



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ HASTALIKLARI (VETERİNER) ANA BİLİM DALI

**SAMSUN YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN GÖKKUŞAĞI
ALABALIKLARINDA (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)
MİKSOZOAN PARAZİT *TETRACAPSULOIDES*
BRYOSALMONAE (MALACOSPOREA) VARLIĞININ
MOLEKÜLER OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Onur YÜKSEL

Danışman
Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ

SAMSUN
2025

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ HASTALIKLARI (VETERİNER) ANA BİLİM DALI



SAMSUN YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN GÖKKUŞAĞI
ALABALIKLARINDA (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)
MİKSOZOAN PARAZİT *TETRACAPSULOIDES*
BRYOSALMONAE (MALACOSPOREA) VARLIĞININ
MOLEKÜLER OLARAK ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

Onur YÜKSEL

Danışman

Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından BAP04-A-2024-5592 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Onur YÜKSEL tarafından, **Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ** danışmanlığında hazırlanan “**SAMSUN YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (ONCORHYNCHUS MYKISS) MİKSOZOAN PARAZİT TETRACAPSULOIDES BRYOSALMONAE (MALACOSPOREA) VARLIĞININ MOLEKÜLER OLARAK ARAŞTIRILMASI**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 13.6.2025 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Alparslan YILDIRIM Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Parazitoloji Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veterinerlik Su Ürünleri Hastalıkları Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Ertan Emek ONUK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veterinerlik Su Ürünleri Hastalıkları Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

07/05/2025
Onur YÜKSEL

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: SAMSUN YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) MİKSOZOAN PARAZİT *TETRACAPSULOIDES BRYOSALMONAE* (MALACOSPOREA) VARLIĞININ MOLEKÜLER OLARAK ARAŞTIRILMASI

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 07/05/2025 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 9

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

07/05/2025
Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ

ÖZET

SAMSUN YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) MİKSOZOAN PARAZİT *TETRACAPSULOIDES* *BRYOSALMONAE* (MALACOSPORA) VARLIĞININ MOLEKÜLER OLARAK ARAŞTIRILMASI

Onur YÜKSEL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Su Ürünleri Hastalıkları (Veteriner) Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Haziran/2025

Danışman: Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ

Myxozoan'lar metazoan endoparazitlerin bir grubudur. *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Canning et al., 1999) türü Malacosporea sınıfına ait bir myxozoan parazitidir ve salmonid balıklarında proliferatif böbrek hastalığına neden olmaktadır. *Tetracapsuloides bryosalmonae* Avrupa ve Kuzey Amerika'da çiftliklerde yetiştirilen ve yabani salmonidler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Türkiye'de salmonid balıklarda bu parazit türünün varlığı ile ilgili olarak herhangi bir bildirim bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında Samsun il sınırları içinde yer alan Derbent Baraj Göl'ünde yüzen ağ kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) *T. bryosalmonae* türünün varlığının ilk kez moleküler yöntemler ile araştırılması amaçlanmıştır.

Araştırmada Temmuz 2024–Şubat 2025 tarihleri arasında 150–250 g ağırlığındaki toplam 150 adet gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) nekropsi işlemleri yapılmıştır. Her bir alabalığın ön ve arka böbreklerinden doku parçaları alınmış ve DNA izolasyonları yapılmıştır. Böbreklerden izole edilen DNA örneklerinde *T. bryosalmonae* DNA'sının varlığı multipleks PZR tekniği ile taranmıştır. Sonuç olarak moleküler taraması yapılan 150 adet gökkuşağı alabalığında *T. bryosalmonae* DNA'sı tespit edilmemiştir.

Bu araştırma Samsun ili Derbent Baraj Gölü'nde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında *T. bryosalmonae* parazit türünün bulunmadığına dair ilk epidemiyolojik kanıtları sunmaktadır. Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinde hem yetiştiriciliği yapılan salmonid türlerinde hem de doğal ortamlarında yaşayan vahşi salmonid türlerinde *T. bryosalmonae*'nin varlığı ile ilgili olarak daha kapsamlı moleküler tarama çalışmaları yapılmalıdır.

Anahtar Sözcükler: Multipleks PZR, *Oncorhynchus mykiss*, *Tetracapsuloides bryosalmonae*

ABSTRACT

MOLECULAR INVESTIGATION OF THE PRESENCE OF MYXOZOAN PARASITE *TETRACAPSULOIDES BRYOSALMONAE* (MALACOSPOREA) IN RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) REARED IN SAMSUN REGION

Onur YÜKSEL

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Aquatic Animal Diseases

Aquatic Animal Diseases Programme

Master, June/2025

Supervisor: Prof. Dr. Gokmen Zafer PEKMEZCI

Myxozoans are a group of metazoan endoparasites. *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Canning et al., 1999) is a myxozoan parasite of the class Malacosporea and causes proliferative kidney disease in salmonid fish. *Tetracapsuloides bryosalmonae* poses a serious threat to farmed and wild salmonids in Europe and North America. There are no reports on the presence of this parasite species in salmonids in Türkiye. In this thesis, it was aimed to investigate the presence of *T. bryosalmonae* species in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in floating net cages in Derbent Dam Lake located in Samsun province for the first time by molecular methods.

In the study, a total of 150 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) weighing 150-250 g were necropsied between July 2024 and February 2025. Tissue samples were taken from the anterior and posterior kidneys of each trout and DNA isolations were performed. The presence of *T. bryosalmonae* DNA in the DNA samples isolated from the kidneys was screened by multiplex PCR technique. As a result, *T. bryosalmonae* DNA was not detected in 150 rainbow trout that were molecularly screened.

This study provides the first epidemiological evidence that the *T. bryosalmonae* parasite species is not present in rainbow trout reared in Derbent Dam Lake in Samsun province. More comprehensive molecular screening studies should be conducted regarding the presence of *T. bryosalmonae* in both farmed and wild salmonid species living in their natural habitats in different geographical regions of Türkiye.

Keywords: Multiplex PCR, *Oncorhynchus mykiss*, *Tetracapsuloides bryosalmonae*

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim ve tez çalışmalarım süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen, tez konusunun seçilmesinde ve çalışmaların yürütülmesinde büyük katkısını gördüğüm tez danışmanım Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Su Ürünleri Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ'ye, aynı anabilim dalında görevli olan Sayın Prof. Dr. Ertan Emek ONUK'a, Araştırma Görevlisi Esra DEMİRBAŞ ile doktora öğrencileri Cansu AKTAŞ ve Melike ÇALTI'ya destekleri için teşekkür ederim.

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından BAP04-A-2024-5592 proje numarası ile desteklenmiştir.

Onur YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Myxozoa Hakkında Genel Bilgiler	3
2.2. Myxozoa Taksonomisi.....	6
2.3. Myxosporia Sınıfı	10
2.4. Malacosporea Sınıfı	12
2.5. <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> ve Proliferatif Böbrek Hastalığı	13
2.5.1. <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> Türü Hakkında Genel Bilgi.....	13
2.5.2. <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> Türünün Yaşam Döngüsü.....	13
2.5.3. Proliferatif Böbrek Hastalığının Klinik Bulguları ve Patolojisi.....	17
2.5.4. Proliferatif Böbrek Hastalığının Coğrafi Dağılımı.....	19
2.5.5. Sıcaklığın <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> ile Enfekte Bryozoa ve Balık Konakçıları Üzerindeki Etkisi.....	20
2.5.6. <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> 'nin Vektörleri.....	21
2.5.7. <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> 'nin Teşhisi.....	21
2.5.8. Proliferatif Böbrek Hastalığının Risk Faktörleri ile Koruma ve Tedavi.....	22
3. MATERYAL METOT	25
3.1. Materyal.....	25
3.1.1. Araştırma Bölgesi ve Araştırma Materyali.....	25
3.2. Metot.....	25
3.2.1. Gökkuşluğu Alabalıklarının Nekropsi İşlemleri.....	25
3.2.2. Gökkuşluğu Alabalıklarının Böbrek Dokularından DNA İzolasyonu.....	26
3.2.3. <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> Varlığının Multiplex PZR Yöntemi ile Araştırılması.....	26
4. BULGULAR	28
5. TARTIŞMA.....	29
6. SONUÇ	32
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ	38

ŞİMGELER VE KISALTMALAR

bp	: Baz Çifti
DNA	: Deoksiriboz Nükleik Asit
gDNA	: Genomik Deoksiriboz Nükleik Asit
PKD	: Proliferatif Böbrek Hastalığı
PZR	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu
SSU rRNA	: Küçük Alt Ünite Ribosomal RNA



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Myxosporean sporların şematik çizimleri	11
Şekil 2.2. Malacosporean <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> 'nin balık ve bryozoan konakçıları arasında değişen yaşam döngüsünün şematik gösterimi.....	15
Şekil 2.3. Bryozoan konakçılar ve malacosporean parazitler	16
Şekil 2.4. Alabalıklarda proliferatif böbrek hastalığının klinik belirtileri.....	17
Şekil 2.5. Klinik PKD belirtileri gösteren gökkuşağı alabalığı	17
Şekil 2.6. Bir PKD salgını sırasında dalak büyümesi gösteren klinik olarak etkilenmiş gökkuşağı alabalığı	18
Şekil 2.7. Bir PKD salgını sırasında böbrek büyümesi gösteren klinik olarak etkilenmiş gökkuşağı alabalığı	18
Şekil 2.8. <i>Salmo trutta</i> 'dan alınan böbrek parçaları (a) ile <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> (166, 298 ve 756 bp) ve <i>Salmo trutta</i> (500 bp) amplikonları (b) içeren %2 agaroz jel görüntüsü.....	18
Şekil 4.1. Gökkuşağı alabalığı böbreklerinde <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> DNA'sı ve salmonid DNA (iç kontrol) taramasını gösteren %2 agaroz jel görüntüsü	28

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Birinci multipleks PZR metodu.....	26
Tablo 3.2. İkinci multipleks PZR metodu	27



1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği global ölçekte en hızlı büyüme gösteren sektörlerden biri olarak dikkat çekmektedir. Atlantik somonu (*Salmo salar*) ve gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) dünya çapındaki üretim hacmi sürekli artış eğilimi sergilemektedir. Türkiye gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde kayda değer bir üretim potansiyeline sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun Haziran 2024 tarihinde açıkladığı 2023 yılına ait verilerine göre iç sularda toplam 154 bin ton gökkuşağı alabalığı üretimi gerçekleştirilmiştir. Akuakültürde enfeksiyöz hastalıklar balık sağlığını olumsuz etkileyen ve üretimde verimlilik parametrelerini sınırlayan başlıca problemlerden biri olarak hala önemini korumaktadır. Türkiye'deki gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde enfeksiyöz hastalık etkenleri içerisinde paraziter organizmalar önemli bir yere sahiptir. Enfeksiyöz hastalıkların gerek vahşi gerekse kültüre alınmış balık popülasyonlarında ortaya çıkmasında patojen, konak ve çevresel değişkenler önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda kültür balıkçılığında koruyucu veteriner hekimlik uygulamaları ve balık sağlığı yönetimi perspektifinde paraziter enfeksiyonların tespitine yönelik epidemiyolojik araştırma verilerin elde edilmesine dair ihtiyaç her geçen gün giderek artış göstermektedir.

Myxozoan (Myxosporidia ve Malacosporidia) parazitler bir omurgasız ve bir omurgalı konağı içeren karmaşık yaşam döngülerine sahip olan endoparazitlerdir. Morfolojik ve moleküler kanıtlar Myxozoan'ların Cnidaria (knidarya) filumunun serbest yaşayan bir üyesinden evrimleştiğini desteklemektedir. Parazitik *Tetracapsuloides bryosalmonae* türü Myxozoa alt filumunun Malacosporidia sınıfının bir üyesidir ve *Oncorhynchus*, *Thymallus*, *Salmo* ve *Salvelinus* genuslarında yer alan salmonidlerde (kahverengi alabalık, gökkuşağı alabalığı, Atlantik salmon, kaynak alabalığı vs.) proliferatif böbrek hastalığına (proliferative kidney disease, PKD) neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle büyük ekonomik öneme sahiptir. Hastalığı atlatan vahşi kahverengi alabalıkların (*Salmo trutta*) rezervuar konak olduğu düşünülmektedir. Yüksek mortalite ve morbidite ile karakterize olan hastalığın Avrupa ve Kuzey Amerika'daki kültüre edilen ve yabani salmonid popülasyonlarını etkilediği iyi bilinmektedir. Enfeksiyonun şiddetine bağlı olarak enfekte balıklarda böbrek ve dalak büyümesi, glomerülonefrit, anemi, asites, ekzoftalmi, solungaçlarda solgunluk ve deride koyulaşmalar ile sonuçlanabilmektedir. PKD tek başına yüksek mortaliteye neden olabilirken, ikincil enfeksiyonlar ölüm sürecini hızlandırarak mortaliteyi daha

da artırabilmektedir. *Tetracapsuloides bryosalmonae* türünün yaşam döngüsü omurgasız tatlı su bryozoanı (*Fredericella sultana*) ve omurgalı salmonid balık konakları etrafında dönmektedir. Tatlı su bryozoanı *T. bryosalmonae* türü için kesin konak, alabalıklar ise ara konak görevi görmektedirler. Son yıllarda bu parazit türü daha önce rapor edilmediği Avrupa ülkelerindeki tatlı sularda yaşayan yabani salmonidler arasında rapor edilmeye başlanmıştır. Bu parazitin birçok Avrupa ülkesinin doğal su kaynaklarında azalan yabani salmonid popülasyonlarının olası bir nedeni olduğuna inanılmaktadır. Parazit balığın solungaç epiteli yoluyla konağına nüfuz ederek dolaşım sistemi yolu ile böbreklere yerleşmektedir. Enfekte salmonidlerde nekropside böbreklerin büyüdüğü görülmektedir. PKD gelişen alabalıklarda parazit böbreğe ulaştıktan sonraki 1-2 ay içinde sayıca hızlı bir şekilde artarak klinik enfeksiyondan birkaç gün sonra tespit edilebilir seviyelere ulaşmaktadır.

Tetracapsuloides bryosalmonae enfeksiyonu özellikle böbrekler başta olmak üzere balığın çeşitli organlarında ciddi enflamatuvar reaksiyonlara neden olur. Bu enflamatuvar süreçler, balığın osmoregülatör fonksiyonlarının bozulmasına ve immün sisteminin zayıflamasına yol açarak özellikle su sıcaklığının yükseldiği dönemlerde yüksek mortalite ile sonuçlanabilir. Bu nedenle iklim değişikliğinin getirdiği su sıcaklığı artışları PKD'nin daha yaygın ve şiddetli hale gelmesine neden olabilecek önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

Tetracapsuloides bryosalmonae Avrupa ve Kuzey Amerika'da çiftliklerde yetiştirilen ve yabani salmonidler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Parazit ABD., Kanada, İngiltere, İsviçre, Norveç, Danimarka, Estonya, Slovenya, Avusturya, Finlandiya ve Almanya'da gibi farklı ülkelerdeki yabani ve kültür salmonidlerde rapor edilmiştir. Türkiye'de bu parazit türünün varlığı ile ilgili olarak herhangi bir bildirim ya da kayıt bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında Samsun il sınırları içinde yer alan Derbent Baraj Göl'ünde yüzen ağ kafeslerde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) PKD hastalığının etkeni *Tetracapsuloides bryosalmonae* türünün varlığının ilk kez moleküler yöntemler ile araştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2. 1. Myxozoa Hakkında Genel Bilgiler

Myxozooan'lar metazooan endoparazitlerin bir grubudur. İlk myxozooan türü 1825 yılında Jurine tarafından bildirilmiştir. Ancak şu anda bu grup 64 cins ve 17 familyaya ait 2200'den fazla nominal türden oluşmaktadır. Tür sayısının artmasıyla birlikte taksonomi de değişmiş ve 20. yüzyıl boyunca farklı sınıflandırma sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle myxozooan'ların taksonomisi uzun süredir tartışma konusu olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Uzun yıllar protozoanlar olarak sınıflandırılmışlardır. Myxozooan'ların nükleer küçük alt birim ribozomal DNA bölgesinin (SSU rDNA) yapılan DNA dizi analizleri bunların cnidarian (knidaryalar) ile yakın filogenetik ilişkilerini ortaya koydu. Bu nedenle bu parazitler daha sonra çok hücreli organizmalar olarak kabul edilmiş ve knidaryalar olarak sınıflandırılmışlardır. Knidaryalılar deniz ve tatlı su ortamlarının tipik temsilcileri olarak yaygın olarak tanınan omurgasızlardır. Yine de yakın zamana kadar tüm knidaryalılar serbest yaşayan hayvanlar olarak kabul ediliyordu. Artık knidaryalıların bir kladının antik çağlarda ayrılarak günümüzde Myxozoa'yı oluşturan endoparazitlere dönüştüğü açıktır. Myxozoa'lar 1800'lerden beri bilinen ve balıkların yaygın ve zaman zaman oldukça sorunlara neden olan parazitleridir. Konakları hem deniz hem de tatlı sulardaki teleost balıklar ve omurgasızlardır. Bununla birlikte elasmobranchiilerde, amfibilerde, sürüngenlerde, ahtapotlarda ve birkaç vakada digenean ve monogeneanları enfekte eden hiperparazitler olarak da bulunmuşlardır. Konak aralığı türler arasında önemli ölçüde değişir, bazıları konak spesifik iken diğerleri konak spesifik değildir ve farklı konakları enfekte eder. Myxozooan enfeksiyonları ayrıca su ürünleri yetiştiriciliği ve balıkçılıkta önemli ekonomik kayba yol açabilir. Çiftliklerdeki ve kuluçkahanelerdeki balıkların sağlığını etkileyebilir ve balıkların pazarlanabilirliğini azaltabilir. İnsan sağlığı, çiğ enfekte balıklar bağışıklık sistemi zayıflamış kişiler tarafından tüketildiğinde myxozooan'lar tarafından tehdit edilebilir (Kent et al., 2001; Feist and Longshaw, 2006; Fiala et al., 2015; Okamura et al., 2015).

Myxozooan'lar spor morfolojisi, gelişim ve enfeksiyon şekilleri, doku tropizmi ve konak özgüllüğü açısından muazzam bir çeşitlilik sergiler. Balıkları enfekte eden myxozooan'ların çoğu konak, doku ve organa özgü parazitlerdir. Çoğu myxospor türünün konak özgüllüğü oldukça dardır ve parazitler yalnızca bir konak türünde veya yakın akraba balıklarda gelişebilir. Bununla birlikte, nispeten geniş konak aralıklarına

sahip olan ve genetik olarak uzak konak türlerini enfekte eden myxozoan türler vardır. Histozoik türler konak dokularında (hücre içi ya da hücreler arası) bulunurken, koelozoik türler safra kesesi veya idrar kesesi gibi vücut boşluklarında bulunurlar. Doku seçimi, olgun sporları yalnızca bir doku türünde geliştirdikleri için histozoik myxozoanlar için önemli bir taksonomik özelliktir. Histozoik türler, epitel, kas, kıkırdak ve bağ dokularında, sinir hücrelerinin içinde ve kan damarlarında vb. plazmodia oluşturabilir. Plazmodia gelişimi genellikle bir organın iyi tanımlanmış bir bölümünde meydana gelir. Örneğin solungaçlarda, farklı türler lamellerin içinde veya arasında, solungaç filamentlerinin farklı dokularında veya kıkırdaklı solungaç kemerinin içinde gelişir. Diğer türler aynı doku türünden oluşan farklı organlarda plazmodia geliştirebilir. Myxozoanlar spor oluşturan parazitlerdir ve balık konakçısının çoğu organını enfekte edebilirler. Konak istilasından sonra, tipik olarak plazmodia veya psödoplazmodia içinde bir gelişmeyi içeren, sporogonik öncesi faz olarak adlandırılan bir aseksüel çoğalma meydana gelir. Çok sayıda spor içeren büyük plazmodiler oluşturan türler polisporlu olarak adlandırılırken, bir veya iki spor içeren psödoplazmodiler oluşturanlar mono veya disporlu olarak adlandırılır (Feist and Longshaw, 2006). Tipik olarak, hem pre-sporogonik hem de sporogonik aşamalar aynı bölgede meydana gelir. Ancak bazı durumlarda örneğin *Tetracapsuloides bryosalmonae* gibi Malacosporea sınıfı türlerinde olduğu gibi ayrı yerlerde de meydana gelebilirler. Bu durumda sporogonik öncesi aşamalara ekstrasporogonik proliferatif aşamalar adı verilir (Lom and Dyková, 2006; Molnár and Eszterbauer, 2015; Okamura et al., 2015).

Tipik myxozoan yaşam döngüsü iki sucul konak içerir; bir omurgasız kesin konak ve bir omurgalı ara konaktır. Myxozoa'daki üreme serbest yaşayan knidaryalarda gözlemlenen kadar çeşitlidir. Myxozoa'daki eşeysiz ve eşeyli üreme karmaşıktır ve grup içindeki haploid ve diploid hücre oluşumunun ayrıntılı yönleri bilinmemektedir. Bugüne kadarki kanıtlar, mayozun genellikle halkalı solucan (Myxosporea) veya briyozoan konakta (Malacosporea) meydana geldiğini göstermektedir. Bu da bunların bu taksonlar için kesin konaklar olduğunu göstermektedir. Myxosporean enfeksiyonlarının iletimi halkalı solucan konaktan aktinosporların ve omurgalı konaktan myxosporların üretimi ve salınması yoluyla gerçekleşir. Malacosporean enfeksiyonlarının iletimi bulaşıcı malacosporların briyozoan konak tarafından salınması ve balık konaktan salınan sporların balık

malakosporları olarak nitelendirilmesi bakımından benzerdir (Eszterbauer et al., 2015; Okamura et al., 2015).

Balıklarda sporlar myxospor olarak adlandırılırken omurgasızlarda aktinospor olarak adlandırılır. Sınıflandırmada 1984'ten önce myxosporlar ve aktinosporlar genellikle sırasıyla Myxosporea ve Actinosporea olmak üzere ayrı sınıflara ait iki farklı organizma grubu olarak kabul edilmekteydi (Okamura et al., 2015). Bu dönemde sporlar sedimanlarda erginleşene kadar myxosporların balıktan balığa yatay bir geçiş gösterdiğine inanılıyordu (Feist and Longshaw, 2006). Bu grupların tek bir türün morfolojik olarak farklı evreleri olduğunun anlaşılması ile sınıflandırmalar değiştirildi ve sonunda Actinosporea sınıfı 1996 yılında Kent ve arkadaşları tarafından taksonomik olarak duyuruldu (Kent et al., 1996). Taksonomide 2000 yılında Canning ve arkadaşları *Buddenbrockia* ve *Tetracapsuloides* cinslerini barındıracak yeni bir myxozoans sınıf ve takımını temsil eden bir makale yayınladığında daha fazla değişiklik yapılmıştır (Canning et al., 2000).

2.2. Myxozoa Taksonomisi

Myxozoon'lar tatlı su ve deniz ortamlarında omurgasız ve omurgalı (çoğunlukla balık) konakçıları kullanan knidaryalıların endoparazitik yayılımı olarak evrimleşmiştir. Şu anda, 64 cins ve 17 aileye sınıflandırılmış yaklaşık 2.200 nominal tür bulunmaktadır. Bu gruplamalar esas olarak spor morfolojisine dayanmaktadır. Myxozoa Cnidaria filumu içinde yer almaktadır ve Malacosporea ve Myxosporea olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır (Fiala et al., 2015).

Phylum **Cnidaria**

Subphylum **Myxozoa**

Class **Malacosporea**

Order **Malacovalvulida**

Family **Saccosporidae**

Genus ***Buddenbrockia***

Tetracapsuloides

Tetracapsuloides bryosalmonae

Class **Myxosporea**

Order **Bivalvulida**

Suborder **Variisporina**

Family **Sphaeromyxidae**

Genus ***Sphaeromyxa***

Family **Myxidiidae**

Genus ***Myxidium***

Zschokkella

Enteromyxum

Sigmomyxa

Soricimyxum

Cystodiscus

Family **Ortholineidae**

Genus *Ortholinea*

Neomyxobolus

Cardimyxobolus

Triangula

Kentmoseria

Family **Sinuolineidae**

Genus *Sinuolinea*

Myxodavisia

Myxoproteus

Bipteria

Paramyxoproteus

Neobipteria

Schulmania

Noblea

Latyspora

Family **Fabesporidae**

Genus *Fabespora*

Family **Ceratomyxidae**

Genus *Ceratomyxa*

Meglitschia

Ellipsomyxa

Ceratonova

Family **Sphaerosporidae**

Genus *Sphaerospora*

Wardia

Palliatius

Family **Myxobolidae**

Genus *Myxobilatus*

Acauda

Hoferellus

Family **Chloromyxidae**

Genus *Chloromyxum*

Caudomyxum

Agarella

Family **Coccomyxidae**

Genus *Coccomyxa*

Auerbachia

Globospora

Family **Alatosporidae**

Genus *Alatospora*

Pseudalatospora

Renispora

Family **Parvicapsulidae**

Genus *Parvicapsula*

Neoparvicapsula

Gadimyxa

Suborder **Platysporina**

Family **Myxobolidae**

Genus *Myxobolus*

Spirosuturia

Unicauda

Dicauda

Phlogospora

Laterocaudata

Henneguya

Hennegoides

Tetrauronema

Thelohanellus

Neothelohanellus

Neohenneguya

Trigonosporus

Order **Multivalvulida**

Family **Trilosporidae**

Genus *Trilospora*

Unicapsula

Family **Kudoidae**

Genus *Kudoa*

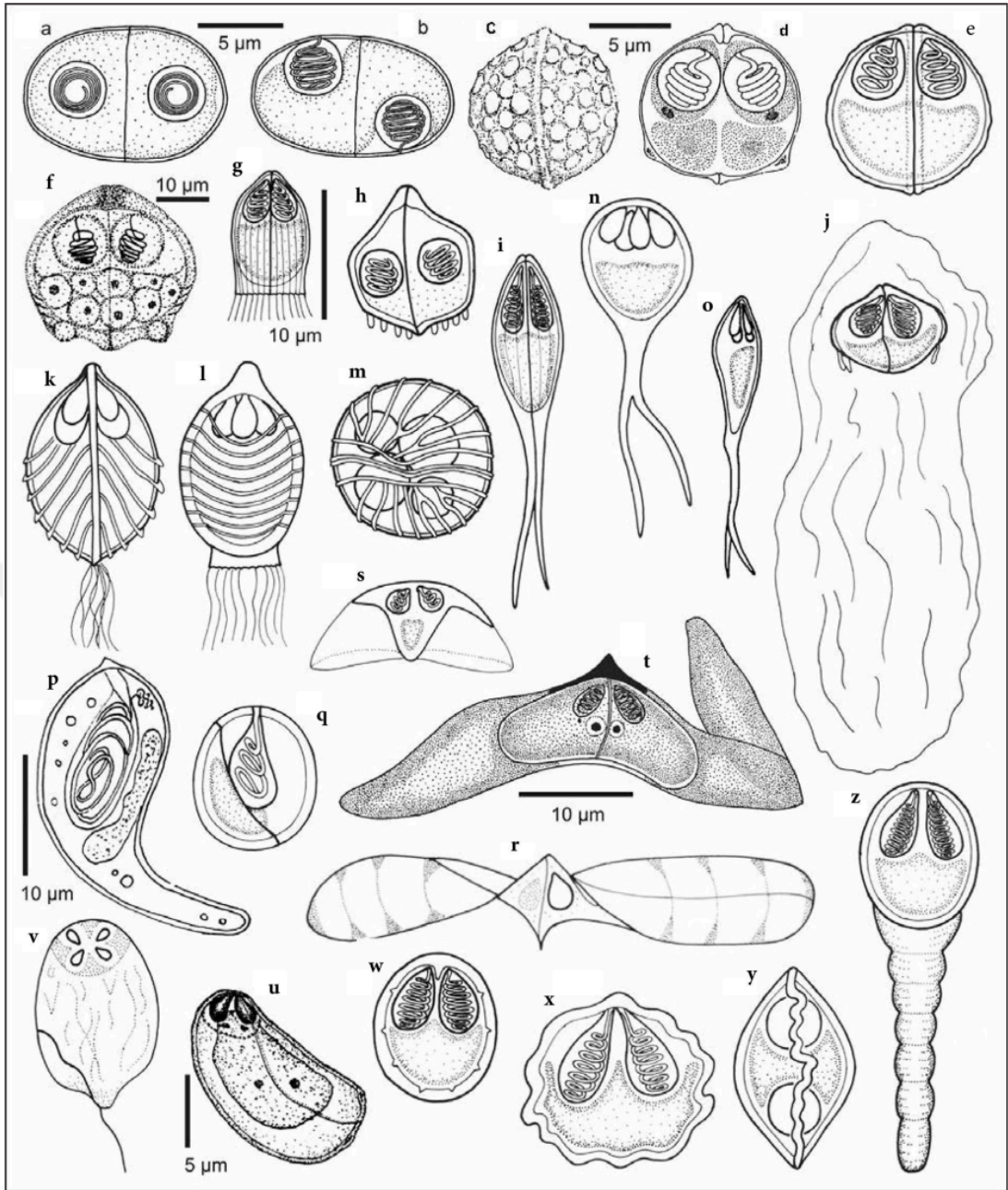
Family **Spinavaculidae**

Genus *Octospina*

Trilosporoides

2.3. Myxosporea Sınıfı

Myxosporea binlerce türe sahip 16 aile ve 62 cinsten oluşan bir sınıftır. Bu sınıfta yer alan bazı türler konak üzerindeki patolojik etkileri veya balık ürünlerinin bozulması nedeniyle ekonomik olarak önemlidir. Balıklar arasında doğrudan bir bulaşma bilinmesine rağmen myxosporean'lar genellikle bir omurgalı konak ve bir halkalı solucan konak olmak üzere iki konaklı bir yaşam döngüsü sergiler. Halkalı solucanların içinde parazit tipik olarak bağırsak epitelinde gelişirken, balık konakçısının çoğu organını enfekte edebilir. Çok hücreli spor, 2-12 valf hücresi ile çevrili kutup kapsülleri ve enfeksiyöz sporoplazma ile karakterizedir. Tek bir spordaki kutup kapsüllerinin sayısı 1-13 arasında değişir. Polar kapsüllerin içinde, spor kapakçıklarının açılmasına ve sonrasında enfeksiyöz sporoplazmanın salınmasına yardımcı olmak için konak dokularına bağlanan ekstrüde edilebilir polar filamentler bulunur. Bir myxozoan sporunun boyutu yaklaşık 10-20 µm'dir ve dolayısıyla çıplak gözle tespit edilmesi imkansızdır. Bununla birlikte sporlarla dolu olan kistler/plazmodialar bazı durumlarda makroskopik olarak görülebilir. Myxosporeanlar balık konaklarının çoğu organını enfekte edebilirler, enfeksiyonlar uzun sürelidir ve parazitlerin konakçının ömrü boyunca hayatlarına devam etmeleri olasıdır (Lom and Dyková, 1992; Feist and Longshaw, 2006; Okamura et al., 2015) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Myxosporean sporların şematik çizimleri. a, b) *Ellipsomyxa gobii*, c, d) *Sphaerospora elegans*, e) *Sphaerospora renicola*, f) *Polysporoplasma sparıs*, g) *Hoferellus cyprini*, h) *Wardia ovinocua*, i) *Myxobilatus gasterostei*, j) *Palliatus mirabilis*, k, l) *Chloromyxum leydigi*, m) *Chloromyxum cristatum*, n) *Caudomyxum nanum*, o) *Agarella gracilis*, p) *Auerbachia anomala*, q) *Globospora sphaerica*, r) *Alatospora samaroidea*, s) *Pseudoalatospora scombri*, t) *Renispora simae*, u) *Parvicapsula asymmetrica*, v) *Neoparvicapsula ovalis*, w) *Myxobolus muelleri*, x, y) *Spirosuturia carassii*, z) *Unicauda clavicauda* (Lom and Dyková, 2006)

2.4. Malacosporea Sınıfı

Günümüzde myxosporeanların aksine Malacosporean sınıfı tür bakımından daha az sayıda üyeye sahiptir. Yalnızca Malacovalvulida takımında ve Saccosporidae ailesinde *Buddenbrockia* ve *Tetracapsuloides* olmak üzere iki genus ve bu genus'lara bağlı az sayıda tür vardır. Bu türler arasından proliferatif böbrek hastalığının etkeni olan *T. bryosalmonae* türü açık ara en çok çalışılan ve en iyi bilinenidir. Dahası *T. bryosalmonae* türü malacosporeanlar arasında yaşam döngüsü tanımlanan ve bilinen tek üyedir. *Tetracapsuloides bryosalmonae* türü özellikle salmonid (alabalıklar) balıkların parazitidir. Bu tür hem doğal ekosistemlerdeki yabani salmonid popülasyonlarında hem de yetiştiricilik koşullarına uyarlanan kültür salmonidlerinde ciddi ekonomik kayıplara neden olabilen bir türdür. Sınıfın diğer türleri daha az çalışılmıştır ve yaşam döngüleri bilinmemektedir. Sazangiller ve perciform balıkların diğer malacosporlar için konakçı olduğuna dair kanıtlar vardır. Yaşam döngülerinde bryozoanlardan başka diğer omurgasız konakların olup olmadığı bilinmemektedir. Malacosporların gelişimi bryozoanların vücut boşluğunda keselerin (*Tetracapsuloides bryosalmonae* ve *Buddenbrockia allmani*) veya solucan benzeri aşamaların (*Buddenbrockia phumatellae*) oluşumunu içerir. Bu keseler veya "solucanlar" tamamen geliştiklerinde çevreye salınan ve daha sonra salmonid konakçılarını enfekte eden bulaşıcı sporlarla dolar (Okamura et al., 2015).

2.5. *Tetracapsuloides bryosalmonae* ve Proliferatif Böbrek Hastalığı

2.5.1. *Tetracapsuloides bryosalmonae* Türü Hakkında Genel Bilgi

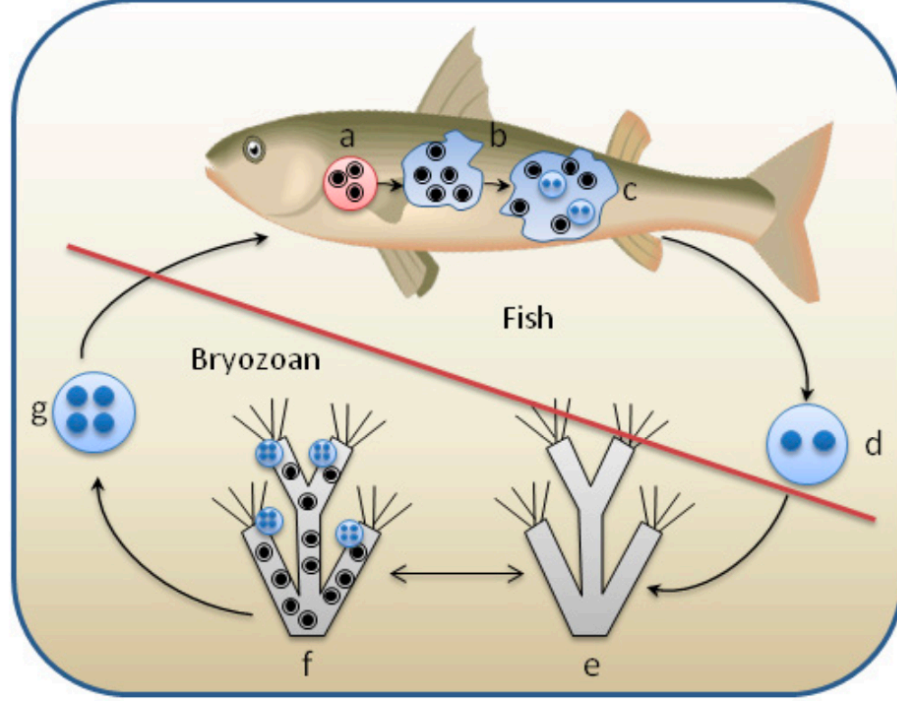
Tetracapsuloides bryosalmonae Malacosporea sınıfına ait bir myxozoon parazittir ve salmonid balıklarında Proliferatif Böbrek Hastalığına neden olduğu iyi bilinmektedir (Canning et al., 1999). PKD benzeri durum ilk olarak 1920'lerin başında Almanya'da gökkuşuğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) tanımlanmış olmasına rağmen, hastalık durumu 1970'lerin başında proliferatif böbrek hastalığı olarak adlandırılmış ve ana klinik özellikleri tanımlanmıştır (Roberts et al., 1997). Kent ve arkadaşları tarafından 1985 yılında yapılan transmisyon elektron mikroskopik çalışmasında bir myxozoon parazitin PKD'nin etkeni olduğunu ortaya koymuştur (Kent et al., 1985). 1990'ların sonlarında bu myxozoon parazitin yaşam döngüsünde omurgasız bir bryozoon konağın var olduğu keşfedilmiştir (Anderson et al., 1999). Parazit taksonomik olarak *Buddenbrockia* sp.'den ayırt edilmiş ve sonunda yeni bir myxozoon sınıfı olan malacosporea altında *Tetracapsuloides bryosalmonae* olarak adlandırılmıştır (Canning et al., 1999; 2000; 2002). Moleküler filogenetik çalışmalar myxozoon'ların evrimsel olarak ilkel, morfolojik olarak dejenere olmuş knidaryalılar olduğunu ve kutup kapsüllerinin knidaryalı nematosistlerle karşılaştırılabilir olduğunu ileri sürmektedir (Jiménez-Guri et al., 2007). Kuzey Amerika ve Avrupa'dan kaynaklanan iki *T. bryosalmonae* kolu tanımlanmıştır. İlginç bir şekilde, parazitlerin Kuzey Amerika kolu Güney Avrupa'dan izole edilmiştir. Bilimsel kanıtlar parazitin kıtalar arasında taşınması için olası vektörün su kuşları olduğunu ileri sürmektedir (Henderson and Okamura, 2004).

2.5.2. *Tetracapsuloides bryosalmonae* Türünün Yaşam Döngüsü

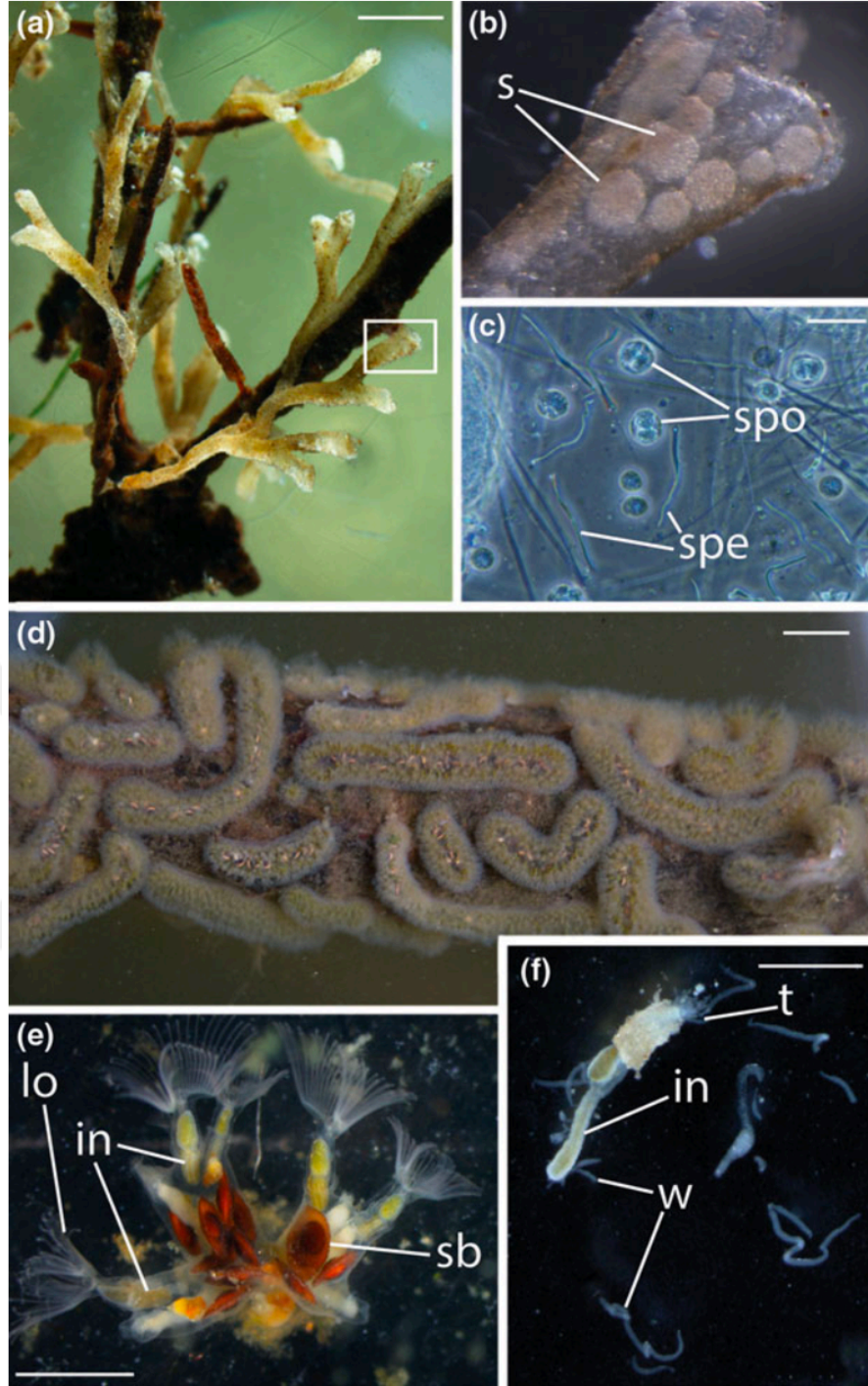
Tatlı su bryozoonu *T. bryosalmonae* için kesin konak olarak rol alırken, salmonid balıklar ise ara konak olarak görev yapar (Hartikainen and Okamura, 2015). Tatlı su bryozoonları genellikle nehirlerde, göletlerde ve göllerde bulunurlar ve su altı kayaların, bitkilerin, köklerin ve ağaç dallarının yüzeylerinde koloniler halinde yaşarlar. Bryozoonlar asılı beslenirler ve kolonileri ya yeni zooidlerin tomurcuklanmasıyla ya da statoblast adı verilen eşeysiz üreyen tohum benzeri yapılar aracılığıyla çoğalırlar. Statoblastlar hareketsiz kalır ve uygun koşullar altında yeni bir koloni oluşturmak için çimlenir (Wood et al., 2005). *Cristatella mucedo*, *Pectinatella magnifica*, *Plumatella rugosa*, *Plumatella* sp. ve *Fredericella sultana* gibi bryozoon

türleri *T. bryosalmonae* için konakçı görevi görür (Okamura et al., 2001). Ancak *F. sultana*, *T. bryosalmonae* için en çok tercih edilen konaktır. Parazitin bryozoan konağa giriş yolu bilinmemektedir ancak zooidler suda asılı materyallerle beslenirken parazitin konağa girebileceği düşünülmektedir (Hartikainen and Okamura, 2015). Girişten sonra parazit, bryozoada gizli bir enfeksiyon geliştirerek kriptik bir aşamaya geçer. Bunu takiben parazit, enfekte olmuş bryozoanın vücut boşluğu içinde döndüğü gözlenen presakkular aşamaya (8-13 µm) girerek açık bir enfeksiyon geliştirir (Morris and Adams, 2006). Son olarak parazit amoeboid bir evreye gelişerek boyut ve paketlenme yoğunluğuna bağlı olarak yaklaşık 2800 ila 4000 spor içeren belirgin bir olgun parazit spor kesesi (350 µm) oluşturur (Canning et al., 2000). Dört polar kapsüle sahip olgun sporlar daha sonra salmonidleri enfekte eden enfekte bryozoan kolonileri tarafından salınır. Tek bir spor bir balığı enfekte etmek ve PKD'nin klinik semptomlarına neden olmak için yeterlidir. *Oncorhynchus*, *Thymallus*, *Salmo* ve *Salvelinus* genuslarında yer alan salmonidler (kahverengi alabalık, gökkuşuğu alabalığı, Atlantik salmon, kaynak alabalığı vs.) *T. bryosalmonae* enfeksiyonu için başlıca balık konakçısıdır. Parazit balığın solungaç epitelinden vücuduna nüfuz eder ve paraziti başlıca böbrek olmak üzere çeşitli iç organlara dağıtan dolaşım sistemine girer (McGurk et al., 2006; Grabner and El-Matbouli, 2010). Parazitin ekstrasprogonik evrelerinin çoğalması böbrek dokusunun interstisyumu arasında gerçekleşir ve ekstrasprogonik evreler böbrek tübüllerinin lümenine hareket eder ve burada psödoplazmodilere farklılaşırlar. İki polar kapsüle sahip tek hücreli amoeboid spor psödoplazmodia içinde gelişir (Kent et al., 1985; Morris and Adams, 2008). Balık konaklarının böbrek tübüllerinde olgunlaşan sporlar (fish malacosporae) idrarla birlikte düşük sayılarda salınır (maksimum konsantrasyon tahmini=120 spor/ml idrar). Sporlar balıktan salındıktan sonra büyük ölçüde seyreltilir ve yumuşak, ince duvarlı valfleri nedeniyle nispeten hızlı bir şekilde (<24 saat içinde) bozulur. Sporların bryozoalara iletimi pasif taşıma ile sağlanır ve karşılaşma oranları bryozoa konaklarına yakınlık ve konak yoğunluğu ile artmaktadır. Bu durum konak-parazit dinamiklerinin iletimde önemli bir rol oynama olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle bryozoalar alglerin aşırı büyümesinden, ana akım akışlarından ve sedimantasyondan koruma sağlayan korunaklı yerlerde büyümeyi tercih eder. Kıyı ağaçlarının (kızılağaç, söğüt) geniş, üç boyutlu kök sistemleri bu tür mikro habitatlara örnektir ve sıklıkla yoğun bryozoa büyümesini destekler. Aynı kök sistemleri balıkları özellikle de yavru balıkları çeker ve barınma ve beslenme alanları olarak kullanılır. Bu nedenle

balıklardan idrar ile serbest bırakılan sporların bu tarz mikro ortamlarda bryozoanlar ile karşılaşma oranları büyük ölçüde artmaktadır (Wood, 2001; Hartikainen and Okamura, 2015) (Şekil 2.2., Şekil 2.3.).



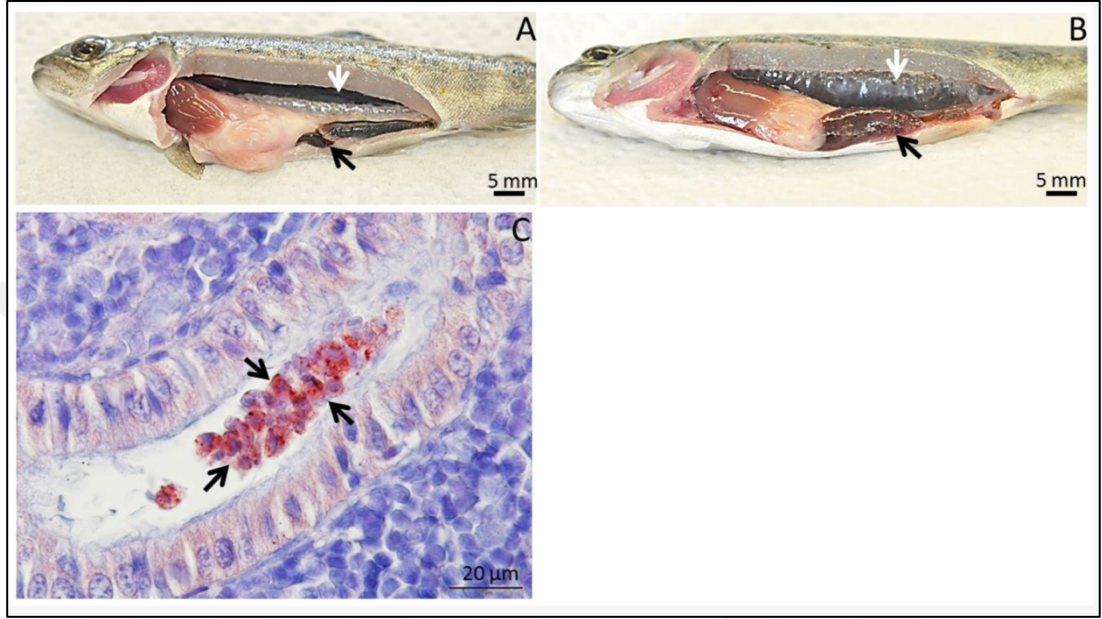
Şekil 2.2. Malacosporean *Tetracapsuloides bryosalmonae*'nin balık ve bryozoan konakçıları arasında değişen yaşam döngüsünün şematik gösterimi. Ekstra sporogonik ve pre-sporogonik aşamalar (a-b) kan ve balık dokularında gelişir ve sporogonik aşamalar böbrekte (c) iki polar kapsüllü balık malacosporları (fish malacospore) üretir, bunlar suya salınır (d) ve bryozoanları enfekte ederek tek hücreli aşamaların gizli enfeksiyonlarına (e) neden olur. Açık enfeksiyonlarda (f) keseler gelişir ve son olarak balıklar için enfektif olan dört polar kapsüllü malacosporlar üretilir (g). (Sitjà-Bobadilla tarafından çizilmiştir) (Buchmann et al., 2020)



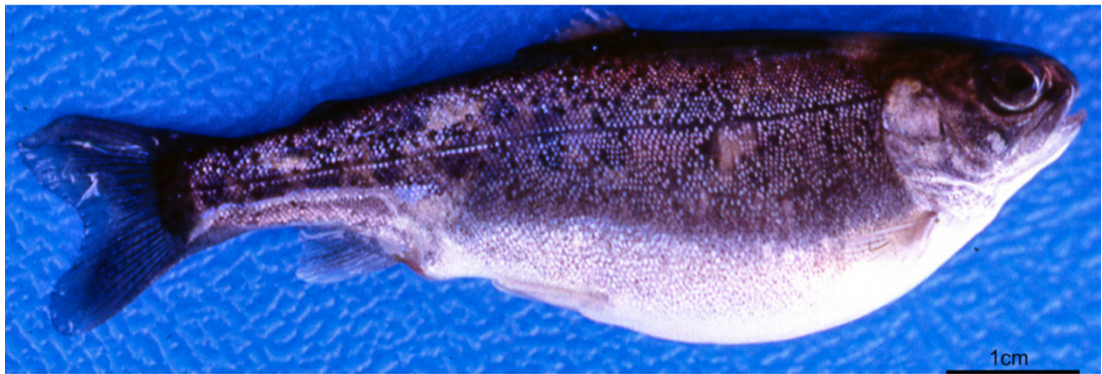
Şekil 2.3. Bryozoan konakçılar ve malacosporean parazitler. (a) Bir ağaç köküne bağlı dallanan bir *Fredericella sultana* kolonisi, beyaz kare bir dal ucunu göstermektedir. (b) *Tetracapsuloides bryosalmonae* keseleri ile iki *F. sultana* zooidi. (c) *F. sultana*'da hem bryozoan spermalarının hem de *T. bryosalmonae* sporlarının varlığı. (d) *Cristatella mucedo* kolonileri. (e) Statoblast üretimi geçiren *Lophopus crystallinus* kolonisi. (f) Bağırsağa tutunmuş *Buddenbrockia* sp. myxoworm ve koelomik boşluğundan dışarı dökülen serbest myxoworm yapılarını içeren dissekte *F. sultana* zooidi. s = kese, spo = spor, spe = sperm, lo = lofofor, in = bağırsak, sb = statoblast, t = dokunaç, w = miksworm. Ölçek çubukları: (c) 50 µm ve diğerleri 1 mm (Hartikainen and Okamura, 2015)

2.5.3. Proliferatif Böbrek Hastalığının Klinik Bulguları ve Patolojisi

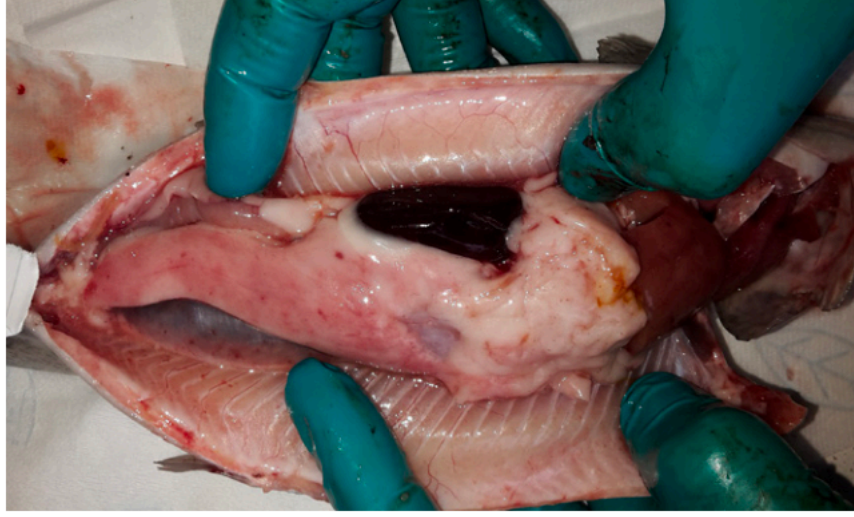
Gelişen parazitler daha sonra enfekte balığın idrarı yoluyla salınır ve bu da bryozoan konağı enfekte eder. Enfekte balıklar anemiye, böbrek ve dalak büyümesine yol açan şiddetli enflamatuvar tepkiler gösterir ve bu da %100 ölümle sonuçlanır (Şekil 2.4, 2.5, 2.6, 2.7).



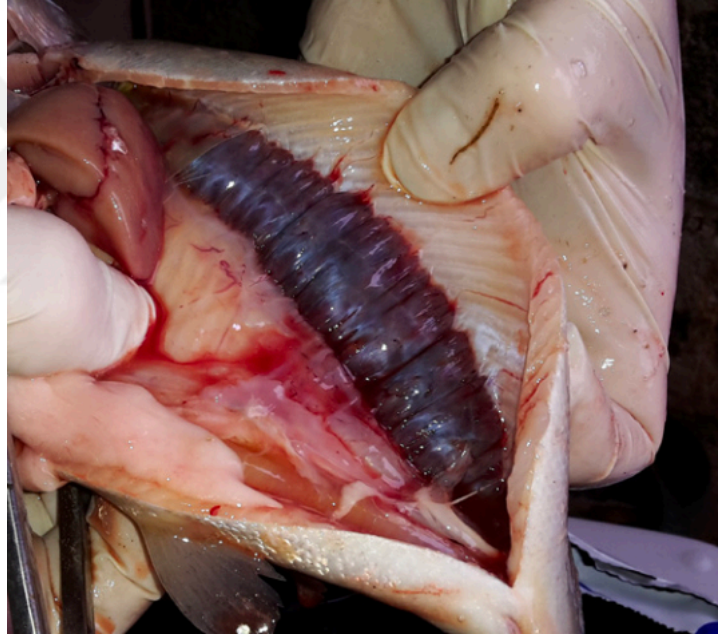
Şekil 2.4. Alabalıklarda proliferatif böbrek hastalığının klinik belirtileri. (A) Enfekte olmayan kontrol alabalığı normal böbrek (beyaz ok) ve dalağı (siyah ok) göstermektedir. (B) *Tetracapsuloides bryosalmonae* ile enfekte olmuş alabalıklarda böbrek hipertrofisi (beyaz ok) ve splenomegali (siyah ok) gibi klinik belirtiler görülmektedir. (C) Enfekte alabalığın böbrek tubülünün içindeki *T. bryosalmonae*'nin (siyah ok) intraluminal sporogonik parazit evreleri. Parazitler anti-*T. bryosalmonae* monoklonal antikorunu kullanılarak immünohistokimya ile görüntülendi ve hematoxilen ile boyalıdır (Kumar et al., 2013)



Şekil 2.5. Klinik PKD belirtileri gösteren gökkuşuğu alabalığı (Fotoğraf: Dr. J.A. Castillo, Zaragoza Üniversitesi) (Buchmann et al., 2020)



Şekil 2.6. Bir PKD salgını sırasında dalak büyümesi gösteren klinik olarak etkilenmiş gökkuşağı alabalığı (fotoğraf: Niccolò Vendramin, Danimarka Teknik Üniversitesi) (Buchmann et al., 2020)



Şekil 2.7. Bir PKD salgını sırasında böbrek büyümesi gösteren klinik olarak etkilenmiş gökkuşağı alabalığı (fotoğraf: Niccolò Vendramin, Danimarka Teknik Üniversitesi) (Buchmann et al., 2020)

Kronik enfeksiyonda sıklıkla granümatöz yanıtlar görülür. Gökkuşağı alabalığı ve kahverengi alabalık türleri *T. bryosalmonae* enfeksiyonu için en çok çalışılan salmonid türleridir (Grabner and El-Matbouli, 2009). Enfekte gökkuşağı alabalığı bryozoan konağı enfekte edebilen olgun parazit sporlarını serbest bırakmadığından, gökkuşağı alabalığı *T. bryosalmonae*'nin Avrupa suyuyla birlikte evrimleşmemiştir. Ancak, balıktan bryozoana bulaşma kahverengi alabalık ve dere alabalığında (*Salvelinus fontinalis*) mümkündür (Morris and Adams, 2006; Grabner

and El-Matbouli, 2008; Kumar et al., 2013). Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, PKD enfeksiyonundan kurtarılan kahverengi alabalık, enfeksiyondan beş yıl sonra bile canlı *T. bryosalmonae* sporlarını serbest bırakabilmiştir. Bu durum, PKD'den kurtarılan kahverengi alabalıkların *T. bryosalmonae*'nin doğada yayılması için bir rezervuar görevi görebileceğini açıkça göstermektedir (Soliman et al., 2018). Balıklarda PKD enfeksiyonunda balıklarda hastalığın ciddiyetine bağlı olarak böbrek ve dalağın büyümesi, glomerülonefrit, anemi, asit, ekzoftalmi, soluk solungaçlar ve koyu renkli deri ile sonuçlanır. Tek başına PKD yüksek ölüm oranına neden olabilirken, sekonder enfeksiyonlar ölüm sürecini hızlandırabilir ve ölüm oranını daha da artırabilir. PKD salgınları genellikle su sıcaklığının 15°C'nin üzerinde olduğu yaz aylarında veya sonbahar başlarında mevsimsel olarak ortaya çıkar. Bu parazit türü Avrupa ve Kuzey Amerika genelinde çiftliklerde yetiştirilen ve vahşi salmonid balıkları için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. *Tetracapsuloides bryosalmonae* Alpler'deki akarsularda endemik alabalık türü olan *Salmo trutta* popülasyonunun azalmasıyla ilişkili en önemli faktörlerden biridir (Hedrick et al. 1993; Gorgoglione et al., 2016; Lewisch et al., 2018).

2.5.4. Proliferatif Böbrek Hastalığının Coğrafi Dağılımı

Tetracapsuloides bryosalmonae Avrupa ve Kuzey Amerika'nın birçok ülkesinde hem çiftlikte yetiştirilen hem de yabani salmonid popülasyonlarından rapor edilmiştir. Turna balığı (*Esox lucius*) çeşitli araştırmacılar tarafından PKD için rapor edilmiş olsa da sonuçlar hala tartışmalıdır ve moleküler veya ultra strüktürel kanıtlarla doğrulanmamıştır. Daha iyi teşhis tekniklerinin geliştirilmesi, salmonid akuakültür endüstrisinin hızla genişlemesi, küresel ısınma ve diğer antropojenik faaliyetlerle birlikte *T. bryosalmonae*'nin coğrafi dağılımının genişlemesi muhtemeldir. Son raporlar *T. bryosalmonae*'nin Avrupa nehirlerindeki yabani kahverengi alabalık (*Salmo trutta*) popülasyonunun azalmasıyla ilişkili olabileceğini öne sürmektedir. Bu da araştırmacılar arasında yabani salmonid popülasyonlarında bu parazitin araştırılmasına daha fazla ilgi duyulmasına neden olmuştur. Kahverengi alabalık Avrupa'da endemiktir ve doğada *T. bryosalmonae* enfeksiyonu için yaygın olarak bildirilen balık türüdür. Kahverengi alabalık dışında, *T. bryosalmonae* doğadaki diğer salmonidlerden de rapor edilmiştir. Bunun dışında, Fransa, İtalya, İspanya, İrlanda ve Çek Cumhuriyeti gibi ülkelerde salmonid akuakültür tesislerinde PKD bildirilmiştir (Smith et al., 1984; Hedrick et al., 1993; Peribáñez et al., 1997; Henderson and

Okamura, 2004, Wahli et al., 2007; Skovgaard and Buchmann, 2012; Gorgoglione et al., 2016; Palikova et al., 2017; Syrová et al., 2020; Stella et al., 2025).

2.5.5. Sıcaklığın *Tetracapsuloides bryosalmonae* ile Enfekte Bryozoan ve Balık Konakçıları Üzerindeki Etkisi

PKD yeni ortaya çıkan bir hastalık olarak kabul edilmektedir ve genellikle küresel ısınma da dahil olmak üzere iklim değişikliğiyle ilişkilendirilmektedir. Daha yüksek su sıcaklıkları, briyozoan büyümesinin artmasına yol açmakta bu da parazitin daha fazla sayıda enfektif aşamasının salmonid ortamına salınmasına ve ardından balıkta makroskobik PKD belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Okamura et al., 2011). Bilim insanları iklim değişikliğiyle ilişkili olarak sıcaklık artışı ile *T. bryosalmonae*'nin coğrafi dağılımının genişletebileceğini savunmuşlardır (Wahli et al., 2008; Schmidt-Posthaus et al., 2013). Artan su sıcaklığı tatlı su briyozoan kolonilerinin büyümesini artırarak *T. bryosalmonae*'nin coğrafi dağılımını artırabilir ve böylece parazit yaşam döngüsü için daha fazla konak biyokütlesi oluşabilir. Benzer şekilde enfekte briyozoanlar ve taşıyıcı balıklar daha yüksek sıcaklıklarda daha fazla parazit salarak yayılma için çevreye daha fazla bulaşıcı parazit sağlayabilirler (Bettge et al., 2009; Tops et al., 2009). Tatlı su briyozoaları 20°C gibi daha yüksek su sıcaklığında çoğalma ve belirgin koloniler kurma eğilimindedirler. Bu yüksek su sıcaklıkları enfekte briyozoan kolonilerinden su kütlelerine parazit sporlarının belirgin enfeksiyonunu ve salınmasını artırma eğilimindedir (Tops et al., 2009). Balıklarda PKD salgınları mevsimseldir ve doğrudan su sıcaklığıyla ilişkilidir. Yüksek su sıcaklığı balık konağı içindeki *T. bryosalmonae*'nin çoğalmasını artırır. PKD'nin klinik semptomları ve ilişkili ölümleri genellikle su sıcaklığı 15°C'nin üzerine çıktığında durumlarda gözlemlenmektedir (Hedrick et al., 1993; Bettge et al., 2009). Dahası 15°C su sıcaklığında yetiştirilen kahverengi alabalıklarda 12°C'de tutulan bireylarına göre daha yüksek bir parazit yaygınlığı ve yoğunluğu saptanmıştır (Bailey et al., 2018).

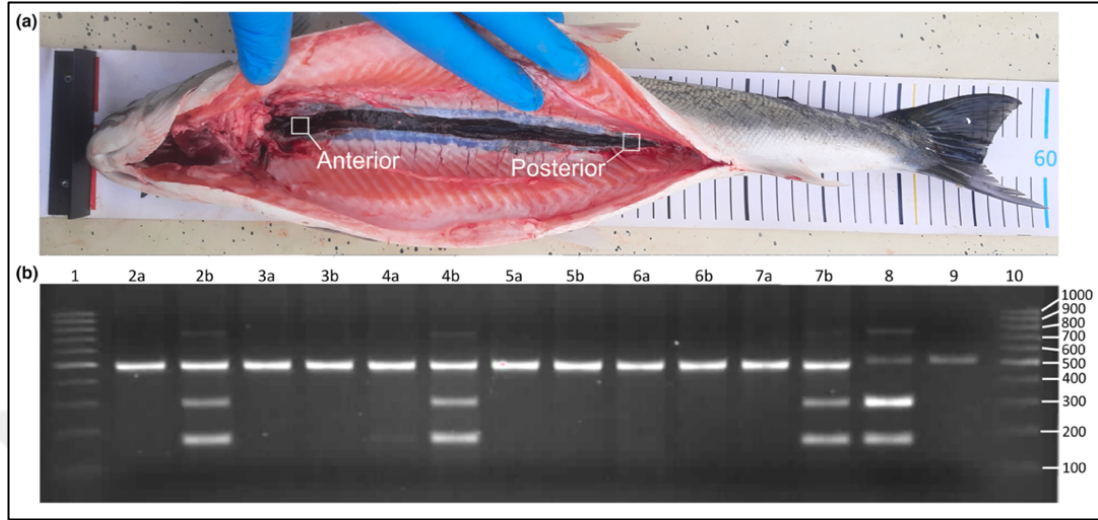
2.6.6. *Tetracapsuloides bryosalmonae*'nin Vektörleri

Su kuşları ve sazan gibi bazı göçmen balık türlerinin *T. bryosalmonae*'nin coğrafi yayılımına yardımcı olan potansiyel bir vektör olması mümkündür. Su kuşları *T. bryosalmonae* ile enfekte olmuş statoblastları yutabilir ve bunları dışkı yoluyla bir yaşam alanına sokabilirler. Filogenetik çalışmalar *T. bryosalmonae* parazitin Kuzey Amerika kolunun su kuşları tarafından Avrupa'nın belirli bölgelerine taşınabileceğini varsaymaktadır (Henderson and Okamura, 2004). Ayrıca sazan balıklarının (*Cyprinus carpio*) bulaşıcı statoblastları yutarak ve daha sonra dışkılayarak farklı habitatlara dağıtabileceği bildirilmiştir (Abd-Elfattah et al., 2017).

2.5.7. *Tetracapsuloides bryosalmonae*'nin Teşhisi

Parazitin tespiti için yaygın olarak farklı boyama, moleküler ve immünojenik teknikler kullanılmaktadır. Hematoksilin eozin ya da lektin bazlı boyamalar ile rutin histopatoloji yöntemi kullanılarak parazitin böbrek içindeki sporogonik ve ekstrasporogonik aşamalarını tespit edilebilir (Klontz and Chacko, 1983; Castagnaro et al., 1991; Hedrick et al., 1992). Bununla birlikte parazitin teşhisinde monoklonal antikor kullanan immünohistokimya ile PZR yöntemi geliştirilmiştir. PZR test yöntemleri geliştirilmiş olsa da bazen kullanılan primerlerin çoğu spesifik olmayan dizileri çoğaltmakta ve/veya tutarsız amplifikasyon etkinliği elde edilmektedir (Morris et al., 2002). Günümüze kadar yapılan konu hakkındaki çoğu araştırma incelendiğinde parazitin teşhisinde *T. bryosalmonae*'nin SSU rRNA geninden 298 ve/veya 435 baz uzunluğunda bir segmentin amplifikasyonu için 3F/4R ve/veya 5F/6R primerlerinin (Kent ve ark., 1998) yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Salmonidlerin böbrek dokularında *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA'sını tespiti için hassas moleküler yaklaşımlar mevcuttur. Bunlar konvansiyonel ve multipleks PCR, gerçek zamanlı PCR (qPCR) ve döngü aracılı izotermal amplifikasyon yöntemleridir. Multipleks PCR yöntemi tek bir gen parçasının amplifikasyonuna dayanan yaklaşımlarla karşılaştırıldığında daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Çünkü parazite ait 3 farklı gen parçasının belirli boyutlarda (166, 298 ve 756 bp) amplifikasyonu yapılmaktadır. Multipleks PCR yönteminde bu nedenle sahte amplifikasyonlar çok olası değildir. Bu yöntemde salmonid DNA'sı (500 bp) ile parazit DNA'sının birlikte amplifikasyonu yapılmaktadır. Burada bir örneğe ait PCR reaksiyonlarında salmonid DNA'sının amplifikasyonu PZR reaksiyonu için iç kontrol görevi görmektedir (Dash and Vasemägi, 2014; Lauringson et al., 2022) (Şekil 2.8.). Son yıllarda parazitin teşhisinde

doğadan balık örnekleme yapmadan non-invazif teknikler olarak sucul ekosistemden toplanan su örneklerinde parazitin DNA'nı tespit etmek için çevresel DNA analiz yöntemi de kullanılmaktadır (Oredalen et al., 2022).



Şekil 2.8. *Salmo trutta*'dan alınan böbrek parçaları (a) ile *Tetracapsuloides bryosalmonae* (166, 298 ve 756 bp) ve *Salmo trutta* (500 bp) ampliconları (b) içeren %2 agaroz jel görüntüsü. 1: 100-1000 baz DNA Merdiveni, 2a-7b: Altı deniz alabalığı (*Salmo trutta*) böbreğine ait multipleks PCR ürünlerini (her iki ardışık şerit için bir balık, ön (a) ve arka böbrek (b)). 8 ve 9 sırasıyla *T. bryosalmonae* DNA'sı içeren ve içermeyen kahverengi alabalık örnekleri. Bir numunedeki 166 ve 298 baz parazit parçaları açıkça görülebiliyorsa *T. bryosalmonae* pozitif olarak kabul edilmiştir (2b, 4b ve 7b) (Lauringson et al., 2023)

2.5.8. Proliferatif Böbrek Hastalığının Risk Faktörleri ile Koruma ve Tedavi

Parazitin doğal konakları kahverengi alabalık (*Salmo trutta*) ve dere alabalığı (*Salvelinus fontinalis*)'dır. Ancak gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kör bir konaktır. Yani *T. bryosalmonae*'nin açık fazı alabalığı enfekte edebilir, ancak alabalıktaki enfeksiyon enfektif sporların üretimine veya salınmasına yol açmaz. Bununla birlikte gökkuşacağı alabalık türünde parazit en şiddetli hastalık salgınlara neden olmaktadır. Gökkuşacağı alabalığının yanı sıra dünya çapında klinik olarak hastalık Atlantik salmon (*Salmo salar*), kahverengi alabalık (*Salmo trutta*), chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) ve coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) balıklarında da rapor edilmiştir. Ayrıca grayling (*Thymallus thymallus*) ve Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) gibi salmonidler ve turna balığının (*Esox lucius*) hastalığa duyarlı olduğu ancak dere alabalığının (*Salvelinus fontinalis*) ise klinik belirti göstermediği bildirilmiştir. Hastalık genellikle mevsimsel bir seyir izlemektedir. Yaz aylarında su sıcaklığının 15°C'nin üzerine çıkması ile ortaya çıkmakta ve soğuk mevsimde ise daha

az görülmektedir. Enfeksiyon için ana risk faktörü su kaynağında enfeksiyon evrelerinin varlığıyla ilgilidir. Su ürünleri yetiştiriciliği tesisleri kahverengi alabalık ve briyozoanların yabani popülasyonlarını barındıran nehirlerden su temin eden ve PKD salgınlarının bildirildiği yerler yüksek riskli olarak kabul edilir (Buchmann et al., 2020).

Gökkuşığı alabalıklarının hastalığa karşı özellikle hassas olduğu ve salgınlar sırasında yavruların daha ciddi ölümlere maruz kaldığı bilinmektedir. PKD salgınından kurtulan gökkuşığı alabalıkları sonraki sezonda hastalığa karşı bağışıklık kazanırlar. Hastalığın önlenmesi ve kontrolü özel bir çiftlik yönetim stratejisinin benimsenmesi ve uygun bir üretim planının geliştirilmesi yoluyla sağlanabilir. İlk gereklilik, bir çiftliğin enfeksiyon açısından yüksek risk altında mı yoksa düşük risk altında mı olduğunu tanımlamaktır. Dikkate alınması gereken faktörler şunlardır:

- Su kaynağı (arıtılmamış nehir suyu yüksek risk, yeraltı suyu düşük risk)
- Yıl boyunca suyun sıcaklık profili
- Çiftliği besleyen su kütlesinde doğal konakçıların varlığı (kahverengi alabalık/dere alabalığı ve bryozoanlar)
- Aynı havza alanındaki diğer çiftliklerin epidemiyolojik durumu
- Başka balık çiftlikleri de aynı nehirden su temin ediyor mu?
- Bu çiftliklerde PKD salgınları yaşandı mı?

Epidemiyolojik durum netleştğinde ve bir çiftliğin PKD salgınlarına maruz kalma riskinin yüksek olduğu düşünüldüğünde, hastalığın temel özellikleri PKD salgınının etkisini ve sonuçlarını hafifletmek için kullanılabilir.

Porsiyonluk balık üreten bir gökkuşığı alabalığı çiftliği için PKD mevsimselliğinden yararlanmak mümkündür. Bu nedenle, çiftlikteki stoklama dönemi uygun şekilde planlanmalıdır. Amaç, daha büyük balıkları (küçük yavrulardan daha dirençli) bryozoanlardan dökülme döneminin sonuna (tipik olarak yaz sonu) maruz bırakmaya çalışmak ve klinik hastalık salgınından kaçınmaktır. Bu şekilde, üretim döngüsünün ilkbahardaki yüksek riskli parazit üretim döneminden önce tamamlanması mümkündür. PKD nedeniyle ölüm oranının arttığı klinik bir salgın ortaya çıktığında, en iyi yönetim uygulamaları arasında stres faktörlerinin azaltılması (yemlemenin azaltılması dahil), yüksek su kalitesi parametrelerinin korunması

(oksijen mevcudiyeti, ölü balıkların uzaklaştırılması) yer alır. Şu anda PKD'ye karşı kullanılmak üzere lisanslı bir ilaç bulunmamaktadır. Yemde kullanıldığında *Aspergillus fumigatus* tarafından üretilen bir antibiyotik olan fumagillin'in erken enfeksiyonların gelişimini önleyebileceği bilinmektedir. Aşı prototiplerinin geliştirilme aşamasında olduğu ve gelecekte hastalıkların önlenmesinde veya sonuçlarında iyileşmeye katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (Buchmann et al., 2020).



3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Bölgesi ve Araştırma Materyali

Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesi Samsun ili Bafra ilçe sınırları içinde yer alan Kızılırmak üzerine kurulu olan Derbent Baraj Gölünde yüzen ağ kafeslerde yetiştiriciliği yapılan 150–250 g ağırlığındaki toplam 150 adet gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Gökkuşağı alabalıkları farklı ticari şletmelerden taze ölü olarak temin edilmiş ve soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Gökkuşağı Alabalıklarının Nekropsi İşlemleri

Temmuz 2024–şubat 2025 tarihleri arasında 150–250 g ağırlığındaki toplam 150 adet taze ölü gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) nekropsi işlemleri yapılmıştır. Gökkuşağı alabalıklarının nekropsileri plastik kesim tahtası üzerinde yapılmıştır. İlk olarak ince uçlu diseksiyon makası ve pensler kullanılarak karın bölgesi açılmıştır. Bu işlem sırasında iç organların zarar görmemesine özen gösterilmiştir. Nekropside üç aşamalı kesi yapılmıştır. İlk kesi anüsün önünden başlatılmış, ikinci kesi karın orta çizgisi boyunca ilerletilmiş ve üçüncü kesi ise yay formunda anüsün önünden başlayarak sırt kaslarına doğru kavisli şekilde yapılarak solungaç kapağına ulaştırılmıştır. Bu kesiler sayesinde alabalıkların vücudunun yan duvarı açılmıştır. İşlemin son aşamasında sindirim kanalı ön tarafta yutağın arka bölümünden kesilmiş iken arka tarafta ise bağırsağın son kısmından kesilerek bütün halde dışarı çıkarılmıştır. Sindirim sistemi organları, testis/ovaryum ve hava kesesi gibi iç organlar vücut dışına çıkarılmıştır. İç organlar çıkarıldıktan sonra alabalıkların karın boşluğunun üst kısmında kalan böbrekten steril pens ve makaslar yardımı ile ön ve arka kısımlarından küçük doku parçaları alınmıştır. Aynı alabalığa ait olan ön ve arka böbrek parçaları içinde %70'lik etanol bulunan 2 ml'lik steril mikrosantrifüj tüplerinin içine alınmıştır. Böbrek dokularından DNA izolasyonu yapılcaya kadar örnekler +4°C'de saklanmıştır.

3.2.2. Gökkuşığı Alabalıklarının Böbrek Dokularından DNA İzolasyonu

Aynı mikrosantrifüj tüplerinde %70'lik etanol içinde saklanan her bir alabalığa ait olan ön ve arka böbrek parçalarının doku homojenizatörü ile küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır. Bu işlem her bir alabalığa ait olan böbrek parçaları için ayrı ayrı olacak şekilde yapılmıştır. Örnekler arasında DNA kontaminasyonunu engellemek için her seferinde doku homojenizatörünün ucu %3 hidrojen peroksit solüsyonu ile temizlenmiş ve saf etanol ile silindikten sonra alev ile yakılmıştır. Homojenize edilen ön ve arka böbrek parçalarından gDNA izolasyon işlemleri için ticari DNA izolasyon kitleri (PureLink™ Genomic DNA Mini Kit, Invitrogen) kullanılmıştır. Ticari kitler ile yapılan DNA izolasyon işlemleri için kit içinde yazılı olan ilgili protokoller takip edilmiştir. İzole edilen gDNA'lar daha sonra moleküler analizlerde kullanılmak üzere -20°C'de saklanmıştır.

3.2.3. *Tetracapsuloides bryosalmonae* Varlığının Multipleks PZR Yöntemi ile Araştırılması

Gökkuşığı alabalıklarının böbreklerinden izole edilen gDNA'lar içerisinde *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA'sının varlığı multipleks PZR metodu kullanılarak taranmıştır. Parazitin 18S rRNA gen bölgesini hedef olan farklı primer çiftleri kullanılarak iki farklı multipleks PZR metodu ile parazit DNA'sının varlığı araştırılmıştır. Her iki multipleks PZR yönteminde internal (iç) pozitif kontrol olarak 500 baz büyüklüğünde salmonid balıkların max-binding protein MNT genini çoğaltan primerler (Salmo F/Salmo R) kullanılmıştır (Kent et al., 1998; Grabner and El-Matbouli, 2009; Dash and Vasemägi, 2014; Lauringson et al., 2022) (Tablo 1, 2).

Tablo 3.1. Birinci multipleks PZR metodu

Primer adı	Primer Dizilimi	Çoğaltılan gen uzunluğu
PKX3F	CTAAGTACATACTTCGGTAGA	298 baz
PKX4R	CCGTTACAACCTTGTTAGGAA	
PKD-real F	TGTCGATTGGACACTGCATG	166 baz
PKD-real R	ACGTCCGCAAACCTTACAGCT	
Salmo F	GCCCAAATGTACAGGCAAT	500 baz
Salmo R	GATTCTCATGTTAGCCGTCCA	

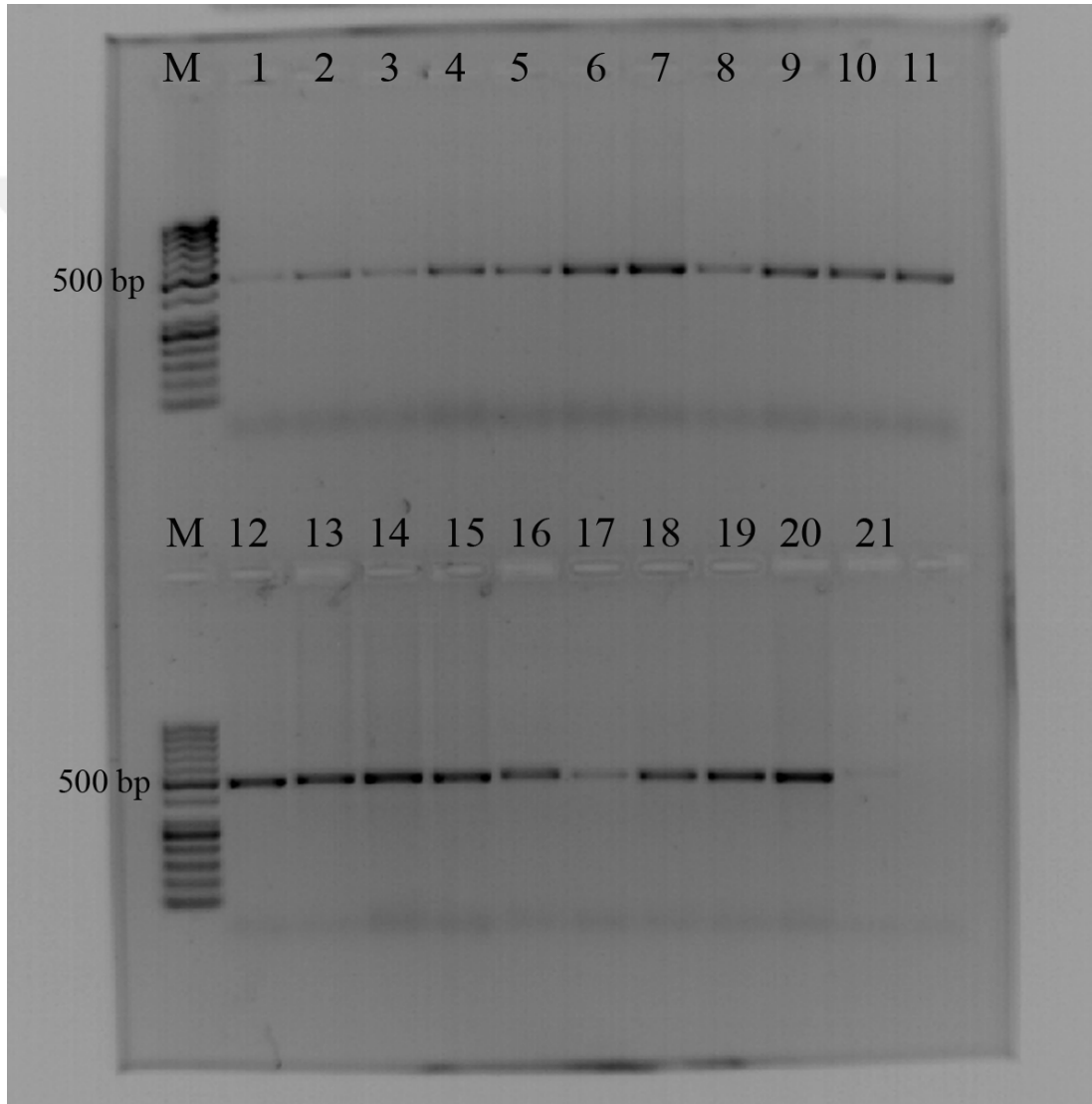
Tablo 3.2. İkinci multipleks PZR metodu

Primer adı	Primer Dizilimi	Çoğaltılan gen uzunluğu
PKX5F	CCTATTCAATTGAGTAGGAGA	435 baz
PKX6R	GGACCTTACTCGTTTCCGACC	
PKD-real F	TGTCGATTGGACACTGCATG	166 baz
PKD-real R	ACGTCCGCAAACCTTACAGCT	
Salmo F	GCCCAAATGTACAGGCAAT	500 baz
Salmo R	GATTCTCATGTTAGCCGTCCA	

Multipleks PZR reaksiyonları için toplam hacim 50 µl olacak şekilde PZR karışımları hazırlanmıştır. Her bir protokol için ayrı ayrı PZR karışımı buz bloklar üzerinde steril DNA ve RNA içermeyen mikrosantrifüj tüpleri içinde hazırlanmıştır. PZR karışımı içinde 10 µl gDNA, 0,5 µl 10 pmol konsantrasyonda ileri ve geri yönlü primer çiftleri, 25 µl EcoTaq 2x PCR Master Mix (Ecotech) ve/veya 2x Platinum Multiplex PCR Master Mix (Invitrogen) ve 12 µl nükleaz içermeyen ultra saf su içeren PZR karışımı hazırlanmıştır. PZR karışımları PZR cihazında (T100, Biorad) amplifikasyona tabii tutulmuştur. Amplifikasyonda spesifik primerlerin tm değerleri ile ticari hazır PZR master mikslerin protokolleri dikkate alınmıştır. Amplifikasyon sonrası elde edilen PZR ürünleri etidyum bromid ile boyanmış %2 agaroz jel'de 120V akımda 80 dakika elektroforez yapılmıştır. Sonrasında elektroforeze tabii tutulan agaroz jel görüntüleme cihazına konularak UV ışığı altında hedef DNA bantların varlığı açısından incelenmiştir.

4. BULGULAR

Araştırmada her iki multipleks PZR yöntemi ile toplam 150 adet gökkuşağı alabalığı böbreğine ait olan gDNA örneklerinde *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA'sı tespit edilmemiştir. Her iki multipleks PZR yönteminde tüm gDNA örneklerinde internal (i) pozitif kontrol olarak 500 baz büyüklüğünde gökkuşağı alabalıklarının max-binding proteini kodlayan MNT geni başarılı bir şekilde çoğaltılmıştır (şekil 4.1.).



şekil 4.1. Gökkuşağı alabalığı böbreklerinde *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA'sı ve salmonid DNA (iç kontrol) taramasını gösteren %2 agaroz jel görüntüsü. M: DNA merdiveni, 1-11: Birinci multipleks PZR sonucu, 12-21: İkinci multipleks PZR sonucu

5. TARTIŞMA

Bu tez araştırmasında ülkemizde yoğun olarak kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) PKD hastalığının etkeni malacosporean parazit olan *Tetracapsuloides bryosalmonae* türünün varlığı ilk kez moleküler yöntemler ile araştırılmıştır. Araştırmada multipleks PZR yöntemi ile incelenen 150 adet gökkuşağı alabalığı böbreğine ait olan gDNA örneklerinde *T. bryosalmonae* DNA'sı tespit edilmemiştir.

Son yıllarda *Tetracapsuloides bryosalmonae* türü daha önce rapor edilmediği Avrupa ülkelerindeki tatlı sularda yaşayan yabani salmonidler arasında rapor edilmeye başlanmıştır. Bu parazitin birçok Avrupa ülkesinin doğal su kaynaklarında azalan yabani salmonid popülasyonlarının olası bir nedeni olduğuna inanılmaktadır. Yüksek mortalite ve morbidite ile karakterize olan hastalığın Avrupa ve Kuzey Amerika'daki kültüre edilen ve yabani salmonid popülasyonlarını etkilediği iyi bilinmektedir. Salmonidlerde PKD benzeri durum ilk olarak 1920'lerin başında Almanya'da gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) tanımlanmış olmasına rağmen, 1970'lerin başında hastalığın ana klinik özellikleri tanımlanarak "Proliferatif Böbrek Hastalığı" olarak adlandırılmıştır. *Tetracapsuloides bryosalmonae* Avrupa ve Kuzey Amerika'da çiftliklerde yetiştirilen ve yabani salmonidler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Parazit A.B.D., Kanada, İngiltere, İsviçre, Norveç, Danimarka, Estonya, Slovenya, Avusturya, Finlandiya ve Almanya'da gibi farklı ülkelerdeki salmonidlerde rapor edilmiştir (Smith et al., 1984; Hedrick et al., 1993; Peribáñez et al., 1997; Henderson and Okamura, 2004, Wahli et al., 2007; Skovgaard and Buchmann, 2012; Gorgoglione et al., 2016; Palikova et al., 2017; Syrová et al., 2020; Stella et al., 2025). Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan salmonid balıklar (Gökkuşağı alabalığı, Karadeniz alabalığı, Kaynak alabalığı) ile doğal ortamda yaşayan vahşi salmonid balıklarda (*Salmo tigridis*, *S. chilo*, *S. labecula*, *S. opimus*, *S. okumusi*, *S. euphrataeus*, *S. kottelati*, *S. munzuricus*, *S. fahrettini*, *S. duhani*) PKD ile ilgili herhangi bir sağlık sorununu bildiren ya da *T. bryosalmonae* türünün varlığına dair rapor yoktur. Türkiye'de gerek kafes ve havuzlarda yetiştirilen gerekse doğal ortamlarındaki vahşi salmonidlerde parazitin varlığına ilişkin olarak bugüne kadar herhangi bir moleküler tarama yapıldığına dair bir veri yoktur. Bu tez çalışmasında ilk kez ülkemizde kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında malacosporean parazit *T. bryosalmonae* türünün varlığı/yokluğu moleküler yöntemler

ile araştırılmıştır. Bu araştırma ile ülkemizde Samsun ili Derbent Baraj Gölünde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında bu parazit türünün olmadığına dair ilk epidemiyolojik veriler elde edilmiştir. Sadece bu tez çalışmasının sonuçlarına bakılarak Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında *T. bryosalmonae* parazit türü yok denilemez. Konu hakkında Türkiye’nin farklı coğrafi bölgelerinde gerek yetiştiriciliği yapılan salmonid türler ile gerek doğada hali hazırda var olan vahşi salmonid türlerde daha kapsamlı moleküler tarama araştırmaları yapılmalıdır.

Tetracapsuloides bryosalmonae parazitinin tespitinde çeşitli boyama teknikleri, moleküler ve immünolojik yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Klontz and Chacko, 1983; Castagnaro et al., 1991; Hedrick et al., 1992; Kent et al., 1998; Dash and Vasemägi, 2014; Lauringson et al., 2022). Salmonid balıklarının böbrek dokularında *T. bryosalmonae* DNA’sının tespitinde konvansiyonel PZR, multipleks PZR ve kantitatif gerçek zamanlı PZR gibi yüksek duyarlılığa sahip moleküler yaklaşımlar mevcuttur (Kent et al., 1998; Grabner and El-Matbouli, 2008, 2009; Dash and Vasemägi, 2014; Lauringson et al., 2022). Ancak PZR protokollerinde kullanılan bazı primer çiftlerinin spesifik olmayan dizileri amplifiye ettiği ve/veya tutarsız amplifikasyon etkinliği gösterdiği bildirilmiştir (Morris et al., 2002). Literatür incelendiğinde *T. bryosalmonae*’nin tanısında parazitin küçük alt birim ribozomal DNA (SSU rRNA) gen bölgesinin bir segmenti amplifiye eden 3F/4R ve/veya 5F/6R primer setlerinin (Kent et al., 1998) yaygın kullanım alanı bulunduğu görülmektedir (Grabner and El-Matbouli, 2008, 2009; Bettge et al., 2009; Dash and Vasemägi, 2014; Lauringson et al., 2022; Philpott et al., 2025). Ayrıca parazitin tarama çalışmalarında multipleks PZR prosedüründe salmonid DNA’sı ile parazit DNA’sının birlikte amplifikasyonu gerçekleştirilmekte ve konakçı DNA’sının amplifikasyonu PZR reaksiyonunun internal kontrolü olarak işlev görmektedir (Dash and Vasemägi, 2014; Lauringson et al., 2022; Philpott et al., 2025). Bu tez çalışmasında da gökkuşağı alabalıklarının böbreklerinde *T. bryosalmonae* DNA’sının taranmasında mevcut literatüre göre güvenilir sonuçlar sunan multipleks PCR yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca multipleks PZR protokollerinde bu parazit türüne spesifik 3F/4R ve 5F/6R primer setleri ile internal kontrol olarak salmonid spesifik primerleri kullanılarak hastalığın araştırılmasında güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

Bazı tatlı su bryozoanları *T. bryosalmonae* türünün hayat döngüsünde kesin konak olarak rol almaktadır. Tatlı su bryozoanları genellikle nehirlerde, göletlerde ve göllerde bulunurlar. Bu canlılar su altı kayaların, bitkilerin, köklerin ve ağaç dallarının yüzeylerinde koloniler halinde yaşarlar. *Cristatella mucedo*, *Pectinatella magnifica*, *Plumatella rugosa*, *Plumatella* sp. ve *Fredericella sultana* gibi tatlı su bryozoan türleri *T. bryosalmonae* için konakçı görevi görmektedir. Bu bryozoan türler arasında *T. bryosalmonae* en çok *F. sultana*'yı tercih etmektedir (Okamura et al., 2001; McGurk et al., 2006; Morris and Adams, 2006; Hartikainen and Okamura, 2015). Araştırmanın yapıldığı Kızılırmak üzerine kurulu olan Derbent Baraj Gölünde tatlı su bryozoanların varlığı ile ilgili bir rapora rastlanmamıştır. Bu baraj gölünde yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalıklarında *T. bryosalmonae* türü ile karşılaşılmasının nedeni gerekli bryozoan konak/konakların Kızılırmak ve/veya Derbent Baraj Gölünde bulunmaması ile açıklanabilir.

6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında Türkiye’de Samsun ili Derbent Baraj Gölü’nde yüzen ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşığı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Proliferatif Böbrek Hastalığına yol açan malacosporean parazit *Tetracapsuloides bryosalmonae*’nin varlığı ilk kez moleküler yöntemlerle incelenmiştir.

Multipleks PCR tekniği ile analiz edilen 150 adet gökkuşığı alabalığı böbrek gDNA örneklerinde *T. bryosalmonae* DNA’sına rastlanmamıştır.

Derbent Baraj Gölü’nde yetiştirilen gökkuşığı alabalıklarında *T. bryosalmonae* türünün tespit edilmemesi Kızılırmak ve/veya Derbent Baraj Gölü’nde bu parazitin yaşam döngüsü için gerekli bryozoan konaklarının bulunmamasıyla açıklanabilir.

Bu araştırma Samsun ili Derbent Baraj Gölü’nde yetiştirilen gökkuşığı alabalıklarında bu parazit türünün bulunmadığına dair ilk epidemiyolojik kanıtları sunmaktadır. Ancak yalnızca bu tez sonuçlarına dayanarak Türkiye’deki gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde *T. bryosalmonae*’nin olmadığı söylenemez.

Türkiye’nin farklı coğrafi bölgelerinde hem yetiştiriciliği yapılan hem de doğal ortamlarda bulunan vahşi salmonid türlerinde *T. bryosalmonae*’nin varlığı ile ilgili olarak daha kapsamlı moleküler tarama çalışmaları yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abd-Elfattah, A., El-Matbouli, M., Kumar, G. (2017). Structural integrity and viability of *Fredericella sultana* statoblasts infected with *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa) under diverse treatment conditions. *Veterinary Research*. 48(1). 19.
- Anderson, C.L., Canning, E.U., Okamura, B. (1999). Molecular data implicate bryozoans as hosts for PKX (Phylum Myxozoa) and identify a clade of bryozoan parasites within the Myxozoa. *Parasitology*. 119(6). 555-561.
- Bailey, C., Schmidt-Posthaus, H., Segner, H., Wahli, T., Strepparava, N. (2018). Are brown trout *Salmo trutta fario* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* two of a kind? A comparative study of salmonids to temperature-influenced *Tetracapsuloides bryosalmonae* infection. *Journal of Fish Diseases*. 41(2). 191-198.
- Bettge, K., Segner, H., Burki, R., Schmidt-Posthaus, H., Wahli, T. (2009). Proliferative kidney disease (PKD) of rainbow trout: Temperature- and time-related changes of *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA in the kidney. *Parasitology*, 136(5), 615-625.
- Buchmann, K., Bron, J., Dalvin, S., Øvergård, A. C., Vendramin, N. (2020). *Fish farmer's guide to combating parasite infections in salmonid aquaculture. A series of ParaFishControl guides to combating fish parasite infections in aquaculture*. Guide 1. e-NIPO: 833-20-077-6.
- Burkhardt-Holm, P., Giger, W., Güttinger, H., Ochsenbein, U., Peter, A., Scheurer, K., Segner, H., Staub, E., Suter, M. J. F. (2005). Where have all the fish gone? *Environmental Science Technology*. 39(13). 441A-447A.
- Canning, E.U., Curry, A., Feist, S.W., Longshaw, M., Okamura, B. (1999). *Tetracapsula bryosalmonae* n.sp. for PKX organism, the cause of PKD in Salmonid fish. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 19. 203-206.
- Canning, E.U., Curry, A., Feist, S.W., Longshaw, M., Okamura, B. (2000). A new class and order of myxozoans to accommodate parasites of bryozoans with ultrastructural observations on *Tetracapsula bryosalmonae* (PKX organism). *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 47(5). 456-468.
- Canning, E.U., Tops, S., Curry, A., Wood, T.S., Okamura, B. (2002). Ecology, development and pathogenicity of *Buddenbrockia plumatellae* Schröder, 1910 (Myxozoa, Malacosporea) (syn. *Tetracapsula bryozoides*) and establishment of *Tetracapsuloides* n. gen. for *Tetracapsula bryosalmonae*. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 49(3). 280-295.
- Castagnaro, M., Marin, M., Ghittino, C., Hedrick, R.P. (1991). Lectin histochemistry and ultrastructure of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* kidneys affected by proliferative kidney disease. *Diseases of Aquatic Organisms*. 10(3). 173-183.
- Dash, M., Vasemägi, A. (2014). Proliferative kidney disease (PKD) agent *Tetracapsuloides bryosalmonae* in brown trout populations in Estonia. *Diseases of Aquatic Organisms*. 109(2). 139-148.
- Eszterbauer, E., Atkinson, S., Diamant, A., Morris, D., El-Matbouli, M., Hartikainen, H. (2015). "Myxozoan life cycles: practical approaches and insights". B. Okamura, A. Gruhl, J.L. Bartholomew (eds.). in: *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. (s. 175-198). Springer International Publishing.
- Fiala, I., Bartošová-Sojtková, P., Whipps, C.M. (2015). "Classification and phylogenetics of myxozoa". B. Okamura, A. Gruhl, J.L. Bartholomew (eds.). in: *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. (s. 85-110). Springer International Publishing.

- Feist, S.W., Longshaw, M. (2006). "Phylum myxozoa". Woo P.T.K. (ed.). in: Fish Diseases and Disorders. Vol 1. 2nd ed (s. 230-296). UK: CAB International.
- Feist, S.W., Longshaw, M., Canning, E.U., Okamura, B. (2001). Induction of proliferative kidney disease (PKD) in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* via the bryozoan *Fredericella sultana* infected with *Tetracapsula bryosalmonae*. *Diseases of Aquatic Organisms*. 45(1). 61-68.
- Gorgoglione, B., Kotob, M.H., Unfer, G., El-Matbouli, M. (2016). First proliferative kidney disease outbreak in Austria, linking to the aetiology of Black Trout Syndrome threatening autochthonous trout populations. *Diseases of Aquatic Organisms*. 119(2). 117-128.
- Grabner, D.S., El-Matbouli, M. (2008). Transmission of *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa: Malacosporea) to *Fredericella sultana* (Bryozoa: Phylactolaemata) by various fish species. *Diseases of Aquatic Organisms*. 79(2). 133-139.
- Grabner, D.S., El-Matbouli, M. (2009). Comparison of the susceptibility of brown trout (*Salmo trutta*) and four rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) strains to the myxozoan *Tetracapsuloides bryosalmonae*, the causative agent of proliferative kidney disease (PKD). *Veterinary Parasitology*. 165(3-4). 200-206.
- Grabner, D.S., El-Matbouli, M. (2010). *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa: Malacosporea) portal of entry into the fish host. *Diseases of Aquatic Organisms*. 90(3). 197-206.
- Hartikainen, H., Okamura, B. (2015). "Ecology and Evolution of Malacosporean-Bryozoan Interactions". B. Okamura, A. Gruhl, J.L. Bartholomew (eds.). in: *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. (s. 201-216). Springer International Publishing.
- Hedrick, R.P., Marin, M., Castagnaro, M., Monge, D., De Kinkelin, P. (1992). Rapid lectin-based staining procedure for the detection of the myxosporean causing proliferative kidney disease in salmonid fish. *Diseases of Aquatic Organisms*. 13(2). 129-132.
- Hedrick, R.P., MacConnell, E., de Kinkelin, P. (1993). Proliferative kidney disease of salmonid fish. *Annual Review of Fish Diseases*. 3. 277-290.
- Henderson, M., Okamura, B. (2004). The phylogeography of salmonid proliferative kidney disease in Europe and North America. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 271(1548). 1729-1736.
- Jiménez-Guri, E., Philippe, H., Okamura, B., Holland, P.W.H. (2007). *Buddenbrockia* is a cnidarian worm. *Science*. 317(5835). 116-118.
- Kent, M.L. (1985). PKX, the causative agent of proliferative kidney disease (PKD) in pacific salmonid fishes and its affinities with the Myxozoa. *Journal of Protozoology*. 32(2). 254-260.
- Kent, M.L., Hervio, D.M., Docker, M.F., Devlin, R.H. (1996). Taxonomy studies and diagnostic tests for myxosporean and microsporidian pathogens of salmonid fishes utilising ribosomal DNA sequence. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 43. 98-99.
- Kent, M.L., Khattra, J., Hervio, D.M.L., Devlin, R. H. (1998). Ribosomal DNA sequence analysis of isolates of the PKX myxosporean and their relationship to members of the genus *Sphaerospora*. *Journal of Aquatic Animal Health*. 10(1). 12-21.
- Kent, M.L., Andree, K.B., Bartholomew, J.L., El-Matbouli, M., Dessler, S.S., Devlin, R.H., Feist, S.W., Hedrick, R.P., Hoffmann, R.W., Khattra, J., Hallett, S.L., Lester, R.J., Longshaw, M., Palenzeula, O., Siddall, M.E., Xiao, C. (2001). Recent advances in our knowledge of the Myxozoa. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 48. 395-413.

- Klontz, G.W., Chacko, A.J. (1983). Methods to detect the organism causing proliferative kidney disease in salmonids. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 3. 33-36.
- Kumar, G., Abd-Elfattah, A., Saleh, M., El-Matbouli, M. (2013). Fate of *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa) after infection of brown trout *Salmo trutta* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of Aquatic Organisms*. 107(1). 9-18.
- Lauringson, M., Ozerov, M.Y., Lopez, M. E., Wennevik, V., Niemelä, E., Vorontsova, T. Y., Vasemägi, A. (2022). Distribution and prevalence of the myxozoan parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* in northernmost Europe: Analysis of three salmonid species. *Diseases of Aquatic Organisms*. 151(1). 37-49.
- Lauringson, M., Kahar, S., Veevo, T., Silm, M., Philpott, D., Svirgsden, R., Rohtla, M., Päkk, P., Gross, R., Kaart, T., Vasemägi, A. (2023). Spatial and intra-host distribution of myxozoan parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* among Baltic sea trout (*Salmo trutta*). *Journal of Fish Diseases*. 46(10). 1073-1083.
- Lewish, E., Unfer, G., Pinter, K., Bechter, T., El-Matbouli, M. (2018). Distribution and prevalence of *T. bryosalmonae* in Austria: A first survey of trout from rivers with a shrinking population. *Journal of Fish Diseases*. 41(10). 1549-1557.
- Lom, J., Dyková, I. (1992). *Protozoan parasites of fish*. Volume 26: Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Longshaw, M., Le Deuff, R.M., Harris, A.F., Feist, S.W. (2002). Development of proliferative kidney disease in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), following short-term exposure to *Tetracapsula bryosalmonae* infected bryozoans. *Journal of Fish Diseases*. 25(8). 443-449.
- McGurk, C., Morris, D.J., Auchinachie, N.A., Adams, A. (2006). Development of *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa: Malacosporea) in bryozoan hosts (as examined by light microscopy) and quantitation of infective dose to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinary Parasitology*. 135(3-4). 249-257.
- Molnár, K., Eszterbauer, E. (2015). "Specificity of infection sites in vertebrate hosts". B. Okamura, A. Gruhl, J.L. Bartholomew (eds.). in: *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. (s. 295-313). Springer International Publishing.
- Morris, D.C., Morris, D.J., Adams, A. (2002). Molecular evidence of release of *Tetracapsula bryosalmonae*, the causative organism of proliferative kidney disease from infected salmonids into the environment. *Journal of Fish Diseases*. 25(8). 501-504.
- Morris, D.J., Adams, A. (2006). Transmission of *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa: Malacosporea), the causative organism of salmonid proliferative kidney disease, to the freshwater bryozoan *Fredericella sultana*. *Parasitology*. 133(6). 701-709.
- Morris, D.J., Adams, A. (2008). Sporogony of *Tetracapsuloides bryosalmonae* in the brown trout *Salmo trutta* and the role of the tertiary cell during the vertebrate phase of myxozoan life cycles. *Parasitology*. 135(9). 1075-1092.
- Okamura, B., Anderson, C.L., Longshaw, M., Feist, S.W., Canning, E.U. (2001). Patterns of occurrence and 18s rDNA sequence variation of PKX (*Tetracapsula bryosalmonae*), the causative agent of salmonid proliferative kidney disease. *Journal of Parasitology*. 87(2). 379-385.
- Okamura, B., Hartikainen, H., Schmidt-Posthaus, H., Wahli, T. (2011). Life cycle complexity, environmental change and the emerging status of salmonid proliferative kidney disease. *Freshwater Biology*. 56(4). 735-753.
- Okamura, B., Gruhl, A., Bartholomew, J.L. (2015). "An introduction to myxozoan evolution, ecology and development". B. Okamura, A. Gruhl, J.L. Bartholomew (eds.). in:

- Myxozoan Evolution, Ecology and Development. (s. 1-20). Springer International Publishing.
- Oredalen, T.J., Mo, T.A., Jenkins, A., Haugan, N., Sæbø, M. (2022). Use of environmental DNA to detect the myxozoan endoparasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* in large Norwegian lakes. *Environmental DNA*. 4(6). 1294-1322.
- Palikova, M., Papezikova, I., Markova, Z., Navratil, S., Mares, J., Mares, L., Vojtek, L., Hyrs, P., Jelinkova, E., Schmidt-Posthaus, H. (2017). Proliferative kidney disease in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under intensive breeding conditions: Pathogenesis and haematological and immune parameters. *Veterinary Parasitology*. 238. 5-16.
- Peribáñez, M.A., Luco, D.F., García, L., Castillo, J.A. (1997). The prevalence of proliferative kidney disease from the kidney and muscle of rainbow and brown trout in Aragon (Spain). *Preventive Veterinary Medicine*. 32(4). 287-297.
- Philpott, D., Näslund, J., Donadi, S., Burimski, O., Lauringson, M., Pukk, L., Vasemägi, A. (2025). Effects of different preservatives during ecological monitoring of myxozoan parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* causing proliferative kidney disease (PKD) in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 48(5). e14095.
- Roberts, R. J., Shepherd, C. J. (1997). *Handbook of trout and salmon diseases*. UK: Fishing News (Books) Ltd.
- Schmidt-Posthaus, H., Steiner, P., Müller, B., Casanova-Nakayama, A. (2013). Complex interaction between proliferative kidney disease, water temperature and concurrent nematode infection in brown trout. *Diseases of Aquatic Organisms*. 104(1). 23-34.
- Skovgaard, A., Buchmann, K. (2012). *Tetracapsuloides bryosalmonae* and PKD in juvenile wild salmonids in Denmark. *Diseases of Aquatic Organisms*. 101(1). 33-42.
- Smith, C.E., Morrison, J.K., Ramsey, H.W., Ferguson, H.W. (1984). Proliferative kidney disease: First reported outbreak in North America. *Journal of Fish Diseases*. 7(3). 207-216.
- Soliman, H., Kumar, G., El-Matbouli, M. (2018). *Tetracapsuloides bryosalmonae* persists in brown trout *Salmo trutta* for five years post exposure. *Diseases of Aquatic Organisms*. 127(2). 151-156.
- Stella, M., Precazzini, F., Grund, H., Grossgasteiger, T., Bettini, A., Tavella, A., Colorio, S. (2025). Study on the distribution of *Tetracapsuloides bryosalmonae* in wild trout in South Tyrol–Italy. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 60. 101236.
- Syrová, E., Palíková, M., Mendel, J., Seidlová, V., Papežiková, I., Schmidt-Posthaus, H., Somerlíková, K., Minářová, H., Mareš, L., Mikulíková, I., Pikula, J., Mareš, J. (2020). Field study indicating susceptibility differences between salmonid species and their lineages to proliferative kidney disease. *Journal of Fish Diseases*. 43(10). 1201-1211.
- Tops, S., Hartikainen, H.L., Okamura, B. (2009). The effects of infection by *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa) and temperature on *Fredericella sultana* (Bryozoa). *International Journal for Parasitology*. 39(9). 1003-1010.
- Wahli, T., Bernet, D., Steiner, P.A., Schmidt-Posthaus, H. (2007). Geographic distribution of *Tetracapsuloides bryosalmonae* infected fish in Swiss rivers: An update. *Aquatic Sciences*. 69(1). 3-10.
- Wahli, T., Bernet, D., Segner, H., Schmidt-Posthaus, H. (2008). Role of altitude and water temperature as regulating factors for the geographical distribution of *Tetracapsuloides bryosalmonae* infected fishes in Switzerland. *Journal of Fish Biology*. 73(9). 2184-2197.

- Wood, T.S. (2001). "Bryozoans". A.P. Covich, J.H. Thorpe (eds.). in: *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates* (s. 505-523). Academic Press.
- Wood, T.S., Okamura, B. (2005). *A new key to the freshwater bryozoans of Britain, Ireland and Continental Europe, with notes on their ecology*. UK: Freshwater Biological Association.



ÖZ GEÇMİŞ

Onur YÜKSEL, Zonguldak Lisesi'ni bitirdikten sonra, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesinden 2006 tarihinde mezun oldu. 2022 yılında OMÜ LEE Su Ürünleri Hastalıkları Yüksek Lisans Programına girdi. Mezuniyetinden bu yana farklı özel klinikler, çiftlikler ve belediye 'de görev yapan Onur Yüksel, orta derecede İngilizce bilmektedir (07.05.2025).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0009-0005-1949-1430

Yayımlar:

1. **Yüksel, O., Aktaş, C., Çaltı, M., Demirbaş, E., Onuk, E.E., Pekmezci, G.Z.** (2025). Balık biti *Argulus foliaceus* türünün moleküler barkodlaması ve mikrobiyal çeşitliliğin metagenomik analiz ile saptanması. Poster Sunusu (Sözlü), Sayfa 182-183, 2. International Ayasofya Scientific Researches and Innovation Congress, 22-23 March 2025, İstanbul-Türkiye. ISBN: 978-625-97089-1-1.

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

- 1.