentum*) and carrot (*Daucus carota*) oils on hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

at high stocking density. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 5(2), 85-90. Doi: 10.29132/ijpas.643589

Altinterim, B. (2019). Influence of macerated fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) oil added to trout feed at the different rates on the feed conversion rate (FCR), body length, blood parameters and nitroblue tetrazolium (NBT) values of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Wal). *Cellular and Molecular Biology*, 65(3), 89-93. Doi: 10.14715/cmb/2019.65.3.13

Altinterim, B. & Aksu, Ö. (2020). Effects of macerate oil of garlic (*Allium sativum*, Limne), Tunceli garlic (*Allium tuncelianum*, Kollman) and onion (*Allium cepa*, Limne) on antioxidant enzyme activities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(1), 61-65. Doi: 10.35229/jaes.669773

Anastasiou, T. I., Mandalakis, M., Krigas, N., Vezignol, T., Lazari, D., Katharios, P., Dailianis, T. & Antonopoulou, E. (2020). Comparative evaluation of essential oils from medicinal-aromatic plants of Greece: Chemical composition, antioxidant capacity and antimicrobial activity against bacterial fish pathogens. *Molecules*, 25, 148. Doi: 10.3390/molecules25010148

Andrade, T., Afonso, A., Perez-Jimenez, A., Oliva-Teles, A., de las Heras, V., Mancera, J. M., Serradeiro, R. & Costas, B. (2015). Evaluation of different stocking densities in a Senegalese sole (*Solea senegalensis*) farm: implications for growth, humoral immune parameters and oxidative status. *Aquaculture*, 438, 6-11.

Ardiansyah & Fotedar, R. (2016). Water quality, growth and stress responses of juvenile barramundi (*Lates calcarifer* Bloch), reared at four different densities in integrated recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 458, 113-120. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.03.001

Barton, B. A. & Iwama, G. K. (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1, 3-26.

Betteridge, D. J. (2000). What is oxidative stress? *Metabolism*, 49(2), 3-8.

Braun, N., Lima, R. L., Baldisserotto, B., Dafre, A. L. & Nuner, A. P. O. (2010). Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. *Aquaculture*, 301, 22-30.

Chowdhury, S. & Saikia, S. K. (2020). Oxidative Stress in Fish: A Review. *Journal of Scientific Research*, 12(1), 145-160. Doi: 10.3329/jsr.v12i1.41716

Costas, B., Aragao, C., Dias, J., Afonso, A. & Conceição, L. E. C. (2013). Interactive effects of a high-quality protein diet and high stocking density on the stress response and some innate immune parameters of Senegalese sole *Solea senegalensis*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 39, 1141-1151.

Çelik, Y. S. (2020). Tıbbi ve aromatik bitkilerin balık yetiştiriciliğinde kullanım potansiyelleri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(2), 86-94.

Dawood, M. A. O., Metwally, A. S., Sharawy, M. E., Atta, A. M., Elbially, Z. I., Abdel-Latif, H. M. R. & Paray, B. A. (2020). The role of β -glucan in the growth, intestinal morphometry, and immune-related gene and heat shock protein expressions of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under different stocking densities. *Aquaculture*, 523, 735205. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735205

Dhabhar, F. S. (2007). Enhancing versus suppressive effects of stress on immune function: implications for immunoprotection and immunopathology. *Neuroimmune Biology*, 7, 207-224.

Dutordoir, M. R. & Bates, D. A. A. (2016). Activation of apoptosis signalling pathways by reactive oxygen species. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1863(12), 2977-2992.

Ellis, T. (2001). What is stocking density. *Trout News, CEFAS*, 32, 35-37.

Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M. & Gadd, D. (2002). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61(3), 493-531.

Halliwell, B. & Aruoma, O. I. (1991). DNA damage by oxygen-derived species. Its mechanism and measurement in mammalian systems. *FEBS Letters*, 281(1-2), 9-19.

Hamidpour, R., Hamidpour, S., Hamidpour, M., Shahlari, M., Sohraby, M., Shahlari, N. & Hamidpour, R. (2017). Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.): From a variety of traditional medicinal applications to its novel roles as active antioxidant, anti-inflammatory, anti-mutagenic and analgesic agent. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7, 24-29. Doi: 10.1016/j.jtcme.2015.09.004

Irwin, S., O'Halloran, J. & FitzGerald, R. D. (1999). Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). *Aquaculture*, 178, 77-88.

Jia, R., Liu, B. L., Feng, W. R., Han, C., Huang, B. & Lei, J. L. (2016). Stress and immune responses in skin of turbot (*Scophthalmus maximus*) under different stocking densities. *Fish Shellfish Immunology*, 55, 131-139.

Khalil, A. S., Rahim, A. A., Taha, K. K. & Abdallah K. B. (2013). Characterization of methanolic extracts of agar wood leaves. *Journal of Applied and Industrial Sciences*, 1(3), 78-88.

Korkut, A.Y., Kop, A., Demirtaş, N. & Cihaner, A. (2007). Balık beslemede gelişim performansının izlenme yöntemleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24(1-2), 201-205.

Küçükbaş, F. Z., Yazlak, H., Karaca, I., Sahin, N., Tuzcu, M., Cakmak, M. N. & Sahin, K. (2009). The effects of dietary organic or inorganic selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under crowding conditions. *Aquaculture Nutrition*, 15, 569-576.

Liu, B., Jia, R., Han, C., Huang, B. & Lei, J. L. (2016). Effects of stocking density on antioxidant status, metabolism and immune response in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 190, 1-8.

Long, L., Zhang, H., Ni, Q., Liu, H., Wu, F. & Wang, X. (2019). Effects of stocking density on growth, stress, and immune responses of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) in a recirculating aquaculture system. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 219, 25-34. Doi: 10.1016/j.cbpc.2019.02.002

Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C. & Krieter, J. (2016). A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in Aquaculture*, 8, 30-42.

Lushchak, V. I. (2011). Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatic Toxicology*, 101, 13-30.

Miao, S. (1992). Growth and survival model of redbtail shrimp *Penaens penicillatus* (Alock) according to manipulating stocking density. *Bulletin of the Institute of Zoology*, 31, 1-8.

Miles, A. M. & Grisham, M. B., 1994. Antioxidant properties of aminosaliclates. *Journal Green Pharmacy Information*, 234:555-572.

Minayar, P. B., Chitre, H. J., Deuskar, P. S., Karve, S. S. & Jain S. K. (2008). Antioxidant activity of ethyl acetate extract of *Aquilaria agallocha* on nitrite induced methaemoglobin formation. *International Journal of Green Pharmacology*, 1, 116-117.

Mishra, V., Shah, C., Mokashe, N., Chavan, R., Yadav, H. & Prajapati, J. (2015). Probiotics as potential antioxidants: a systematic review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(14), 3615-3626.

Montero, D., Izquierdo, M. S., Tort, L., Robaina, L. & Vergara, J. M. (1999a). High stocking density produces crowding

stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20, 53-60.

Montero, D., Marrero, M., Izquierdo, M., Robaina, L., Vergara, J. & Tort, L. (1999b). Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. *Aquaculture*, 171, 269-278.

Nagasaka, R., Okamoto, N. & Ushio, H. (2004). Partial oxidative-stress perturbs membrane permeability and fluidity of fish nucleated red blood cells. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 139, 259-266.

Ortuno, J., Esteban, M. & Meseguer, J. (2001). Effects of short-term crowding stress on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune response. *Fish Shellfish Immunology*, 11, 187-197.

Papoutsoglou, S. E., Tziha, G., Vrettos, X. & Athanasiou, A. (1998). Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system. *Aquacultural Engineering*, 18, 135-144.

Pickering, A. & Pottinger T. (1989). Stress responses and disease resistance in salmonid fish: effects of chronic elevation of plasma cortisol. *Fish Physiology and Biochemistry*, 7, 253-258.

Pickering, A. D. (1992). Rainbow trout husbandry: management of the stress response. *Aquaculture*, 100, 125-139.

Ramsay, J. M., Feist, G. W., Varga, Z. M., Westerfield, M., Kent, M. L. & Schreck, C. B. (2006). Whole-body cortisol is an indicator of crowding stress in adult zebrafish, *Danio rerio*. *Aquaculture*, 258, 565-574.

Ross, R. M. & Watten, B. J. (1998). Importance of rearing-unit design and stocking density to the behavior, growth and metabolism

of lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Aquacultural Engineering*, 19, 41-56.

Rowland, S. J., Mifsud, C., Nixon, M. & Boyd, P. (2006). Effects of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch (*Bidyanus bidyanus*) in cages. *Aquaculture*, 253, 301-308.

Ruane, N. M., Carball, E. C. & Komen, J. (2002). Increased stocking density influence the acute physiological stress response of common carp *Cyprinus carpio* (L.). *Aquaculture Research*, 33, 777-784.

Sahin, K., Yazlak, H., Orhan, C., Tuzcu, M., Akdemir, F. & Sahin, N. (2014). The effect of lycopene on antioxidant status in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under high stocking density. *Aquaculture*, 418-419, 132-138. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.10.009

Satapathy, A. K., Gunasekaran, G., Sahoo, S. C., Kumar, A. & Rodrigues, P. V. (2009). Corrosion inhibition by *Justicia gendarussa* plant extract in hydrochloric acid solution. *Corrosion Science*, 51, 2848-2856.

Schieber, M. & Chande, N. S. (2014). ROS function in redox signaling and oxidative stress. *Current Biology*, 24(10), R453-R462.

Schreck, C. B., Patino, R., Pring, C. K., Winton, J. R. & Holway, J. E. (1985). Effects of rearing density on indices of smoltification and performance of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*, 45, 345-358.

Shete, A. P., Verma, A. K., Tandel, R. S., Prakash, C., Tiwari, V. K. & Hussain, T. (2013). Optimization of water circulation period for the culture of goldfish with spinach in aquaponic system. *Journal of Agricultural Science*, 5(4), 26-30.

Sies, H. (1986). Biochemistry of oxidative stress. *Angewandte Chemie International Edition*, 25(12), 1058-1071.

Subasinghe, R., Soto, D. & Jia, J. (2009). Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 2-9.

Syahidah, A., Saad, C. R., Daud, H. M. & Abdeldahi, Y. M. (2015). Status and potential of herbal applications in aquaculture: A review. *Iranian Journal of fisheries Sciences*, 14(1), 27-44.

Takemoto, H., Ito, M., Shiraki, T., Yagura, T. & Honda, G. (2008). Sedative effects of vapour inhalation of agar wood oil and spikenard extract and identification of their active components. *Journal of Natural Medical Science*, 62, 41-46.

Trenzado, C. E., Morales, A. E. & Higuera, M. (2006). Physiological effects of crowding in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, selected for low and high stress responsiveness. *Aquaculture*, 258, 583-593.

Trenzado, C. E., Morales, A. E., Palma, J. M. & Higuera, M. (2009). Blood antioxidant defenses and hematological adjustments in crowded/uncrowded rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on diets with different levels of antioxidant vitamins and HUFA. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 149, 440-447. Doi: 10.1016/j.cbpc.2008.10.105

Ural, M. Ş. & Özdemir, Y. (2002). Japon balıklarından (*Carassius auratus auratus* L.) oranda, ryukin ve veiltail varyetelerinin melezlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(3-4), 425-438.

URL-1 (2023). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2022-49678>. Su Ürünleri, 2022. 04 Temmuz 2023.

URL-2 (2023). <https://formulabotanica.com/how-to-make-macerated-oils/>. How to make macerated oils – Formula Botanica. 01.06.2023

Yarahmadi, P., Miandare, H. K., Fayaz, S. & Caipang, C. M. A. (2016). Increased stocking density causes changes in expression of selected stress- and immune-related genes, humoral innate

immune parameters and stress responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*, 48, 43-53. Doi: 10.1016/j.fsi.2015.11.007

Yonar, S. M., Yonar, M. E., Sağlam, N. & Silici, S. (2012). Farklı su sıcaklıklarında tutulmuş pullu sazan (*Cyprinus carpio carpio* Linnaeus, 1758)'nın karaciğer ve böbreğindeki bazı antoksidan parametreler üzerine propolisin etkisi. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1(1), 11-16.

Yüngül, M., Altınterim, B. & Dörücü, M. (2014). The investigation of antibacterial effects of macerated and distilled oil obtained from endemic plants against *Yersinia ruckeri* with aromatogram method. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 2(2), 1-7.

Valavanidis, A., Vlahogianni, T., Dassenakis, M. & Scoullos, M. (2006). Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64(2), 178-189.

Vijayan, M. M. & Leatherland, J. F. (1988). Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture*, 75, 159-170.

Vijayan, M. M., Ballantine, J. S. & Leatherland, J. F. (1990). High stocking density alters the energy metabolism of brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture*, 88, 371-381.

Wendelaar-Bonga, S. E. (1997). The stress-response in fish. *Physiological Reviews*, 77, 591-625.

Williams, G., Iatropoulos, M. & Whysner, J. (1999). Safety assessment of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food and Chemical Toxicology*, 37(9/10), 1027-1038.

Wootton, R. I. (1990). Reproduction. In R. I. Wootton (Ed.), *Ecology of Teleost Fishes*, (1st ed., pp. 157-195). London, New York: Chapman and Hall.

BÖLÜM VIII

The Effects of The Dams Built on The Fırat River in Şanlıurfa Province on Fish Populations and Fish Production

Muhammed Yaşar DÖRTBUDAK¹

Introduction

The construction of Atatürk Dam, Birecik Dam and Karkamış Dam on the Euphrates River flowing within the borders of Şanlıurfa province has provided positive impacts in many areas such as water resources management, energy production and agriculture. However, these dams have also caused various changes on fish populations and fish production (Altınbilek, 2013).

Turkey is self-sufficient in terms of water resources. Turkey is neither very rich nor very poor in terms of water. In addition to

¹ Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Su ürünleri ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Şanlıurfa Türkiye. (mydortbudak@harran.edu.tr – Orcid ID 0000-0001-7966-5678)

energy production, dams and HEPPs meet the water needs of people, prevent flood damages and provide irrigation water to agricultural areas. It is predicted that not only our regions such as the Southeast, where water is scarce and rainfall is low, but also other regions that suffer from thirst problems may suffer from water problems again if measures are not taken. The danger of thirst, which is on the agenda in many regions of our country, brings along threats and dangers that may lead to many negative consequences in terms of health (Altınbilek, 2013; Bozkurt & Yüksel, 2017). Damage to rivers, which are one of the indispensable resources of human life, affects all other living species that benefit from these resources together with fish on their migration routes. Since fish passages are the only way for aquatic organisms to overcome the obstacles on their journey towards the river source, the importance of these structures is increasing in restoration works for the free passage of fish and other aquatic species in rivers (Ministry of Agriculture and Forestry, 2009). Turkey is a very rich geography in terms of biodiversity and endemic species content. It is known that biodiversity losses in aquatic ecosystems in Turkey are caused by 6 main reasons. These are the introduction of alien species, overfishing, illegal fishing, pollution, habitat destruction and interventions to the water regime (Anonymous, 2001). Ecologically and economically remarkable changes in water resources are; decrease in fish stocks, decrease in reproductive success, disappearance of valuable species and decrease in productivity. Fisheries are among the frequently used practices for the rehabilitation of damaged fish populations, establishment of stable populations in newly created resources, increasing species diversity and establishing ecological balance or harmony between existing species (Wondrak, 1994; Çetinkaya et al., 1999).

Terrestrial climate characteristics are observed in Şanlıurfa. Summers are very dry and hot and winters are mild with abundant rainfall. There are large differences between summer and winter temperature averages. Relative humidity is low. Due to the dry air, there are not very sultry temperatures like in the Mediterranean

region. There are also few snowy and frosty days. Annual rainfall is low. According to the information obtained from the Directorate of Electronic Data Processing of the General Directorate of Meteorological Affairs of the Prime Ministry of the Republic of Turkey, according to the meteorological data of Şanlıurfa province, the temperature in the summer months is 30 0C and above most of the time. The highest temperature in the city centre is in July and August. The months with the lowest temperature are January and February. Precipitation in the region usually occurs in the winter months. There is not much precipitation in the summer months. The humidity rate increases in winter months (above 50%). In summer months, the humidity rate decreases (it falls below 50%). Air pressure increases during the year in winter months. Air pressure decreases in summer months. The prevailing wind direction throughout the province (the wind blowing for the longest time) is north-northwest, but this situation varies according to the months and seasons during the year.

Construction and basic features of dams

The total technically and economically exploitable hydroelectric energy potential of our country (with storage + without storage) is 180.00 billion kWh. As of the end of 2020, the hydroelectric energy projects in operation can generate 108,111.00 billion kWh with an installed capacity of 31,418.00 MW. This situation shows that by the end of 2020, 60% of the country's potential has been realised and 40% of the potential has not yet been brought into the economy. Among the 2023 targets of our country, it is aimed to reach an installed capacity of 38,823.00 MW and a production value of 130,581.00 billion kWh in the hydroelectric energy projects to be put into operation. Based on the amount of energy produced, the share of hydroelectric power generation facilities among all energy sources (wind, geothermal, solar, hydraulic, thermal) in our country is 25.60% by the end of 2020 (Ministry of Agriculture and Forestry, 2009).

Ataturk Dam Lake

Atatürk Dam Lake was constructed on the Euphrates River within the borders of Adıyaman and Şanlıurfa provinces, approximately 62 km northwest of Şanlıurfa province, 24 km from Bozova district of Şanlıurfa province and 35 km south of Adıyaman provincial centre (Figure 1). Atatürk Dam Lake, with a length of 180 km, a volume of 48.7 km³ and a surface area of 817 km², is for energy and drinking water purposes, and the lowest water elevation is 526 m and the highest water elevation is 542 m. The total storage volume is 48.7 km³ (Anonymous, 1997; Dinç & Dörtbudak, 2020).



Figure 1. Atatürk Dam Lake (Google map)

When GAP (Southeastern Anatolia Project), a regional development plan, is completed, 28% of the total aquaculture potential of Turkey will be under control thanks to 22 dams, 19 hydroelectric power plants and the Euphrates and Tigris rivers, which flow more than 50 billion cubic metres of water annually (Anonymous, 2003a; Dörtbudak et al., 2012).

Birecik Dam Lake

Birecik Dam Lake was built on the Euphrates River. A part of the ancient city of Zeugma is under this dam lake. Lake Hazar is

located in the Upper Euphrates Region of the Eastern Anatolia Region (Figure 2). Covering an area of 70 km², the depth of the lake is 150-216 m. The dam has a body volume of 9.400.000 m³, a height of 63,00 m above the river bed, a lake volume of 1220,20 hm³ at normal water level and a lake area of 56,25 km² at normal water level. The dam provides irrigation services to an area of 92,700 hectares and generates 2,518 GWh of electrical energy annually with 672 MW power. Birecik-Nizip Dam meets 0.57% of Turkey's electricity demand in 2015. It is the largest dam and electricity generation facility built and operated by the private sector with the BOT (Build-Operate-Transfer) model and was transferred to the public institution EÜAŞ (Electricity Generation Co.) on 3 October 2016 (Özuluğ, 2014).

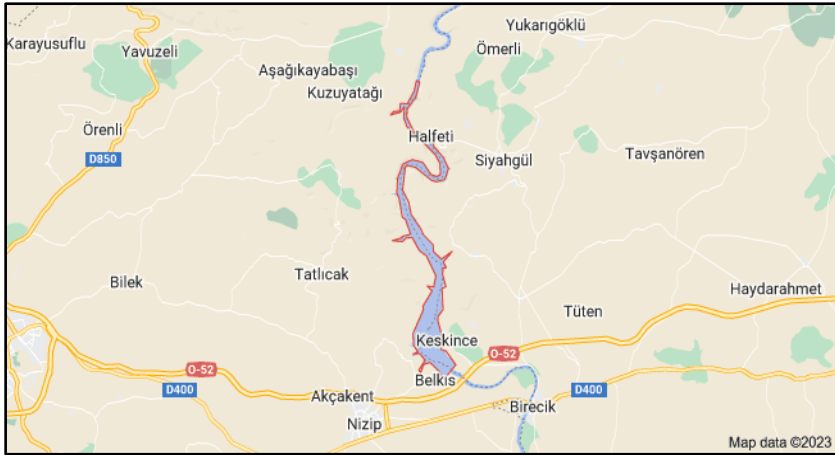


Figure 2. Birecik Dam Lake (Google map)

Birecik Dam and HEPP was constructed by Birecik Dam and Hydroelectric Power Plant Facility and Operation Joint Stock Company with the Build-Operate-Transfer (BOT) model on the Euphrates River, downstream of Atatürk Dam, which is known as one of the largest dams in the world. Established under Law No. 3096, Birecik Dam and Hydroelectric Power Plant is the largest scale hydroelectric power plant project of the Build-Operate-Transfer model in Turkey. With an installed capacity of 672 MW and an

annual electricity generation capacity of 2.5 billion kWh, Birecik HEPP is the fourth largest operating hydroelectric power plant in Turkey after Atatürk, Karakaya and Keban. Birecik Dam and HEPP (Hydroelectric Power Plant) is located in the Southeastern Anatolia region, on the Euphrates River, 8 km upstream of Birecik district of Şanlıurfa province and approximately 30 km north of the Syrian border. Birecik, formerly Birtha, now Birecik, known as Mekadonopolis in ancient times, with its riverside restaurants on the Gaziantep-Şanlıurfa road, serves as a bridge over the Euphrates River. In addition to energy production, irrigation water will be provided by the General Directorate of State Hydraulic Works (DSİ) by pumping from the Birecik Dam lake. The drinking water of Nizip region is supplied from the dam lake with a modern treatment plant (Özuluğ, 2014).

Karkamış Dam Lake

The body volume of Karkamış Dam is 2.100.000 m³, the height from the river bed is 29,00 m, the lake volume at normal water level is 157,00 hm³, and the lake area at normal water level is 28,40 km². The Karkamış Dam and Hydroelectric Power Plant Facility, which is the second unit of the Euphrates Project, which constitutes a part of the Southeastern Anatolia Project (GAP), is the first hydroelectric power plant and the first application of the definition of river power plant in Turkey (Figure 3). The 180 MW power plant is expected to generate 652 GWh of electricity per year. The Karkamış Dam and Hydroelectric Power Plant, which generates energy, has also been constructed right and left bank protection dykes in the dam reservoir area, and the operating elevation of the dam lake, which is at 336 m elevation, has been increased to 340 m, and it is aimed to protect the residences and 433 hectares of agricultural land under the Karkamış Dam Lake (Tepe et al., 2018).



Figure 3. Karkamış Dam Lake (Google map)

Fish populations in dam lakes

According to the researches, approximately 28 species and subspecies belonging to 8 families live in the Euphrates River and the dam lakes built on it (Kuru, 1978; Ekingen & Sarıeyyüpoğlu, 1981; Bozkurt, 1994). Some of these fish species have significant economic value and are marketed by the fishermen of the region. The most important fish species that can be identified are as follows: *Arabibarbus grypus*, *Acanthobrama marmid*, *Aspius vorax*, *Luciobarbus mystaceus*, *Barbus xanthopterus*, *Capoeta umbla*, *Capoeta trutta*, *Carasobarbus luteus*, *Alburnus sellal*, *Chondrostoma regium*, *Cyprinus carpio*, *Leuciscus cephalus orientalis*, *Leuciscus lepidus*, *Mastacembelus mastacembellus* and *Planiza abu*. Taxonomic and biological characteristics of some of these species and the physical and chemical properties of the water have been

studied by various researchers (Kuru, 1978; Bozkurt, 1994; Ünlü & Bozkurt, 1996; Çolak, 1981; Şevik, 1993; Yapalak, et al., 1996; Şevik & Hartavi, 1997; Şevik & Yüksel, 1997; Yüksel, 1997; Şevik et al., 1998; Oymak, 1998)

Since the beginning of water retention in Atatürk Dam Lake, it is seen that aquaculture has started to become a sector in the region for the people whose land is under water (İğne & Can, 2001; Anonim, 2003). The first eight species dominating the population in Atatürk Dam Lake as of 1997 were *Capoeta trutta* (Heckel, 1843), *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843), *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758), *Silurus triostegus* (Heckel, 1843), *Silurus glanis* (Linnaeus, 1758), *Arabibarbus grypus* (Heckel, 1843), *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1974), *Capoeta umba* and *Luciobarbus mystaceus* (Pallas, 1814) (Şevik & Hartavi, 1997a).

In Bozova district of Şanlıurfa, which is on the shore of Atatürk Dam Lake, it was reported that the fish caught were generally 28-40 mm (pearl mullet), 60-90 mm (roe, black tail), 90-140 mm (carp, catfish and shabut) with monofilament/multifilament plain extension nets and the most caught species were *Alburnus sellal*, *Capoeta trutta*, *Carasobarbus luteus*, *Cyprinus carpio*, *Chondrostoma regium*, *Silurus triostegus*, *Arabibarbus grypus* and *Luciobarbus mystaceus* (Duman & Çelik, 2001).

In Birecik Dam Lake and Karkamış Dam Lake, the fish populations are mainly *Barbus rajanorum* (Whiskered fish), *Chalchalthurnus mossulensis* (Mosul mullet), *Capoeta trutta* (Infish), *Carasobarbus luteus* (Yellow mole), *Mugil abu* (Mullet), *Choondostroma regium* (Karaburun), *Tor grypus* (Shabut), *Acanthobrama marmid* (Marmid), *Cyprinion macrostomus* (Spotted carp), *Nemacheilus tigris* (Tigris scavenger fish), *Aspius vorax* (Mist fish), *Glyptothorax firaticus* (Sucker catfish) and *Cyprinus carpio* (Mirror carp) (Can, 2004).

Ecological effects of dams

Dams have climatic, hydrological, ecological, socio-economic and cultural impacts. The water collection part (reservoir) of a hydroelectric power plant that is put into production creates an environmental impact. Climatic effects occur due to the fact that the dam lake is larger in terms of surface area compared to the river and the increase in evaporation. In this way, the humidity in the air increases and air movements change and temperature, precipitation and wind events are differentiated. In this case, the natural vegetation, agricultural plants, aquatic terrestrial fauna in the region undergo a sudden change and the species that can adapt continue their lives (Ludwig, 1982; Sadler, 1986).

Water quality and ecosystem changes

After the construction of the dams, the flow conditions in the downstream part change depending on the operating conditions and especially the peak values disappear. Changes in the amount of flow in the natural environment are indicators for the living organisms in the ecosystem in terms of timing (determination of migration times, etc.). These natural flow values, which are important for aquatic life, lose their ecological value after dam construction and the mobility of living organisms is disrupted (Berkün et al., 2008).

Effects of dams on fish populations

The construction of each dam had direct impacts on the water regime and fish migration routes. It can be said that the continuity in the trophic level of fishes along the river has been disrupted by the effect of dams built on the river. The dams have caused some physical and chemical changes in the river, leading to changes in the composition of living organisms. It has also shown that the effect of dams can lead to changes in the diets of fish and thus in their niches. This may lead to negative effects on species by increasing competition between fish and some species may be excluded from competition. Dams constructed on rivers change the physico-

chemical structure of the rivers and affect the dynamics of the communities living in the river (Özdilek et al., 2015).

Closure of fish migration routes

With the establishment of dams, the migration routes that are important for fish have been closed and this situation has prevented the migration of some species. Fish species living in the waters of our country have to move continuously in the water in order to access food and shelter, escape from predators and reproduce at different times. The rivers harbour water invertebrates such as plankton and insect larvae, which are the food source of fish, as well as various reeds and reeds for both spawning and shelter. This kind of life forms a rich habitat zone for fish. Since the richness of oxygen in rivers is not so abundant in lakes, most of the fish species, except for some species that can reproduce excessively by adapting to lakes, have to migrate upstream of the rivers. For this reason, fish also move to avoid pollution and undesirable adverse conditions in the water. This is only possible with fish passages. In places where there are no fish passages, fish passing through hydroelectric turbines die because they cannot pass to the spawning place (Herdman, 1995). The deterioration of the ecological balance in the basins where necessary precautions are not taken also leads to environmental problems. Since the various pollutants, industrial and agricultural wastes accumulated in the basins together with the recreation areas built afterwards harm fish species and other living things, the bioecology of the rivers should be protected. River pollution is an economic loss. Because it negatively affects drinking and utility water supply, irrigation and fish production (Dikmen et al., 2011).

Fish passages are constructed because the biological balance between the upper part of the reservoir of the reservoir and the living organisms living in the river in the lower part is to the detriment of fish. When dams, ponds and regulators were constructed, irrigation and electricity generation were taken into consideration, and the migration movement of fish was prevented as a result of not constructing fish passages (stairs, pools) (Elp et al., 2006). It is

always useful to know the structure of the region where the passages will be constructed, the species of fish, their migration requests for breeding or feeding, i.e. the fauna, and to construct appropriate passages. If the structures such as dams or dykes are suitable, extending the length of such passages to cool waters is an advantage for fish. It is important to plan such structures in advance. Increasing water temperature and decreasing oxygen in the lakes adversely affect the lives of fish, especially those that require cool and oxygen-rich water. Therefore, habitat connectivity (both tributary and longitudinal) is necessary to meet the migration requirements of species and to ensure their presence in habitats (Bozkurt and Yüksel, 2017). Fish passages are not very functional if the characteristics of all fish species migrating for breeding or feeding and environmental factors are not taken into account. In Turkey, 1250 small hydroelectric power plants (HPPs) have been constructed by private companies since 2001 and the effectiveness of these legally obligatory fish passages in HPPs is unknown (Alp et al., 2015). Although extending fish passages further back from the reservoir is suitable for some canal-formed rivers of Europe, where even transport on water is possible, it can only be adapted to some rivers or small structures considering the geographical structure of many regions of our country. This situation becomes a little more difficult for dams built in the form of a staircase one after the other. Atatürk dam is one of such dams built on the Euphrates river. In this, the difference between the upstream and downstream is suitable as well as the length of our dams from the reservoir to the cool waters is another factor (Muluk et al., 2010).

Fisheries studies

Fishing activities are carried out in the form of fishing activities carried out for sustainable fishing in the natural environment in the dam lake and trout production in designated areas.

Sustainable fisheries and management efforts

The fact that Atatürk Dam Lake has a great potential in terms of aquaculture has revealed the need to utilise the area in this respect. From this point of view, studies were started in 1993, and in the first stage, it was planned to open the lake to exploitation in its current state in order to ensure that the villages whose lands were under water could benefit from aquaculture (Erkoç, 1994). Since Atatürk Dam Lake is within the borders of Adıyaman, Diyarbakır, Şanlıurfa provinces and 10 districts of these provinces and spread over a large area, it has become necessary to allocate it to various hunting areas. For this reason, studies were carried out on the catchable stock, the division of the catching areas, co-operation and expropriation. Today, it is observed that with the understanding of the importance of this potential by the local people, studies such as co-operation have developed faster than expected.

The fact that Turkey ranks 30th among 161 world countries, 5th among European countries and 2nd among Mediterranean countries in aquaculture production shows that Turkey is in a situation that is not compatible with its position in this field (Avşar, 1998).

Although there are many reasons for this situation, the need for accurate data on existing fish stocks remains valid as one of the most important ones. As a matter of fact, the biology of a living creature must be known very well in order to cultivate it under human hands, that is, to increase its amount in agriculture or in nature, and to benefit from it at the highest level. Otherwise, the planning and efforts to be made cannot be expected to yield very good results (Çelikkale, 1991). In natural aquaculture in the GAP Region, 8.157 tonnes of fish can be produced according to the average of the dam lakes in Turkey (37 kg/hectare), 12.015 tonnes according to the average of the existing dam lakes in the GAP Region (Tahtaköprü and Devegeçidi) (54.5 kg/hectare) and 12.781 tonnes according to the world minimum averages. These values are equivalent to approximately 1/4 of Turkey 's inland water products production

(Boşgelmez et al., 1997). Within the framework of the fishery activities, mirror carp fry were released into Atatürk Dam Lake by the State Hydraulic Works (DSİ). In addition, fishing activities are continued every year (Erkoç, 1994). The selection of the study area was influenced by the aim of observing the possible changes in the bio-ecology of fish species living in the Euphrates River ecosystem with the construction of Atatürk Dam.

Trout production studies

With the Southeastern Anatolia Project (GAP), whose main objectives are irrigation and energy, new water reservoirs will be put into active use and it will be possible to utilise the resources arising from the increase in agricultural production in the region, which has a great land potential with irrigation and energy production, in terms of aquaculture (Atay, 1993). With the reservoirs within the scope of GAP and other State Hydraulic Works (DSİ) reservoirs in the region, the estimated annual fish production of 3.000-4.000 tonnes can be increased to approximately 9.000-9.500 tonnes as a result of necessary aquaculture development studies (Şafak, 1992). Today, cage farming attracts more attention of researchers and commercial producers. The increase in fish consumption, the decline of some natural fish stocks and profitability have aroused a special interest in cage fish production. Cage farming also provides the opportunity to utilise water resources that are only available for limited use for other purposes (Emre & Kürüm, 1990).

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) culture fishery is also carried out in the region. A total of 28 enterprises, 17 in Şanlıurfa and 11 in Gaziantep, are engaged in aquaculture in this region. The actual capacities of the enterprises producing in the basin are 5.805 tonnes/year and the project capacities are 16.458 tonnes/year. The average actual capacity of the enterprises operating in the basin was calculated as 207.3 tonnes/year and the average project capacity as 587.7 tonnes/year. According to the records of Şanlıurfa and Gaziantep Provincial Directorates of Food, Agriculture and Livestock, the total water surface area rented by the enterprises is

452.813 m² (Anonymous, 2016b). In the measurements made with GPS (Global Positioning System) device, the total water surface area of the enterprises was found to be 190,000 m². It was calculated that the average water surface area rented by the enterprises producing in net cages was 6.785 m². The fish produced here are mostly exported to Russia and Germany (Kuzucu & Büyükçapar, 2018).

"Trout Farming in Floating Net Cages" is carried out on the water surface of Karkamış Dam Lake. The net cages are not mounted on the lake water bottom. Since the water flow in the lake area is low, the net cages are fixed by means of weights. The basis of successful breeding in fish farms is to feed the fish at the right rate as a percentage of their live weight according to the daily water temperature. In determining the feeding frequency and the amount of feed given, many factors such as the developmental stage of the fish, the amount of stock, water quality, water flow rate, water change in the rearing environment and day length can be taken into consideration. However, two main principles should not be forgotten when determining the amount of feed to be given to the fish daily. These are;

- 1- Feed intake of fish depends on water temperature.
- 2- Feed requirement decreases proportionally as the fish grow (Igler, 1990).

The effect of water temperature in all stages of fish farming is undeniable. Because, although water temperature primarily affects the oxygen saturation of the water, it also affects the metabolic rate of the fish (Lindhorst-Emme, 1990).

In conclusion; Marine and inland water resources are important natural resources that host ecosystems rich in biodiversity and can meet the basic nutritional needs of humanity when managed sustainably. However, a number of measures must be taken to ensure the sustainability of these resources and maintain ecosystem balance. To protect the sustainability of aquaculture resources, combating overfishing should be at the forefront. Hunting quotas based on

scientific data should be determined and strict control mechanisms should be established to ensure that these quotas are not exceeded. In addition, hunting seasons and areas should be determined and natural reproductive cycles should be respected. Other important factors that threaten aquaculture resources include environmental pollution and bioinvaders. Strict measures must be taken to prevent uncontrolled discharge of industrial wastes into water bodies, reduce land-based pollution, and prevent the introduction of harmful alien species into aquatic ecosystems. Sustainable aquaculture management should also include freezing, storage and distribution processes. These processes should be supported by modern technologies to maintain the quality of the products and minimize waste, and should be planned to minimize environmental impacts. It is also important to take a social approach to this issue. Public awareness and participation is a critical factor for successful sustainable aquaculture management. Public policies prepared based on scientific research should contribute to the sustainability of public natural resources. Sustainability of aquaculture resources requires a multidisciplinary approach. With a strategy that brings together science, technology, environmental policies and social participation, these resources can be transferred to future generations in a healthy, high-quality and sustainable way. This process should be implemented with a planning approach under the effective supervision and control of the state.

References

Alp, A., Akyüz, A., Özcan, M., & Yerli, S. V. (2015). Efficiency and suitability of the fish passage in River Ceyhan, Turkey. In International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage.

Altınbilek, D. (2013). Dünyanın ve Türkiye'nin Su Kaynakları. <http://e-bulten.library.atilim.edu.tr/sayilar/2013-06/makale.html>, Sayı:30 /Yıl: 8, ISSN:1306- 3472.

Anonim. (1997). GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Bilgi Serisi. DSG Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim. (2001). Türkiye Ulusal Biyolojik Çeşitlilik ve Eylem Planı.

Anonim. (2003). Atatürk Baraj Gölü Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı 83,22.

Atay, D. (1993). GAP ve Çevre. Türkiye Çevre Vakfı, Ankara.

Avşar, D. (1998). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Baki Kitap ve Yayınevi, Adana, 303s.

Berkün, M., Aras, E., & Koç, T. (2008). Barajların ve hidroelektrik santrallerin nehir ekolojisi üzerinde oluşturduğu etkiler. Türkiye Mühendislik Haberleri, 452(6), 41-48.

Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Savaşçı, S., & Paslı, N. Kaynaş, S. (1997). Ekoloji-I. Ispartalılar Eğitim Kültür Sağlık Turizm Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı, Yayın No:6, Ankara, 805s.

Bozkurt, R., & Yüksel, A. Y. (2017). Balık geçitleri ve hidroelektrik santrallerinin balık göçlerine etkisi. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 6(2), 94-99.

Bozkurt, R., (1994). Atatürk Baraj Gölü ve Baraj Gölüne Dökülen Derelerdeki Balıkların sistematiği. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şanlıurfa, 71s.

Can, O. E. (2004). Status, conservation and management of large carnivores in Turkey. Strasbourg, France: Council of Europe. T-PVS/Inf (2004), 8.

Çelikkale, M. S. (1991). Balık Biyolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksek Okulu, Genel Yayın No: 101, Trabzon, 387s.

Çetinkaya, O., Elp, M., Şen, F., (1999). Nazik Gölü'ne (Ahlat-Bitlis) Aşıl原因an Havuz Balığı (Carassius carassius) Üzerinde Araştırmalar. X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 22-24 Eylül Adana, Temel Bilimler ve Biyolojik Çeşitlilik Sektörasyonu, s. 814-825.

Dikmen, Ç., Saraçoğlu, E., Durucan, Z., Durak, S., & Sarıoğlu, K. (2011). Türkiye Çevre Durum Raporu. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin Denetim Genel Müdürlüğü, Çevre Envanteri ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara, s 356.

Dinç, H., & Dörtbudak, M. Y. (2020). Investigation of toxic effects of heavy metal level in Atatürk Dam. Experimental and Applied Medical Science, 1(1), 23-28.

Dörtbudak, M. Y., Şevik, R., & Doğan, N. (2012). Atatürk Baraj Gölü'nde Yaşayan Bıyıklı Balık (Luciobarbus mystaceus (Pallas, 1814))'ın Bazı Biyolojik Özellikleri. Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 1(2), 73-83.

Duman, E., & Çelik, A. (2001). Atatürk Baraj Gölü Bozova Bölgesi'nde Avlanan Balıklar ve Verimlilikleri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1).

Ekingen, G. & Sarıyüpeoğlu, M. (1981). Keban Baraj Gölü Balıkları. Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 6(1-2):8-22.

Elp, M., Şen, F., & Çetinkaya, O. (2006). Van Gölü Havzası Su Kaynaklarında Yaşayan Balık Populasyonlarının Karşılaştığı Problemler ve Çözüm Yolları. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(3), 407-412.

Emre Y., & Kürüm, V. (1990). Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri. Minpa Matbaacılık, Ankara.

Erkoç. M., (1994). GAP Bölgesi su ürünleri potansiyeli, GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı GAP Dergisi, 2(4):15-19.

Herdman R.C. (1995). Office of Technology Assessment. Fish Passage Technologies: Protection at Hydropower Facilities, OTA-ENV-64, Washington.

Igler, K. (1990). Forellenzucht. Leopold Stocker Verlag, pp. 90.

Kuru, M. (1978). The fresh water fish of South-Eastern Turkey-2 (Euphrates-Tigris Systeme). Hac. Bull. Nat. Sci. Eng. 7-8:105-114.

Kuzucu O. & Büyükçapar H.M. (2018). Aşağı Fırat Havzasında Kafes Balıkçılığı Yapan İşletmelerin Yapısal ve Biyoteknik Analizi, KSÜ Tarım ve Doğa Derg 21(1):58-65

Lindhorst-Emme, W. (1990). Forellenzucht. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.157 s.

Muluk, Ç., Turak, A. S., Yılmaz, D., Zeydanlı, U., & Bilgin, C. C. (2010). Hidroelektrik Santral Etkileri Uzman Raporu Barhal Vadisi.

Oymak, S. A. (1998). Atatürk Baraj Gölü’nde Yaşayan Silurus triostegus (Heckel, 1843) ve Chondrostoma regium (Heckel, 1843)’un Biyo-Ekolojik Özellikleri. Gazi Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, Ankara, 118s.

Özuluğ, O. (2014). Birecik Baraj Gölü Havzası (Şanlıurfa) Ve Hazar Gölü (Elazığ) Ostracodları (Crustacea) Hakkında Ön Çalışma. Aquatic Sciences and Engineering, 29(2), 1-8. <https://doi.org/10.18864/iujfas.8610>

Şafak, N. (1992). Su Ürünleri Planlaması. Bilim ve Teknik, 25, 292, 41-42.

Şevik, R. & Hartavi, M. (1997). Atatürk Baraj Gölü’nde yaşayan Carassobarbus luteus (Heckel, 1843) üzerine araştırmalar-I.

IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül Eğirdir-Isparta, s.50-58.

Şevik, R. & Yüksel, M. (1997). Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843) üzerine araştırmalar-II. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül Eğirdir-Isparta, s. 256-264.

Şevik, R. (1993). Atatürk Barajı-Suriye sınırı arasındaki Fırat Sularında Yaşayan *C. regium* ve *C. trutta* Türlerinin Biyoekolojileri ve Et Verimleri Üzerine Araştırmalar. Akdeniz Üniv. Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi, Erzurum.

Şevik, R., Hartavi, Ş., Kılıç, Ö. S. & Yüksel, M. (1998). Atatürk Baraj Gölü Bozova avlak sahası balık türlerinin bazı ekolojik özellikleri üzerine araştırmalar. Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu, 10-12. s. 589-596.

Tarım ve Orman Bakanlığı, (2009). 1. Su Şurası T. V. O. Depolamalı Tesisler Grubu Çalışma Belgesi. (s23), 118p, DSİ ISBN: 978- 605- 393- 045-7, Ankara.

Tepe, R., Karakaya, G., Şahin, A. G., Sesli, A., Küçükyılmaz, M. & Aksağan, A. (2018). Karkamış baraj gölü trofik durumu. International Journal of Innovative Engineering Applications, 2(1), 1-3.

Ünlü, E. & Bozkurt, R. (1996). Notes on the Catfish, *Silurus triostegus* (Siluridae) from the Euphrates River in Turkey. Cybium, 20(3):315-317.

Wondrak, P. (1994). Richtig Besetzen Ein Sonderheft der Zeitschrift Blinker Nr. 48, jahr Verlag GmbH und Co Hamburg, 77 s.

Yalçın Özdilek, Ş., Akbulut, M., Özdilek, H. G., Erdugan, H., Odabaşı, D. A. & Odabaşı, S. (2015). Barajların Akarsulardaki Besin Ağı ve Balıkların Trofik İlişkileri Üzerine Etkileri. TÜBİTAK 111Y286 No. lu Proje Raporu.

Yapalak, S., Solak, K. & Oymak, A. (1997). Atatürk Baraj Gölü (Fırat)‘nde yaşayan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)‘nın üreme biyolojisi. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül, Eğirdir-Isparta s.182-192.

Yüksel, M. (1997). Atatürk Barajı Göl Suyunun Balık Yetiştiriciliği Açısından Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin Tespiti. Harran Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.

BÖLÜM IX

Zebrafish In Research On Diseases Of The Central Nervous System

Çetin YAĞCILAR¹
Cemal POLAT²

Introduction

Central Nervous System

The central nervous system (CNS), also called the central nervous system, is a structure consisting of the brain and spinal cord and the interconnected nerves, whose development is a complex and long process (Figure 1) (de Graaf-Peters and Hadders-Algra, 2006). This structure thus functions like a network that keeps the whole body under control. The CNS has been studied in detail by many anatomists and physiologists, but its mystery has not yet been fully solved (MedicalNewsToday, 2023). This structure is responsible for

¹ Dr. Öğr. Görevlisi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, cyagcilar@nku.edu.tr

² Dr. Öğretim Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, cpolat@nku.edu.tr

many functions, including remembering, thinking, movement, memory and communication (Thau, Reddy, & Singh, 2019).



Figure 1. Central Nervous System (created with Microsoft Bing artificial intelligence, 2023)

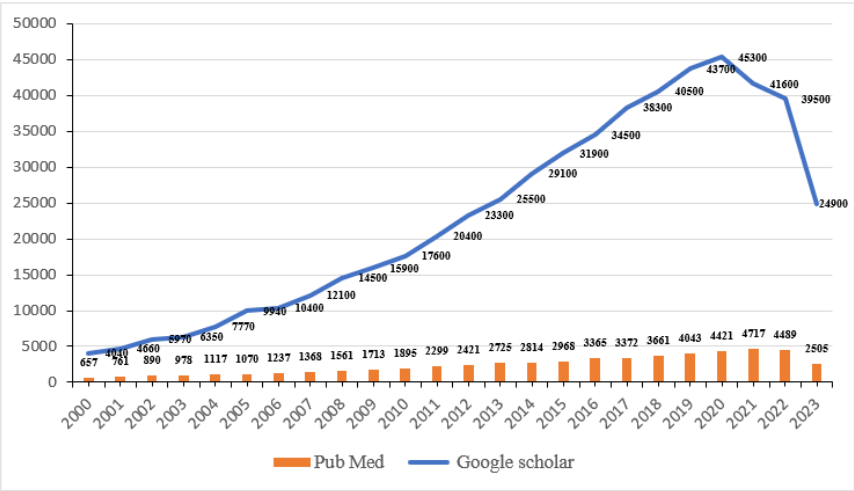
Diseases Of The Central Nervous System

Central nervous system diseases have complex neurophysiological and pathological mechanisms, such as vascular dementia (VD), Alzheimer's disease (AD), stroke, spinal cord injury (SCI), depression, Parkinson's disease (PD), polio, epilepsy, dizziness, and these patients It negatively affects the quality of life (Zhang et al., 2023). The CNS, which causes a variety of diseases, affects millions of people worldwide, but it remains a problem for

which there has been little progress in diagnostic and treatment approaches despite major efforts in disease research (Fan, Chen, & Zhang, 2022).

Zebrafish

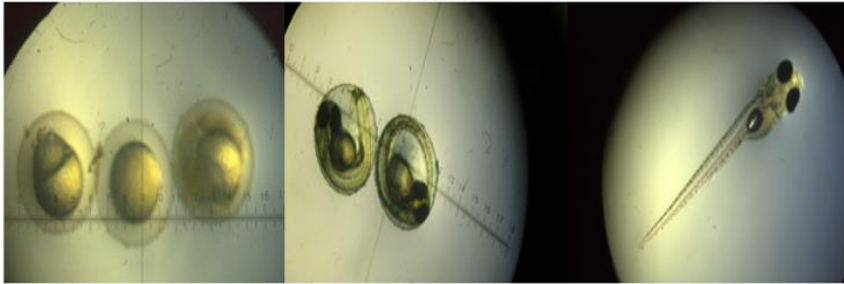
Experimental models conducted with different animal species play an important role and their use has gradually increased with the consistency of the data obtained in the studies (Teame et al., 2019). The annual number of publications on zebrafish, the most important aquatic species among these experimental animal models, is shown in Graphic 1.



Graphic 1. Annual Number of Publications for Searches with the Keyword "Zebrafish" in Google Scholar and PubMed

The zebrafish (*Danio rerio*), a tropical freshwater fish native to the northern Indian subcontinent, its larvae, grubs and adults are frequently used as models, especially in the analysis of human diseases (Tavares and Lopes, 2013). Nowadays, zebrafish are increasingly used in various research areas such as genetics, immunity, behavior, physiology and nutrition (Teame et al., 2019). The increasing use of this species in research is attributed to several

characteristics, such as its transparency at the embryonic stage (Figure 2), its small size (Figure 3), its rapid development and its genetic similarity to humans (Lawrence 2007; López-Olmeda and Sánchez-Vázquez, 2011). Female zebrafish lay an average of 200-250 eggs and embryogenesis is quite rapid (Shenoy, Banerjee, Upadhyay, Bagwe-Parab, & Kaur, 2022).



YAĞCILAR, GÜRGAN 2023

Figure 2. Zebrafish Egg, Embryo and Larva



YAĞCILAR, GÜRGAN 2023

Figure 3. Adult Female Zebrafish AB Strain, Adult Transgenic Male and Female Zebrafish

Use of Zebrafish for Diseases of the Central Nervous System

The brain plays an important role in the central nervous system. It is an organ that performs important functions such as memory, learning and remembering, and the cerebral blood vessels surrounding it transport oxygen and nutrients to the neurons and glial cells in the brain. A disruption in this system can have a negative

impact on brain function (Mizoguchi et al., 2023). Neurodegeneration causes abnormal changes in the structure and function of neurons in the central nervous system, leading to the death of cells. As a result of these abnormal changes, many common diseases such as Alzheimer's, Parkinson's and Huntington's occur (Agrawal and Biswas, 2015). Further studies and the determination of the ideal animal model are required to understand the mechanism of the development of these diseases (McGonigle and Ruggeri, 2014).

Although rats are generally preferred in neurodegenerative disease modeling studies, the zebrafish, an aquatic vertebrate, appears to be an important animal model that can be used to study the mechanisms of such diseases (Ren et al., 2018; Zhang et al. 2021).

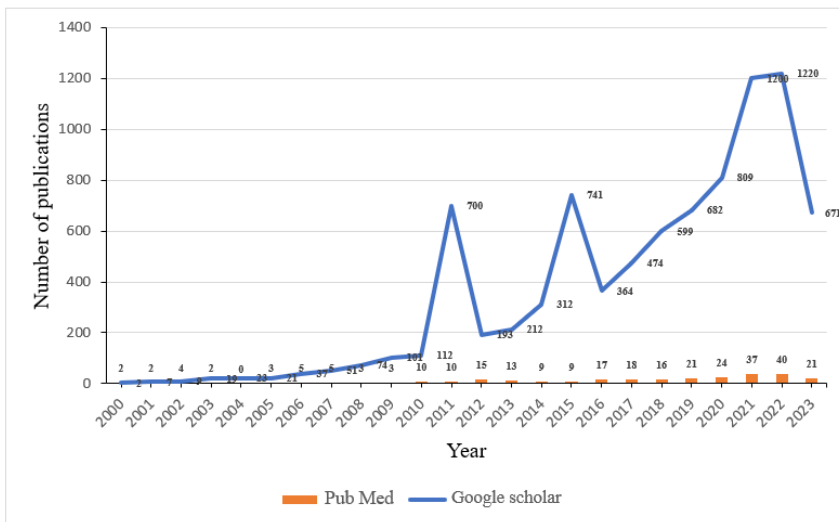
The use of zebrafish in research is beneficial as they fulfill the principles of the 3Rs. At the same time, the 2010 European Commission Directive exempts studies conducted on zebrafish fry from ethics committee approval until 5 days after fertilization (Cassar et al., 2019; Shenoy et al., 2022).

Use of Zebrafish As a Model Animal for Alzheimer's Disease

Alzheimer's disease (AD) is a neurodegenerative disease associated with age-related loss of memory and thinking skills (Choi and Tanzi, 2023). It is reported that this disease will reach 14 million deaths worldwide by 2050, with an increase of one million deaths per year (More and Pawar, 2023). The cost of this disease is around 604 billion dollars worldwide and it is the 6th most common cause of death. Turkey is one of the four countries that will have the most Alzheimer's patients by 2050 compared to other countries (Turkish Psychiatric Association, 2023). It has been emphasized that the zebrafish is a good model organism for in vivo research in the field of Alzheimer's disease. It appears to be an alternative way to identify defective cellular pathways associated with Alzheimer's disease and to test therapeutic drugs (Barazzuol et al., 2023). Zebrafish in

particular are a valuable model with a rudimentary nervous system and a genome with a nucleotide sequence comparable to other animal models (Thawkar, Banerjee, & Kaur, 2023). In addition, the zebrafish brain has new cell formations that differ from those of mammals and are associated with excellent regenerative abilities (Mahmud et al., 2023).

Graphic 2 shows the annual number of publications used in studies on Alzheimer's disease using this experimental animal model, the zebrafish.



Graphic 2. Annual Number of Publications for the Search Term "Zebrafish Model Alzheimer's Disease" in Google Scholar and PubMed

Use of Zebrafish As a Model Animal for Parkinson's Disease

Nowadays, Parkinson's disease (PD) has spread all over the world and can affect any point of the human body through the nerves, which has a negative impact on the human nervous system (Elshewey et al., 2023). Parkinson's disease is the second most common neurodegenerative disease, affecting 2 to 3 % of the world's

population, especially those over 65 years of age (Poewe et al., 2017). Various symptoms can be observed in patients, including body tremors, stiffness, imbalance, sleep and mood disorders (Zesiewicz, 2019). In recent studies conducted on embryos and larvae of the zebrafish, which is a potential model organism for research into neurodegenerative diseases, it has been reported that the use of neurotoxins has similar effects to mammals and that the use of this species for PD is appropriate (Briñez-Gallego, da Costa Silva, Cordeiro, Horn, & Hort, 2023). In one study, adult zebrafish were exposed to rotenone and erucic acid (cis-13-dococenoic acid) for 30 days and it was found that treatment with erucic acid could have a positive effect on the PH model (Uenal et al., 2023). In aging zebrafish, loss of DJ-1, a redox-sensitive protein with a variety of functions related to protection against oxidative stress, has been shown to play a progressive role in motor and non-motor symptoms associated with Parkinson's disease (Chavali et al., 2023). In a study conducted to treat alternative herbal products, the use of 5 mg/ml of the extract obtained from the leaves of the *Artocarpus camansi* plant, called breadfruit, was shown to stimulate dopamine release and increase locomotor activity in adult female and male zebrafish (Gondokesumo et al., 2023).

Graphic 3 shows the annual number of publications used in studies on Alzheimer's disease using this experimental animal model, the zebrafish.

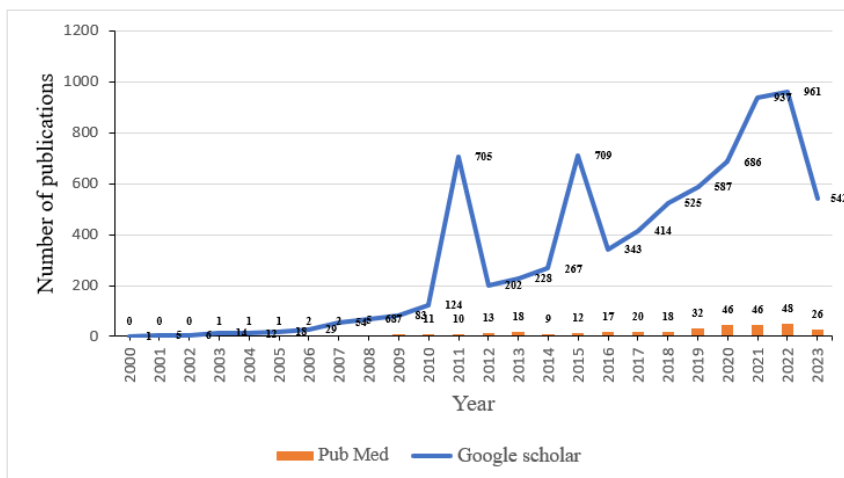
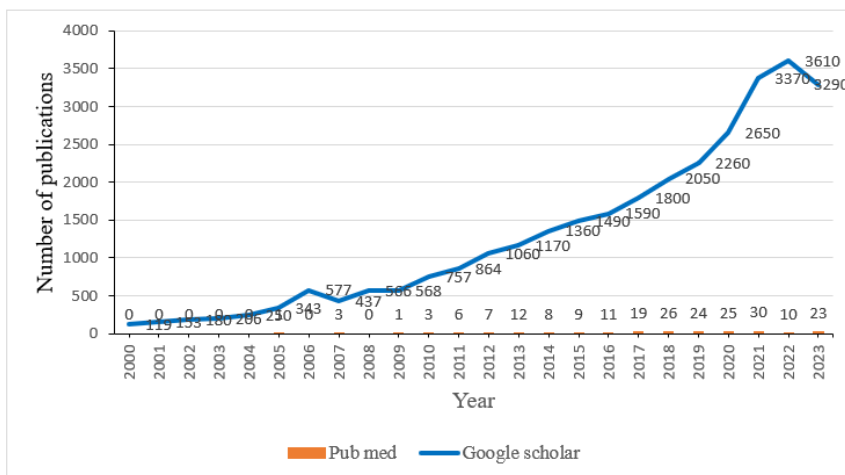


Figure 3. Annual Number of Publications for The Search Term "Zebrafish Model Parkinson's Disease" in Google Scholar and Pub Med

Use of The Zebrafish As a Model Animal for Epilepsy

Epilepsy is a neurological disorder that affects both adults and children and whose origin and course are still unclear (D'Amora et al., 2023). It has a particularly negative effect on the vital activities of people infected with the disease (Strzelczyk et al., 2023). Although it is estimated that more than 50 million people worldwide are affected by this disease and 30% of them do not respond to any treatment, it has been reported that herbal medicines may have promising effects against seizures (Skiba et al., 2023). In one study, the leaf extract of a rainforest plant native to Australia, New Guinea and New Caledonia, known as Halfordia kendack, was observed to reduce convulsive behaviors in zebrafish in a pentylenetetrazole (PTZ)-induced seizure model compared to sodium valproate used as an anticonvulsant (Skiba et al., 2023).

Graphic 4 shows the annual number of publications used in studies on Epilepsy's disease using this experimental animal model, the zebrafish.



Graphic 4. Annual Number of Publications for The Search Term "Use of Zebrafish As a Model Animal for Epilepsy" in Google Scholar and PubMed

Conclusion

Animal models are necessary to understand complex diseases that affect human metabolism. This review examined prominent studies on the zebrafish, which has been used in recent years for the diagnosis and treatment of neurodegenerative diseases. With regard to the zebrafish genome in particular, 71% of human proteins and 82% of disease-causing human proteins show significant similarity in zebrafish. Due to this characteristic, the zebrafish can be an important vertebrate model organism for research into human diseases.

References

Agrawal, M., ve Biswas, A. (2015). Molecular diagnostics of neurodegenerative disorders. *Frontiers in molecular biosciences*, 2, 54.

Barazzuol, L., Cieri, D., Facchinello, N., Cali, T., Washbourne, P., Argenton, F., ve Pizzo, P. (2023). Unraveling Presenilin 2 Functions in a Knockout Zebrafish Line to Shed Light into Alzheimer's Disease Pathogenesis. *Cells*, 12(3), 376.

Briñez-Gallego, P., da Costa Silva, D. G., Cordeiro, M. F., Horn, A. P., ve Hort, M. A. (2023). Experimental models of chemically induced Parkinson's disease in zebrafish at the embryonic larval stage: a systematic review. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 26(4), 201-237.

Cassar, S., Adatto, I., Freeman, J. L., Gamse, J. T., Iturria, I., Lawrence, C., ... ve Zon, L. I. (2019). Use of zebrafish in drug discovery toxicology. *Chemical research in toxicology*, 33(1), 95-118.

Chavali, L. N. M., Yddal, I., Bifulco, E., Mannsåker, S., Røise, D., Law, J. O., ... ve Fladmark, K. E. (2023). Progressive Motor and Non-Motor Symptoms in Park7 Knockout Zebrafish. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6456.

Choi, S. H., ve Tanzi, R. E. (2023). Adult neurogenesis in Alzheimer's disease. *Hippocampus*, 33(4), 307-321.

D'Amora, M., Galgani, A., Marchese, M., Tantussi, F., Faraguna, U., De Angelis, F., ve Giorgi, F. S. (2023). Zebrafish as an Innovative Tool for Epilepsy Modeling: State of the Art and Potential Future Directions. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(9), 7702.

De Graaf-Peters, V. B., ve Hadders-Algra, M. (2006). Ontogeny of the human central nervous system: what is happening when?. *Early human development*, 82(4), 257-266.

Elshehewey, A. M., Shams, M. Y., El-Rashidy, N., Elhady, A. M., Shohieb, S. M., ve Tarek, Z. (2023). Bayesian optimization with support vector machine model for parkinson disease classification. *Sensors*, 23(4), 2085.

Fan, Y., Chen, Z., ve Zhang, M. (2022). Role of exosomes in the pathogenesis, diagnosis, and treatment of central nervous system diseases. *Journal of Translational Medicine*, 20(1), 291.

Gondokesumo, M. E., Budipramana, K., Putri, P. D. A., Nopitasari, N. P. D., Aditya, M., ve Yusan, L. Y. (2023). Kluwih (*Autocarpus camansi*) leaves extract effects in zebrafish models of Parkinson's disease. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 12(1), 14-22.

Lawrence, C. (2007). The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): A review. *Aquaculture*, 269(1-4), 1-20.

López-Olmeda, J. F., ve Sánchez-Vázquez, F. J. (2011). Thermal biology of zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Thermal Biology*, 36(2), 91-104.

Mahmud, F. B., Ramya, A., Angri, R., Dinushi, E. R., Bandara, T., Wijekoon, D. G. W. M. H. M. M., ve Sarvanan, C. (2023). Adult Neurogenesis In The Brain Of Zebrafish; The Brain Derived Neurotrophic Factor (Bdnf)-A Review. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(4), 3370-3381.

McGonigle, P., ve Ruggeri, B. (2014). Animal models of human disease: challenges in enabling translation. *Biochemical pharmacology*, 87(1), 162-171.

MedicalNewsToday: All about the central nervous system Aralık 12, 2022. Erişim adresi: [Central nervous system: Structure, function, and diseases \(medicalnewstoday.com\)](https://www.medicalnewstoday.com/articles/central-nervous-system-structure-function-and-diseases). Haziran 06, 2023.

Mizoguchi, T., Okita, M., Minami, Y., Fukunaga, M., Maki, A., ve Itoh, M. (2023). Age-dependent dysfunction of the cerebrovascular system in the zebrafish telencephalon. *Experimental Gerontology*, 178, 112206.

More, S., ve Pawar, A. (2023). Brain targeted curcumin loaded turmeric oil microemulsion protects against trimethyltin induced neurodegeneration in adult zebrafish: A pharmacokinetic and pharmacodynamic insight. *Pharmaceutical Research*, 40(3), 675-687.

Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkman, J., ... ve Lang, A. E. (2017). Parkinson disease. *Nature reviews Disease primers*, 3(1), 1-21.

Ren, Z., Yu, J., Wu, Z., Si, W., Li, X., Liu, Y., ... ve Chen, D. (2018). MicroRNA-210-5p contributes to cognitive impairment in early vascular dementia rat model through targeting Snap25. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 11, 388.

Shenoy, A., Banerjee, M., Upadhyay, A., Bagwe-Parab, S., ve Kaur, G. (2022). The Brilliance of the Zebrafish Model: Perception on Behavior and Alzheimer's Disease. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16, 861155.

Skiba, A., Koziol, E., Luca, S. V., Budzyńska, B., Podlasz, P., Van Der Ent, W., ... ve Skalicka-Woźniak, K. (2023). Evaluation of the Antiseizure Activity of Endemic Plant *Halfordia kendack* Guillaumin and Its Main Constituent, Halfordin, on a Zebrafish Pentylenetetrazole (PTZ)-Induced Seizure Model. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2598.

Strzelczyk, A., Aledo-Serrano, A., Coppola, A., Didelot, A., Bates, E., Sainz-Fuertes, R., ve Lawthom, C. (2023). The impact of epilepsy on quality of life: Findings from a European survey. *Epilepsy ve Behavior*, 142, 109179.

Tavares, B., ve Lopes, S. S. (2013). The importance of Zebrafish in biomedical research. *Acta medica portuguesa*, 26(5), 583-592.

Teame, T., Zhang, Z., Ran, C., Zhang, H., Yang, Y., Ding, Q., ... ve Zhou, Z. (2019). The use of zebrafish (*Danio rerio*) as biomedical models. *Animal Frontiers*, 9(3), 68-77.

Thau, L., Reddy, V., ve Singh, P. (2019). Anatomy, central nervous system.

Thawkar, B. S., Banerjee, M., ve Kaur, G. (2023). Alzheimer's disease preliminary screening in zebrafish integrating behavioral models and molecular markers. In *Handbook of Animal Models in Neurological Disorders* (pp. 3-16). Academic Press.

Türkiye Psikiyatri Derneği: Dünya Alzheimer Hastalığı Günü, "Dünya'da en fazla Alzheimer hastalığı görülecek olan dört ülkeden biri: Türkiye". Erişim adresi: <https://psikiyatri.org.tr/basin/324/dunya-alzheimer-hastaligi-gunu>. Haziran 06, 2023.

Ünal, İ., Cansız, D., Sürmen, M. G., Sürmen, S., Sezer, Z., Beler, M., ... ve Emekli-Alturfan, E. (2023). Identification of molecular network of gut-brain axis associated with neuroprotective effects of PPAR δ -ligand erucic acid in rotenone-induced Parkinson's disease model in zebrafish. *European Journal of Neuroscience*, 57(4), 585-606.

Zesiewicz, T. A. (2019). Parkinson disease. *Continuum: Lifelong Learning in Neurology*, 25(4), 896-918.

Zhang, F., Zhao, K., Tang, T., Deng, Y., Zhang, Y., Feng, S., ... ve Cen, J. (2021). Bisindole compound 4ae ameliorated cognitive impairment in rats with vascular dementia by anti-inflammation effect via microglia cells. *European Journal of Pharmacology*, 908, 174357.

Zhang, H. M., Luo, D., Chen, R., Wang, S. H., Zhao, Y. J., Li, J. X., ... ve Liang, F. X. (2023). Research progress on acupuncture treatment in central nervous system diseases based on NLRP3 inflammasome in animal models. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1118508.

