



Aysel İtik Ekinci

Veterinary Control Institute Directorate, ayselitik@hotmail.com, Elazığ-Türkiye
Naim Sağlam

Fırat University, nsaglam@firat.edu.tr, Elazığ-Türkiye

Ayşe Türkan Çiftçi, Ünal Kılınç

Veterinary Control Institute Directorate, Elazığ-Türkiye
ayseirem_23@hotmail.com; unal.kilinc@tarimorman.gov.tr

Mehmet Çatalkaya, Mustafa Balcı

Elazığ Fisheries Research Institute Directorate, Elazığ-Türkiye
mehmetcatalkaya@hotmail.com; mustafabalci66@hotmail.com

Mustafa Özkaraca

Sivas Cumhuriyet University, mustafaozkaraca55@hotmail.com,
Sivas-Türkiye

Songül Çeribaşı

Fırat University, songulozer@firat.edu.tr, Elazığ-Türkiye

Ayşen Beyazıt

Veterinary Control Institute Directorate, beyazitaysen@yahoo.com, Elazığ-Türkiye

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2024.19.1.5A0208		
ORCID ID	0000-0002-2730-7657	0000-0002-3163-8432	0000-0001-6942-2998
	0000-0002-4859-4384	0000-0002-3884-4474	0000-0002-3204-1320
	0000-0002-6359-6249	0000-0003-2331-6203	0000-0003-3487-6249
Corresponding Author	Naim Sağlam		

KAFESLERDE YETİŞTİRİLEN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞINDA (*Oncorhynchus mykiss*) MYXOSPOREAN (MYXOZOA) TÜRLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışma Elazığ Keban ve Karakaya Baraj göllerinde kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Myxosporean parazitlerin enfeksiyon ve histopatolojik durumunu belirlemek amacıyla yapılmıştır. Alabalık örnekleri kapasitesi 250 ton ve üzerinde olan ve farklı bölgeleri temsil eden altı kafes işletmesinden Ocak-Aralık 2014 ve Ocak-Aralık 2016 tarihleri arasında iki yıl süreyle toplanmıştır. Parazitolojik ve histopatolojik incelemesi yapılan 1080 gökkuşağı alabalığının 29'unun (%2.69) solungaç lamellalarında *Myxobolus* sp. tespit edilmiştir. En yüksek enfeksiyon prevalansı (%10.00) Keban baraj gölünün 6. Bölgesinde yer alan alabalık çiftliklerinde belirlenirken, en düşük enfeksiyon prevalansı (%1.11) Keban baraj gölünün 3. Bölgesinde gözlenmiştir. Keban Baraj gölünde yer alan alabalık kafes işletmelerde *Myxobolus* sp'nin prevalansı (%4.07), Karakaya Baraj Gölünden (%1.30) daha yüksek tespit edilmiştir. *Myxobolus* sp kistlerinin alabalığın sekonder solungaç lamellalardaki kapillar damarlara yerleştiği, hipertrofi ve hiperplazi gibi patolojik bozukluklar oluşturduğu belirlenmiştir. Myxosporean parazit türlerinin kafes işletmelerinde moleküler olarak rutin takibinin başlatılması kesin tür teşhisi ve salgınlara dönüşmeden önlemlerin alınması açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı Alabalığı, Protozoa, Myxosporean, *Myxobolus*, Histopatoloji

THE STUDY OF MYXOSPOREAN (MYXOZOA) SPECIES IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) FARMED IN CAGES

ABSTRACT

This study was conducted to determine the infection and histopathological status of Myxosporean parasites in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in cages in Elazığ Keban and Karakaya reservoirs. Rainbow trout samples were collected from six cage farms with a capacity of 250 tons or more and representing different regions for two years between January-December 2014 and January-December 2016. *Myxobolus* sp. was detected in the gill lamellae of 29 (2.69%) out of 1080 rainbow trout that were parasitologically and histopathologically examined. The highest infection prevalence (10.00%) was determined in trout farms located in the 6th region of the Keban reservoir. In comparison, the lowest infection prevalence (1.11%) was observed in the 3rd region of the Keban reservoir. The prevalence of *Myxobolus* sp was higher in trout cage farms in the Keban Dam lake (4.07%) than in the Karakaya reservoir (1.30%). It was determined that *Myxobolus* sp cysts settle in the capillaries in the secondary gill lamellae of trout and cause pathological disorders such as hypertrophy and hyperplasia. It is important to start routine molecular monitoring of Myxosporean parasite species in cage farms in order to diagnose the exact species and to take precautions before they turn into epidemics.

Keywords: Rainbow Trout, Protozoa, Myxosporean, *Myxobolus*, Histopathology

How to Cite:

İtik Ekinci, A., Sağlam, N., Türkan Çiftçi, A., Kılınç, Ü., Çatalkaya, M., Balcı, M., Özkaraca, M., Çeribaşı, S. ve Beyazıt, A., (2024). Kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Myxosporean (Myxozoa) türlerinin araştırılması. Ecological Life Sciences, 19(1):31-42, DOI: 10.12739/NWSA.2024.19.1.5A0208.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sulak alanlar birçok su canlısının yaşam alanı bulduğu önemli ekosistemleri oluşturmaktadır. Keban (67500 ha) ve Karakaya Baraj (29800 ha) gölleri Türkiye'nin önemli tatlı su rezervuarları olup toplam yüzey alanı 97300ha'dır. Keban Baraj Gölü, dört il sınırları içine yayılmış olup (Elazığ, Malatya, Tunceli, Erzincan), Karakaya Baraj Gölü iki ilin (Elazığ, Malatya) sınırları arasında yerleşmiştir. Bu baraj gölleri enerji üretimi konusunda önemli bir kaynak olmakla beraber, doğal balık çeşitliliği ve kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğine de imkân tanımaktadır [1 ve 2]. Tarım ve Orman Bakanlığı ve TÜİK 2022 yılı verilerine göre sadece Elazığ ilinde su ürünleri yetiştiricilik tesis sayısı 174, kurulu kafes tesis kapasitesi ise 40700 ton/yıl olarak bildirilmiştir. Fiili gerçekleşen su ürünleri üretim miktarı ise 31106 ton olarak gerçekleşmiştir [3 ve 4]. Keban ve Karakaya Baraj gölünün %3'lük kısmının kültür balıkçılığı için kullanılması ve tam kapasiteyle üretime başlanması durumunda 437000 ton/yıl alabalık yetiştiriciliğinin yapılabileceği tahmin edilmektedir [1].

Gökkuşağı alabalığı, *Oncorhynchus mykiss* yüksek ekonomik değeri nedeniyle Türkiye'nin hem tatlı sularda (özellikle baraj göllerinde) hem de denizlerde kafes işletmelerinde yetiştirilen ve sevilerek tüketilen bir balık türüdür. Türkiye'de 2022 yılında Gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği, içsularda 144347 ton/yıl, denizlerde kafes sistemlerinde ise 45454 ton/yıl olmak üzere toplam 189801 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir [4]. Kafes balıkçılığı için bir parazitin yaşam döngüsünde hem doğal balık popülasyonları hem de ara konaklar önemli bir risk oluşturur. Çok sayıda kafesin göle veya körfeze sokulması hastalık etkenleri üzerinde dramatik bir etkiye sahip olabilir, ancak parazitlerin doğal ortamdaki canlılardan kafes balıklarına iletilmesinde rol alan mekanizmalar tam olarak anlaşılamamıştır [5 ve 6]. Ayrıca, yetiştiricilik ortamında karşılaşılan su kirliliği, sıcaklık, stok yoğunluğu, yetersiz veya aşırı besleme ve stres gibi olumsuz çevre koşulları parazitlerin yanında özellikle farklı patojen etkenlerin balıklarda ortaya çıkmasına da zemin hazırlamaktadır [7 ve 8].

Myxozoa türü parazitler sadece doğal ortamlardaki balıklarda önemli ekonomik kayıplara neden olmakla kalmaz, aynı zamanda su ürünleri yetiştiriciliği ve kuluçkahanelerde de balıkların sağlığını etkiler. Bu durum balığın ticari değerinin düşmesine neden olur [9, 10, 11 ve 12].

Balıkları enfekte eden Myxozoa türlerinin çoğu konakçı, doku ve organa özgü parazitlerdir. Histozoik myxozoa türleri sadece tek bir doku tipinde olgun sporlar geliştirdikleri için önemli bir taksonomik özelliğe sahiptir. Histozoik türler, epitelyal, kas, kıkırdak ve bağ dokuda, sinir hücrelerinin içinde ve kan damarlarında plazmodia oluşturabilirler. Solungaçlarda lamellerin içinde veya arasında, solungaç filamentlerinin farklı kısımlarında veya solungaç kemerinin kıkırdak dokusu içinde gelişebilirler [13].

Myxozoa türleri kültür balıkçılığında önemli ekonomik kayıplara neden olan patojenleri içermektedir [14]. Bunların hem vejetatif formları hem de sporları balıkların en önemli patojenik parazitleri arasındadır [15]. En önemli patojenik türler; *Bivalvulida* dizisinden *Ceratomyxa*, *Myxidium*, *Myxobolus*, *Enteromyxum Tetracapsuloides*, *Henneguya* ve *Sphaerospora* soyları ile *Multivalvulida* dizisinden *Kudoa* soyunda bulunmaktadır [16]. Myxosporea tatlı su ve deniz balıklarında yaygın olan parazit türlerini içermektedir [17]. Myxobolidae ailesi içinde yer alan *Myxobolus* genusu tür çeşitliliği ile birinci sırada yer alırken, *Myxidium* ikinci, *Henneguya* ise 200'den fazla türle üçüncü sırada yer almaktadır [18].

Myxozoa türü parazitler dokularda histozoik, safra ve mesane gibi iç boşluklarda ise kolezoik enfeksiyonlara neden olur. Histozoik enfeksiyonun makroskobik belirtisi 5-6 mikron büyüklüğünde sporları

içeren süt benzeri yapıda açık renkli kistlerdir. Büyük kistler parazitolojik muayenelerde kolaylıkla tanınır. İç organ, kas ve bağlantı dokulardaki küçük kistler ise doku örneklerine lamlar arasında basınç uygulamasıyla veya histolojik yöntemle görülebilir ve patolojik etkileri değerlendirilebilir [19].

Bu çalışma, son yıllarda balık yetiştiriciliğinde ciddi problemler oluşturmaya başlayan ve önemi giderek artan, balıklarda immunodepresif özellik göstererek sekonder enfeksiyonların çıkışına neden olan ve balık kalitesini düşüren Myxosporean türü parazitlerin tatlı su kafeslerinde yetiştirilen Gökkuşluğu alabalığında parazitliğini ve histopatolojik etkisini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmayla Keban ve Karakaya baraj Göllerinde faaliyet gösteren gökkuşluğu alabalık işletmelerinde Myxobolus enfeksiyonları ve patolojik değerlendirmesi detaylı olarak ilk kez yapılmıştır. Araştırmayla yetiştiricilik yapılan bölgelerdeki parazitlerin yoğunluğu bolluğu ve yaygınlığı verilirken Keban ve Karakaya baraj gölleri için Myxobolus sp.'nin genel parazit indeksleri ortaya çıkarılmıştır.

Önemli Noktalar (Highlights):

- Bu çalışma Keban ve Karakaya Baraj Göllerinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşluğu alabalığında (*O. mykiss*) Myxosporean türlerini ortaya çıkarmaktadır.
- Bir Myxosporean türleri olan *Myxobolus* sp.'nin yetiştiriciliği yapılan alabalıklardaki bolluk, ortalama yoğunluk ve yaygınlığı hakkında bilgi verir.
- *Myxobolus* sp.'nin gökkuşluğu alabalığındaki patolojisi hakkında bilgi verir.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

3.1. Balık Örneklerinin Toplanması (Collection of Fish Samples)

Balık örnekleri Keban ve Karakaya Baraj Göllerinde yer alan kapasitesi 250 ton ve üzerinde olan, farklı bölgeleri temsil eden 6 işletmeden Ocak 2014-Aralık 2016 tarihleri arasında toplanmıştır. Kuluçkahaneler de dahil olmak üzere her işletmeden mevsimsel dönemler halinde 2014 yılında 15'er 2016 yılında ise 30'ar Gökkuşluğu alabalığı numunesi alınmıştır. Alabalığın örneklemesi 2-350 gram ağırlığındaki balıkları temsil edecek şekilde yapılmıştır. Proje süresince kafes yetiştiriciliği yapan işletmelerden 2014 yılında 360 ve 2016 yılında ise 720 örnek olmak üzere toplam 1080 gökkuşluğu alabalığı Myxozoa türleri yönünden muayene edilmiştir (Tablo 1). Balıklar canlı olarak tanklarda Elazığ Veteriner Kontrol Enstitüsü'ne taşındı ve inceleninceye kadar hava pompası yardımıyla tanklarda canlı tutulmuştur. Balıkların parazitolojik muayenesi amacıyla diseksiyon ve nekropsi için etik kurallara uygun şekilde Benzocaine (50mg/L) kullanılarak bayıltma işlemi yapılmıştır.

3.2. Parazitolojik Muayene (Parasitological Examination)

Benzocaine ile bayıltılan balıklar Myxozoa parazitler yönünden muayene için bir küvet içine alınarak tek tek diseke edilmiştir. Dikkatli bir şekilde deri, kas, beyin, solungaç, kalp, karaciğer, safra kesesi, dalak, böbrek, gonadlar ve bağırsak kesilerek çıkarılmış ve %0,9'lük fizyolojik su içeren petri kaplarına alınarak önce Leica MC170HD marka stereo mikroskop (X2-X5) altında daha sonra BX53 Olympus marka ışık mikroskopunda (X10- X100) Myxozoa kistleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çıkarılan organlarda belirlenen kistlerden frotiler hazırlanarak ışık mikroskopunda Lom, Arthur [20]'un bildirmiş olduğu yöntemlere göre incelenmiştir. Belirlenen kistlerden sporlar çıkarılarak ışık

mikroskobunda gerekli ölçümler yapılmış ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen kistlerdeki Myxosporean parazit türlerinin identifikasyonu Bykhovskaya-Povlovskaya, Gusev, Dubinina, Izyumova, Smirnova, Sokolovskaya, Shtein, Shul'man, Epshtein [21], Bruno, Nowak, Elliott [15], Lom, Dykova [17] ve Wagner [22]'a göre yapılmıştır. Belirlenen parazit türlerinin oluşturduğu kist sayıları dikkate alınarak Leica MC170HD marka stereo mikroskop ile yapılmıştır.

3.3. Histopatolojik İnceleme (Histopathological Examination)

Enfekte olmuş balıklardan kistlerin bulunduğu organ ve dokularının birer parçası histopatolojik muayene için %10'luk tamponlu nötral formaldehit solüsyonunda 24 saat süreyle tespit edilmiş, artan alkol konsantrasyonlarında dehidre edilerek ksilende temizlenmiştir. Parafin bloklara gömülmüş olan patolojik doku örnekleri 5 mikron kalınlığında kesildikten sonra Hematoksilen-Eosin ile boyanmış ve lam üzerine monte edilmiştir. Daha sonra elde edilen preparatlar ışık mikroskobunda 40x ve 100x büyütmelerde incelenmiştir. Boyamalar sonucunda Myxosporea türlerinin parazitik evreleri ve dokularda oluşturdukları patolojik bulgular tespit edilmeye çalışılmış ve fotoğrafları BX53 Olympus mikroskopta DP72 kamera ile çekilmiştir.

3.4. İstatistiksel Analiz (Statistical Analysis)

Çalışma süresi boyunca paraziter enfeksiyonun mevsimsel dağılımı ve sayısal veriler hesaplanmıştır. Belirlenen parazit türlerinin balıkların organ ve dokularında bulunma sayısı ve kist durumuna bakılarak enfeksiyonun yaygınlığı (prevalance) ortalama yoğunluğu (mean intensity) ve bolluğu (abundance) belirlenmiştir [23]. Parazitlere ait ölçümler ortalama ile beraber minimum ve maksimum aralıkları verilerek mikrometre (μm) cinsinden ifade edilmiştir.

Tablo 1. Gökkuşaağı alabalığı örneklenen işletmelerin bölgelere ve yıllara göre dağılımı.

(Table 1. Distribution of rainbow trout sampled enterprises by region and year)

Balık Alınan Bölgeler	İşletme Sayısı	İşletmelerden Alınan Balık Sayısı		Toplam
		2014	2016	
Keban 3. bölge	2	120	240	360
Keban 6. bölge	1	60	120	180
Karakaya 8. bölge	1	60	120	180
Karakaya 9. bölge	1	60	120	180
Karakaya 10. bölge	1	60	120	180
Toplam	6	360	720	1080

4. BULGULAR (FINDINGS)

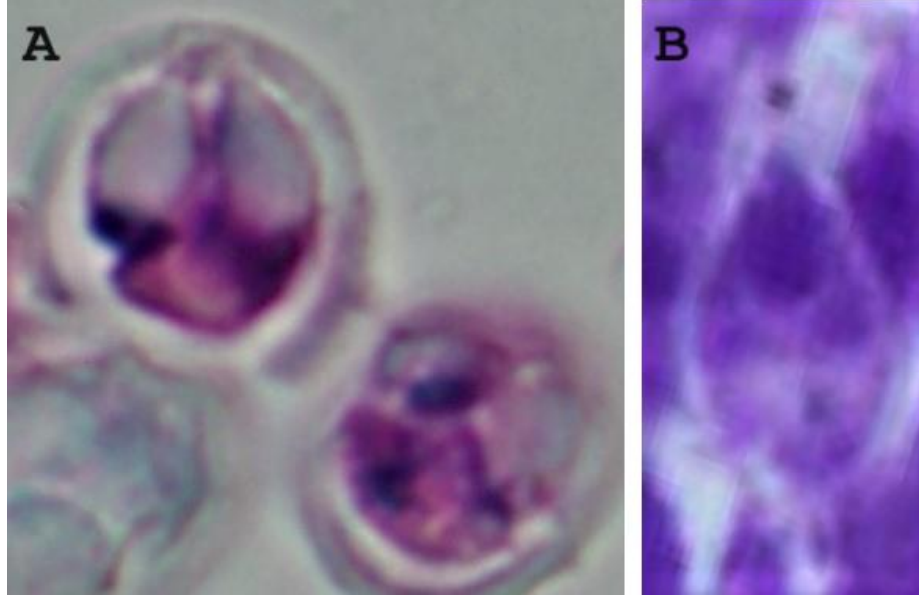
Keban ve Karakaya baraj göllerinde gökkuşaağı alabalı yetiştiriciliği yapılan kafes işletmelerinde balıklarda iki yıl süreyle yürütülen Myxozoan parazitleri yönünden araştırma neticesinde sadece sadece *Myxobolus* türü parazitin varlığı tespit edilmiştir ve patolojik etkisi değerlendirilmiştir.

4.1. *Myxobolus* sp.'nin Morfolojik Yapısı

(Morphological Structure of *Myxobolus* sp.)

Myxobolus sp. balıkların solungaç lamellalarına yerleşerek 2.1-3.3mm büyüklüğünde kirli-beyaz renkte nodüler tarzda kistler oluşturduğu saptandı. Paraziti taşıyan balıkların solungaçlarında 2-8 arasında kist oluştuğu ve her bir plazmodiada 150 den fazla *Myxobolus* sporunun bulunduğu belirlendi. Parazitin sporları ovalimsi şekildedir. *Myxobolus* sp.'nin spor uzunluğu 10.75 ± 0.75 (9.5-11.9) μm , genişliği ise 7.45 ± 0.15 (7.2-7.7) μm olarak ölçülmüştür. Parazit sporları iki kutup kapsülüne

sahiptir. Kutup kapsülleri birbirine hemen hemen eşit büyüklükte olup simetrik olarak sporun üst kısmında yerleşmiştir. Kutup kapsüllerinin ortalama uzunluğu 4.03 ± 0.14 (3.8-4.2) μm ve genişliği ise 2.49 ± 0.13 (2.3-2.7) μm olarak ölçülmüştür (Şekil 1A-B).



Şekil 1. *Myxobolus* sp.'nin önden (A) ve yandan (B) görünüm,
(Hematoksilen-eosin, x1000)
(Figure 1. Front (A) and lateral (B) views of *Myxobolus* sp.
Haematoxylin-eosin, x1000)

4.2. *Myxobolus* sp.'nin Ekolojik Bulguları (Ecological Findings of *Myxobolus* sp.)

Keban Baraj Gölü 3. Bölgede kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşaağı alabalıklarında *Myxobolus*'un bolluğu %9.44, ortalama yoğunluğu 8.50 ± 0.43 (8-10) ve yaygınlığı %1.11 olarak saptanırken, 6. Bölgede bolluğu %46,11, ortalama yoğunluğu 4.61 ± 0.30 (2-7) ve yaygınlığı %10.00 olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Gökkuşaağı alabalığı çiftliklerinde *Myxobolus* sp.'nin parazit indeksleri

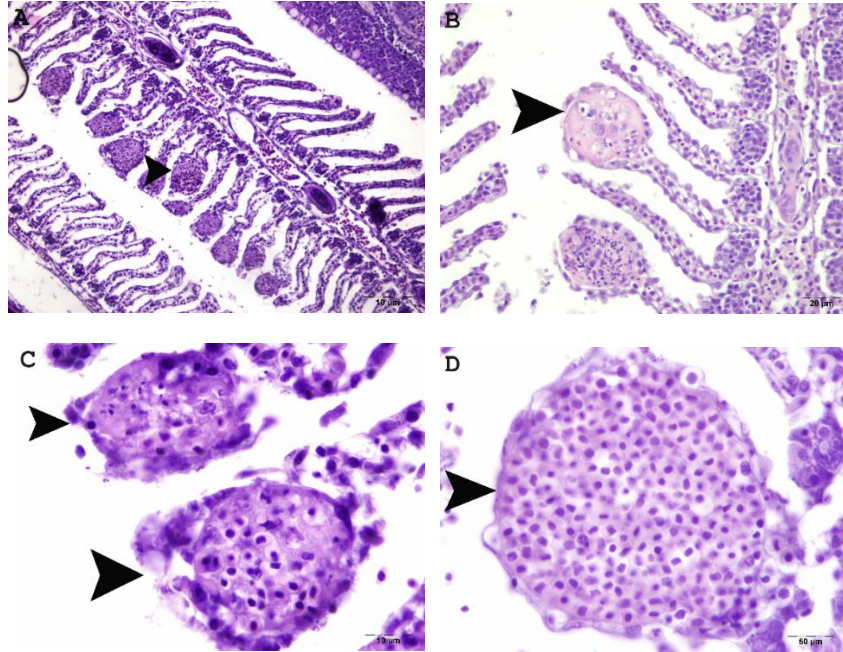
(Table 2. Parasitic indices of *Myxobolus* sp. in rainbow trout farms)

Parazit Türleri	İncelenen Balık Sayısı	Parazitli Balık Sayısı	Psödokist Sayısı	Bolluk (Abundance) (%)	Ortalama Yoğunluk (Mean Intensity) \pm SE	Yaygınlık (Prevalence) (%)
Keban 3. Bölge	360	4	34	9.44	8.50 ± 0.43 (8-10)	1.11
Keban 6. Bölge	180	18	83	46.11	4.61 ± 0.30 (2-7)	10.00
Toplam	540	22	117	21.67	5.32 ± 0.41 (2-10)	4.07
Karakaya 8. Bölge	180	-	-	-	-	-
Karakaya 9. Bölge	180	-	-	-	-	-
Karakaya 10. Bölge	180	7	34	18.89	4.86 ± 0.87 (2-8)	3.89
Toplam	540	7	34	6.30	4.86 ± 0.87 (2-8)	1.30
Genel	1080	29	151	13.98	5.21 ± 0.49 (2-8)	2.69

Karakaya Baraj Gölünün 8. ve 9. Bölgede *Myxobolus*'a rastlanmazken, 10. Bölgede *Myxobolus*'un bolluğu %18.89, ortalama yoğunluğu 4.86 ± 0.87 (2-8) ve yaygınlığı %3.89 olarak belirlenmiştir. Genel değerlendirme sonucunda Keban Baraj Gölünde yetiştiriciliği yapılan gökkuşacağı alabalıklarında, *Myxobolus*'un bolluğu %21.67, ortalama yoğunluğu 5.32 ± 0.41 (2-10) ve yaygınlığı %4.07 olarak saptanırken, Karakaya Baraj Gölünde bolluk %6.30, ortalama yoğunluk 4.86 ± 0.87 (2-8) ve yaygınlık %1.30 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). İncelenen 1080 alabalık örneğinin 29'unda *Myxobolus* sp. belirlenmiştir. Enfeksiyonun toplam bolluğu %13.98, ortalama yoğunluğu 5.21 ± 0.49 (2-10) ve yaygınlığı %2.69 olarak belirlenmiştir. Tespit edilen parazitlerin tümü balıkların solungaç lamellaları üzerinde bulunmuştur. Diğer organlarda herhangi bir parazite rastlanmamıştır. Parazitli balıklara sadece ilkbahar ve yaz mevsiminde rastlanırken, sonbahar ve kış mevsiminde balıklarda *Myxobolus* tespit edilmemiştir.

4.3. *Myxobolus* sp.'nin Histopatolojik Bulguları (Histopathological Findings of *Myxobolus* sp.)

Keban ve Karakaya baraj göllerindeki kafes balık işletmelerinde yetiştirilen gökkuşacağı alabalıklarının solungaç lamellerinde psödokistlerin önce uç kısımlarında şekillendiği (Şekil 2) ve ilerleyen vakalarda tüm sekonder lamellayı kaplayacak duruma geldiği görülmektedir (Şekil 3).



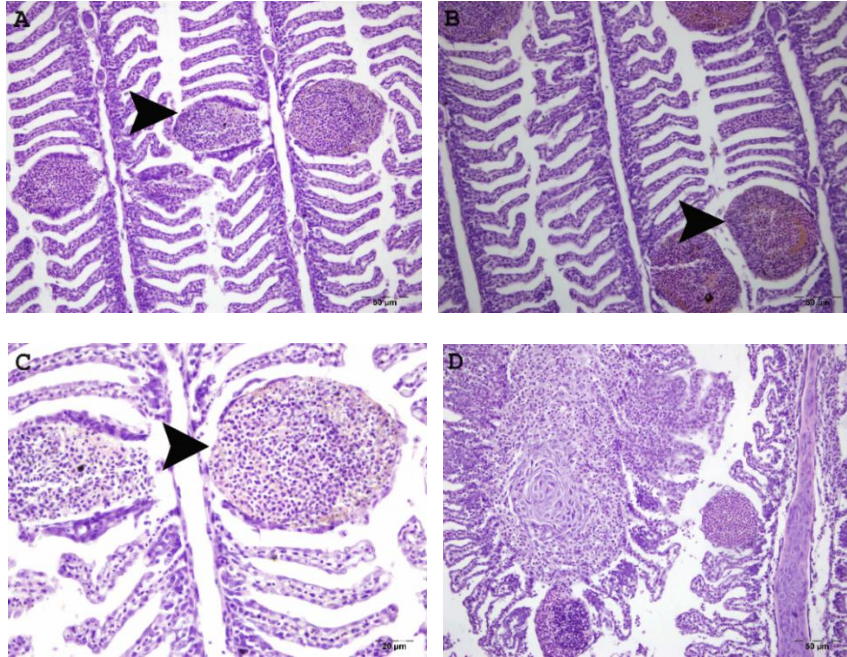
Şekil 2. Solungaçta sekonder lamellada *Myxobolus* sp. A, Orta şiddetteki parazit yoğunluğu (Bir lamellada 10 psödokist); B, Ergin *Myxobolus* sp. içeren psödokist; C, Psödokistin bazal kısmındaki epitel doku hipertrofisi; D, Ergin *Myxobolus* sp. içermeyen psödokist ve epitelial hipertrofi (A ve B için Hematoksilen-eosin, x 40; C ve D için Hematoksilen-eosin, x 100)

(Figure 2. *Myxobolus* sp. in the secondary lamella of the gill. A, Moderate infection density (10 pseudocysts in one lamella); B, pseudocyst containing adult *Myxobolus* sp.; C, Epithelial tissue hypertrophy in the basal part of the pseudocyst; D, Immature pseudocyst of *Myxobolus* sp. and epithelial hypertrophy (Hematoxylin-eosin, x 40 for A and B; Hematoxylin-eosin, x 100 for C and D))

Gökküsağı alabalığında *Myxobolus* sp. kistlerinin solungaçların sekonder lamemllealrının uç kısımlarında başlayan psödokist vakalarında her bir lamellada en fazla 10 adet psödokist gözlenmiştir. Bu durum balıklarda *Myxobolus* sp. enfeksiyonunun orta şiddetin üzerine geçmediğini göstermektedir (Şekil 2A, Tablo 2).

Myxobolus sp.'nin psödokisti, gökkuşağı alabalığının solungaç lamellerinin ucundaki ince kılcal kan damarlarında bulunur ve intralamellar vasküler tipte psödokist olarak tiplendirilebilir (Şekil 2A ve 2B). Sekonder solungaç lamellerine yerleşen psödokistlerin bazılarında ergin kistlerin (Şakil 2B) geliştiği gözlenirken bazılarında henüz kistlerin olgunlaşmadığı belirlenmiştir (Şekil 2C ve 2D). Uç kısımda yerleşmiş psödokistlerin bazal kısımlarındaki epitel doku bazı balıklarda sağlıklı bir yapı gösterirken (Şekil 2B), ilerlemiş vakalarda epitel dokuda hipertrofi belirlenmiştir (Şekil 2C ve 2D).

Psödokistlerin önceleri oval (Şekil 3A) bir yapı gösterdiği ancak ilerleyen hastalık vakalarında bunun tam bir yuvarlak (Şekil 3B) duruma dönüştüğü görülmektedir. Psödokistin sekonder lamellayı tamamen doldurduğu vakalarda bazal kısmın her iki yanındaki epitel dokuda hiperplazi görülmektedir (Şekil 3A). İlerleyen durumlarda epitel dokuda hipertrofi şekillenmekte ve solungaç lamellalarının bütünlüğünün bozulduğu görülmektedir (Şekil 3B, 3C ve 3D). Bazı durumlarda kistleri içeren psödokistlerin primer ve sekonder lamellaların tamamını etkileyecek şekilde solungaç lamellasını kapladığı ve sekonder lamellaların da yaygın bir hipertrofiyle beraber bütünlüğünün bozulduğu gözlenmektedir (Şekil 3D).



Şekil 3. Solungaçta sekonder lamellada *Myxobolus* sp. A, Epitel dokuda hiperplazi; B Tüm sekonder lamellayı kaplamış psödokist ve epitel dokuda hipertrofi; C, Ergin kist içermeyen psödokist ve epitel dokuda hiperplazi ve hipertrofi; D, Sekonder lamellalarda yaygın hipertrofi ve lamella bütünlüğünün bozulması (Hematoksilen-eosin, x 40)

(Figure 3. *Myxobolus* sp. in the secondary lamella of the gill. A, Hyperplasia in epithelial tissue; B, Hypertrophy of pseudocyst and epithelial tissue covering the entire secondary lamella; C, Immature pseudocyst of *Myxobolus* sp. and hyperplasia and hypertrophy in epithelial tissue; D, Diffuse hypertrophy and disruption of lamella integrity in secondary lamellae (Hematoxylin-eosin, x 40))

5. TARTIŞMALAR (DISCUSSIONS)

Elazığ ili alabalık yetiştiriciliğinde büyük gelişmeler kaydetmiştir. Alabalık yetiştiriciliği yaklaşık 17 yıl önce Elazığ'ın Keban ilçesinde 30 ton/yıl ile beton havuzlarda başlamış ve 2022 yılında kafeslerde yetiştiricilikle beraber 174 adet işletmede 40.700 ton/yıl kapasiteye ulaşmıştır [3]. İl genelinde en yüksek miktarda alabalık yetiştiriciliği yapılmaktadır. Zaman zaman Sazan yetiştiriciliği faaliyetlerinde bulunulmuşsa da bu alanda istenilen düzeye ulaşamamıştır. Ancak son yıllarda mersin balığı yetiştiriciliği çalışmaları başlamış olup olumlu sonuçlar alınmış ve ticari bir tesis kurularak faaliyete girmiştir. Yoğun yetiştiriciliğin yapılması işletmelerde hastalık problemlerinin de zaman zaman ortaya çıkmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Myxozoa şubesinde yer alan Myxosporean parazitlerin 1.250 den fazla türü balıklarda bulunur ve bir çok enfeksiyona sebep olurlar [24, 25]. Myxobolus soyuna bağlı parazit protozoonlar balıklarda ciddi hastalıklara sebep olur. Bu soya ait türlerin, ekto-parazit olarak konaklarının dış yüzeylerinde yani pul, deri, yüzgeçler, solungaç gibi organ ve dokularında, endo-parazit olarak ise karaciğer, böbrek, dalak gibi iç organlarında ve vücut boşluklarında buldukları bildirilmiştir [26]. Bu araştırmayla yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığında sadece Myxobolus sp.'ye rastlanmış olup balıkların solungaçlarında lokalize olduğu belirlenmiştir.

Myxobolus cinsinde bulunan türlerin doku spesifitesi gösterdikleri ve farklı dokularda farklı türlerin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu türlerden *Myxobolus ichkeulensis* solungaç filamentlerinin solungaç kemeri ile birleştiği bölgede beyaz-gri renkte psödokistler oluşturması [27] çalışmamızla benzerlik göstermiştir. İlerlemiş enfeksiyonlarda ölümlere neden olabilen *Myxobolus* türlerinin aynı zamanda sekonder enfeksiyonların gelişimine zemin hazırladığı belirlenmesine rağmen [26, 28, 29], Keban ve Karakaya Baraj Göllerinde faaliyet gösteren alabalık işletmelerinde *Myxobolus* sp.'den kaynaklanan ölümlere rastlanmamıştır.

Bu çalışmada gökkuşağı alabalıklarının solungaçlarında belirlenmiş olan *Myxobolus* sp.'nin sadece balığın solungaçlarında lokalize olduğu ve diğer organ ve dokularda herhangi bir patolojik bulgu oluşturmadığı belirlenirken, *Myxobolus cyprini*'nin sazanların kasında ve yüzgeç kaslarında geliştiği [30 ve 31] ve klinik olarak böbreklerde kanlanma, anemi, hiperemi, pulların dökülmesi, ekzoftalmus, asites ve yangı ile kendini gösterdiği belirtilmiştir [32 ve 33]. *M. cyprini* sporlarının *Capoeta trutta*'da prevalansı %40 olarak belirlenirken, bu çalışmada incelenen çiftlik alabalıklarında prevalans oldukça düşük %2.69 olarak belirlenmiştir. Bu önemli prevalans farkının nedeni gökkuşağı alabalığının kafeslerde izole bir ortamda olmasına ve sudaki askıda olan ve hazır pelet yemle beslenmesinden ve *C. trutta*'nın ise su kütlesinde serbest dolaşması ve zeminden beslenmesi neticesinde *Myxobolus* türlerinin arakonakçılarıyla daha fazla karşılaşmasına bağlanmıştır.

Solungaç filamentlerine yerleşen *Myxobolus* türlerinin oluşturduğu kistler, filamentlerde bulunan kapiller damarların tıkanmasına, kan akışının engellenmesine ve nekroza neden olduğu ve buna bağlı olarak solunum güçlüğü, stres, kondisyon kaybı gibi sorunlar oluşturduğu bildirilmiştir [27 ve 34]. Ancak gökkuşağı alabalığında kan akışını engelleyecek boyutta kapillar damarlarda psödokistler gelişmesine rağmen, enfeksiyon yoğunluğunun oldukça düşük olması nedeniyle solunum güçlüğü ve kondisyon kaybı gibi sorunlarla karşılaşılmamıştır.

Bu çalışmada, Ocak 2014 ile Aralık 2014 ve Ocak 2016 ile Aralık 2016 tarihleri arasında Keban ve Karakaya Baraj Göllerinde yetiştirilen gökkuşağı alabalığında iki yıl süreyle yapılan incelemede 1080 balık örneğinin 29'unun (%2.69) solungaç lamellalarında *Myxobolus* sp.'ye rastlanmıştır. Bu prevalans oranı birçok araştırmacının [27, 35, 36 ve

37] saptamış olduğu bulgulardan çok daha düşük oranda belirlenmiştir. Yine bu çalışmada belirlenen prevalans değeri, en yakın oranda bulunmuş olan Tunus kıyılarındaki *Myxobolus* enfeksiyonunun prevalansının [27] yarısından daha az olduğu tespit edilmiştir. Prevalans verilerindeki bu farklılıklar *Myxobolus* türlerinin farklı türden balıklarda tespit edilmiş olmasına ve farklı ülkelerdeki değişik iklimsel ve coğrafik bölgelerden balık örneklerinin alınmasına bağlanmıştır.

Araştırmanın yapıldığı işletmelerden enfeksiyon prevalansı en yüksek (%10.00) olarak Keban 6'ncı bölge belirlendi. Keban 6. bölgede yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarının solungaçlarında belirlenen *Myxobolus sp.*'nin prevalansı Malezya'ya [37] göre daha düşük belirlenirken, Tunus [27] kıyılarındaki verilere göre daha fazla olduğu saptandı. Keban ve Karakaya Baraj Göllerinde mevsimsel olarak ilkbahar ve yaz mevsiminde parazit belirlenirken, sonbahar ve kış mevsimlerinde *Myxobolus sp.*'ye rastlanmamıştır. Adana'da yapılan bir çalışmada *Myxobolus*'un yılın her mevsiminde görülmesine rağmen yaz aylarında prevalansının daha yüksek olduğu belirlenmiştir [38]. Gökkuşağı alabalıklarında *Myxobolus* enfeksiyonlarının hayat döngüsünün araştırıldığı bir çalışmada [39] bu parazitin arakonakçı olarak Oligochaeta (Annelida)'yı kullandığı ve hastalığın yayılmasında Oligochaeta'nın önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Sonbahar ve kış aylarında *Myxobolus* enfeksiyonlarına rastlanmaması bu parazitin arakonakçılığını yapan Annelida grubu canlıların özellikle kış aylarında daha kısıtlı hareket etmelerine bağlanmıştır. Yine bu çalışmada balıklarda prevalansın düşük belirlenmesi alabalıkların kafeslerde yetiştirilmesinden dolayı zemine bağlı yaşayan Annelida türlerinin yüzeyde bulunan kafeslerdeki balıklara ulaşmasının kısıtlı düzeyde bulunmasına bağlanmıştır.

Kaur, Attri [40] tarafından enfeksiyonun yoğunluğunu belirlemek için bir solungaç psödokist indeksi (GPI) geliştirilmiştir. Bu indekse göre; GPI, stereozoom binoküler mikroskopu altında görülebilen solungaç başına mevcut olan plazmodyum sayısına göre hesaplanmaktadır. Solungaça hiç kist bulunmaması, 0-0 (enfeksiyon yok-0); 1-5 arasında kistin yer alması (hafif enfeksiyon-1); 5-10 (orta derecede enfeksiyon-2); 10-20 (ağır enfeksiyon-3); 20-50 (şiddetli enfeksiyon-4) olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada yapılan ekolojik hesaplamalar çerçevesinde bir balıkta 2-10 arasında parazit kisti belirlenmiş olması *Myxobolus sp.*'nin gökkuşağı alabalıklarındaki yoğunluğunun hafif ve orta derecede bir enfeksiyonu işaret ettiğini göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Myxosporean parazit türlerinin kafes işletmelerinde belirlenmesi hastalığın önceden belirlenerek önlemlerin alınabilmesi ve salgınların önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışma Myxosporean parazit türlerinin morfolojik verilerine göre teşhisine ve histopatolojisine yönelmişti. Ancak Myxosporean parazitlerin kistler oluşturması ve oldukça küçük yapılı olması ve morfolojik olarak birbirlerine benzerlik göstermesinden dolayı kesin tür teşhislerinin yapılması oldukça zor olabilmektedir. Bu nedenle bu parazit türleri üzerinde daha kapsamlı moleküler yöntemlerle identifikasyon çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır. Keban ve Karakaya baraj göllerinde sadece bir Myxosporean türü belirlenmiş olması ve parazitin düşük ve orta düzeyde enfeksiyon şiddetine sahip olması *Myxobolus sp.*'nin balık çiftliklerinde salgınlar oluşturmadığını göstermektedir. Ancak iklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle şu anda problem olarak görülmeyen *Myxobolus* enfeksiyonunun gelecekte işletmelerde önemli bir sorun haline gelmesi muhtemeldir. Bu bakımdan izleme çalışmalarının yapılması önem taşımaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

FİNANSAL AÇIKLAMA (FINANCIAL DISCLOSURE)

Bu araştırma Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) Tarafından TAGEM/HSGYAD/14/A11/P03/52 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu projenin finansal olarak desteklenmesindeki katkılarından dolayı Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne ve patolojik verilerin analizindeki katkılarından dolayı Prof.Dr. Serap Birincioğlu'na çok teşekkür ederiz.

ETİK KURUL ONAYI (ETHICS COMMITTEE APPROVAL)

T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Elazığ Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan Etik Kurul Onay Belgesi alınmıştır (Onay Numarası: 18.03.2013-2013-3/1).

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Sağlam, N. and Şen, B., (2017). The Importance of Fisheries in Regional Development and TRB1 Region. In: Akbulut E., ed. 4. International Regional Development Conference. Tunceli, Turkey, Fırat Development Agency, 192-209.
- [2] Sağlam, N., Çalta, M., Gürel İnanlı, A., Duman, E., Saler, S., Ural, Ş., et al., (2014). Elazığ Kalkınma Kurultayı Su Ürünleri Sektör Raporu Elazığ. Elazığ Valiliği.
- [3] Anonim, (2022). T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Elazığ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2022 Yılı Faaliyet Raporu. Elazığ, 96.
- [4] TÜİK, (2022). Kültür balıkları üretim miktarı. (Erişim Tarihi: 20.04.2024).
- [5] Bruno, D.W. and Stone, J., (1990). The role of saithe, *Pollachius virens* L, as a host for the sea lice, *Lepeoptheirus salmonis* kroyer and *Caligus elongatus* Nordmann. *Aquaculture*, 89(3-4):201-7.
- [6] Beveridge, M.C.M., (2002). Overview of Cage Culture. In: Patrick, T.K. Woo, David W. Bruno, Lim, S.L.H., editors. *Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture*. USA:CABI Publishing, pp:41-59.
- [7] Öge, H., (1999). Balık tüketiminde ekonomik ve sağlık yönünden önemli parazitler. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 23(4):440-5.
- [8] Pillay, T.V.R., (2004). *Aquaculture and the environment*. Second edition ed. UK: Blackwell Publishing.
- [9] Abdel-Ghaffar, F., Abdel-Gaber, R., Maher, S., El Deeb, N., Kamel, R., Al Quraishy, S., et al., (2017). Morphological and ultrastructural characteristics of *Myxobolus ridibundae* n. sp. (Myxosporea: Bivalvulida) infecting the testicular tissue of the marsh frog *Rana ridibunda* (Amphibia: Ranidae) in Egypt. *Parasitology Research*, 116(1):133-41.
- [10] Abdel-Ghaffar, F., Abdel-Baki, A.A., and El Garhy, M., (2005). Ultrastructural characteristics of the sporogenesis of genus *Myxobolus* infecting some Nile fishes in Egypt. *Parasitology Research*, 95(3):167-71.
- [11] Hedrick, R.P., El-Matbouli, M., Adkison, M.A., and MacConnell, E., (1998). Whirling disease: re-emergence among wild trout. *Immunological Reviews*, 166:365-76.
- [12] Gupta, A. and Kaur, H., (2018). *Myxobolus okamuræ* sp. nov. (Myxosporea: Myxozoa) causing severe gill myxoboliosis in the

- cyprinid *Labeo bata* in a cold water wetland, Punjab (India). *Microbial Pathogenesis*, 115:86-92.
- [13] Molnár, K. and Eszterbauer, E., (2015). Specificity of Infection Sites in Vertebrate Hosts. In: Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J.L., editors. *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. Switzerland: Springer International Publishing, pp:295-313.
- [14] Morris, D.J. and Adams, A., (2006). Transmission of freshwater myxozoans during the asexual propagation of invertebrate hosts. *International Journal for Parasitology*, 36(3):371-7.
- [15] Bruno, D.W., Nowak, B., and Elliott, D.G., (2006). Guide to the identification of fish protozoan and metazoan parasites in stained tissue sections. *Diseases of Aquatic Organisms*, 70:1-36.
- [16] Alvarez-Pellitero, P., (2004). Report about fish parasitic diseases. In: Alvarez-Pellitero P., Barja J.L., Basurco B., Berthe F., Toranzo A.E., editors. *Mediterranean aquaculture diagnostic laboratories*. Zaragoza:CIHEAM, pp:103-30.
- [17] Lom, J. and Dykova, I., (2006). Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology, and pathogenic species. *Folia Parasitologica*, 53(1):1-36.
- [18] Eiras, J.C. and Adriano, E.A., (2012). A checklist of new species of *Henneguya* Thelohan, 1892 (Myxozoa: Myxosporia, Myxobolidae) described between 2002 and 2012. *Systematic Parasitology*, 83(2):95-104.
- [19] Current, W.L. and Janovy, J., (1976). Ultrastructure of interlamellar *Henneguya exilis* in the channel catfish. *Journal of Parasitology*, 62:975-81.
- [20] Lom, J. and Arthur, J.R., (1989). A guideline for the preparation of species descriptions in Myxosporia. *Journal of Fish Diseases*, 12(2):151-6.
- [21] Bykhovskaya-Povlovskaya, I.E., Gusev, A.V., Dubinina, M.N., Izyumova, N.A., Smirnova, T.S., Sokolovskaya, I.L., et al., (1964). *Key to Parasites of Freshwater Fishes of The USSR-I* (Translation by Birrow, A. and Cale, Z.S.). Jerusalem, Israel Israel Programme for Scientific, Translation.
- [22] Wagner, E.J., (2016). *A Guide to the Identification of Tailed Myxobolidae of the World: Dicauda, Hennegoides, Henneguya, Laterocaudata, Neohenneguya, Phlogospora, Tetrauromena, Trigonosporus and Unicauda*. Logan, Utah, Utah State University, Fish Creek Records.
- [23] Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., and Shostak, A.W., (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4):575-83.
- [24] Casal, G., Matos, E., and Azevedo, C., (2003). Light and electron microscopic study of the myxosporian, *Henneguya friderici* n. sp. from the Amazonian teleostean fish, *Leporinus friderici*. *Parasitology*, 126(4):313-9.
- [25] Martins, M. and Onaka, E., (2006). *Henneguya garavelli* n. sp. and *Myxobolus peculiaris* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae) in the gills of *Cyphocharax nagelli* (Osteichthyes: Curimatidae) from Rio do Peixe Reservoir, São José do Rio Pardo, São Paulo, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 137(3-4):253-61.
- [26] Lom, J. and Dyková, I., (1995). Myxosporia (Phylum Myxozoa). *Fish diseases and disorders Volume 1: protozoan and metazoan infections*, 97-148.
- [27] Bahri, S. and Marques, A., (1996). Myxosporian parasites of the genus *Myxobolus* from *Mugil cephalus* in Ichkeul lagoon, Tunisia: description of two new species. *Diseases of Aquatic Organisms*, 27(2):115-22.

- [28] Cain, K. and Polinski, M., (2014). Infectious diseases of coldwater fish in fresh water. CABI:60-113.
- [29] Rigos, G., Christophilogiannis, P., Yiagnisi, M., Andriopoulou, A., Koutsodimou, M., Nengas, I., et al., (1999). Myxosporean infections in Greek mariculture.
- [30] İtik Ekinci, A., Sağlam, N., Özkaraca, M., and Kılınç, Ü., (2022). Morphological identification and pathology of *Myxobolus cyprini* and *Lamproglena pulchella* in some fish in Turkey. Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi, 33(2):53-8.
- [31] Dykova, I. and Lom, J., (1984). Intramuscular Development and Variability of *Myxobolus cyprini* Doflein (Myxosporea) Parasite of Cyprinid Fishes. Journal of Protozoology, 31.
- [32] Feist, S.W. and Longshaw, M., (2006). Phylum Myxozoa. In: Woo P.T.K., editor Fish Diseases and Disorders, Volume 1: Protozoan and Metazoan Infections. Wallingford, UK:CAB International, pp:230-96.
- [33] Molnar, K. and Kovacs-Gayer, E., (1985). The Pathogenicity and Development within the Host Fish of *Myxobolus cyprini* Doflein, 1898. Parasitology, 90:549-55.
- [34] Damanka, A., Faye, N., Fall, M., and Toguebaye, B.S., (2007). Myxosporidian parasites of the genus *Myxobolus* Butschli, 1882 found for the first time in Cichlid fishes from Senegal River (West Africa). Acta Protozoologica, 46(3):257.
- [35] Özak, A.A., Demirkale, I., and Cengizler, I., (2012). Two new records of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa, Myxosporea, Myxobolidae) species from Turkey. Turkish Journal of Zoology, 36(2):191-9.
- [36] Maillo-Bellon, P.A., (2011). Myxosporean infection of Grey Mullet in the Ebro Delta: Identification and Ultrastructure of *Myxobolus ichkeulensis* Bahri & Marques, 1996 Infecting the Gills of *Mugil cephalus* L. Acta Protozoologica, 50(1).
- [37] Borkhanuddin, M.H., Cech, G., Molnár, K., Németh, S., and Székely, C., (2014). Description of raabeia, synactinomyxon and neoactinomyxon developing stages of myxosporeans (Myxozoa) infecting *Isochaetides michaelsoni* Lastočka (Tubificidae) in Lake Balaton and Kis-Balaton Water Reservoir, Hungary. Systematic Parasitology, 88:245-59.
- [38] Demirkale, İ. and Cengizler, İ., (2016). Doğu Akdeniz Adana Sahilleri'nden Yakalanan Has Kefal (*Mugil cephalus* L. 1758)'lerde *Myxobolus ichkeulensis* Enfestasyonu. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 4(9):805-12.
- [39] Markiw, M.E. and Wolf, K., (1983). *Myxosoma cerebralis* (Myxozoa: Myxosporea) etiologic agent of salmonid whirling disease requires tubificid worm (Annelida: Oligochaeta) in its life cycle. The Journal of protozoology, 30(3):561-4.
- [40] Kaur, H. and Attri, R., (2015). Morphological and molecular characterization of *Henneguya bicaudi* n. sp. (Myxosporea: Myxobolidae) infecting gills of *Cirrhinus mrigala* (Ham.) in Harike Wetland, Punjab (India). Parasitology Research, 114:4161-7.