



**KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN *Barbus lacerta* İLE
Chondrostoma regium TÜRLERİNİN İNCELENMESİ
VE KİRLİLİK FAKTÖRÜNÜN TÜRLER
ÜZERİNDE BIRAKTIĞI ETKİNİN HİSTOPATOLOJİK-
TOKSİKOLOJİK YÖNLERİYLE ARAŞTIRILMASI**

Şeymanur ADİL

Doktora Tezi

**Biyoloji Anabilim Dalı
Genel Biyoloji Bilim Dalı
Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN**

2018

Her Hakkı Saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN *Barbus lacerta* ile *Chondrostoma regium*
TÜRLERİNİN İNCELENMESİ ve KİRLİLİK FAKTÖRÜNÜN TÜRLER
ÜZERİNDE BIRAKTIĞI ETKİNİN HİSTOPATOLOJİK-TOKSİKOLOJİK
YÖNLERİYLE ARAŞTIRILMASI

Şeymanur ADİL

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
Genel Biyoloji Bilim Dalı

ERZURUM
2018

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN *Barbus lacerta* ile *Chondrostoma regium* TÜRLERİNİN İNCELENMESİ ve KİRLİLİK FAKTÖRÜNÜN TÜRLER ÜZERİNDE BIRAKTIĞI ETKİNİN HİSTOPATOLOJİK-TOKSİKOLOJİK YÖNLERİYLE ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN danışmanlığında, Şeymanur ADİL tarafından hazırlanan bu çalışma, 1/11/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı – Genel Biyoloji Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fatime GEYİKOĞLU

İmza : 

Üye : Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

İmza : 

Üye : Doç. Dr. Hakan AŞKIN

İmza : 

Üye : Doç. Dr. Suat ÇOLAK

İmza : 

Üye : Dr. Öğr. Üy. Elanur AYDIN KARATAŞ

İmza : 

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu **27/11/2018** tarih ve **47/14** nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN *Barbus lacerta* ile *Chondrostoma regium* TÜRLERİNİN İNCELENMESİ ve KİRLİLİK FAKTÖRÜNÜN TÜRLER ÜZERİNDE BIRAKTIĞI ETKİNİN HİSTOPATOLOJİK-TOKSİKOLOJİK YÖNLERİYLE ARAŞTIRILMASI

Şeymanur ADİL

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı
Genel Biyoloji Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

Bu çalışmada, 2015-2016 yılları arasında Karasu Nehri'nden seçilen dört istasyondan alınan su, sediment numunelerinde analizler yapılmış, bölgedeki *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium* türlerinin bazı gelişim parametrelerine bakılıp, balıkların mevcut kirlilikten etkilenme durumları toksikolojik, histopatolojik, biyokimyasal yönleriyle araştırılmıştır. Mayıs-ekim ayları arasında aylık olarak örneklenen balıkların dişi:erkek oranı 1,6:0,6 olarak hesaplanmıştır. İncelenen *B. lacerta* bireylerinin yaş grupları I-IV arasında bulunmuş ve çoğunluğu III yaş grubu oluşturmuştur. *C. regium* türlerinin ise yaş grupları I ile VI arasında değişmekteyken, yoğunluğu IV yaşta gözlenmiştir. Ortalama gonadosomatik İndeks (GSI) değeri balıkların mayıs-haziran döneminde yumurtladıklarını göstermiştir. Balıkların kondisyon faktörü (KF) değeri GSI'ye paralel olarak mayıs ve haziran aylarında en yüksek değerini almıştır. Su ve sediment örneklerinde bazı ağır element (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sr, Pb) birikim yoğunluğunun 2. istasyonun suyunda ve 1. istasyonun sedimentinde fazla olduğu tespit edilmiştir. Balık dokularında yapılan element analizinde ise kas dokuda metal konsantrasyonu standart değerlerde bulunurken, karaciğerde kas dokusuna oranla daha fazla birikim görülmüştür. Genotoksik hasarı belirlemek için mikronükleus testi ile balıkların eritrositlerinde mikroçekirdek ve eritrositik çekirdek anormallikleri tespit edilmiştir. Belirlenen mikronükleus ve eritrositik çekirdek anormalliklerinin frekansı istasyonlara göre değişiklik göstermiştir. Dokulardaki patolojik anormalliklerde de önemli artışlar gözlenmiş ve istasyonlara göre doku değişim derecesi (DTC) değerleri farklı bulunmuştur. Kan doku örneklerinde antioksidan savunma sisteminin durumu TAS ve TOS değerleri ile ölçülmüş, oksidatif stresin mevcut olduğu görülmüştür. TAS ve TOS değerlerinde istasyonlar arası istatistiksel açıdan önemli farklılıklar belirlenmiştir.

2018, 232 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karasu Nehri, Su kirliliği, Histopatoloji, Genotoksisite, *Barbus lacerta*, *Chondrostoma regium*

ABSTRACT

Phd. Thesis

THE INVESTIGATION OF *Barbus lacerta* AND *Chondrostoma regium* SPECIES LIVING IN KARASU RIVER AND DETERMINATION OF THE EFFECT OF POLLUTION FACTOR ON THE SPECIES BY HISTOPATHOLOGICAL-TOXICOLOGICAL ASPECTS

Şeymanur ADİL

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology
Department of General Biology

Supervisor: Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

In this study the water and sediment samples taken from four stations selected from Karasu River between 2015-2016, were analyzed and some of the development parameters of *Barbus lacerta* and *Chondrostoma regium* species living in the region were investigated and toxicological, histopathological and biochemical effects of the pollution to the fish species were determined. The female-to-male ratio of the fish sampled monthly between may and october 2015-2016 was calculated as 1.6: 0.6. The age groups of *Barbus lacerta* individuals were found to be between I-IV and the majority consisted of III age groups. While the age groups of *C. regium* species ranged from I to VI, the density was observed at the age of IV. The average gonadosomatic index (GSI) value showed that the fish species spawned in may-june period. Condition factor (KF) value of the fish was highest in may and june as parallel to the GSI. It was determined that some heavy metals (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sr, Pb) levels increased in sediment samples of 1. station and in surface water samples of 2. station. According to the elemental analysis made in the fish tissues, the some metal levels in muscle were found between in standart values and the metal concentration of the liver was higher than the muscle. Micronucleus and other erythrocytic nuclear abnormalities were identified by micronucleus test for determined the genotoxic damage. The nuclear abnormality frequencies were significantly different from the stations. Significant increases in pathological abnormalities in the fish tissues were observed. The difference in (Degree of Tissue Change) DTC values was significant according to the stations. In the blood samples, the status of antioxidant defense system was measured with TAS and TOS values. There was statistically significant difference between the stations in TAS and TOS values.

2018, 232 pages

Keywords: Karasu River, Water pollution, Histopathology, Genotoxicity, *Barbus lacerta*, *Chondrostoma regium*

TEŞEKKÜR

Doktora Tezi olarak sunduğum bu alışma Atatürk Üniversitesi Fen Fakóltesi Biyoloji Bölümü Hayvan Fizyolojisi ve Histolojisi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi, deneyim ve önerileriyle bana yol gösteren tez danışmanım, kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN'a teşekkürlerimi sunarım. Değerli hocalarım Prof. Dr. Fatime GEYİKOĞLU, Doç. Dr. Hakan AŞKIN'a, Doç. Dr. Suat ÇOLAK'a ve Dr. Öğr. Üy. Elanur AYDIN KARATAŞ'a, su-sediment örneklerinin analizlerini yapan Dr. Öğr. Üyesi Zeynep AYDOĞAN'a, çalışmalarım süresince bana destek olan değerli yol arkadaşım Hatice DANE'ye, tezin farklı aşamalarında yardımcı olan Zehra YAZICI, Serap UÇAR, Özge ÇAKMAK, Gamze KADIOĞLU ve adını sayamadığım tüm arkadaşlarıma en içten duygularımla teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi-manevi destekleriyle daima yanımda olup tez çalışmalarım boyunca da gösterdikleri sabır ve destekle üzerimde sayısız emekleri bulunan kıymetli anne ve babama yürekten teşekkürlerimi sunarım. Deney çalışmalarım ve tez yazımında yardımcı olan Canım Kardeşlerim Senanur AYDIN ve Emir Said AYDIN'a teşekkür ederim. Tezimin başlangıcından bugüne gelene dek elinden gelen desteği fazlasıyla gösteren, yaptığı sayısız fedakarlıklarla gücüme güç katan, varlığı huzur veren ve hayata ümitle bakmayı öğreten değerli eşim Sezai ADİL'e sonsuz Őükranlarımı sunarım. Yaklaşık üç yıldır annesini sabırla bekleyen minik kızım Süeda Reyyan'a da en kalbi duygularla teşekkürler ederim.

Şeymanur ADİL

Kasım 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. <i>Barbus lacerta</i> ve <i>Chondrostoma regium</i> Türleri	2
1.1.1. <i>Barbus lacerta</i> (Heckel, 1843)	5
1.1.2. <i>Chondrostoma regium</i> (Heckel, 1843).....	7
1.2. Balık Organlarının Anatomi ve Histolojisi	8
1.3. Kirlilik	17
1.3.1. Çevre kirliliği	20
1.3.2. Çevre kirliliğinin sınıflandırılması	20
1.3.2.a. Fiziksel kirlenme	21
1.3.2.b. Kimyasal kirlenme	21
1.3.2.c. Biyolojik Kirlenme	21
1.4. Suyun Önemi	23
1.5. Su Kirliliği.....	25
1.5.1. Su kirliliğinin nedenleri.....	26
1.5.2. Su kirliliğinin sınıflandırılması	27
1.6. Ağır Metaller	29
1.6.1. Ağır metal kirliliğine sebep olan kaynaklar	30
1.6.2. Ağır metallerin besin zinciri ile taşınması.....	32
1.6.3. Ağır metallerin balık tarafından alınması ve birikimi	33
1.6.4. Ağır metallerin toksik etkileri	35
1.7. Toksik Maddelerin Organizmada Oluşturduğu Hasarlar	40
1.7.1. Sitotoksisite	44
1.7.2. Gen ve kromozom hasarı.....	44

1.7.2.a. Mikroçekirdek testi.....	45
1.8. Oksitatif Stres	46
1.8.1. Serbest radikaller	47
1.8.2. Serbest oksijen radikalleri ve reaktif oksijen metabolitleri	47
1.8.3. Reaktif azot türleri.....	48
1.8.4. Metal-oksitatif stres ilişkisi	49
1.8.5. Serbest radikallerin biyolojik hedefleri	50
1.8.6. Antioksidan savunma sistemleri.....	50
1.8.7. Toplam Antioksidan Seviyesi (TAS)	51
1.8.8. Toplam Oksidan Seviyesi (TOS)	52
2. KAYNAK ÖZETLERİ	53
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	70
3.1. Materyal.....	70
3.1.1. Çalışma bölgesi	70
3.1.2. İncelenen balık türleri.....	73
3.1.3. Çalışmada kullanılan cihaz ve kimyasallar	74
3.2. Yöntem	75
3.2.1. Su ve sediment analizi	75
3.2.2. Dokuda ağır metal analizi.....	76
3.2.3. Biyoekolojik analizler	76
3.2.3.a. Cinsiyet tayini.....	77
3.2.3.b. Yaş tayini.....	77
3.2.3.c. Sistemik ve anatomik analizler	77
3.2.4. Morfometrik analizler.....	78
3.2.4.a. Bağırsak indeksi tespiti.....	78
3.2.4.b. Gonadosomatik indeks tespiti	78
3.2.4.c. Hepatosomatik indeks tespiti.....	78
3.2.4.d. Kondisyon faktörü tespiti	79
3.2.5. Biyokimyasal analizler	79
3.2.5.a. Toplam antioksidan seviye (TAS)	80
3.2.5.b. Toplam oksidant seviye (TOS).....	81
3.2.6. Genotoksik analizler	81

3.2.7. Histolojik analizler	82
3.2.7.a. Parafine gömme	83
3.2.7.b. Kesitlerin alınması ve hematoksilin & eozin ile boyanması	84
3.2.7.c. Histolojik Solüsyonların hazırlanışı	85
3.2.8. İstatistiksel analizler	87
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	88
4.1. Enstrumental Analizler	88
4.1.1. Suda metal konsantrasyonları	88
4.1.2. Sedimentte metal konsantrasyonları	90
4.1.3. Balıkların bazı dokularındaki metal konsantrasyonları	92
4.2. Biyo-Ekolojik Analizler	98
4.2.1. Birey sayısı	98
4.2.2. Yaş sınıfları	99
4.2.3. Ağırlık-boy dağılımı	101
4.2.4. Morfolojik yapı	103
4.2.4.a. <i>Barbus lacerta</i>	103
4.2.4.b. <i>Chondrostoma regium</i>	106
4.2.5. Anatomik yapı	108
4.2.5.a. Dış vücut kısımları	108
4.2.5.b. Sinir sistemi	110
4.2.5.c. Sindirim sistemi	111
4.2.5.d. Solunum sistemi	114
4.2.5.e. Dolaşım sistemi	115
4.2.5.f. Üriner sistem	116
4.3. Morfometrik Analizler	118
4.3.1. Bağırsak indeksi (Bİ)	118
4.3.2. Gonadosomatik indeks (GSI)	119
4.3.3. Hepatosomatik indeks (HSİ)	122
4.3.4. Kondisyon faktörü (KF)	123
4.4. Toksikolojik Analizler	124
4.4.1. Biyokimyasal bulgular	124
4.4.2. Genotoksisite bulguları	126

4.5. Histolojik ve Histopatolojik Analizler	134
4.5.1. Beyin histolojisi ve patolojisi	134
4.5.2. Solungaç histolojisi ve patolojisi.....	140
4.5.3. Karaciğer histolojisi ve patolojisi.....	147
4.5.4. Böbrek histolojisi ve patolojisi.....	152
4.5.5. Gastrointestinal sistem histolojisi ve patolojisi	158
4.5.6. Ovaryum histolojisi ve patolojisi	164
4.5.7. Testis histolojisi ve patolojisi	169
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	175
KAYNAKLAR	206
EKLER.....	230
EK 1.....	230
EK 2.....	231
EK 3.....	232
ÖZGEÇMİŞ	233

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

μ	Mikron
μl	Mikrolitre
μm	Mikrometre
μmol	Mikromol
μg	Mikrogram
$\mu\text{g/g}$	Mikrogram/gram
μl	Mikrolitre
$\mu\text{g/L}$	Mikrogram/litre
g/cm^3	1 cm^3 çözelti içerisinde çözülmüş maddenin gram cinsinden miktarı
km	Kilometre
km^3	Kilometre küp
L	Litre
mg	Miligram
mg/L	Miligram/litre
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mmol	Milimol
mmHg	Milimetre civa
nm	Nanometre
rpm	Revolutions per minute (Dakikadaki devir sayısı)

Kısaltmalar

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
Bİ	Bağırsak İndeksi
CAT	Katalaz
DNA	Deoksiribonükleik asit
DDT	Dikloro Difenil Trikloroetan
DOA	Dioktil Adipat

DTC	Degree of Tissue Change
EROD	7-etoksiresorufin O-deetilaz
FAO	Food and Agriculture Organization
FP	Fenpiroksimat
GPx	Glutasyon peroksidaz
GSH	Glutasyon
GSİ	Gonadosomatik indeks
GST	Glutasyon-S-transferaz
H&E	Hematoksilen-eosin
HSİ	Hepatosomatik indeks
KF	Kondisyon faktörü
LC ₅₀	Canlıların yarısını öldüren konsantrasyon
MT	Metallothionein protein
PCB	Poliklorlu Bifenil
ROM	Reaktif oksijen metabolitleri
SMART	Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi
SOD	Süperoksit dismutaz
TAS	Toplam antioksidan seviyesi
TOS	Toplam oksidan seviyesi
WHO	World Health Organization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ağır metallerin besin zinciriyle balıklara geçişi.....	33
Şekil 3.1. Aşkale Çimento Fabrikası önündeki dinlenme havuzunun çıkışı.....	71
Şekil 3.2. Aşkale Çimento Fabrikası önündeki dinlenme havuzunun girişi.....	71
Şekil 3.3. Şeker Fabrikası çıkışı.....	72
Şekil 3.4. Gökçeyamaç Köyü girişi, Dumlu deresi.....	72
Şekil 3.5. Tüm istasyonların genel uydu görüntüsü.....	73
Şekil 3.6. <i>Chondrostoma regium</i> (Kababurun balığı).....	74
Şekil 3.7. <i>Barbus lacerta</i> (Kura bıyıklı balığı)	74
Şekil 4.1. Aylara göre <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> 'un birey dağılımı.....	98
Şekil 4.2. <i>Barbus lacerta</i> 'da pul yapısı (III yaş).....	99
Şekil 4.3. <i>Chondrostoma regium</i> 'da pul yapısı (IV yaş)	100
Şekil 4.4. <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> 'un yaş sınıfları.....	100
Şekil 4.5. <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> 'un boy uzunluk değerleri	102
Şekil 4.6. <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> 'un boş ve total ağırlık değerleri	103
Şekil 4.7. <i>Barbus lacerta</i> a) Ağız yapısı b) Yüzgeçler ve yanal çizgi c) Solungaçlar ve solungaç dikenleri d) Bıyıklar	104
Şekil 4.8. <i>Barbus lacerta</i> kuyruk, karın yüzgeçleri ve anüsün ventral görünümü.....	105
Şekil 4.9. <i>Chondrostoma regium</i> a) Ağız yapısı b) Solungaçlar c) Yüzgeçler ve yanal çizgi	106
Şekil 4.10. <i>Chondrostoma regium</i> kuyruk, karın yüzgeçleri ve anüsün ventral görünümü	107
Şekil 4.11. <i>Barbus lacerta</i> dış yapısı	108
Şekil 4.12. <i>Chondrostoma regium</i> dış yapısı	109
Şekil 4.13. <i>Chondrostoma regium</i> dış yapısı (Anormallikler; 1) Pul dökülmesi 2) Kaudal yüzgeçte erime).....	110
Şekil 4.14. Sinir sistemi a) <i>Barbus lacerta</i> beyin anatomisi b) <i>Chondrostoma regium</i> beyin anatomisi	110
Şekil 4.15. Ağız yapısı a) <i>Barbus lacerta</i> ağız ve bıyık yapısı b) <i>Chondrostoma</i> <i>regium</i> ağız yapısı	111
Şekil 4.16. <i>Chondrostoma regium</i> farinks dişleri	112

Şekil 4.17. <i>Barbus lacerta</i> bağırsak anatomisi	113
Şekil 4.18. <i>Chondrostoma regium</i> bağırsak anatomisi	113
Şekil 4.19. Solunum sistemi a) <i>Barbus lacerta</i> 'da solungaç ve solungaç dikenini	
b) <i>Chondrostoma regium</i> 'da solungaç	114
Şekil 4.20. <i>Barbus lacerta</i> 'da diseksiyon	115
Şekil 4.21. <i>Chondrostoma regium</i> 'da diseksiyon	116
Şekil 4.22. <i>Chondrostoma regium</i> 'da diseksiyon	117
Şekil 4.23. <i>Barbus lacerta</i> kan hücresinde mikroçekirdek oluşumu (Giemsa)	127
Şekil 4.24. <i>Barbus lacerta</i> kan hücresinde böbrek şekilli çekirdek oluşumu (Giemsa)	128
Şekil 4.25. <i>Barbus lacerta</i> kan hücresinde çentik şekilli çekirdek oluşumu (Giemsa)	128
Şekil 4.26. <i>Barbus lacerta</i> kan hücresinde loblu çekirdek oluşumu (Giemsa).....	129
Şekil 4.27. <i>Barbus lacerta</i> kan hücresinde çift çekirdek oluşumu (Giemsa).....	129
Şekil 4.28 <i>Chondrostoma regium</i> kan hücresinde mikroçekirdek oluşumu (Giemsa) .	131
Şekil 4.29 <i>Chondrostoma regium</i> kan hücresinde tomurcuklu çekirdek ve	
mikroçekirdek oluşumu (Giemsa).....	132
Şekil 4.30. <i>Chondrostoma regium</i> kan hücresinde çentik şekilli çekirdek ve böbrek	
şekilli çekirdek oluşumu (Giemsa).....	132
Şekil 4.31. <i>Chondrostoma regium</i> kan hücresinde çift çekirdek oluşumu (Giemsa) ...	133
Şekil 4.32. <i>Chondrostoma regium</i> kan hücresinde loblu çekirdek oluşumu (Giemsa)	133
Şekil 4.33. <i>Barbus lacerta</i> 'da normal beyin histolojisi (H&E)	135
Şekil 4.34. <i>Barbus lacerta</i> 'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)	136
Şekil 4.35. <i>Barbus lacerta</i> 'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)	137
Şekil 4.36 <i>Barbus lacerta</i> 'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)	137
Şekil 4.37. <i>Barbus lacerta</i> 'da beyin dokusu anormallikleri (H&E).....	138
Şekil 4.38. <i>Chondrostoma regium</i> 'da beyin dokusu anormallikleri(H&E).....	138
Şekil 4.39. <i>Chondrostoma regium</i> 'da beyin dokusu anormallikleri(H&E).....	139
Şekil 4.40 <i>Chondrostoma regium</i> 'da beyin dokusu anormallikleri (H&E).....	139
Şekil 4.41. <i>Chondrostoma regium</i> 'da normal solungaç dokusu (H&E	141
Şekil 4.42. <i>Barbus lacerta</i> 'da solungaç anormallikleri (H&E)	143
Şekil 4.43. <i>Barbus lacerta</i> 'da solungaç anormallikleri (H&E)	143
Şekil 4.44. <i>Chondrostoma regium</i> 'da solungaç anormallikleri (H&E).....	144
Şekil 4.45. <i>Chondrostoma regium</i> 'da solungaç anormallikleri (H&E).....	144

Şekil 4.46. <i>Chondrostoma regium</i> 'da solungaç anormallikleri (H&E)	145
Şekil 4.47. <i>Chondrostoma regium</i> 'da solungaç anormallikleri (H&E)	145
Şekil 4.48. <i>Barbus lacerta</i> 'da normal karaciğer dokusu (H&E)	147
Şekil 4.49. <i>Barbus lacerta</i> 'da karaciğer anormallikleri (H&E).....	149
Şekil 4.50. <i>Barbus lacerta</i> 'da karaciğer anormallikleri (H&E).....	149
Şekil 4.51. <i>Chondrostoma regium</i> 'da karaciğer anormallikleri (H&E)	150
Şekil 4.52. <i>Chondrostoma regium</i> 'da karaciğer anormallikleri (H&E)	150
Şekil 4.53. <i>Barbus lacerta</i> 'da normal böbrek histolojisi (H&E).....	152
Şekil 4.54. <i>Barbus lacerta</i> 'da böbrek anormallikleri (H&E)	154
Şekil 4.55. <i>Barbus lacerta</i> 'da böbrek anormallikleri (H&E)	154
Şekil 4.56. <i>Barbus lacerta</i> 'da böbrek anormallikleri (H&E)	155
Şekil 4.57. <i>Barbus lacerta</i> 'da böbrek anormallikleri (H&E)	155
Şekil 4.58. <i>Chondrostoma regium</i> 'da böbrek anormallikleri (H&E)	156
Şekil 4.59. <i>Chondrostoma regium</i> 'da böbrek anormallikleri (H&E)	156
Şekil 4.60. <i>Barbus lacerta</i> 'da normal bağırsak dokusu (PAS).....	158
Şekil 4.61. <i>Barbus lacerta</i> 'da bağırsak anormallikleri (H&E)	160
Şekil 4.62. <i>Barbus lacerta</i> 'da bağırsak anormallikleri (H&E).....	160
Şekil 4.63. <i>Barbus lacerta</i> 'da bağırsak anormallikleri (H&E).....	161
Şekil 4.64. <i>Barbus lacerta</i> 'da bağırsak anormallikleri (H&E).....	161
Şekil 4.65. <i>Chondrostoma regium</i> 'da bağırsak anormallikleri (H&E).....	162
Şekil 4.66. <i>Chondrostoma regium</i> 'da bağırsak anormallikleri (H&E).....	162
Şekil 4.67. <i>Chondrostoma regium</i> 'da normal ovaryum histolojisi (H&E).....	165
Şekil 4.68. <i>Barbus lacerta</i> 'da ovaryum anormallikleri (H&E)	166
Şekil 4.69. <i>Barbus lacerta</i> 'da ovaryum anormallikleri (H&E)	166
Şekil 4.70. <i>Chondrostoma regium</i> 'da ovaryum anormallikleri (H&E)	167
Şekil 4.71. <i>Chondrostoma regium</i> 'da ovaryum anormallikleri (H&E)	167
Şekil 4.72. <i>Chondrostoma regium</i> 'da ovaryum anormallikleri (H&E).....	168
Şekil 4.73. <i>Barbus lacerta</i> 'da normal testis histolojisi (H&E).....	170
Şekil 4.74. <i>Barbus lacerta</i> 'da testis anormallikleri (H&E)	171
Şekil 4.75. <i>Chondrostoma regium</i> 'da testis anormallikleri (H&E)	171
Şekil 4.76. <i>Chondrostoma regium</i> 'da testis anormallikleri (H&E)	172

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri.....	31
Çizelge 1.2. Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri.....	31
Çizelge 1.3. Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri	32
Çizelge 1.4. Reaktif oksijen türleri ve kimyasal formülleri.....	48
Çizelge 1.5. Reaktif azot türleri ve kimyasal formülleri.....	48
Çizelge 1.6. Organizmada bulunan endojen antioksidan savunma sistemleri	51
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan cihazlara ait bilgiler.....	75
Çizelge 4.1. 2015-2016 yıllarında Karasu Nehri'nden alınan su örneklerinin maksimum ağır metal seviyeleri (ppm)	88
Çizelge 4.2. TS 266 ve WHO 2006'ya göre su kaynaklarında bildirilen kabul edilebilir ağır metal oranları (ppm) ile kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (µg/l) ve istasyonların su kalite sınıf durumu	90
Çizelge 4.3. 2015-2016 yıllarında Karasu Nehri'nden alınan sediment örneklerinin maksimum ağır metal seviyeleri (ppm)	91
Çizelge 4.4. 2015 yılında yakalanan <i>Chondrostoma regium</i> 'un karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları (µg/g) (Ort.±SH) (n:69)	92
Çizelge 4.5. 2016 yılında yakalanan <i>Chondrostoma regium</i> 'un karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları (µg/g) (Ort.±SH) (n:66)	93
Çizelge 4.6. Ulusal ve uluslararası kriterlere göre balık numunelerindeki maksimum metal düzeyi ve 2015-2016 yıllarında <i>Chondrostoma regium</i> 'da tespit edilen en yüksek ağır metal seviyeleri (µg/g).....	94
Çizelge 4.7. 2015 yılında yakalanan <i>Barbus lacerta</i> 'nın karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları (µg/g) (Ort.±SH) (n:66)	95

Çizelge 4.8. 2016 yılında yakalanan <i>Barbus lacerta</i> 'nın karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) (Ort. \pm SH) (n:63)	96
Çizelge 4.9. Ulusal ve uluslararası kriterlere göre balık numunelerindeki maksimum metal düzeyi ve 2015-2016 yıllarında <i>Barbus lacerta</i> 'da tespit edilen en yüksek ağır metal seviyeleri ($\mu\text{g/g}$).	97
Çizelge 4.10. 2015-2016 Yılları arasında Karasu Nehri'ndeki istasyonlardan yakalanan <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> 'un toplam birey sayıları.....	99
Çizelge 4.11. <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> 'un yaş frekans dağılımları.....	101
Çizelge 4.12. <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> 'un ortalama boy uzunluğu ve ağırlık değerleri.....	101
Çizelge 4.13. <i>Barbus lacerta</i> türüne ait metrik ve meristik karakterler.....	105
Çizelge 4.14. <i>Chondrostoma regium</i> türüne ait metrik ve meristik karakterler	107
Çizelge 4.15. 2015-2016 yıllarında yakalanan <i>B. lacerta</i> ile <i>C. regium</i> türlerinin aylara göre Bİ değerleri	118
Çizelge 4.16. 2015-2016 yıllarında yakalanan <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> türlerinin aylara göre ortalama GSİ değerleri.....	120
Çizelge 4.17. 2015-2016 yıllarında yakalanan <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> türlerinin istasyonlara göre GSİ değerleri	121
Çizelge 4.18. 2015-2016 yıllarında yakalanan <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> türlerinin istasyonlara göre ortalama HSİ değerleri	122
Çizelge 4.19. 2015-2016 yıllarında yakalanan <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> türlerinin aylara göre ortalama KF değerleri	123
Çizelge 4.20. 2015-2016 yıllarında yakalanan <i>B. lacerta</i> ve <i>C. regium</i> türlerinin istasyonlara göre TAS ve TOS değerleri.....	124
Çizelge 4.21. İstasyonlara göre <i>Barbus lacerta</i> 'nın kan hücrelerinde belirlenen mikroçekirdek ve diğer eritrositik çekirdek anormallikleri frekansları (% Ort. \pm SH)	126
Çizelge 4.22. İstasyonlara göre <i>Chondrostoma regium</i> 'un kan hücrelerinde belirlenen mikroçekirdek ve diğer eritrositik çekirdek anormallikleri frekansları (% Ort \pm SH)	130

Çizelge 4.23. İstasyonlara göre iki türün sinir dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri.....	135
Çizelge 4.24. İstasyonlara göre sinir dokuda ortalama DTC değerleri.....	140
Çizelge 4.25. İstasyonlara göre iki türün solungaç dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri	142
Çizelge 4.26. İstasyonlara göre solungaç dokuda ortalama DTC değerleri.....	146
Çizelge 4.27. İstasyonlara göre iki türün karaciğerinde tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri	148
Çizelge 4.28. İstasyonlara göre karaciğer dokusunda ortalama DTC değerleri	151
Çizelge 4.29. İstasyonlara göre iki türün böbreklerinde tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri	153
Çizelge 4.30. İstasyonlara göre böbrek dokusunda ortalama DTC değerleri	157
Çizelge 4.31. İstasyonlara göre iki türün bağırsak dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri.....	159
Çizelge 4.32. İstasyonlara göre bağırsak dokusunda ortalama DTC değerleri.....	163
Çizelge 4.33. İstasyonlara göre iki türün ovaryumlarında tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri.....	165
Çizelge 4.34. İstasyonlara göre ovaryum dokusunda ortalama Dtc değerleri	168
Çizelge 4.35. İstasyonlara göre iki türün testis dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri.....	170
Çizelge 4.36. İstasyonlara göre testis dokusunda ortalama Dtc değerleri	172

1. GİRİŞ

Doğadaki sistemin nasıl işlediğine dair soruları cevaplamaya çalışan, organizmaların çevreleri ve birbirleriyle olan etkileşimlerini, farklı türdeki canlıların yayılışlarını, yaşayışlarını inceleyen ekoloji bilimi; canlıları tek bir birey olarak ele almaktan ziyade, bireyin etrafında etkili olan tüm faktörlerle kapsamlı olarak ilgilenir (Kumar 2017).

Canlı yaşamı ve etrafındaki öğeler birbirine bağlı, ayırt edilemez ve biri diğerinin eksikliğinde düşünülemez kavramlardır. Canlı varlıkların tümü, organik-inorganik maddelerden oluşmuş belirli bir ortam içerisinde yaşantılarını sürdürürler ve bu ortamın tüm unsurlarıyla karşılıklı iletişim içindedirler. Belirli bir yaşam alanında etkili olan biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörlerin bütünlüğü çevre olarak tanımlanır. Hava, su ve toprak çevrenin fiziksel unsurlarını insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise biyolojik unsurlarını teşkil etmektedir (Kocataş 1992; Barret and Odum 2008).

Çevrenin fiziksel öğelerinden olan su, yaşamın temel bileşenlerindedir. Vücutlarının %60-90'ı su olan organizmaların tüm metabolik olayları suyun varlığında gerçekleşir. Suyun içeriğinde bulunan mineral ve bileşiklerin vücudumuzdaki her türlü biyokimyasal reaksiyonun gerçekleşmesinde çok önemli rolü bulunmaktadır (Akın vd 2005, Atabey 2005). Aynı zamanda su, canlılar için bir yaşam ortamıdır. Su kaynakları sahip olduğu ekolojik özellikleri sayesinde birçok canlı türüne ev sahipliği yaparlar. Böylece biyolojik çeşitliliğin en fazla olduğu doğal yaşam alanlarını oluştururlar (Özen ve Korkmaz 2005). Su yaşamın olmazsa olmaz ön koşullardan biri olması sebebiyle, yaşam ortamında suyun olması ve kalitesi önem arz etmektedir (Akın ve Akın 2007).

Bu muheşem sistemin en önemli canlı grubu hiç şüphesiz balıklardır. Balıklar yaklaşık üç milyon yıldır suyun tek hakim canlı grubu olarak yaşamaktadırlar. Devoniyen'de başlayan evrimlerini bir çoğu tamamlamış olup sucul biyoçeşitlilikte önemli bir yer edinmişlerdir. Ancak suların kirlenmesi ile birlikte balıkların yaşamı ve çeşitliliği de tehlikeye girmiştir. Öyle ki bir çoğu değişen çevre şartlarına adapte olmak için gerekli

evrimsel süreci tamamlayamadan ölmektedir. Yine de omurgalı hayvanlar içinde tür çeşitliliği en fazla olan grup balıklardır.

Bu çalışmada Fırat'ın önemli bir kolu olarak bilinen ve bölgesel önemi fazla olan Karasu Nehri araştırma bölgesi olarak seçilmiştir. İncelemelerin yapıldığı bu nehir çimento fabrikasının, şehir kanalizasyon sularının, şeker ve et işletmelerinin artıklarını alarak yüksek oranda kirliliğe maruz kalmaktadır (ÇDR 2016). Eylül ayında başlayan şeker fabrikası faaliyetleri sonucunda pancar toplama dönemlerinde nehirdeki bulanma düzeyi hat safhaları bulmaktadır (Aras 1988; Altuner ve Gürbüz 1989). Yoğun bir şekilde tarımsal sulama amaçlı olarak ta kullanılan nehirde on yıl ara ile iki defa toplu balık ölümü gerçekleştiği de bilinmektedir (Sönmez vd 2012). Bu nehirde yaşayan *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium* türlerinin sistematik, anatomik, histolojik ve toksikolojik olarak araştırılması yapılmıştır.

1.1. *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium* Türleri

Cyprinidae familyasına ait *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium* türü balıklar yapılan çalışmanın ana unsurları olup sistematikteki yerleri şu şekildedir:

Superregnum: Eukaryotae

Regnum: Animalia

Superphylum: Eumetazoa

Phylum: Chordata

Grup: Craniata

Subphylum: Gnathostomata

Superclassis: Pisces

Classis: Osteichthyes

Subclassis: Actinopterygii

Ordo: Cypriniformes

Subordo: Cyprinodei

Familia: Cyprinidae

Genus: *Barbus* Cuvier, 1817

Species: *Barbus lacerta* Heckel, 1843

Genus: *Chondrostoma* Agassis, 1835

Species: *Chondrostoma regium* Heckel, 1843

Ülkemizde yaşayan kemikli balıkların büyük bir bölümü Cyprinidae familyasına dahil olmakta ve bu familyada daha çok tatlısu balıkları bulunmaktadır. Genelde buradaki türlerin başı çıplak, vücutları az çok büyük olan cycloid tipteki pullarla örtülü olduğu bilinmektedir. Ağızda çene dişleri (maxiller diş) bulunmayıp, bazı türlerde ağız protraktıl karakterde (körüklü) olup, tıpkı körüklü hortum şeklinde ileriye doğru uzayıp kısalsabilir. Bu familyada yağ yüzgeçleri bulunmaz (Geldiay ve Balık 2009).

Cyprinidae familyasının en karakteristik özelliği farinks dişlerinin varlığıdır. Bu dişler genelde yutak bölgesinde ve dördüncü solungaç yayının gerisinde faringien kemikler üzerinde olup sayı, sıra ve şekilleri türlere göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, cins ve türlerin ayırt edilmesinde belirgin diagnostik özellikler olarak kullanılırlar. Sırtta dorsal yüzgeç tek olup, pektoral ve pelvik yüzgeçlerin konumu, tüm cins ve türlerde abdominal tiptedir. Daima bir boğumla iki loba ayrılmış hava keseleri mevcut olup pneumostofor adlı bir kanal sayesinde özofagus ile devamlı irtibattadır (Fizostom balık). Omur şeridinin ilk dört omuru birbirleriyle az çok kaynaşarak Weber kemikleri denen özel bir yapı oluşturmuşlardır. Bu familyada mide civarında pilorik çekum olarak adlandırılan kör bağırsaklar yoktur. Genelde bıyiksız olsalar da bazen bir veya iki çift bıyık taşıyan temsilcilerine rastlandığı görülmüştür. Ağız, genellikle terminal konumlu olup yukarıya doğru yönelen veya alt durumlu olabilir (Geldiay ve Balık 2009).

Çoğunlukla bu familyanın bireyleri sürüler halinde yaşarlar. Üreme zamanları ilkbahar ve yaz ayları olarak belirlenmiştir. Bu mevsimde bilhassa erkek bireylerin daha parlak ve süslü bir görünüm aldığı, özellikle baş ve vücutları üzerinde beyaz renkli küçük üreme tüberküllerinin (siğil) olduğu dikkati çekmektedir. Bu familyanın bazı temsilcileri hızlı büyüyüp yapay dölleme aracılığıyla yetiştirilmelerinin ve suni

yemlere alışmalarının nispeten kolay olması gibi nedenlerle doğal yaşam alanlarının dışındaki çoğu ülkelere süs balığı olarak ve akuvakültür amacıyla götürülmüşlerdir.

Esas itibariyle, Eski Dünya Kıtaları olarak bildiğimiz Asya, Avrupa ve Afrika'yı tamamen kaplayarak Amerika'nın kuzeye yakın bölgelerinde de yaşamaktadırlar. Daha da genişletilecek olursa Madagaskar, Avustralya, Yeni Zelanda, Güney Amerika, Kuzey Kanada ve Alaska, Grönland ve İzlanda hariç olmak üzere bütün dünyaya yayılmışlardır. Bu familya dünya çapında 1500'e yakın tür ile temsil edilmektedir. Türkiye'de ise 30 adet cins ve 78 kadar alttürü yaşadığı bilinmektedir (Geldiay ve Balık 2009).

Genus: *Barbus* (Cuvier, 1817)

Genellikle vücut uzun yapıda ve silindirik şekilli olup, küçük ya da orta boydaki sikloid pullarla örtülüdür. Burun çoğunlukla uzun yapılı ve sivri görünüştedir. Ağız ventral konumda ve yarım ay şeklindedir. Ağızın etrafında iyi gelişmiş etli dudaklar mevcut olup, ağızda daima iki çift bıyık bulunur. Farinks dişleri üç sıralı, çoğunlukla 2.3.5-5.3.2 nadiren de 2.3.4-4.3.2 şeklinde dizilmişlerdir. Bu cinste boy uzunluğu 80 cm kadar olabilmektedir. Dorsal yüzgecin sonuncu basit ışını gayet iyi gelişmiş ve posterior kenarı daima testere şeklinde dişçikler taşımaktadır. Ventrallerin kaidesinde pulumsu yapıda birer çıkıntı bulunur. Anal yüzgeç dorsale göre daha küçük yapılı ve anal yüzgecin sonuncu kemik ışınının arka kenarında dişçikler yoktur. Yanal çizgi tamdır ve genellikle karın bölgesine daha çok yaklaşmış (kavis yapmış) olarak görülür. Kuyruk yüzgeci derin çatallı ve loblarının ucu sivridir. Peritoneum (karın zarı) açık renkli veya kahverengimsidir. Genellikle hızlı akışlı, zemini çakıllı kumlu akarsuları tercih etseler de zaman zaman durgun olan bol oksijenli temiz sulara bulunurlar. Ekseriyetle derin suları sever ve zemine yakın kesimlerde yüzerler. Bu familyadaki bireylerin soğuğu ve sıcaklığı seven değişik formları vardır. Özellikle soğuk seven türleri, akarsuların bol oksijenli yukarı zonlarında alabalıklarla karışık olarak yaşadıkları görülür. Temel besinlerini diatomeler, küçük böcek larvaları, *Gammarus*, *Daphnia* gibi kurustaseler,

sivrisinek larvaları ve mollusklarla çeşitli bitkisel gıdalar oluşturur (Turan vd 2004; Geldiay ve Balık 2009).

Genellikle üreme zamanında ayrı ayrı görülseler de; beslenme periyodunda, büyük gruplar halinde dolaştıkları farkedilmiştir. Bilhassa üreme periyodu dışındaki sürü teşkiline, bir taraftan suların ısısının düşmesi diğer taraftan da toplu yaşama iç güdüsünün belirmesi sebep olmaktadır. Yumurtlama periyodu türlere göre ufak tefek değişimler gösterse de, genelde bu dönem mayıstan temmuz ortalarına kadar devam eder. Yumurta sayısı 30.000-40.000 kadar olabilir ve çapları yaklaşık 2,5 mm civarındadır (Geldiay ve Balık 2009).

Ülkemizde tatlı su balıkları içerisinde yoğun olarak avlanan ve eti lezzetli olan bu cinsin yumurtaları zehirli olduğu için hiçbir zaman havyar olarak veya taze şekilde yenilmez. Yumurtlama periyodunda özellikle erkek bireylerin başları üzerinde ve sırt kısımlarında küçük kabarcıklar (üreme tüberkülleri) belirginleşir. Kaudal yüzgeç üzerindeki benekler daha koyu bir hal almaktadır. Kuluçka dönemi suyun sıcaklığına göre 1-2 hafta içerisinde değişmekle beraber 17-19°C'de 5-6 gün kadar devam eder (Turan vd 2004; Geldiay ve Balık 2009).

Çok sayıda tür ve alttürleri bulunan bu cinsin asıl vatanı Doğu Asyadır. Ancak günümüzde Doğu Asya'dan Batı Avrupa'ya ve hatta Afrika'ya kadar ulaşan tatlı sularda da bulunmaktadır. Ülkemizde Hindistan ve Mezopotamya'dan geldiği söylenen bu cinsin iç sularımızda 7 türü ve 7 alttürü bulunur (Turan vd 2004; Geldiay ve Balık 2009).

1.1.1. *Barbus lacerta* (Heckel, 1843)

İlk bulunuş yeri İtalya olan türün Türkçe adı Kura Bıyıklı Balığı'dır. Cyprinidae familyasına ait olan bu tür çoğunlukla *Barbus plebejus* ile karıştırılabilmektedir. Ancak Khaefi *et al.* (2017)'nin yaptığı filogenetik çalışma ile aralarındaki temel farklılıklar tam anlamıyla ortaya konmuştur. *B. lacerta* IUCN (2017)'ye göre Türkiye'de koruma altına

alınması gereken türler grubuna girmektedir. Bu açıdan da ilgili türün biyolojik özelliklerinin bilinmesi önemlidir.

Yaşam ortamı tatlı sular olan bu tür bentopelajik bir balıktır. Asıl vatanı Asya'dan Fırat ve Dicle Nehirleri ile bağlı kollarına kadar uzamaktadır (Anonim 2018a). Eşeyssel olgunluk yaşı tam olarak bilinmeyen *B. lacerta*'nın maksimum boy uzunluğu 37,5 cm olarak bilinmektedir. *B. lacerta*'nın vücudu yuvarlak yapılı, baş kısmı kısmen dorso-ventral basık, kuyruk kısmı ise yanlardan basıktır. Ventral konumlu ağızda etli dudaklar ve bu dudakların çevresinde 2 çift kalın bıyık bulunmaktadır. Tek olan dorsal yüzgecin son dallanmamış ışını kemikleşmiştir ve bu ışının arka kenarının 2/3'ü testere ağız şeklindedir. Yine dorsal yüzgecin serbest kenarı düzdür. Diğer yüzgeçlerin serbest kenarları ise dışbükey olup dağınık halde siyah benekler taşımaktadırlar. Ayrıca vücudun sırt kısmına dağılmış halde çoğunlukla siyah bazen de gri veya kahverengi lekeler de türün karakteristik özelliklerindedir (Dağlı 2013).

B. lacerta diğer *Barbus* türlerinden anal yüzgecinin daha uzun ve üçgen şeklinde olmasıyla ayırt edilir. Anal yüzgeç kuyruk sapının neredeyse sonuna kadar uzanır. Anal ve kaudal yüzgeç arasında 2-5 sıra pul bulunur. *B. lacerta* en yakın akraba tür olan *B. cyri*'den anal yüzgeç posteriyörünün konveks olması ve dar bir üst dudağa sahip olması bakımından farklılık gösterir. Bu balıkta uzun bir burun (vücut yüksekliğinin %46-56'sı kadar), göz çapı burun uzunluğunun 2,5-3,1 oranında, yanal çizgideki pul sayısı 52-66±2-4 tane, dorsal yükseklikteki pul sayısı 35-48 adet (ortalama 39), kuyruk sapı uzunluğu vücut yüksekliğinden 1,7-2,0 kat daha uzun şeklinde diagnostik özellikleri bulunmaktadır. Yayılış alanı olarak en son araştırmalara göre Van Gölü kolları, Türkiye'nin doğusundaki içsuları ve Nemrut Gölü bağlı suları bildirilmiştir (Khaefi *et al.* 2017).

Genus: *Chondrostoma* (Agassis, 1835)

Vücut yuvarlağımsı yapıda olup ince uzun şekillidir. Ağız, çıkıntılı olan burun kısmının altına yerleşmiştir. Ağız etrafında keratinleşmiş keskin kenarlı dudaklar bulunmaktadır.

Burun ileriye doğru uzayarak ucu küt olup, kaba bir görünümü vardır. Dorsal ve anal yüzgeçlerin boyu aşağı yukarı birbirine eşittir. Farinks dişleri bıçak ağzı şeklinde keskin olup tek sıra üzerinde dizilmişlerdir. Bu dişlerin dizilişleri genellikle 6-6 şeklinde ise de bazen 6-7; 6-5 veya 7-7 şeklinde olabilir. Yanal yüzgeç tam olup, 47-90 puldan oluşur ve hafifçe karın kısmına doğru kavislidir. Peritoneum genellikle koyu pigmentli veya siyah renklidir. Solungaç dikenleri kısadır. Ventral tarafta karına bulunmaz (Geldiay ve Balık 2009).

Bu cinsin coğrafik dağılışı çok geniş olup, Avrupa'nın büyük bir kısmı, Karadeniz ve Hazer denizi havzaları ile Dicle ve Fırat nehir sistemleridir. Ülkemizde başlıca iki tür ile temsil edilir (Geldiay ve Balık 2009).

1.1.2. *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)

İlk bulunuş yeri: Dicle (Halep ve Musul) olan türün Türkçe adı Kababurun Balığı'dır. Maksimum vücut yüksekliği, standart boyda 1/4' ü kadar olup, vücut yüksekliği baş uzunluğundan daha fazladır. Gözler iri olup, göz çapları başın 1/5'i kadardır. Burun kalın ve yuvarlak yapıda, ağız geniş ve transversal pozisyonudadır. Dorsal yüzgeç, kuyruksuz vücut boyunun ortasında veya kuyruğa biraz daha yakın mesafede olabilir. Kuyruk yüzgeci derin çatallı olup loplarının ucu sivri şekillidir. Boyu yaklaşık 25 cm kadardır. Vücut rengi, sırtta yeşilimsi kahverengi olup, ışıpta mavimsi yansımalar gösterir. Yan taraflar ile karın tarafı da portakal sarısı renktedir. Yanal çizgideki pul sayısı fazla olup, daima 64'ün üzerindedir. Farinks dişleri genellikle 7-7 tarzında dizilmiştir. Ağız alt konumludur ve dudaklar keskin kenarlı keratin bir kılıfla çevrenmiştir (Geldiay ve Balık 2009).

Chondrostoma regium'un yayılış alanı Kuzeybatı ve Trakya hariç, bütün Anadolu'da bulunmaktadır. Bugüne kadar Fırat, Seyhan, Kızılırmak, Dicle, Ceyhan, Göksü, gibi büyük nehir sistemlerinde ve Beyşehir Göl'ünde de var olduğu tespit edilmiştir (Geldiay ve Balık 2009).

1.2. Balık Organlarının Anatomi ve Histolojisi

Beyin

Teleostlarda sinir sistemi, genellikle anteriordan: telencephalon, diensefalon, mezensefalon, metensefalon (serebellum) ve medulla oblongata'dan oluşan beş bölüme ayrılır. Balıklarda beyin ön, orta ve arka kısım olmak üzere üç bölümden oluşup, ön kısımda beyinde doğrudan irtibat sağlayan olfaktif loplar vardır. Bu bölgenin balıklarda esas olarak koku almayla ilgili olduğu bilinirse de, farklı bazı fonksiyonları da idare ettiği saptanmıştır. Cerebral hemisferler (beyin yarım küreleri) balıklarda koku alma merkeziyle birleşmiştir. Anteriyör çukurluğun tabanında, salgısı organik dengenin sağlanmasında büyük rol oynayan hipofiz bezi görülür. Beynin arka kısmında optik lopların gerisinde yerleşmiş olan beyincik bulunmaktadır. Bunun ardından da bir taraftan beyin boşluğuyla, diğer taraftan omurilik ile bağlantı sağlayan omurilik soğanı yer almaktadır (Geldiay ve Balık 2009).

Balıkların sinir sisteminde nöronlar ve nöroglial hücrelerden olmak üzere iki temel hücre tipi mevcuttur. Nöronlar sinir uyarılarını gerçekleştirirken, nöroglia hücreleri destekleyici bir rol oynarlar. Nöronlar arasındaki iletişim sinaps olarak adlandırılır. Nöronlar hücre gövdesinden çıkıntı yapan dendritler ile aksonlardan oluşurlar. Genelde dendritler aldıkları uyarıyı nöronun hücre gövdesine iletir ve miyelin kılıf içinde olan akson ise gelen uyarıyı hücre gövdesinden uzaklaştırır. Merkezi sinir sistemi dokusu (beyin ve omurilik); nöronlar ve nöroglialdan oluşan gri ve ak maddeye ayrılır (Anonim 2018b).

Solungaç

Solungaçlar balıklarda yutak bölgesinde, her iki yanda içten dışa doğru uzanan bir seri cep ya da yarık içinde bulunan, gaz alışverişinin yapıldığı organlardır. Solungaçlarda kanın oksijenle zenginleşmesinin yanında iyon ve su değişimi de yapılmaktadır (Demir 2009). Solungaç filamentlerini primer ve sekonder lamel yapıları oluşturur.

Primer lamellerin ortasında hiyalin kıkırdak ve bu kıkırdak çevreleyen ekstrasellüler matriks mevcuttur. Kıkırdak etrafında kan damarları ve epitel hücreleri bulunmaktadır. Solunum yüzeyinin artmasında etkin rol oynayan sekonder lamel yapısındaki kapiller, destek hücreleri (pillar hücreleri), mukus ve solunum epitel hücreleri bulunur. Her iki sekonder lamel ile primer lamelin birleştiği bölgede ise iyon alışverişinin yapıldığı klorid hücreleri yer alır (Camargo and Martinez 2007).

Gaz alışverişini yapan epitel hücreleri, sekonder lamellerin dış boşluğa bakan yüzlerinde yassılaştırmış olarak görülür. Mukus hücreleri ise hem sekonder lamellerde, hem de primer lamellerde bulunurlar (Evans *et al.* 2005). Mukus hücreleri, sitoplazmik granüllerdeki glikoproteinlerin karbonhidrat içeriğinden dolayı farklı kimyasal özelliklere sahiptirler. Bunun yanı sıra patojen mikroorganizmalara karşı koruma ve solunum olayında önemli fonksiyonlara sahiptir (Laurent and Perry 1990). Mukus hücreleri sıcaklık değişimi, pH, tuzluluk oranı ve ağır metal derişimleri gibi faktörlerden etkilenmektedir (Roberts and Powell 2003).

Karaciğer

Karaciğer kemikli balıklarda anterior ve posterior olmak üzere iki loblu olup, karnivor yabani balıklarda kırmızımsı kahverengi, herbivor balıklarda ise açık kahverenkli. Genellikle midenin üstünde uzanır ya da mideyi kısmen sarar. Karaciğerin sağ lobu safra kesesini içerir yani safra kesesi karaciğere gömülü olarak bulunur. Sol lobu ise dalağı örter. Karaciğer abdomenin daha çok sol tarafına yerleşmiştir. Bağırsaklardan gelen hepatik portal vena ile beslenir. Karaciğer safra kesesine hepatik bir kanalla bağlıdır. Safra kesesi, safrayı midenin pilorik ucuna safra kanalı ile boşaltır (Timur 2008).

Teleost balıklarda karaciğerden gelen safra, yeşil renkli safra kesesinde toplanır. Safra kesesindeki safra salgısı, safra kanalı ile bağırsağın anterior kısmına açılır. Safra kesesi karaciğerin safra sekresyonu için geçici bir depo organıdır. Safra kanalı piloris bölgesinin yanında bağırsakların başlangıç kısmına açılır.

Safra sıvısı, yağları parçalayıcı safra tuzları ve safra pigmentlerini (bilirubin, biliverdin) içerir. Bu pigmentler kırmızı kan hücrelerinin ve hemoglobinin parçalanmasından köken alır. Safra tuzları yağları hidroliz etmekle kalmayıp, sindirim enzimlerinin iyi çalışabilmesi için sindirim sıvısının uygun alkalinitesini ayarlar (Demir 2009).

Karaciğer, sindirimdeki rolüne ek olarak yağ, kan şekeri (glikojen), protein ve vitaminler (A ve D vitaminleri) için depo organı olarak ta görev yapmaktadır. Diğer önemli görevleri, kan hücrelerinin parçalanması, kan kimyasında rolü olduğu gibi ürenin ve diğer azotlu boşaltım maddelerinin üretimi gibi metabolik fonksiyonları da vardır (Timur 2008).

Karaciğer, bazı balıklarda yalın halde bir organken bazı balıklarda da hepatopankreas yapısı şeklinde bulunmaktadır. Hepatopankreas, balığın pankreas dokusunun diffüz bir şekilde karaciğerin içinde veya doku üzerinde yer alması olarak tanımlanır (Çelik 2005). Hepatik ve pankreatik dokunun birleştiği bu yapıya 'hepatopankreas' denilmektedir. Sazan balığı, çipura, mercan balıklarında pankreatik doku portal vena'nın kolları boyunca karaciğere yayıldığı görülmüştür (Hibiya 1982; Ferguson 1989; Roberts 2001, Timur 2008).

Karaciğer hücresinin çekirdeği merkezi yerleşimli, tek ve ökromatiktir. Bazen çift çekirdek gözlenebilir. Hematoksilen-Eozin (H&E) boyama ile belli olan çekirdek ve ortasında bir adet koyu mor renkte seçilen bir çekirdekçik bulunur. Bazı karaciğer hücresi çekirdeklerinde iki ya da daha fazla çekirdekçik bulunabilir. H&E ile boyanmış kesitlerde, çok sayıda mitokondri ve bir miktar düz endoplazmik retikulumun bulunması nedeniyle hepatositin sitoplazması eozinofiliktir (Bulut 2006).

Karaciğer hücreleri arasında düzensiz bir şekilde dağılmış olan sinüzoidler bulunur. Sinüzoidler ince bir bazal membran ile çevrili olup, tek katlı yassı sinüzoid epiteli ile örtülmüştür. H&E boyamaları ile bu hücrelerin sitoplazmaları boya almaz ancak yassı olan çekirdek koyu mor renkte gözlemlenir. Sinüzoidlerin kenarlarında fagositoz özelliğine sahip yıldız şeklinde kupffer hücreleri bulunur.

Bu hücrelerin çekirdeği koyu mor boyanır ve çekirdekleri heterokromatin yapıdadır. Bu hücreler canlı herhangi bir toksik etkiye maruz kaldığında artış gösterirler (Eroschenko, 2001). Sinüzoidler içerisinde bol miktarda çekirdekli kan hücresi bulunmaktadır. Bu özellik, balıklarda karaciğerin kan depolamasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Sazangillerin karaciğer parankiması, poligonal şekilli karaciğer hücreleri ve bu hücreler arasında yer alan sinüzoidlerden oluşur. Parankimanın içerisinde, bölümler halinde pankreas ile safra kanalları mevcuttur. Karaciğer parankimasında sinüzoidlere besinden zengin kanı getiren venler, kirli kanı götüren venler ve oksijenli kanı getiren arterler bulunmaktadır. Karaciğer hücrelerinin arasında sinüzoidlerin sonlandığı merkezi ven bulunur. Merkezi venlerin lümenlerinde kan hücreleri gözlemlenir (Gezen vd 2005).

Karaciğer, çoğunlukla dallanan iki hücre kalınlığındaki hepatosit hücre kordonlarından oluşur. Hepatik hücreler yuvarlağımsı çok kenarlı hücre gövdesine ve yuvarlak belirgin bir çekirdek ve çekirdekçiğe sahiptir. Hücrelerin sitoplazmalarında az veya çok glikojen ve yağ bulunur. Bu nedenle parafine gömülmüş ve boyanmış preparatlarda (hematoxylin-eosin) bu hücrelerde birçok vakuolün görünmesine neden olur. Portal vena bağırsaklardan emilen besinleri içeren kanı taşır. Bu kan, sinüzoidlerle yakın ilişkisi olan karaciğer kordonlarındaki hücrelere geçer ki, çok miktarda besinin depolanmasını sağlar. Hepatik venanın bir kolu her lobülün merkezine uzanır. Lobülü oluşturan karaciğer hücre kordonlarına “Remark kordonları” denir. Bu kordonlar tek hücre kalınlığındadır. Aralarında sinüzoidler bulunur. Sinüzoidleri örten hücreler arasında tüm omurgalılarda fagositoz kabiliyetine sahip olan hücreler vardır. Bunlar, mikroorganizmalar dahil tüm partikül halindeki yabancı maddeleri fagosite ederler. Bu hücrelere “Kuppfer'in yıldız hücresi” denir (Mumford *et al.* 2007; Timur 2013).

Mide-Bağırsak

Balıklarda mide, özofagusun devamında bulunup iyi gelişim göstermemiş olan iki kısımlı bir organdır. İlk kısım besinlerin genelde sindirilmemiş halde toplandığı kardiyak bölgesi, ikinci kısım ise sayısı türlere göre değişen parmaksı görünümde olan pilorik çekum veya kör bağırsağın açıldığı pilor bölgesidir. Mide kuvvetli kaslardan

meydana gelmiş olup, kalın çeperli bir yapıda kuşların katı midesine benzer şekilde fonksiyon gösterir. Midenin şekli balıklarda farklılık göstermektedir. Örneğin, *Coregonus*'da (U) harfi şeklinde, *Cottus gobio*'da düz bir kese şeklinde, *Esox lucius*'ta ise bir torba şekildedir. Bazı balıklarda örneğin Cyprinidae familyasında gerçek mide yoktur. Bu yüzden özafagus iyi gelişmiş olup, doğrudan doğruya bağırsağa bağlanmıştır. Sazangillerde asit sekresyonu yapan bağırsaktan farklı bir kısım bulunur. Midesi bulunmayan sazangillerde bağırsaklar normalden daha çok uzundur. Genel olarak balıklarda karnivorluk derecesi arttıkça mide gelişimi de artar. Midesiz balıklarda protein sindirimi pankreas tarafından salgılanan enzimler sayesinde gerçekleşir (Geldiay ve Balık 2009, Timur 2008, Ku *et al.* 2004)

Bağırsaklar mideden sonra gelen ve anüse kadar devam eden en uzun sindirim organlarıdır. Bağırsak gelişimi balıkların beslenme rejimleri ile ilgilidir. Karnivor veya predatör formlarda çok kısayken herbivor olanlarda ise çok uzundur. Sindirimin son bulunduğu açıklık anüs olarak isimlendirilirken, anüsün konumu farklı balık türlerinde değişiklik gösterir ancak kemikli balıklarda genellikle anal yüzgecin hemen önündedir. Anüsün şekli bazı balıklarda (*Cyprinus carpio*) cinsiyeti ayırıcı karakter olarak kullanılır. Örneğin dişi sazanda anüs konveks veya kabarık durumdayken erkekte konkav yani çukur görünümündedir (Geldiay ve Balık 2009).

Bağırsaklar mideden submukoza ve muskularis mukoza tabakalarının bulunmamasıyla ayırtedilir. Bağırsaklarda gevşek bağ dokusundan oluşan ve kapillar damar ağı iyi gelişmiş olan tunika propria'da bezler yoktur. Fakat mukoza epiteli çok sayıda mukus hücresi içerir. Bağırsak duvarı da sirküler ve longitudinal düz kasları ve sinir hücrelerini içerir. Bunlar bağırsak duvarının otonom sinir faaliyeti ile ilgilidir. Balık ince bağırsaklarında memelilerde olduğu gibi çok hücreli bezler bulunmaz. Rektum bölgesinde longitudinal kas, ince bağırsağın rektuma geçtiği bölgede kalındır. Daha sonra sirküler kas kalınlaşır. Muskular tabaka düz kaslardan oluşan kalın bir iç sirküler kas tabakası ile nispeten ince longitudinal dış kas tabakasından oluşur (Buddington 2000; Timur 2013). Longitudinal dış tabaka bazı balık türlerinde olmayabilir. Kemikli balıkların bazı türlerinde bağırsak düz bir yüzeye sahiptir. Balıkların çoğunda

bağırsakların kas tabakası peristaltik faaliyet için gayet iyi gelişmiştir. Bağırsak mukozası basit, mukoid, kolumnar epitel ile örtülüdür. Uzun iplik şeklindeki mukoza kıvrımları çok sayıda mukus hücresi içermektedir. H&E ile boyandıklarında boş olarak görülürler. Ön bağırsakta yer alan ve bağırsak boyunca dağılan mukus hücreleri alcian mavisi gibi özel boyanma yöntemi ile boyandıklarında mavi renkte boyanırlar (Timur 2013).

Bazı balıklarda balığın mide kapısına yakın kısmında bağırsaktan uzanan pilorik çekum adı verilen kör keseler bulunur. Bunların sayıları balık türlerine göre farklı olabilir. Örneğin; alabalıkta 40-50, tatlı su levreğinde 5 adettir. Kefal balıklarının türlerine göre de değişiklik gösterir. Pilorik çekum adı verilen kör keseler sindirim ve absorpsiyon görevlerinin her ikisini birlikte yürütür. Pilorik çekumlar aynen bağırsakların histolojik yapısını gösterir (Mumford *et al.* 2007; Timur 2013). Birbirine açılan pilorik kör kese ağında histolojik olarak kör keselerin duvarında bağırsakta olduğu gibi düz kas tabakası ve bağırsak mukoza tabakası bulunmaktadır. Mersin balıklarında ince bağırsak çok kısa olup bir kese şeklinde mide kapısından spiral bağırsağa kadar uzanarak, spiral bağırsağı belirgin hale getirir. Spiral bağırsak; köpek balığında ve vatozlardaki spiral bağırsak ya da diğer adı ile spiral kolona benzer ve anüse kadar uzanır. Spiral kolonun içindeki bağırsak bölmeleri pilorik kör keselerde olduğu gibi besinlerin burada daha uzun süre kalmasını ve absorpsiyon olayı için sahanın genişletilmesine olanak sağlar ve pilorik kör keseler gibi aynı histolojik yapıya sahiptir. Bağırsak duvarında rektum, bağırsağın diğer kısımlarından muskular tabakanın daha kalın olması, mukus hücrelerinin daha bol bulunması, emici aktivitenin azalması ile ayırt edilir (Timur 2013).

Böbrek

Balıklarda pronefrik ve mezonefrik olmak üzere iki tip anatomik böbrek tipi kabul edilmiştir. Pronefrik böbrek siklostomalarda ve kemikli balıkların embriyolarında bulunurken, kemikli balıkların ergin şekillerinde mezonefrik böbrekler görülmektedir. Mezonefrik böbrekte pronefrikteki gibi karın boşluğuna açılan huniler bulunmayıp onun yerine mezonefrik tübüllerin kör uçlarının genişlemesi ile oluşan bowman kapsülü

bulunur. Bu kapsül parmak basmak sureti ile çökmüş lastik topa benzer. Bu kapsülün içinde kapillar ağdan oluşan bir top (glomerulus) vardır. Kanın içindeki elementler glomerulustan bowman kapsülüne geçer ve oradan da toplama tübülüne daha sonrada böbrek kanalları ile dışarıya taşınır (Timur 2008).

Balıkların çoğunda hayatın ilk günlerinde görev yapan pronefrik böbreğin görevi sonrasında mezonefrik böbrek tarafından üstlenilir. Bazı gelişmiş kemikli deniz balıklarında glomerulus sayısında azalma görülebilir. Tipik bir mezonefrik balık böbreği çok sayıda nefron denilen ünitelerden oluşur. Her bir nefron ise malpighian cisimciği ve böbrek tübüllerinden oluşur. Malpighian cisimciklerinde sıkı halde birbirine sarılmış arterlerden oluşan glomerulus, ince böbrek hücrelerinden oluşan bowman kapsülü ile sarılmıştır. Mezonefrik tübüller toplama kanallarına bağlanır ki bu toplama kanalları neticede mezonefrik kanalla dışarıya açılır (Timur 2008).

Böbrekler kemikli balıklarda bir çift olup, longitudinal olarak vücut boşluğunun üzerinde columna vertebralisin ve dorsal aortanın ventralinde uzanır. Böbrekler genel olarak kırmızımsı kahverengi renktedirler. Her böbrek bir kanalla dışarıya açılır ve bu kanallar kaudal olarak tek bir kanal oluşturmak üzere birleşerek geniş bir sinus meydana getirirler. Boşaltım sistemi, özellikle tatlı su balıklarında deniz balıklarına göre çok daha iyi gelişmiştir. Tatlı su balıklarının yaşadıkları ortamın yoğunluğu vücut sıvılarının yoğunluğundan daha az olduğundan vücutlarındaki suyu devamlı süzerek dışarıya atabilmeleri için bu balıklar gelişmiş bir boşaltım sistemine ihtiyaç duyarlar (Geldiay ve Balık 2009).

Böbreklerin yapılanması balıklarda çok değişiklik gösterebilir. Klasik olarak alabalık türlerinde olduğu gibi birbirine kaynaşmış, tek, uzun, ince ve peritonun gerisinde omurganın hemen altında ve uzunluğu boyunca karın boşluğunun dorsal duvarını kaplayan bir organ olarak tarif edilmektedir. Pronefrik ve mezonefrik böbreğin kranial kısmı çoğu zaman kranial, anterior veya baş böbrek olarak tanımlanır. Mezonefrik böbreğin kaudal parçasından farklıdır. Posterior ve kuyruk böbrek olarak tanımlanır. Alabalıklarda böbrekler bütün vücut boyunca uzanıp, orta çizgi boyunca birbirine

geçmiş vaziyettedir. Ergin balıklarda böbreklerin ucu lenfoid dokudan oluşur, burada renal fonksiyon görülmez. Bu balıklarda böbreğin geri kalan kısmı mezonefrik tip böbrektir. Sazangiller ve yayın balıklarında böbrekler tüm vücut boyunca uzamayıp kranial ve kaudal böbrekler tamamen ayrılmış ve lateral olarak birbirine geçmiş vaziyettedir (Timur 2008).

Kemikli balıklarda böbrekler hematopoetik, retiküloendotelyal, endokrin ve boşaltım kısımlarını içeren karma bir organdır. Genellikle ön veya baş böbrek olarak isimlendirilen kısmı hematopoetik elementlerden oluşurken, arka böbrek veya boşaltım böbreği, gövde böbreği olarak da isimlendirilir ve kandan idrarın süzülmesini sağlayan böbrek kısmıdır (Mumford *et al.* 2007; Timur 2013). Balık böbreğinde hemapoezin'in başlıca oluştuğu hematopoetik doku, arka böbrekte nefronları destekleyen matriks doku ile ön böbreğin tamamıdır. Balıkta görülüp de yüksek omurgalılarda görülmeyen bir başka kemikli balıktaki hematopoetik hücre yapısı, melanomakrofaj merkezleridir. Ön böbrek nötrofil, monosit ve lenfositler gibi beyaz kan hücreleri üretir (Timur 2013).

Kemikli balıkların nefronu glomerulus ve bowman kapsülünden oluşan böbrek cisimciği ile böbrek tübülünün boyun segmenti, proximal kıvrımlı segment I ve segment II, merkeze yakın segment ve merkezden uzak segment kısımlarından oluşur. Nefron, toplama tübülleri ve üreterle devam eder (Mumford *et al.* 2007; Timur 2013). Böbrek içerisinde helezon şekilli kanallar vardır. Bu kanallar bazı yerlerde yumaklar oluştururlar. Oluşan bu yumaklar, kan damarlarınca çok zengindir. Kan damarlarınca zengin olan bu yumaklara "glomerulus" adı verilir (Zapata 1979; Timur 2011).

Glomerular kapsülün dış ve iç yüzeyleri tek katlı yassı epitel hücrelerinden oluşur. Kapsüller epitel, renal tübüler epitel ile devam eder. Glomerulus ince kapillar damar ağından oluşur. Afferent arteriol glomerular kapsüle girmeden önce birçok kapillar kola ayrılır ve kapillar ağ oluşturmak üzere birbirine sarılır. Kapillar damar ağı yeniden birleşerek afferent arteriol olarak kapsülden ayrılır. Boyun segmentindeki böbrek tübülleri tek tabakalı uzun silli kısa epitel hücrelerinden oluşur. P1 segmentindeki tübüler epitel, silli kübik epitel hücrelerinden oluşur. Merkeze yakın segment, P2

segmentinin özelleşmiş kısmı olarak görülmektedir. Bu segment sazanda iyi gelişmiştir. Merkezden uzak kıvrımlı segmentte eosin boyası çok zayıf boyanır. Deniz balıklarının böbreklerinde merkezden uzak segment yoktur. Tatlı su balıklarında glomerulus sayısı çoktur ve büyüktür. Deniz kemikli balıklarında büyüklüğü küçülmüştür ve sayısı azalmıştır. Bazı deniz balıklarında glomerulus tamamen kaybolmuştur. Bu nedenle bu tip böbrek aglomerular böbrek olarak adlandırılır. (Zapata, 1979; Timur, 2013).

Gonad

Kemikli balıkların üreme organları gonadlar olup, bunlar dişi bireylerde ovaryum, erkekte ise testis adını alırlar. Teleostlarda gonadların temel görevleri; verimli gametler üreterek başarılı bir üreme gerçekleştirip eşey hücrelerinin gelişmesini sağlayan steroid hormonları sentezlenmesi ve salgılanmasını sağlamaktır (Geldiay ve Balık 2009, Nagahama 1983).

Ovaryumlar genellikle bir çift olup, büyüklük ve ağırlıkları türlere göre değişmektedir. Genelde üreme mevsimi yaklaşmış olan ergin bir balıkta ovaryumlar açık sarı veya kahverengimsi renk alır, taneli bir görünüş kazanır ve yüzeyinde bolca kılcak kan damarları bulunur (Geldiay ve Balık 2009).

Ovaryum ince ve hassas bir periton ile çevrilidir. Altında ince bir bağ dokusu (tunica albuginea) vardır. Periton hafif bir fiziksel etki ile parçalanabilmektedir. Ovaryumların histolojik olarak dört katmandan oluştuğu görülmüştür. Bunlar germinal epitel, bol kan damarlı (vasküler) bağ dokusundan oluşan stroma, ovaryan foliküller ve atretik foliküllerdir. Germinal epitelde yer alan hücrelerin şekillerinin oogenesis'e bağlı olarak değiştiği saptanmıştır (Ünal vd 1999).

Testisler ise, erkek üreme organları olup, genellikle bütün tatlısu balıklarında bir çift haldedir. Büyüklükleri üreme mevsimine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Ergin haldeki bir balıkta, üreme mevsiminde testislerin rengi beyazımsı olur. Granülsüz düz bir görünüş arzeder ve üzerinde kılcak kan damarları da görülmez. Testislerin ağırlıkları

ise ovaryumlara göre daha az olup, balık ergin haldeyken en çok vücut ağırlığının %12'si kadar olabilirler (Geldiay ve Balık 2009).

Testisler, yassı mesotelium hücreleri ve fibrilli bağ dokusundan oluşan ince bir periton ile çevrilidir. Mesotelium'un hücre kalınlığı değişmezken, fibrilli bağ doku hücreleri H&E ve FeH ile oldukça koyu renkli boyanmakta ve testis içine doğru dağılarak stromayı oluşturmaktadır. Bağ dokusu ile testis loblara (seminifer tüpleri) ayrılmaktadır. Seminifer tüpleri yassı hücreler ile çevrili haldedir. Bu tüplerin ve stromanın olgunlaşmaması testislerde oldukça belirgin iken olgun testislerde belirgin olmadığı görülmüştür. Seminifer tüplerinde germinal ve somatik hücreler bulunmaktadır. Spermatogoniumlar kümeler (kistler) halindedir. Bu hücre gruplarında spermatogenik gelişmenin hep aynı safhada olduğu görülmüştür (Ünal vd 1999).

1.3. Kirlilik

Bir bütün olarak ekosistemi ve burada yaşayan organizmaları etkileyen hava, su, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısında oluşan istenmeyen değişimler kirlilik olarak tanımlanır. Ekosistemlerde yaşam enerjisi akışı ve besin döngüsüyle sürer. Ekosistemi oluşturan canlı grupları birbirine besin zinciri ile bağlıdır. Bu gruplardan herhangi birinin kirleticiler ile zarar görmesiyle, madde ve enerji döngüsü ya da besin zinciri gibi ekolojik döngü elemanları etkilenirler. Canlılar arasındaki karşılıklı etkileşim bozulmaktadır (Atay 2009; Yazıcı 2012).

Su ortamı ve burada yaşayan canlılar, çevre kirliliğinden fazlasıyla etkilenmektedirler. Bu canlılar kirlilik tespitinde birer indikatör görevindedirler. Hava ve toprağı kirleten toksik maddeler herhangi bir şekilde su ortamına ulaşır orada birikmektedirler (Gül 2008). Bu maddelerin sürekli salınımı bentik ve pelajik besin zincirinde birikime sebep olmakta, toksisite çalışmalarına olan ilgiyi arttırmaktadır (Chen and White 2004; Yazıcı 2012).

Endüstriyel ve kentsel atıklar yoluyla meydana gelen sucul kirlilik toplum sağlığı açısından süreklilik gösteren bir tehdittir. Çok sayıda balık ve kabuklu hayvan türü insanla doğrudan ilişkili haldedir. Bu yüzden su ortamına bırakılan toksik kirleticiler sadece sucul organizmalar için değil, tüm ekosistem ve insanlar için de tehdit oluşturmaktadır (Yazıcı 2012).

Sanayi devriminin ilerlemesi ile hızla gelişen endüstriyel faaliyetler ve bununla birlikte ortaya çıkan nüfus artışı, yoğun tarımsal etkinlikler, çevreyi etkileyip kirleten ana etmenlerdendir. Yoğun kentleşmenin ilk dönemlerinde, doğanın, tüm kirleticileri sonsuza kadar saklayabilme yeteneğine veya sonsuz bir arıtma gücüne sahip olduğu zannedilmiş veya söz konusu kirlenme sürekli göz ardı edilerek önemsenmemiştir (Haktanır 1987; Özyürek 2016). Çevre kirliliğinin en önemli nedenlerinden bir kaçısı olan endüstrileşme, nüfusun yoğun artışı, yaşamın üç temel gereksinimi olan toprak, su ve havanın kirlenmesine yol açmıştır. Kirliliğe neden olan farklı tüketim ürünlerinin bol miktarlarda kullanılması, yoğun nüfus artışı ile artan bitkisel ve hayvansal gıda ihtiyacını karşılamak için tarımsal işlemlerin fazlalaşması ve üretim sınırının zorlanması, ambalaj benzeri atıkların her geçen gün çeşit ve miktarlarının sürekli artması gösterilebilir (Özyürek 2016).

Kimyasal su kirliliğinin en tehlikeli boyutunu hiç şüphesiz ağır metal birikimi oluşturur. İz metalle aynı anlamda anılan ağır metal terimi, esansiyel olan ve esansiyel olmayan iz metalleri kapsamaktadır. Yani, kimyasal yünden; elektron vererek (+) değerlikli iyon olabilen, asitlerde bulunan H iyonlarıyla yer değiştirerek ametallerle bileşik oluşturabilen, kendi aralarında bileşik oluşturamayan, oksitleri bazik olan, fiziksel yünden ise; civa hariç normal koşullarda katı halde olan, levha ve tel haline gelebilen, ısı ve elektriği iyi iletebilen ve metalik renk ve parlaklığa sahip olan tüm maddeler ağır metal olarak tanımlanmaktadır. Bu metallerin tümü, canlı organizmalar için potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır (Rainbow 1995).

Biyolojik proselere dahil olma seviyelerine göre ağır metaller, yaşamsal olan ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olan ağır metallerin organizmada

belirli bir konsantrasyonda bulunması gerekir. Bu metaller biyolojik reaksiyonlarda rol aldıklarından ötürü besinler yoluyla sürekli ve düzenli alınmaları zorunluk arzeder. Mesela, bakır metali hayvanlar ile insanlarda kırmızı kan hücrelerinin metabolizmasında ve birçok oksidasyon, redüksiyon olaylarının vazgeçilmez parçasıdır (Bigersson 1988). Bunun aksine yaşamsal olmayan ağır metallerin çok düşük konsantrasyonları bile organizmanın morfolojik, psikolojik yapısına zarar vererek sağlık problemlerine yol açabildiği bildirilmiştir (Duffos 1996).

Ağır metaller canlı bünyesinde ve suda konsantrasyon sınırlarını aştığı zaman toksik etkilerini göstermektedirler. Bilhassa canlı bünyesinde tespit edilen ağır metaller, metal iyonunun yapısına ve canlının türüne göre değişmektedir. Bundan dolayı sürekli tüketilen içme suları ve su kaynaklarından temin edilen yiyeceklerde maksimum konsantrasyon sınırlaması yapılarak bu maddelerin düzenli olarak kontrol altında tutulması çok önemlidir. Bundan dolayı sularda bulunan ağır metal seviyelerinin tespit edilmesi, kirlilik durumunun tespiti açısından kıymet arz etmektedir (Sönmez vd 2012). Ağır metallerin çevreye yayılışında etkili faktörlerden biri olan en önemli endüstriyel faaliyet alanları araştırıldığında karşımıza çimento fabrikaları, demir çelik sanayisi, termik santral bölgeleri, cam üretim fabrikaları, çöp ile atık çamur yakma tesisleri çıkmaktadır (Rether 2002).

Su kaynaklarının zamanla azalarak kirlenmesi sonucu dünya ülkeleri endişeye düşmektedirler. Bu nedenle kirliliğe maruz kalan nehir ve akarsularımızın temizlenip ve normale döndürülmesi amacıyla bu konuyla ilgili tüm kurumların gerekli çalışmaları yapması gerekmektedir. Su kaynaklarındaki kirlilik boyutunun incelendiği çalışmalar çevresel yönden düzenli olarak yapılması gereken vazifelerdir. Suların çevre ile olan direk etkileşimi ve kaynağın içersinde yaşayan canlı çeşitliliği, bu gibi kaynakların geleceğe dair kirlilik envanterlerinin yapılmasını mecburi hale getirmektedir (Atıcı and Ahıska 2005).

1.3.1. Çevre kirliliği

Çevre, doğa ve insan tarafından biçimlenen öge ve koşullar bütünüdür. İnsan ve çevre birbirlerini tamamlayan, sürekli etkileşim içinde olan kavramlardır (Vural 2011).

İnsanların farklı aktiviteleri hava, su ve toprakta olumsuz gelişmelere yol açarak ekolojik dengenin yapısını bozmaktadır. Buna benzer faaliyetler sonucu oluşan gürültü, koku ve atıkların çevreye sunduğu istenmeyen sonuçlara "Çevre Kirliliği" denilmektedir (Şimşek 2011). Ekologlar, sistemin dengesini bozan her şeyi kirletici olarak tanımlarlar. Mühendisler ise insanların kirliliğe sebebiyet verdiği; hava, su ve toprağın faydalanılmasından yoksun kalıp, bunların kullanılabilirliğine zarar verilmesi durumuna kirlilik demişlerdir (Acehan 2007).

Ekosistemde mevcut olan tüm şartlar birbirlerine zincirleme olarak bağlıdır. Sanayileşme, kentleşme, teknolojik gelişme ve hızlı nüfus artışı sonucu ortaya çıkan çevre sorunları, canlıları olumsuz açıdan etkileyip, onların hayatlarını ve yaşayışlarını tehlikeye atan, çevrenin doğal yapısındaki bozulmalar ile insanlarda ruhsal, sosyal ve fizyolojik problemlere yol açan bir değişim ve bozulmalar bütünüdür (Aykaç 1985).

1.3.2. Çevre kirliliğinin sınıflandırılması

Çevrenin temel unsurlarından olan doğanın kendine özgü fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olduğu bilinir. Böylelikle, çevre kirliliğinin sınıflandırılması da bu özelliklerine göre düşünülerek yapılır.

Genel olarak doğal dengeye zarar veren kirleticiler; pestisitler, suni gübreler, ağır metaller, yapay organik kimyasal maddeler, radyoaktivite, petrol türevleri, organik maddeler, deterjanlar, inorganik tuzlar ve atık sular olarak ifade edilmektedir (Köse 2007; Turgut 2013).

1.3.2.a. Fiziksel kirlenme

Çevreyi meydana getiren fiziksel unsurların yani hava, su ve toprağın fiziksel özelliklerinin tümünün yahut bir bölümünün insana bağlı olan insan, bitki ve hayvan sağlığını tehdit edip olumsuz yönde etkileyecek kadar değişmesi, bozulması ve uyum sağlayamaması durumuna fiziksel kirlenme denmektedir. Mesela; farklı fabrika atıklarının göllere ve akarsulara boşaltılması, doğal erozyon olayı ile toprakların göl ve denizlere kadar taşınması ile açık kahverengiden kırmızıya, siyaha kadar farklılaşan renkleri almasına sebep olan olay, suların fiziksel kirlenmesi ile açıklanır. Meydana gelen bu durumun ekosistemde yaşayan balıkları ve ortamı olumsuz yönde etkilemesi kaçınılmazdır (Subaşı 2010). Bir yerleşim bölgesinde rahatsız edici boyutlara ulaşan gürültünün yanında çevredeki ısı değişimine sebep olan durumlar da (reaktörlerden, su soğutma kulelerinden, fabrikalarda oluşan sıcak suyun çevre sularına karışmasıyla doğal suların ısınması) fiziksel kirliliğe yol açan etmenlerdir (Ataseven 2010).

1.3.2.b. Kimyasal kirlenme

Doğal çevreyi meydana getiren unsurların kimyasal özelliklerinin doğal sebeplerle yahut yine insan faaliyetleri neticesinde, bu çevrede yaşayan canlıların hayati aktivitelerine zarar verecek biçimde bozulmasına kimyasal kirlenme denir. Bu duruma örnek verilirse; bazı fabrikaların katı ve sıvı atıklarının akarsu ve nehirlere ya da verimli tarım arazilerine bırakılması sonucu, bahsedilen akarsu ve göllerin, söz konusu tarım topraklarının zararlı kimyasal ve ağır metallere kirlenip kimyasal kirlenmeye maruz bırakıldığından bahsedilebilir (Subaşı 2010).

1.3.2.c. Biyolojik Kirlenme

Doğal ortamı oluşturan toprak, hava ve suya dış etkenler tarafından çeşitli mikroorganizmalar içeren bir deşarj yapılması, mikrobiyolojik yapının bozulması mikrobiyal kirlenmeye sebep olur. Aynı ortamların mikroorganizmalarla kirlenmesi ise

biyolojik kirlenmeyi tanımlar. Örneğin, tarım alanlarının kanalizasyon suyu ile sulanması veya kanalizasyon sularının akarsu, göl ve denizlere boşaltılması ile kanalizasyon sularında bulunan hastalık yapıcı patojenler toprağa, suya ve atmosfere geçerek bu ortamların mikrobiyolojik kirlenmesine yol açar (Subaşı 2010).

İçme suyu havzalarındaki tarımsal faaliyetlerin kirletici etkisinin yanında bazı farklı etmenler de havza alanında kirlenmeye yol açar (Ataseven 2010). İçme suyu havzalarında oluşabilecek kirliliklerden bir tanesi yerleşim yerlerine bırakılan atıkların sebep olduğu kirlilik çeşididir. Kanalizasyon ve çöpler bu kirliliğin iki önemli kaynağıdır. Bulaşıcı hastalıkların oluşturduğu tehlike, kentleri kapalı kanalizasyon sistemine zorlarken aynı zamanda kentlerdeki su sistemleri ile kanalizasyon arasında bir bağlantı olduğu görülmektedir. Kanalizasyon sistemine giren kirli suların çoğunlukla göllere, akarsulara ya da denizlere verildiğinden kent atık suları önemli bir kirlilik sebebi olmaktadır. İçme suyu havzalarındaki evsel atıklar da kirlenmeye yol açmaktadır. Evsel atıklar, yerleşim alanlarından gelen atıklar olup bütün atıkların oluşumu içinde oldukça küçük bir bölüm oluşturmasına rağmen, insan sağlığı açısından en önemli etkenlerdendir (Yalçın vd 2004).

Su havzalarında kurulan yerleşim yerlerinden getirilen atıklar, topraktan süzülerek su kaynaklarını da kirletebilmektedirler. Lağım suları ve çöpler evsel atıkların en önemlileri olup bu atıklarda hastalık taşıyıcı bakteri ve virüsler bulunurlar. Bu maddelerin suyun içinde ayrışması sonucu amonyak, metan ve hidrojen sülfür gibi suları kirleten gazlar ortaya çıkmaktadır. Böylece sularda alglerin oluşumunun hızlanması ile sularda alg patlaması ve bulanıklık görülmektedir (Ataseven 2010).

Yeraltı su kaynakları da evsel atıklar yoluyla kirlenmekte ve Türkiye’de yeraltı suyu kirliliğinin en önemli sebebi evsel atıkların yeraltı suyuna taşınmasıdır. Büyük kentlerde dahi yetersiz kalan altyapı tesisleri küçük yerleşim yerlerinde hiç olmayıp, bu küçük yerleşim yerlerindeki fosseptik çukurlarından sızan sular yeraltı sularına kolayca taşınabilmektedir. Türkiye’de kirli sulardan geçen bulaşıcı hastalıklarla (sarılık, bağırsak parazitleri) sıkça karşılaşmaktadır (Ataseven 2010).

Evsel atıklardan olan deterjanların yer altı sularında bulunması bu atıkların suya ulaştığının kanıtıdır. Çöpler gibi evsel katı atıkların depolanması veya arazi doldurulmasında kullanılması da kirlilik sebeplerinden bir diğeridir. Çöplerin uygun metodlarla uzaklaştırılmaması durumunda sızıntı sularında fazla oranda mikroorganizma oluşmaktadır. Böylece bu sızıntı suları çeşitli tuz, organik maddeler ve ağır metaller gibi kirleticileri içermiş olmakta, yeraltı suyu kalitesinde önemli bozulmalara yol açmaktadır (Ataseven 2010).

1.4. Suyun Önemi

Yaşam için hayati öneme sahip olan su, bütün canlılar için en değerli doğal kaynaklardan biridir. Organizmaların tüm metabolik olayları suyun varlığında gerçekleşir. Su, canlılar için bir yaşam ortamıdır. Ekolojik özellikleri sayesinde su kaynakları birçok canlı türüne ev sahipliği yaparlar. Böylece biyolojik çeşitliliğin en fazla olduğu doğal yaşam alanlarını oluştururlar (Özen ve Korkmaz 2005).

Su, canlılığa ev sahipliği yapmanın yanında aynı zamanda canlılığın temel kaynağıdır. Suyun yaşamın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir madde olmasının nedeni, suyun iyi bir çözücü ve iletici olması, enzimlerin işleyişi için son derece uygun koşullar sağlaması ve dolayısıyla da kimyasal tepkimeler için en elverişli ortam özelliğini taşımasıdır (Şimşek 2011).

Vücudumuzda yaklaşık olarak %70 oranında su bulunmaktadır. Hücrede metabolizma olaylarının gerçekleştiği sitoplazma, besin öğelerinin hücrelere kadar ulaşmasını ve atıkların ise hücrelerden uzaklaştırılmasını sağlayan sudan oluşmuş bir ortamdır. Su olmayan ortamda fizyolojik olaylar sürdürülmesi imkansızdır. Kimi hastalıkların yaşamsal tehlike oluşturmaları hücrelerin susuz kalmasına yol açtığından dolayıdır. Neticede hücre, doku, organ ve sistem düzeyinde bütün yaşamsal olaylar suya bağımlı olarak devam etmektedir(Güler ve Çobanoğlu 1997).

Dünyamız su bakımından zengin görünmesine rağmen kullanılabilir su oranı mevcut su miktarının %1'inden daha azdır. Gün geçtikçe artan endüstrileşme, nüfus, sulanabilir tarım alanların genişletilmesi, ekosistemdeki bozulmalar sonucu ortaya çıkan kuraklık ve yağış dengesizlikleri su ihtiyacını arttırmaktadır (Çetinkaya 2003).

Özellikle son 20 yıl içerisinde nüfus artışı ve bunun sonucu olarak doğan su talebi, küresel bir su krizini gündeme getirmiş, ekonomik, politik ve çevresel konulardaki mücadeleler ve çekişmeler ciddi boyutlara ulaşmıştır.

Dünyada su ihtiyacı ve tüketimi hızlı bir şekilde artarken, su kaynakları kirletilmekte ve zamanla azalmaktadır (Altaş vd 2001). Su rezervlerinin yenilenebilir bir kaynak olmasına rağmen, gün geçtikçe geri dönüşümsüz olarak kirletilmesi bu alandaki çalışmaların son yıllarda önem kazanmasına yol açmıştır. Konu ile ilgili çıkarılan yasalara rağmen nehirlere, denize ve göllere boşaltılan kirleticiler, yerel ve endüstriyel atıklar sucul kirlenmelere yol açmaktadırlar (Claxton *et al.* 1998; White and Rasmussen 1998; Ergene *et al.* 2007). Su ortamı ve burada yaşayan canlılar, çevresel kirlilikten çok fazla etkilenmekle beraber kirliliğin tespitinde de birer indikatör görevindedirler. Çünkü hava ve toprağı kirleten toksik maddeler bir şekilde su ortamına ulaşmakta ve orada birikmektedir (Gül 2008). Bu maddelerin sürekli salınımı bentik ve pelajik besin zincirinde birikime sebep olurlar. Bu durum kirlenen sucul çevreyle alakalı toksisite çalışmalarına olan ilgiyi arttırmıştır (Chen and White 2004).

Su kaynakları; miktar, kalite ve tüm diğer sektörel kullanımlar açısından birçok ciddi sorunla karşı karşıyadır. 1940 yılında dünyadaki toplam su tüketimi yılda 1000 km³ civarındayken, bu miktar 1960 yılında ikiye katlanmış, 1990 yılında tekrar ikiye katlanarak 4130 km³'e ulaşmıştır. Bu suyun %70'i tarımsal sulama amaçlı, %10'u içme-kullanma suyu olarak, %20'si ise sanayi sektöründe kullanılmıştır. Dünyada kullanılabilir suyun dengeli dağıldığını söylemek çok zordur. Bu nedenle günümüzde dünya nüfusunun 1/3'ü yeterli ve sağlıklı su kaynaklarına sahip olmadıkları için su sıkıntıları yaşamaktadırlar (Şimşek 2011).

1.5. Su Kirliliği

Çevre kirliliği denilince genellikle hava, su ve toprağın kirlenmesi düşünülür. Bunlardan en hızlı ve kolay şekilde kirlenen ise sucul ortamlardır. Çünkü kirlenen her şey genelde su ile yıkanarak temizlenir, bu da kirliliğin son durağının su olduğu anlamına gelir. Havanın ve toprağın kirlilik bakımından zamanla kendi kendilerini yenilemeleri bir bakıma kirliliklerini suya vermelerine neden olur (Parlak vd 2013).

Su kirliliği; kullanılacak bir su kaynağının, doğal yapısının herhangi bir olumsuz fiziksel veya kimyasal etmene bağlı olarak bozulmasıdır. Kirlilik; besin zincirine katılan ve çevresel değişikliklere duyarlı birçok organizmayı olumsuz yönde etkilemektedir. Su kirliliğinin boyutları sadece fiziko-kimyasal özelliklere bakılarak değil aynı zamanda su içinde yaşıyan organizmaların incelenmesi ile belirlenebilir (Atıcı and Ahıska 2005).

İnsanlığın gelecekteki yaşam kalitesini belirleyecek en önemli faktörlerden biri olan çevre kirliliği kapsamındaki su kirliliği, her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Kaynağından kullanım aşamasına kadar en kolay kirlenen madde sudur. Çünkü eritir, taşır, bırakır ve akar (Güler ve Çobanoğlu 1994). Su, atıklar için bir alıcı ve uzaklaştıracı olarak kullanıldığından, ekosistemde hava ve toprağa kıyasla daha çok kirlenmektedir (Gökkuş 2008; Ünal 2010).

Su kirliliğini tetikleyici pek çok unsur bulunmaktadır. Bunların içinden en önemsenmesi gereken kimyasal kaynaklı kirlenme unsurlarıdır. Endüstrileşme ve sanayinin gelişi ile birlikte son yıllarda tarımsal mücadelede pestisit ve kimyasal ilaç kullanımından dolayı bu tip kirlenmelere daha çok rastlanılmaktadır. Sanayi artıkları, tarımda kullanılan ilaç atıkları, endüstri, petrol, deri, deterjan atıkları su kimyasında balıklar ve su canlıları aleyhine önemli değişiklikler yapmakta olup ölümlerine yol açmaktadır (Sönmez vd 2008).

1.5.1. Su kirliliğinin nedenleri

Su pek çok etmen yoluyla kirlenmektedir. Bunların en yoğunu endüstriyel atıklar, yer üstü sızıntıları, tarım ilaçları ile böcek ilaçlarıdır. Aynı zamanda kentleşmenin sonucu olan yağmurların kontrol edilmezse toprağa karışabilir. Belli başlı nedenleri şöyle sıralanabilir.

Endüstriyel kirlenme: Bir takım endüstri kuruluşlarının atıkları arıtılmadan akarsulara verilecek olursa bu akarsularda canlıların üreme ve yaşamını olanaksız hale getirebilir. Kimi zaman bu atıkların toprağa gömülmesi, yağmurların ve sızıntılarla yer altı sularının kirlenmesine yol açabilir. Çünkü bu atıkların bir kısmı toksik bileşikler, çözücüler ve tuzları içerebilir. Enerji santralleri, çelik fabrikaları, kağıt fabrikaları, rafineri ve otomobil fabrikaları çevreye toksik madde katılımına yol açabilecek endüstriyel kuruluşların başlıcalarını oluşturmaktadır. Kimyasal atıklar bitki ve hayvanların yok olmasına neden olabilir (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Evsel kirlenme: Lağım ve çöpler, evsel kirlenme etkenlerinin başında gelmektedirler. Genelde lağımın insan dışkı ve idrarını bulundurduğu şeklindedir. Son yıllarda ilerleyen teknolojiyle gelişen bazı araçlarla çöpler öğütülerek lağım sularına aktarılmaktadır. Su kaynaklarımıza yüksek oranda organik atık girmesiyle bakteri miktarında artış olduğundan, organik maddelerin bakteriler tarafından parçalanması da oksijen kullanımını arttıracığından ortamdaki oksijen miktarının azalmasıyla sulara yaşayan canlılar ölürler (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Kirli sulardan alınan bitkisel ve hayvansal gıdaların yenmesi de tehlike arz etmektedir. Çünkü çoğu bulaşıcı hastalık bu yolla insanlara geçebilmektedir. Bazı balıklar zararlı kimyasal maddeleri vücutlarına alırlar. Bu kimyasal maddeleri az miktarda alsalar dahi balığın vücudunda büyük miktarlara ulaşabilecek biçimde birikim oluşturabilir. Özellikle civalı ve radyoaktif maddelerin birikimi söz konusudur. Çöplerin akarsulara atılması ve toprağa gömülmesi de kirlilik nedeni olabilir. Çöplüklerin yer altı sularını kirlitebilmesi mümkündür. Ülkemizde genellikle toprağa gömülme yoluyla çöpler yok

edilmektedir. Ancak bu çöplerin gömüldüğü ve biriktirildiği yerlerin iyi seçilmesi gerekir. Çöplükler yer altı ve yer üstü su kaynaklarının yakınında kurulmamalıdır (Anonim 2018c).

Tarımsal kirlenme: Tarımda üretimi artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, böceklerle mücadelede kullanılan pestisitler yağmur suları ile toprak altına geçerek yer altı sularının kirlenmesine neden olabilir. Akıntılarla akarsulara ulaşan bu kimyasal maddeler akarsulardaki canlı hayatının sona ermesine neden olabilir (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Civa, kurşun ve diğer ağır metalleri bulunduran bir çok insektisit bulunmaktadır. Bunların içerisinde söz konusu maddeleri en aza indirmek için çaba harcanmasına rağmen hayvan ve bitki zinciri içerisinde bu kimyasal maddelerin yoğunluğunun ve miktarının artması söz konusu olabilmektedir. İlk olarak düşük dozda alınan kimyasal maddeler canlıların vücudunda ve belirli dokularında birikerek çok yüksek miktarlara ulaşabilmektedir. DDT ve bazı civalı bileşikler, radyoaktif bazı maddeler buna örnek olarak verilebilir (Anonim 2018c).

1.5.2. Su kirliliğinin sınıflandırılması

Kimyasal, biyolojik ve fiziksel olarak su kirliliği üç bölümde incelenir.

Fiziksel kirlenme, dışarıdan alınan bir maddenin suya katılarak suyun yapısında olumsuz değişikliğe sebep olması olarak nitelendirilebilir.

Biyolojik kirlenme, suyun zararlı mikroorganizmalarla kirlenmesi ve bu ortamlardaki canlı hayatını olumsuz yönde etkilemesidir. Örneğin tarım alanlarının kanalizasyon sularıyla sulanması atık sulardaki bir takım zararlı mikroorganizmaların diğer canlılara geçmesine neden olur (Anonim 2018d).

Kimyasal kirlenme, su kaynaklarında oluşan kirliliğin büyük bir miktarı bu çeşit kirlilikle oluşmaktadır. Günümüzde endüstrileşme ve sanayideki gelişmelerle birlikte tarım mücadelesinde pestisitlerle kimyasal ilaçların tüketilmesinden dolayı kimyasal kirlilik artmaktadır. Tarımda kullanılan ilaçların sebep olduğu atıklar ile sanayide kullanılan atıklar, endüstri atıkları, deri, deterjanlar, petrol atıkları su kimyasında özellikle balıklar için su canlılarının yaşamlarında ciddi değişiklikler yapabilirler (Sönmez vd 2008).

Kimyasal kirleticiler organik ve inorganik olarak iki gruba ayrılır. Kimyasal maddelerin kökeni organizma odaklıysa organik, mineral kaynaklı ise inorganik kirleticiler sınıfına girdiğini gösterir.

Organik kirleticilerden böcek (insektisit), yabancı ot (herbisit), mantar (fungisit) öldürücüler ve tahta koruyucu kimyasallar özellikle tasarlanmış zehir içerirler. Sadece kendileri için tasarlanmamış organizmalarda yüksek derişimde maruziyet olursa problem yaparlar. Bazı organik maddeler tasarlanmadan da zehirlidir, bunlara yağ çözücüler ve çeşitli endüstriyel ürünler örnek verilebilir. Diğer bazı grup organikler ise kişisel bakım ürünleri (örneğin deterjanlar ve miskler) veya insan ilaçları (ilaçlar, antibiyotikler, doğum kontrol maddeleri vs.) bireyin daha iyi olmasına yardım amaçlı olarak direkt fayda için dizayn edilmiştir ve ancak çevreye atıldıktan sonra probleme neden olurlar (Turgut 2013).

Benzer şekilde inorganik kirleticilerde oldukça özel amaçlar için ortaya çıkarılırlar (örneğin; sodyum arsenat). Fakat geniş bir aralıkta örneğin pillerde veya sıhhi tesisatla, gaza katkı maddesi olarak ve diğer bir çok üründe kurşun kullanımı gibi insan aktiviteleri sonucu ortaya çıkabilir. İnorganik kirleticiler içme suyunda nitrit gibi normalden yüksek derişimlere eriştiğinde problem teşkil ederler. Aslında bir kaç element yaşam için gerekli olmakla birlikte belli derişimlerin üzerinde olduğunda biyolojik yaşam için zararlıdır (Turgut 2013).

Kimyasal kirleticilerin inorganik kirleticiler sınıfında bulunan ağır metal kirliliği; endüstriyel atıklar, pestisitler, maden yatakları gibi çeşitli kaynaklardan doğal ortama geçebilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve besin zinciri yoluyla aktarılabilmeleri nedeniyle kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar (Çalışkan 2005; Turgut 2013).

1.6. Ağır Metaller

Ağır metal ifadesi periyodik cetvelin, üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılır. Ağır metaller fiziksel özellik açısından; yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha yüksek olan metaller olarak tanımlanır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir (Akaydin 2014).

Sularda oluşan inorganik kirliliğin en önemli kaynağı ağır metallerdir. Çoğu ağır metalin belirli miktarları canlı yaşamı için gereklidir ve eksikliğinde değişik hasarlar oluşmaktadır. Fakat bu metaller normal seviyelerini aştıklarında enzim engelleyici olarak görev yaparlar. Gümüş, civa, bakır, kadmiyum ve kurşun gibi metaller bu nedenle zehirlidirler (Ağcasulu 2007; Pehlivan 2017).

Bazı organizmalarda ağır metalin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir (Kahvecioğlu vd 2003). Ağır metaller, hem sularda hem de buldukları canlı bünyesinde konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler. Özellikle canlı bünyesinde ise etki konsantrasyona bağlı olmaktan ziyade canlının türüne ve metal iyonunun yapısına göre değişir. Bu nedenle özellikle düzenli tüketim içme sularında ve su kaynaklarından elde edilen yiyeceklerde maksimum konsantrasyon sınırlaması yapılmıştır ve sürekli olarak kontrol altında tutulması gereklidir (Sönmez vd 2008). Bundan ötürü suların ağır metal düzeylerinin bilinmesi kirlilik düzeyinin tespiti açısından önem taşımaktadır.

1.6.1. Ağır metal kirliliğine sebep olan kaynaklar

Ağır metaller doğal sularda eser miktarda bulunurken, insan faaliyetleri sonucu sulardaki konsantrasyonları artış göstermektedir. Sucul ekosistemlerde ağır metaller önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır (Türkoğlu 2008).

Metaller normalde kayaların ve maden cevherlerinin bünyesinde bulunduğu için sularda, organizmalarda, sedimentlerde ve toprakta da bulunması doğaldır (Ciminli 2005). Kayaların parçalanma, taşınma, tortulanma gibi süreçlerden geçmesi ve insan aktiviteleri sonucunda deniz ve göl diplerindeki ağır metal birikimi yıllar geçtikçe artmaktadır. Suda çözünür halde bulunan metaller çökerek sedimentte birikir, özellikle de nehirlerin göl ve denizlerle birleştiği geniş kısımlarda ağır metallerin birikimi daha yoğundur (Özden 2008).

Ağır metaller ayrıca, erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozlarla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınmaktadır. Kimyasal kirleticiler atmosfer yoluyla da önemli ölçüde sucul ortama karışmaktadır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgar ve yağışlarla suya geçmekte ve sucul sistem üzerinde etkili olmaktadır (Tuncay 2007).

Sularla devamlı taşınan ağır metaller fazla oranda seyrelip kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çökerek bu bölgede zenginleşmektedirler. Su kaynaklarından alınan sediment tabakasının absorpsiyon kapasitesinin belirli sınırı olduğundan suların ağır metal konsantrasyonu devamlı olarak yükselmektedir (Kahvecioğlu vd 2008; Sönmez vd 2008).

Ağır metallerin çevreye dağılımında endüstriyel faaliyetler en önemli etkenlerden biridir. Çizelge 1.1'de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmektedir.

Enerji santralleri, kağıt cam sanayi, metal kaplama, otomotiv, elektronik malzemeler ile mutfak ve ev eşyalarının işlenmesi, demir-çelik enstitüsü, boya, plastik ve gibi değişik endüstri alanlarında kullanılması ve tarımda verimi arttırmak için yoğun olarak kullanılan pestisitlerin ve yapay gübrelerin bileşiminde kullanılması, bu metallerin sudaki konsantrasyonlarını artırarak su canlıları için toksik etki oluşturdukları belirtilmiştir. Bu metaller 1 mg/l sınırında öldürücüdür (Özözen 2005; Çınar 2008).

Çizelge 1.1. Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri (Kahvecioğlu vd 2003)

Endüstri	Kadmiyum	Krom	Bakır	Civa	Kurşun	Nikel	Kalay	Çinko
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre san.	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik san.	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Tarım ve Köy işleri Bakanlığı'nın su ürünleri yönetmeliğine göre sucul ortamdaki ve balık dokularındaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri Çizelge 1.2 ve Çizelge 1.3'te verilmiştir.

Çizelge 1.2. Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim 2002)

Ağır metal	Kabul edilebilir değer(mg/kg)
Cd	0,1
Cu	20
Hg	0,5
Zn	50
As	1
Pb	1

Çizelge 1.3. Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim 2002)

Ağır metal	Kabul edilebilir değer (mg/l)	Ağır metal	Kabul edilebilir değer (mg/l)
As	0,1	Co	1
Cu	0,01	Pb	0,1
Hg	0,004	Cr	0,1
Zn	0,003	Mn	1
Fe	0,7	Ni	0,3
Ag	0,003	Se	0,05
Cd	0,01	Sn	1,2

1.6.2. Ağır metallerin besin zinciri ile taşınması

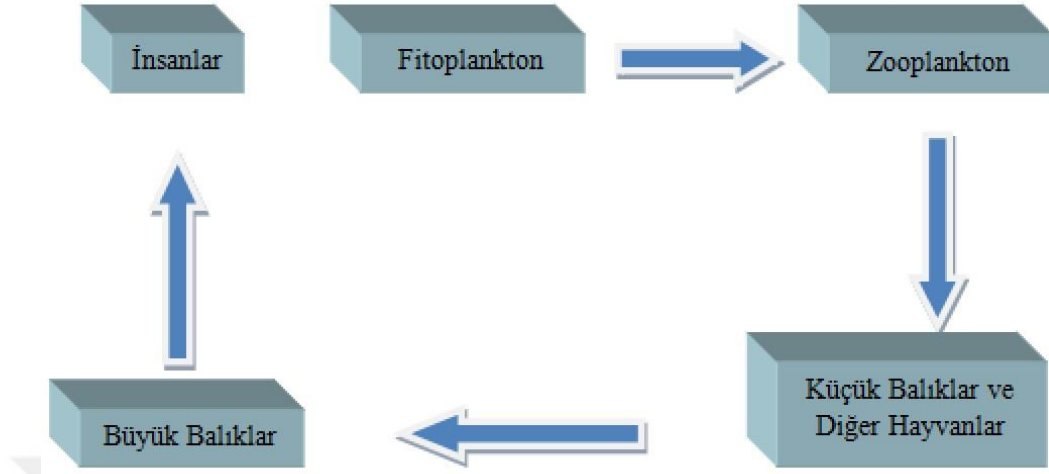
Ekosistemdeki madde iletimi canlılar arasındaki besin zinciriyle sağlanır. Burada yaşayan bireylerin diğer türler üzerinden beslenmesi sonucu oluşan halkalar serisine besin zinciri denmektedir (Köse 2007). Besin zincirinin halkalarını oluşturan 3 temel grup vardır.

Üreticiler: Güneş enerjisinden yararlanıp inorganik maddelerden besin sentezleyen tüm klorofilli canlılara üreticiler denmektedir (ototrof canlılar).

Tüketiciler: Ototrofların sentezlediği ürünlerle beslenenler birincil tüketicileri oluşturmaktadırlar.

Ayrıştırıcılar: Besin zincirinin en son halkasını oluşturan ayrıştırıcılar ise bitki ve hayvan ölülerinin kalıntıları ve atık maddelerle beslenen mantar, bakteri gibi mikroorganizmalardır (Tanyolaç 1993).

Sucul ekosistemde besin zincirinin taban kısmında fitoplanktonlar bulunmaktadır. Bu grup güneş ışığından aldığı enerjiyi kullanarak besin zincirini başlatmasına izin verirler. Balıklar besin zincirinin uç halkasındadırlar. Ağır metaller, besin zinciri yolu ile sudaki diğer organizmalar ya da planktonlar aracılığı ile balıklara geçmektedir. (Şekil 1.1.) (Beğenirbeş 2002; Çetinbaş 2003).



Şekil 1.1. Ağır metallerin besin zinciriyle balıklara geçişi

Ağır metallerin balıklarda tespit edilen miktarı, balıkların beslenme alışkanlığına, yaşına ve vücutta biriken metale bağlı olup, balığın doku ve organları arasında farklılıklar göstermektedir.

Besin zincirinin alt basamağındaki canlılarda biriken metaller, bir üst basamaktaki canlılara geçebilir ve toksik etkilerini gösterebilir. Balıklar, besin zinciri ile alt basamaktaki canlılarda bulunan ağır metalleri vücutlarına kabul etmiş olurlar. Mevsimlere göre ağır metal seviyelerinde de değişkenlik görülebilir (Aksun 1986).

1.6.3. Ağır metallerin balık tarafından alınması ve birikimi

Balıklar sucul ekosistemlerdeki kirliliğin izlenmesi için genel olarak en uygun organizmalar olarak kabul edilirler (Van der Oost *et al.* 2003). Balıklar kirlilik artışı gibi çevresel değişikliklere karşı çok hassas olduklarından tüm sucul ekosistemin genel durumunun belirlenmesinde güvenilir bir göstergedir.

Ağır metaller, doğal sularda eser miktarda bulunurken insan faaliyetleri sonucu daha çok endüstriyel atık suların içme sularına karışmasıyla ya da ağır metalle kirlenmiş

partiküllerin atmosfere oradan toprak ve suya geçmesiyle sulardaki konsantrasyonları yükselmektedir (Türkoğlu 2008).

Balık tarafından ağır metallerin alınması, su ve sediment örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Mesela, suda artan kalsiyum düzeyi; kadmiyum, bakır ve çinkonun vücuda alımını azaltmaktadır. Ağır metalleri balıklar vücut yüzeyi, solungaçlar ve sindirim sisteminden olarak başlıca üç yoldan vücutlarına almaktadırlar. En çok ağır metal absorpsiyonu solungaçlarda gerçekleşmekteyken vücut yüzeyinden yapılan absorpsiyon oldukça düşüktür (Amundsen *et al.* 1997).

Solungaçlardan absorpsiyon: Ağız yoluyla alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcak damarlardan geçmesi esnasında, balıklar suda çözünen ya da askıda bulunan maddeleri de bünyelerine katarlar. Bu esnada sudaki ağır metaller de solungaç lamelleri tarafından vücuda alınmaktadır (Heath 1995).

Sindirim sisteminden absorpsiyon: Balıklarda görülen zehirlenmelerin çoğusu ağız yoluyla alınan toksik maddeler aracılığı ile olur. Bundan ötürü gastrointestinal absorpsiyon çok önemlidir. Sindirim kanalından emilen toksik madde, kan dolaşımı ile tüm vücuda dağılarak zehirlenmeye sebep olabilir. Bu zehirlenme zehrin şiddetine, zehrin türüne ve vücuttan emilen madde konsantrasyonuna göre değişmektedir. Ağız aracılığı ile vücuda alınan toksik maddelerin absorpsiyonlarının en yoğun olduğu yer ince bağırsaklar olduğu bilinmektedir (Dökmeci 1988).

Deriden absorpsiyon: Deri genellikle toksik maddelerle temas halinde olup derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışı sebebiyle canlılarda bu yolla zehirlenmeler daha az görülmektedir. Derinin epidermis bölgesinde bulunan stratum corneum tabakası epidermik bir bariyer olup çoğu kimyasalın geçişine fırsat vermemektedir (Carpene and Vasak, 1989; Carpene vd 1990).

Ağır metaller sularda ayrışamadıklarından veya zor ayrıştıklarından organizmaların dokularında büyük konsantrasyonlarda birikir. Emilmeyen ağır metaller ise boşaltım

sırasında vücuttan atılır. Eğer boşaltım işlemi bunun için yeterli değilse toksik ağır metaller toksik olmayan bileşikler içinde, biçim değiştirerek karaciğer ve böbrekte depolanır (Gerlach 1981).

Balıklarda bu metallerin konsantrasyonu, balığın beslenme alışkanlığı, yaş ve habitatu ile ilgili olduğu gibi balık türünün doku ve organları arasında farklılık göstermektedir (Ağcasulu 2007). Yapılan çalışmalarla karnivor balıklardaki ağır metal konsantrasyonunun herbivor balıklardaki konsantrasyondan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çünkü beslenme zincirinde daha üst basamaklarda bulunan balıklar çoğunlukla diğer balıklarda bulunan metalleri alırlar. Bu şekilde besin yoluyla alınan metaller hayvanlarda akut veya kronik zehirlenmelere yol açabilir (Aksun 1986).

Ağır metal derişimleri kıyı bölgelerde ve kapalı denizlerde, açık denizlerden daha fazladır (Egemen 2000). Örneğin; arseniğin organizmalardaki birikimi ve etkileri, arseniğin özelliklerine bağlıdır ve bu bileşik embriyolarda kronik etkilere, DNA hasarlarına veya kanserlere sebep olabilir (Dons and Beck 1993, Berg *et al.* 1997).

Balıkların doku ve organlarında biriken ağır metaller, maruziyet süresine ve buldukları ortam konsantrasyonuna göre artış göstermektedir. Balıklarda tespit edilen bir metalin hangi doku ve organda depo edileceği balık türlerine göre farklı olmaktadır. En fazla birikim karaciğerde olup kas dokusunda en düşük birikim gözlenmiştir. Karaciğer, metallerin alınmasında ve depolanmasında önemli bir organdır. Bu durumun en önemli sebebi de ağır metallerin öldürücü olmayan seviyelerinde balıkların metabolik aktivitesi fazla olan dokularında çok metal birikmesi ve toksik etkiye sebep olmasıdır (Kargın ve Erdem 1992).

1.6.4. Ağır metallerin toksik etkileri

Ağır metaller sadece organizmalarda birikerek, gıda zincirlerini dolaşmakla kalmayıp, tehlikeli konsantrasyonlarda ekosistemde uzun süre kalabilirler (Francesconi and Edmonds 1998). Deniz suyunda bulunan bazı ağır metallerin toksisite sırası

Hg>Cd>Ag>Ni>Pb>As>Cr>Sn>Zn şeklindedir. Organik maddelere bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilmekte ve toksik koşullar altında organik maddelerin yapılarının bozulması ile çözünerek tekrar serbest hale geçebilirler (Balkıs ve Algan 2005).

Bakır (Cu): Veteriner hekimlik ve tarımda bakır tuzları halinde geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Fungusit veya böcek öldürücü olarak kullanılması sonucunda, çevredeki sulara karışabilir (Kayhan vd 2006). Balıklar tarafından besinlerle alınan bakırın vücuda girişi solungaçlar yoluyla olmaktadır. Yine bakırın vücuttan uzaklaştırılması da idrar ve dışkı yoluyla yapılmaktadır (Kargın ve Erdem 1989).

Genelde yumuşak dokularda depolanan bakır, karaciğerde yüksek miktarda birikim yapmaktadır. Bakır hayati öneme sahip olan enzimlerin etkinliklerini engelleyerek, karaciğerin fonksiyonlarını yapamamasına neden olur. Bu durumda nekroz oluşup burada bakırın depolanmasına fırsat verir. Neticede karaciğer vazifesini yapma hususunda yetersiz kalmış olur. Bunun yanısıra bakır balıklarda çeşitli fizyolojik, anatomik, biyokimyasal ve davranışsal değişikliklere neden olmaktadır. Örneğin; anemiye, hücrelerde yağ peroksidasyonuna, kalp atışında yavaşlamaya, hızlı oksijen alımına ve bu metalin mukozada birikmesi ile solungaçlarda strese hatta ölüme sebep olan solunum rahatsızlıklarına yol açmaktadır. Bu metalin birikimi büyüme yavaşlatır, omur hasarları ve nörolojik bozukluklara sebep olarak, kan ve karaciğerdeki enzim aktivitelerini, hematolojik parametreler ve plazma iyon konsantrasyonu gibi aktiviteleri etkileyerek, solungaçta da iyon transfer geçişine engel olduğu bildirilmiştir (Kaya vd 2002).

Çinko (Zn): Kadmiyum gibi diğer tehlikeli ağır metallerin toksik etkisinin yanında bünyeye alımında koruyucu ve engelleyici özelliği açısından çinko metalinin oldukça önemli yeri vardır. Balık bünyesinde görülen çinko eksikliğinde büyüme gerilemesi, yemek borusu epitel hücrelerinde bozukluklar, deri lezyonları, iştah kaybı, iskelet anormallikleri olduğu bildirilmiştir (Kruger 2002).

Suda bulunan diğerk metallerle birlikte etki gösteren çinko metalinin toksisitesi, yer kabuğunun alkalinitesinden, suyun kimyasal yapısından etkilenmektedir. Çinko su ortamında fazla konsantrasyonlarda bulunduğunda solungaç dokusuna hasar vererek balığı ölmesine sebep olabilir. Genel anlamda su canlılarına çinkonun verdiği zararlar; deri lezyonları, hemorajlar ve omur hasarları olarak özetlenebilir. Balıkta fazla çinko maruziyeti gonad faaliyetlerine engel olup, yumurtasının zarında incelmeye yol açarak, balığın yumurtlaması anında yumurtanın yırtılmasına sebep olabilir. Embriyonik gelişmeye zarar verir. Yumurtadan çıkan larvalar çinkoya maruz kaldığında larvalarda ağız ve solungaç kemerlerinde sakatlıklar, kulak kapsülleri ve gözlerde şekil bozuklukları gibi hasarlar görülmüştür (Kruger 2002).

Kurşun (Pb): Su canlılarında kurşunun bilinen temel bir vazifesi olmadığı gibi çoğu zaman düşük miktarı bile toksisiteyle sonuçlanmaktadır (Türkoğlu 2008). Kabuklular ve balıklarda ilk olarak solungaç sonra karaciğer, böbrek ve kemikte biriken kurşunun organizmalarda uzunca bir yarılanma ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. Kurşun metalinin maruziyeti sonucu larvalar tamamen ölmese de larvalarda ciddi hasarlar bırakabilir. Bu metal öncelikle iskelete girerek ancak yirmi seneye vücudu terk edebilirler. Yumurta ve embriyolarda da birikebilen kurşunun karaciğer, böbrek, iskelet ile dalak gibi organlarda birikim yaptığı tespit edilmiştir (Çalışkan 2005).

Su canlılarının yaşadığı ortamda kurşun metali bulunduğunda, bu metal canlının vücuduna geçerek organizmada olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu hasarlardan bazıları; yumurtayı etkileyerek çok düşük konsantrasyonlarda dahi yumurtadan çıkma oranını azaltma, baş bölgesinde şekil bozuklukları, daha çok prelarval ve larval dönemlerde yumurta sarısının emilimi, gonadal fonksiyonları etkileyerek üreme potansiyelini değiştirme, kortikosteroid seviyesini yükselterek yumurtlamayı hızlandırma ve bunun neticesinde de yumurtalarda gelişim bozuklukları görüldüğü bildirilmiştir. Kurşun maruziyetinde kalp normalde çalışsa bile kan sirkülasyonunu engellediği görülmüştür. Ovaryumlarda da gelişim gerililiği ve yapısal küçülmeden dolayı yumurta sayısında azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Kruger 2002). Kurşun, çevreye atıldığında çoğu metale göre çevrede daha süre kaldığından, toprakta ve

sedimentte kolayca birikme eğilimi de bulunmaktadır (Özden 2008).

Demir (Fe) : Toprakta doğal olarak bulunan demir elementi akarsu ve nehirler vasıtası ile deniz ve göllere iletilmektedir. Endüstriyel atıklarda ise kirletici kaynaklarını oluşturduğu bilinmektedir (Tuncay 2007). Kollaidal demir su ortamında çok yoğun bulunduğu zaman bu metal solungaçlar üzerinde birikim yaparak balıkların ölmesine yol açabilir. Bunun yanısıra dokularında çok fazla demir birikimi olan balıkların besin olarak kullanılması da insan sağlığını tehdit etmektedir (Tekin-Özan vd 2004).

Mangan (Mn): Doğal olarak Nehir, göl ve yer altı sularında bulunup, sudaki bitkiler tarafından alınarak çoğunlukla karaciğer, böbrek ve pankreasta birikim gösterdiği belirtilir (Çalışkan 2005). Organizmalardaki enzimlerin yapısal bütünlüğü yönünden mangan gerekli ve önemli bir element olmaktadır (Tuncay 2007).

Civa (Hg) : Latince sıvı akışkan gümüş anlamına gelen “hydragyros” sözcüğünden türetilen, element sembolü Hg olan civa, oda sıcaklığında sıvı halde bulunan bir ağır metaldir. Suda çözünmez, suya oranla 13,55 kat daha ağır, havaya oranla yedi kat daha yoğundur (Özbolat ve Tuli 2016)

Civa, modern teknolojiye özellikle plastiklerin üretiminde katalizör olarak, çeşitli ölçü ve kontrol aygıtlarında (barometre, termometre), elektrik ve çimento endüstrisinde, madencilikte, selüloz üretiminde, boya ve kâğıt sanayisinde ve diş tedavilerinde dolgu malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaygın kullanımı sonucu çevresel kirlenmeye neden olan civa, balık tüketimi (metil civa) veya amalgam dolgular aracılığı gibi farklı maruz kalma kaynağı ve yolu ile vücuda alınan civa, insan sağlığını ciddi boyutlarda etkilemektedir (Özbolat ve Tuli 2016)

Civa sıvı metal halde bulunur, suda çözünmemekle beraber, oda sıcaklığında oldukça toksik miktarlarda buharlaşabilmektedir. Civa buharı monoatomik yapıda olup lipitte çözünebilir; bu nedenle organizmada %80 oranında birikim olur. Metalik civa vücuda alındığında kana karışarak beyin dâhil tüm dokulara kolayca ulaşır ve beyinde birikir.

Metalik civa buharı solunum yoluyla hızla emilip merkezi sinir sistemine dağılarak hasarlara neden olabilir. Daha ileri aşamalarda böbrek yetmezliği, periferal nöropati ve karaciğer işlev bozukluğu gözlenebilir. Cıvaya korunmasız dokunmak bile ciddi zehirlenmelere yol açabilir. Yüksek düzeylerde civa, sinir sistemi, cilt, solunum sistemi, işlev bozukluklarına neden olabilir (Özbolat ve Tuli 2016).

Balıkların gelişiminde cıvaya gereksinim duyulmaz. Bu metalin birikimi kimyasal yapısına ve organizmaya giriş yaptığı yola bağlı olarak belirlenmektedir. Balığın yaşına göre vücudunda artış gösterebilir ve daha çok bağırsak, omurga, kas ve solungaçlarda birikim yaptığı bildirilir (Tekin-Özan vd 2004).

Kadmiyum (Cd) : Diğer ağır metallere göre suda çözünme düzeyi en yüksek olan kadmiyumdur (Türkoğlu 2008; Ağcasulu 2007). Zehirlenme etkisi yüksek olan, sindirim ve solunum yolları aracılığı ile kolayca emilebilen, vücutta yoğun birikim yapan bir metal olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

Vücut yoluyla emilebilme özelliği olan kadmiyum kana geçerek böbrekler ve karaciğer de birikmektedir (Ağcasulu 2007). İnsanlar kadmiyumu temel gıdalar ile almakta (Çınar 2008) ve doğal koşullarda kadmiyum sularında çok düşük seviyelerde bulunmaktadır. Kadmiyum suda aşırı miktarda bulunmakta hatta düşük konsantrasyonlarda bile olsa sucul organizmalar için çok ciddi toksik hasarlar oluşturmaktadır (Kruger 2002). Kadmiyum endüstriyel deşarjlar sebebiyle doğal ortamların sularında fazla oranda bulunmakta ve sucul canlıların hayatını tehdit etmektedir.

Balıklar genelde kadmiyum toksisitesine karşı çok hassas olup kadmiyumun sucul canlılar üzerindeki belirgin etkileri şöyle sıralanmıştır. Kadmiyum çinko, kalsiyum benzeri metallere rekabete girip bu metallerin vazifelerini yerine getirmesini engelleyerek, perikardiyal ve abdominal ödemler oluşmasına sebep olur. Kısalıp bozulan kuyruk yüzgecine ve dolaşım sisteminde hasarlara neden olduğu görülmüştür. Balıklarda vücutta oluşan pigment formasyonunu etkileyip buradaki renk ve lekelerde azalmaya sebep olabilir. Cd maruziyetiyle larvalarda şekil bozukluklarının yanısıra

ölümler sıkça görülür. Kan dolaşımında pıhtılaşmanın azalmasına neden olup, oksijen kullanımında oranı azalarak solunumu etkilediği görülür (Kruger 2002).

Bahsedildiği gibi nehir ve akarsuların geçtiği yerleşim alanlarının evsel ve sanayi atıkları, tarımsal mücadele ilaçları ve kimyasal gübreler nedeniyle su kalitesi düşmekte, buna bağlı olarak deltada yer alan sulak alanlar ile buranın fauna ve florası olumsuz bir şekilde etkilenmektedir (Sönmez vd 2008).

1.7. Toksik Maddelerin Organizmada Oluşturduğu Hasarlar

Organ, doku ve hücre tiplerinde kirleticilerin etkisiyle oluşan hücresel değişimlerde benzerlikler olabileceği gibi farklılıklar da görülebilir. Toksik maddelerin maruziyet şiddetine bağlı olarak ortaya çıkan bu değişimler en düşük seviyede olabileceği gibi daha üst seviyelere çıkıp balıkların genel sağlığını tehdit ederek, populasyon mevcudiyetine dahi zarar verebilir (Lawrence ve Hemingway 2003).

Organizasyonun hücre, doku ve organ düzeyinde etki çalışmaları birkaç nedenden ötürü çok değerlidir. Bu etkiler, bireye gelebilecek olası zarar hakkında yorumlama sezgisi sağlayan biyokimyasal mekanizmaların sonuçlarıdır. Böyle mekanizmalar moleküler düzeyde yapılan (Hinton and Lauren 1990) belki endokrin veya immün sistemlerde olanlar gibi daha yüksek düzey süreçlerince niteliği değiştirilen hasarı birleştirirler. Meydana gelen biyobelirteçler birey ve bazen populasyon düzeyinde olası etkiler için bir erken uyarı sistemi olarak kullanılabilirler. Hastalıkla ilişkili doku veya hücrelerde değişim çalışması olan histopatoloji, maruz kalma kadar toksik ajan etkisini doğrulamak için uygun bir yöntem sağlar (Hinton *et al.* 1987; Hinton 1994; Handy *et al.* 2003).

Çok çeşitli lezyonlar (hücreler, dokular ya da organların patolojik değişimleri) toksik ajanlara maruz kalmaya işaret edebilir ve etki mekanizmalarını gösterebilir. Sıklıkla, bu lezyonlar, organda toksik madde taşınımı, orada birikim ya da aktivasyonun bir sonucu olarak, özgül bir hedef organ ile ilişkilidir.

Solungaçlar

Solungaçlar, dallanan kemerlerden sağ açıyla dışarıya doğru uzanan birincil (primer) lameller (flamentler)'den oluşmaktadır. Her bir birincil lamelin dorsal ve ventral kısımlarında esas gaz değişim yerleri olan paralel ikincil (sekonder) (solunumla ilgili) lamel dizileri vardır. Lamelleri kaplayan epitel dokusu, iki hücre tabakası arasında hücre içi lenfoid boşluklar olan bir çift hücre tabakasıdır. İyon düzenleyici işlevi olan tuz hücreleri asıl olarak birincil lamellerin epitel dokusunda bulunmaktadır, ancak ikincil lamellerde de vardır.

Fracácio *et al.* (2003) Zebra balığı (*Danio rerio*) larvalarının solungaçlarında Brezilya barajlarında kirlenmiş sedimente maruz kaldıktan sonra şu değişimler meydana gelmiştir. Amonyak, metaller, deterjanlar, yüksek veya düşük pH, nitrofenoller ve pestisitler gibi çeşitli toksik ajanlara balığın solungaçlarına maruziyetinde ikincil lamelin dış epitel ile iç epitel tabakası arasındaki boşluk genişlediği gözlenmiştir. Granülosit yoğunluğu yangı göstergesi olarak dış ve iç epitelyum tabakaları arasındaki boşlukta artabilir. Çinko, klorür gibi toksik ajanlara akut yanıt nedeniyle, hücrelerin epitel dokusundan ayrılması veya parçalanabilmesi, dış epitel tabakada meydana gelebilir. Hücreler nekroza işaret eden şişmiş mitokondrileri ile kabarık görünebilirler (Mallatt 1985; Evans 1987; Cengiz ve Ünlü 2003; Lease *et al.* 2003).

Birincil lameldeki klorid hücrelerinin sayısı bir kağıt hamuru atığı bileşeni olan dehidroabretik asite maruz kalan gökkuşağı alabalıklarında (*Salmo gairdneri*) (Tuurala and Soivio 1982) ve inorganik civaya maruz kalan sivrisinek balıklarında (*Gambusia holbrooki*) (Jagoe *et al.* 1996) artmıştır. Ayrıca sivrisinek balıklarının klorid hücrelerinin büyüklüğü de inorganik civaya maruz kalmalarından sonra artmıştır. Bu klorid hücrelerinin büyüklüğündeki değişim, hücresel bileşenlerinin bir artış sonucu olarak hücrenin büyüklüğünde (ve işlevlerinde) bir artışa yol açan bir hipertrofi örneğidir (La Via and Hill 1971; Meyers and Hendricks 1985). Klorid hücrelerinin hiperplazi ve hipertrofinin solungaç hasarı ile ilişkili olan iyon dengesizliğine yanıt olarak bir dengeleyici unsur olduğuna inanılmaktadır (Jagoe *et al.* 1996). Bireysel

olarak veya hep birlikte, hiperplazi ve epitel artışı solungaç yüzeyinde gazın bir taraftan diğer tarafa değişim kapasitesinde bir azalış nedeniyle, ikincil lamellerde bir kaynaşmaya yol açabilir. Alabalık yavrularının alüminyuma maruz kalması yoğun lamel kaynaşmasına neden olur. Birincil lamellerin arasındaki boşluklar gibi, lamellerin benzer şekilde kaynaşmasına neden olan ikincil lamellerin klorür hücrelerinin hiperplazi ve hipertrofisi, birincil lamellerden gelen hücrelerle doldurulur. Ayrıca, toksik maddeye maruz kalma sonucu kanda pıhtılaşmada meydana gelebilir. Fizyolojik ve bireysel seviyedeki sonuçlar solungaç yüzeyinden oksijen değişimindeki bir azalış ve ölümcül maruz kalma sonucu ölümdür (Turgut 2013).

Karaciğer

Lezyonlara bağlı olarak çalışılan en yaygın organlar arasında karaciğer ve omurgasızların benzer organları vardır. Bu organlar detoksifikasyon ile ilgilidir ve bundan dolayı sıklıkla aktivasyon yeridir. Bu organlar ayrıca diğer bütün organlara göre hücre çoğalması bakımından da daha aktiftir. Bu nedenle, karaciğer lezyonları, yukarıda tanımlanmış bazı genetik olmayan ve genetik (kansere ilişkili) hücresel etkileri kapsamaktadır.

Omurgalılarda olduğu gibi balık karaciğeri çoğu hayati fonksiyonu kontrol altına alıp düzenleyen anahtar bir organ olup, anabolizma ve katabolizmada görevli olduğu için balık fizyolojisindeki yeri özeldir (Brusle and Anadon 1996).

Bir detoksifikasyon organı olan karaciğerin, toksik bileşenleri metabolize etme ve atmada önemli vazifeleri bulunmaktadır. Toksik maddeye maruz kalma sonucu karaciğerde histolojik değişim ve hasarlar rahatlıkla görülebileceği için bu organ iyi bir biyoişaretçidir (Hinton and Couch 1984). Balıkların bazı türlerinde kirleticilerin oluşturduğu nodül ve tümörler gibi makroskobik değişimler arazi şartlarında kolaylıkla tespit edilebilmektedir (Lawrence and Hemingway 2003).

Karaciğer organizmadaki toksik bileşenleri indirgeme yeteneğine sahip olmasına rağmen, bu bileşiklerin yüksek konsantrasyonları karaciğerin bu mekanizmasını devre dışı bırakıp, karaciğerde hasara dahi yol açabilirler. Kirleticilerin zararlı etkileri sonucu balık karaciğerinde oluşan histopatolojik durumlar hakkında çok sayıda mevcut çalışma bulunmaktadır. Bahsedilen çalışmalarda zararlı etkisine bakılan kimyasallar arsenik, civa, kadmiyum benzeri metaller, klorin, amonyum ve fenoller gibi endüstriyel atıklar, petrol hidrokarbonları ve endrin, dieldrin, dursban, diazinon gibi organofosfatlı ve organoklorinli pestisitlerdir (Heath 1995; Brusle and Anadon 1996).

Balık türlerinin farklı olması, kimyasalların patolojik etkilerini tespit etmede önemlidir. Örneğin; klor metali, levrek karaciğer dokusunda histolojik lezyonlara yol açarken, aynı metalin alabalık karaciğerinde herhangi bir histolojik değişim oluşturmadığı bildirilmiştir (Bass *et al.* 1977). Genel olarak karaciğer dokusunda saptanan histopatolojik bulgular; hücre şekil ve boyutlarında değişimler, lizozomlarda genişleme hepatosit sitoplazmasındaki vakuollerde artış, yağ dejenerasyonları, iskemi (bir bölgenin geçici kansız kalması durumu) ve nekrozlardır (Heath 1995).

Böbrekler

Balık böbreği trombosit ve granülositlerin üretiminde görevli olup, amonyak, kreatin, üre, ürik asit gibi metabolizma atık maddelerini CO₂, pigment, çeşitli organik tuzların vücuttan uzaklaştırılmasını da sağlarlar (Çelikkale 1991).

Balıkların böbreklerindeki (renal) lezyonlar tek başına kirleticilerin etkilerini ortaya koymakta yeterli olmayıp karaciğer, solungaç gibi diğer organlarda bulunan histopatolojik değişimlerle birlikte yorumlandığında önemli tespitler yapılabilmektedir (Lawrence and Hemingway 2003).

Genel olarak atık su ve maddelerin karıştığı nehirlerden yakalanan balıkların böbreklerinde hematopoetik dokuda inflamasyon ve nekroz, vakuolizasyon, makrofaj infiltrasyonu, proksimal ve distal tübüllerde dilatasyon ve protein atıkları, tübüler

hücrelerde hipertrofi ile nekroz, nükleusta şişme, parçalanmış ve nekrotik glomerulus, kapillerde dilatasyon, bowman kapsülünde hasar olduğu bildirilmiştir (Vincze *et al.* 2015).

Sindirim Sistemi

Balık vücuduna alınan yabancı maddelerin izlediği ana yollardan birisi de gastrointestinal bölge olmaktadır. Tespit edilen belirli lezyon tipleri sindirim bezinin hidropik dejenerasyonu hasarıdır. Sindirim sistemi ile yapılan çalışmalarda bulunan diğer patolojik bulgular ise atrofi, hiperanemi, mukus hücrelerinin proliferasyonu, intestinal hücrelerde iltihaplanma ve doku dönüşümü gibi hasarlardır (Lawrence and Hemingway 2003).

1.7.1. Sitotoksisite

Hücre ölümüne neden olan toksisite, bir dokuda veya hedef organda hastalık ya da hasar nedeniyle ölen hücrelerin oluşturduğu bölgesel veya yaygın nekroz şeklinde saptanabilir. Nekrozun en açık kanıtlarından biri olan piknoz, hücre nükleusu ile ilgilidir. Piknozla nükleusta kromatin dağılımı, bu materyalin kuvvetli boyanan, bazofilik bir kütle içerisine yoğunlaşması ile değişir. Nükleus düzensiz bir şekil alır (Sparks, 1972). Sıklıkla piknozu nükleus parçalanması olan karyoliz takip eder. Nekrotik hücrelerin sitoplazması, canlı hücrelerden daha asidofilik (eosinofilik) olma eğilimindedir. Mitokondri şişer ve sitoplazmada daha fazla granül görülebilir.

Nekroz ayrıca hücrenin bir dokuda normal bölgesinden ayrılması veya yer değiştirmesidir (Meyers and Hendricks, 1985). Örneğin, hücre solungaç epitelinden veya arter duvarından ayrılması ile gösterilebilir.

1.7.2. Gen ve kromozom hasarı

Sanayi ve endüstrileşme sonucu toksik maddelerin kullanımı ve artışı insan ve hayvan yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Kirleticiler DNA'da değişimlere yol açarak

hücreleri ve dokuları etkileyebilmektedirler. Değişimler, somatik ve genetik risklerin her ikisini de artırabilir. Somatik risk, somatik hücrelerdeki genetik hasardan kaynaklanan, maruz kalan bireye olumsuz etkinin bir sonucudur (örneğin, kanser). Genetik risk ise kalıtılabilir olan genetik hasara maruz kalan bir bireyin dölündeki risktir. Örneğin, gametler veya üreme hücrelerindeki hasar hayatta kalması olanaksız bir fetüse ya da doğum kusurlu yavruya yol açabilir. Bu etkiler çeşitli hücre yapıları ve süreçlerinde ortaya konulmaktadır (Turgut 2013).

1.7.2.a. Mikroçekirdek testi

Mikroçekirdek (MÇ); mitoz bölünme esnasında ortaya çıkan, esas çekirdeğe dâhil olmayan, tam kromozom veya asentrik kromozom fragmanlarından köken alan oluşumlar olarak tanımlanır. Genel olarak bu oluşum, hücre siklusunu kontrol eden mitotik iğdeki hatalardan, genlerdeki eksikliklerden, kinetokor ya da mitotik aygıtın diğer parçalarından ve kromozomal hasarlardan kaynaklı olabilmektedir. MÇ sayısındaki artış durumu, bazı ajanların hücrelerde oluşturduğu yapısal ve sayısal kromozom düzensizliklerinin dolaylı bir göstergesi olmaktadır (Demirel ve Zamani 2002; Türkez 2007; Yazıcı 2012).

Hücre bölünmesi esnasında kromozom hasarı ve/veya iğ ipliği işlev bozukluğu gibi anormallikler mikroçekirdekleri (MÇ) üretebilir, yani, çekirdekten ayrılan nükleer parçalar sitoplazmada izole edilirler. Toksik ajanlara maruz kalan balıkların kırmızı kan hücrelerinin çok sayıda MÇ'lere sahip oldukları rapor edilmektedir (Nikinmaa, 1992).

Mikroçekirdek testi; sayım işlemi rahatça yapılabilen, ekstra kültür işlemi basamağı olmadan uygulanıp farklı hücre tiplerinde kolaylıkla denenebilen kullanışlı bir testtir. Mikroçekirdek testi, klastojenik etkili bileşikler yaptığı kromozomal hasarların değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan standart genotoksisite test sistemi içerisinde yer alır. Bu testin *in vivo* ve *in vitro* olarak uygulaması yapılabilir. Hücre döngüsü boyunca ortaya çıkan hasarlar nerede olursa olsun hücre bölünmesi süresince mikroçekirdekler oluşurlar. Bunun tersine, kromozomal aberasyonlar da, hücre döngüsü

aşamalarının herhangi birinde meydana gelebilir (Yırtıcı 2007; Yazıcı 2012). Ayrıca mikroçekirdek testi, sitogenetik hasarın tespit edilmesinde, kromozom analizine göre daha kolay uygulanıp, daha fazla sayıda hücre sayılması ve istatistiksel yönden daha anlamlı sonuçlar elde edilmesi gibi avantajları sayesinde yaygın kullanım alanı olan tekniklerden biridir (Fenech 2000; Krishna and Hayashi 2000; Widel *et al.* 2001; Demirel ve Zamani 2002; Yazıcı 2012).

MÇ sayımı Cortyman and Heddle (1976) tarafından ortaya konan kriterlere göre yapılmaktadır. Bu kriterler:

- Mikroçekirdek çapı esas çekirdeğin çapının 1/3'ünden küçük olması,
- Boya alma yoğunluğunun esas çekirdekle aynı olması,
- MÇ'lerin asıl çekirdeğe bağlı veya bitişik olmaması,
- Sadece sitokinezi bloke edilen çift çekirdekli hücrelerdeki mikronükleusların sayılması esaslarını kapsamaktadır (Fenech 2000; Demirel ve Zamani 2002; Türkez 2007).

MÇ testi; özellikle son yıllarda sucul ortamlardaki kirleticilerin etkilerinin araştırılmasında da yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Balık eritrositlerinin çekirdekleri olduğundan, bu hücrelerin mikroçekirdek testinde kullanılması çok kolay olmaktadır. Laboratuvar koşulları ve *in situ* olarak yapılan çalışmalarda genotoksik maddelere maruz bırakılan balıklarda mikroçekirdek frekanslarının anlamlı düzeyde arttığı bilinmektedir (Yazıcı 2012).

1.8. Oksitatif Stres

Reaktif oksijen metabolitleri (ROM) oksijen kullanımının doğal bir sonucu olarak aerobik organizmalarda %1-2 oranında meydana gelirler. İlk olarak mitokondriyal elektron transportu olmak üzere ksenobiyotik metabolizması, fagositik aktivasyon, çeşitli sentez ve degradasyon reaksiyonlarında ROM oluşmakta ve prooksidan/antioksidan dengenin prooksidanlar lehine kayması sonucunda gelişen

oksidatif stres, çeşitli mekanizmalar ile biyomoleküllerin yapısına hasar vermektedir (Cooke *et al.* 2003; Burçak ve Andican 2004).

Toksistenin muhtemel bir mekanizması olan oksidatif stres, son on yıldır toksikolojik araştırmaların odağı durumuna gelmiştir. Genel bir ifadeyle vücudun antioksidan savunması ve hücrelerin lipid tabakasındaki peroksidasyona sebep olan serbest radikal üretimi arasında oluşan dengesizlik hali oksidatif stres olarak tanımlanmaktadır (Mercan 2004; Türkez 2007).

1.8.1. Serbest radikaller

Serbest radikaller olarak ifade edilen bu ürünler, patolojik ya da fizyolojik reaksiyonlar esnasında oluşabilen eşleşmemiş elektronu bulunan atom ve moleküllerdir (Derviş 2011). Farklı bir tabirle serbest radikaller; yapılarında tek sayıda elektron bulunan, açık elektron kabuğu konfigürasyonuna sahip olan atom veya moleküllerdir. Bu olumsuz durumun ortaya çıkardığı enerji, organizmaların temel yapı taşı olan protein, karbonhidrat ve lipitler ile inorganik kimyasallar gibi komşu moleküllerle olan tepkimeler sonucu açığa çıkar. Hücre zarları ve nükleik asitlerin yapısında yer alan anahtar moleküller serbest radikallerdir. Serbest radikaller fazlasıyla reaktif, kısa ömürlü ve stabil olmayan moleküllerdir (Halliwell 1996; Aydın 2016).

Serbest radikaller; nörodejeneratif hastalıklar, katarakt, ateroskleroz, kanser, diabet, alerji benzeri çoğu hastalığın patogeneğinde rol oynadıklarından dolayı son yıllarda üzerinde daha çok çalışılan konular arasında bulunmaktadır (Akkus 1995, Aydilek ve Aksakal 2003; Türkez 2007).

1.8.2. Serbest oksijen radikalleri ve reaktif oksijen metabolitleri

Biyolojik sistemlerdeki en önemli serbest radikaller, oksijenden köken alan radikallerdir. Oksijen iki eşleşmiş elektron bulundurmasından dolayı serbest radikallerle daha kolay reaksiyona giren moleküler O₂ en son H₂O'ya indirgenir ve bu reaksiyonlar

esnasında kısmi redüksiyonla çok sayıda reaktif ürün oluşabilir (Onat vd 2002; Alp 2005). Reaktif oksijen türleri ve kimyasal formülasyonları Çizelge 1.4'te verilmiştir (Halliwell 1996; Türkez 2007).

Çizelge 1.4. Reaktif oksijen türleri ve kimyasal formülleri

Reaktif Oksijen Türleri			
Radikaller		Radikal Olmayanlar	
Süperoksit	$O_2^{\cdot -}$	Hidrojen Peroksit	H_2O_2
Hidroksil	OH^{\cdot}	Singlet Oksijen	$\Delta g^1O_2, \Sigma^1O_2$
Peroksil	RO_2^{\cdot}	Hipoklorik Asit	$HOCl$
Alkoksil	RO^{\cdot}	Hipobromik Asit	$HOBr$
Perhidroksi	HO_2^{\cdot}	Ozon	O_3

1.8.3. Reaktif azot türleri

Daha önce bahsedilen reaktif oksijen türlerinin yanı sıra organizmada reaktif azot türleri de teşekkül etmektedir. Başlıca reaktif azot türleri türleri Çizelge 1.5'te gösterilmiştir (Halliwell 1996).

Çizelge 1.5. Reaktif azot türleri ve kimyasal formülleri

Reaktif Azot Türleri			
Radikaller		Radikal Olmayanlar	
Nitrik oksit	NO^{\cdot}	Nitröz asit	HNO_2
Azot dioksit	NO_2	Peroksi nitrit	$ONOO^{\cdot}$
		Nitrozil katyonu	NO^+
		Nitrozil anyonu	NO^{\cdot}
		Diazot trioksit	N_2O_3
		Diazot tetraoksit	N_2O_4
		Peroksinitröz asit	$ONOOH$
		Alkilperoksi nitrit	$ROONO$

Nitrik oksit (NO[·]), vasküler endotelde, fagositlerde ve beyin dokusunda üretilen “relaxin factor” olarak bilinen ve önemli fizyolojik fonksiyonları olan bir serbest radikaldir. Fakat bu radikalın fazlası toksik etkiler göstermektedir. Biyolojik sistemlerde bütün reaktif azot türlerinin temel kaynağı NO[·]’tir (Patel *et al.* 1999; Alp 2005; Türkez 2007).

1.8.4. Metal-oksidatif stres ilişkisi

Metallerin biyolojik sistemlerde toksik etkilerini ortaya koyarken reaktif oksijen ve azot türlerini meydana getirdiği çeşitli araştırmalarla gösterilmiştir. Metallerin varlığında meydana gelen serbest radikaller DNA bazlarında modifikasyonlara, lipid peroksidasyonunun hızlanmasına ve kalsiyum ile sülfidril homeostasilerinde değişimlere neden olabilmektedir (Chen *et al.* 2001; Leonard *et al.* 2004). İnsanlar ve hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar organizmada yüksek demir varlığının kanserin yanı sıra bazı vasküler ve nörolojik hastalıkların oluşma riskini artırdığını ortaya koymuştur (Siah *et al.* 2005). Demir (Fe) metalinin varlığında oluşan serbest radikallerin DNA hasarına yol açtığı ve bunun sonucunda da kanserin geliştiği rapor edilmiştir (Ullen *et al.* 1997). Demire benzer şekilde bakırında pro-oksidan özellikte olduğu ve lipid peroksidasyonu reaksiyonlarına katılabildiği kaydedilmiştir (Wu *et al.* 2006).

Kasprazk (2002) Cr (V) bileşiklerinin fenton reaksiyonları yoluyla DNA hasarına yol açan bir hidroksil radikali oluşturabileceğini ortaya koymuştur. Hanna *et al.* (1992), *in vitro* şartlarda kobalt (Co) bileşiklerinin de serbest radikal oluşumuna neden olduklarını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Nackerdien *et al.* (1991) *in vivo* şartlarda Co (II)’ın Fenton reaksiyonu yoluyla radikaller oluşturarak oksidatif DNA hasarına yol açtığını gözlemlemişlerdir. Fe, Cu, Cr ve Co metallerinin yanı sıra vanadyum (V) (Evangelou 2002, Crans *et al.* 2004), kadmiyum (Cd) (Casalino *et al.* 1997; Galan *et al.* 2001), arsenik (As) (Yamanaka *et al.* 2001; Kamat *et al.* 2005) ve nikel (Ni) (Candan 2002) bileşiklerinin de serbest radikal oluşumunda etkili olarak oksidatif strese yol açtıkları kaydedilmiştir.

1.8.5. Serbest radikallerin biyolojik hedefleri

Serbest radikaller vücuttaki oksidan-antioksidan dengesinin oksidan lehine bozulduğu durumlarda enzimler, proteinler, lipitler ve DNA gibi hücrenel yapılara zarar verirler (Avery 2011).

Serbest radikaller hücre ve dokularda birçok zarara yol açmaktadır. Bu zararlar şöyle sıralanabilir:

1. Nükleotid yapılı koenzimlerin yıkımı
2. DNA tahribatı
3. Steroid ve yaş pigmenti denilen bazı maddelerin birikimi
4. Lipid peroksidasyonu zar yapısı ve fonksiyonunun değişmesi
5. Enzim aktivitelerinde ve lipid metabolizmasındaki değişiklikler
6. Zar proteinlerinin tahribi, taşıma sistemlerinin bozulması
7. Protein ve lipitlerle kovalan bağlantılar yapması
8. Mukopolisakkaritlerin yıkımı
9. Proteinlerin tahrip olması ve protein döngüsünün artması (Robbins and Kumar 2010; Aydın 2016).

1.8.6. Antioksidan savunma sistemleri

Reaktif oksijen türevlerinin oluşumunu engelleyen ve oluşuktan sonra meydana getirdiği hasarı önleyici çeşitli antioksidan savunma mekanizmaları vardır. Vücutta oksidan ve antioksidan mekanizmalar arasında bir denge olmakla birlikte, bu dengenin bozulduğu durumlarda oksidatif stres meydana gelir (Cemeli *et al.* 2009). Organizmada bulunan endojen antioksidan savunma sistemleri Çizelge 1.6'da gösterilmiştir (Aydın 2016).

Çizelge 1.6. Organizmada bulunan endojen antioksidan savunma sistemleri

ENZİMLER	YAĞDA ÇÖZÜNEN RADİKAL TUTUCULAR
Süperoksit dismutaz	E Vitamini
Katalaz	P-Karoten
Glutasyon peroksidaz	Bilirubin
Glutasyon redüktaz	Ubikinol
Glukoz-6-fosfat dehidrogenaz	Flavonoidler
Sitokrom oksidaz	Melatonin
SUDA ÇÖZÜNEN RADİKAL TUTUCULAR	METAL İYONLARINI BAĞLAYAN PROTEİNLER
Glutasyon	Ferritin
C Vitamini	Transferrin
Ürik asit	Haptoglobulin
Glukoz	Hemopeksin
Sistein	Seruloplazmin

Endojen antioksidanlar enzimatik veya non-enzimatik olabilirler. A, C ve E vitaminleri, glutasyon, karotenoidler, alfa lipoik asit, koenzim-Q10, mineraller (bakır, çinko, mangan, selenyum), kofaktörler (folik asit, ürik asit, albümin, vitamin B1, B2, B6, B12) non-enzimatik antioksidanlardır. Enzimatik antioksidanlar ise SOD, CAT, GSH-Px, glutasyon-S transferaz (GST), glukoz 6 fosfat dehidrogenazdır (Matough *et al.* 2012)

Eksojen antioksidanlar; gıdalar, ilaçlar ile vitaminlerde bulunan doğal ve yapay olarak antioksidanlar olarak sınıflandırılabilirler.

1.8.7. Toplam Antioksidan Seviyesi (TAS)

TAS oksidatif stresin bir indikatörü olarak kullanılmakta olup *in vitro* veya *in vivo* şartlarda oksidanların kan veya diğer dokular üzerine olan direncini ortaya koymaktadır (Urso and Clarkson 2003). Son zamanlarda *in vitro* şartlarda yapılan pek çok araştırmada oksidatif strese karşı antioksidan sistemlerce oluşturulan toplam cevabı belirlemek için çeşitli TAS tespit yöntemleri kullanılmıştır (Lotito and Frei 2004; Grzelak and Bartosz 2005; Bedaiwy *et al.* 2006).

1.8.8. Toplam Oksidan Seviyesi (TOS)

TOS (Total Oksidan Status), tam otomatik kolorimetrik bir yöntem olmakla birlikte, incelenen numunedeki oksidanlar ferroz iyon-*o*-dianisidin yapısını ferrik iyonuna oksitlerler. Ortamda bulunan gliserol maddesi bu reaksiyonu yaklaşık üç kat hızlandırmaktadır. Asidik ortamdaki ferrik iyonlar 'xylenol orange' ile renkli bir kompleks meydana getirip, numunede bulunan oksidanların miktarıyla ilişkili olan rengin yoğunluğu spektrofotometrik olarak ölçüm değerlendirilmesi yapılmaktadır (Erel 2005).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tosunoğlu vd (1999) alışmalarında, Erzurum'un önemli bir akarsuyu olan Karasu Nehri'deki kirliliği tespit etmek amacıyla nehrin belirli noktalarından alınan su numunelerinde kirlilik parametrelerine bakmışlardır. Elde edilen sonuçlar, nehirde belirli bir kirliliğin olduğunu ve bu kirliliğe en çok endüstriyel kuruluşların atık sularının sebebiyet verdiğini bildirmişlerdir.

Oymak (2000) Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un, yaş, boy ve ağırlık, kondisyon faktörü gibi büyüme ile alakalı özelliklerini incelemişlerdir. Yakalanan 725 örneğin yaş sınıfları I-VIII arasında dağılım gösterip, kondisyon faktörünün, I. yaş grubu bireylerinde en düşük, VII. yaş grubunda ise en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Erkek ve dişi bireylerde en yüksek kondisyon faktörü nisan-mayıs aylarında bulunmuşken, en düşük kondisyon faktörü değer de aralık ve ocak aylarında görülmüştür.

Köprücü ve Özdemir (2003) *Capoeta capoeta umbla*'nın Keban Baraj Gölü ve Hazar Gölü'nde bulunan popülasyonlarının büyüme özellikleri incelenmiştir. Hazar Gölü'nde yaşayan III yaşındaki *C. c. umbla*'nın kemik, gonad ağırlıkları ve gonadosomatik indeksine ait ortalama değerler, Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *C. c. umbla*'dan belirgin bir ölçüde yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Keban Baraj Gölü'nde yaşayan V yaşındaki *C. c. umbla* bireylerinde iç organ, gonad, gonadosomatik indekslerine dair ortalama verilerin Hazar Gölü'ndeki balıklardan belirli bir oranda yüksek olduğu görülmüştür.

Stentiford *et al.* (2003) Dil balıklarında (*Platichthys flesus*) karaciğerin histolojik biyobelirteçlerinin üzerinde farklı kirlilik yoğunluklarında incelemişlerdir. Çalışmanın yapıldığı istasyonlardan birinin nispeten kirlenmediği ancak yüksek sediment poliaromatik hidrokarbonun (PAH) yoğunlukluna sahip, diğer kalan üç bölge endüstriyel etkilenmeye maruz kaldığı bilindiğinden, kirlenmiş bölge balıklarında

EROD indüksiyonu varlığı ve PAH bileşenleri de saptanmıştır. Neoplastik olmayan ve hem iyi huylu hem de kötü huylu neoplastik lezyonlar, histopatolojik biyobelirteç olarak tespit edilmiştir.

Guevara *et al.* (2004) potansiyel kirletici olarak kabul edilen bazı ağır metallerin (Ag, As, Cr, Hg, Sb, Ba, Br, Ca, Co, Cs, Fe, Na, Sr, Zn) *Diplodon chilensis* (Gray 1828) türü midyelerdeki akümülyasyonunun incelemişlerdir. Hepatopankreas dokusu ile bütün yumuşak dokularda yüksek düzeyde ağır metal birikimi olduğunu rapor etmişlerdir.

Arslan and Secor (2005) Amerikada 6 farklı lokasyondan (George Washington Köprüsü, Haverstraw, Newburgh, Kingston, Atina ve Albany) *Anguilla rostrata* türünü yakalayıp balık otolitlerinde biriken ağır metallerin belirlenmesi amacıyla indüktif çift plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile analiz yapmışlardır. Al, Bi, Cd, Co, Cu, Ga, Mn, Ni, Pb, V ve Zn dahil olmak üzere çeşitli eser elementler, otolit solüsyonlarından seçilerek konsantre edilmiştir. *A. rostrata* otolitlerinde bulunan tüm elementlerin konsantrasyonları Zn için 0.2 ng g⁻¹'den 7 ng g⁻¹'e kadar olan tespit sınırlarının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Buna göre George Washington Köprüsü'nde toplanan örneklerin diğer yerlerden alınan örneklerden ağır metal birikimi bakımından daha yüksek seviyelerde olduğunu göstermişlerdir.

Erdem vd (2005) *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) ile kadmiyumun 0 ,25, 0,50 ve 1.00 ppm seviyesinde 30 gün süre ile solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi ile bunu izleyen 15, 30 ve 45 günlük periyotlarda bu dokulardan arıtım düzeylerini belirlemişlerdir. Doku metal düzeylerinin belirlenmesinde ICP- AES kullanılmıştır. Denenen ortam derişimlerinin etkisinde kadmiyum birikiminin kontrole oranla tüm dokularda önemli düzeyde arttığı, en fazla birikimin böbrek dokusunda olduğu, bunu sırasıyla karaciğer, dalak, solungaç ve kas dokularının izlediği saptanmıştır. Farklı ortam derişimlerinin 30 gün etkisi sonunda belirlenen arıtım periyotlarında ise dalak ve karaciğer dokularında herhangi bir değişim gözlenmemiş, solungaç ve kas dokusundaki metal düzeyinde genel olarak bir azalma, böbrek dokusunda ise bir artış gözlenmiştir.

Cengiz (2006) Sazan balığının (*Cyprinus carpio*) solungaç ve böbrek dokuları üzerine deltametrinin histopatolojik etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, balıklar kısa süreliğine deltametrinin farklı dozlarına (0,029 mg/L=96 saat LC₅₀ nin %50'si ve 0,041 mg/L=96 saat LC₅₀ nin %70'i) maruz bırakılmış ve deltametrinin tüm dozlarına maruz kalan gruplarda en sık görülen değişikliklerin solungaçlarda meydana gelen nekroz ve deskuamasyon (dökülme) olduğu, ikincil katmanlarında anevrizma, ödem, epitelyal hiperplazi ve ikincil lamellerde kaynaşmaların gerçekleştiği, böbrek dokularında çeşitli lezyonların meydana geldiği ve lümende daralmanın görüldüğü bildirilmiştir.

Güzel ve Güllü (2006) yapmış oldukları çalışmayı iki periyotta gerçekleştirmişlerdir. Araştırmanın birinci periyodunda, gökkuşuğu alabalığı yavrularına (6,43±0,31 g) 92 gün süreyle 2,5 ve 5 mg/kg-yem oranında 17 α -Metiltestosteron (MT) verilmiştir. İkinci periyotta ise 2,5 mg/kg-yem oranında MT verilen grup iki ayrı gruba ayrılarak bu gruplardan birisine 96 gün süreyle daha MT vermeye devam edilmiş, diğerine ise normal yem verilmiştir. Sonuç olarak 17 α -Metiltestosteron (MT) nin iç organ ve iç organlar arası yağ yüzdesini ve Hepatosomatik index (HSİ) oranını etkilediği bulunmuştur (p<0,05).

Kayhan vd (2006) İstanbul balık halinden toplanan Akdeniz midyesi *M. galloprovincialis* türü midyede arsenik (As) düzeylerini tespit etmişlerdir. Analiz çalışmalarında atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) kullanılmıştır. Analiz edilen midyelerde en yüksek As değeri, 9 nolu örnekte 0,098 mg/kg, en düşük As seviyesi ise 7 nolu örnekte 0,019 mg/kg olarak bulunmuştur. Alınan örneklerde tespit edilen arsenik seviyelerinin ülkemiz için kabul edilen normal sınırlar içinde olduğu gözlenmiştir. İncelenen örneklerin analizleri sonucunda As düzeyleri bakımından aralarında istatistik açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (p<0,05). Sonuçlar İstanbul balık halinden alınan ve incelenen örneklerde arsenik açısından ciddi bir tehlike olmadığını göstermiştir.

Koç (2006) sarıkuyruk istavrit balığının ovaryum dokusunun morfolojik yapısı çeşitli fiksatiflerle fikse edilerek, farklı boylarla da boyanıp incelemiştir. Bouin, % 10

Nötral Formalin tespit çözeltileri olup, seçilen boyalar ise Hematoksilen & Eosin, ve PAS'tır. Bu türün ovaryumuna histolojik yapıdan bakıldığında farklı evrelerdeki oositler gözlenmiştir. Perinükleer oositler, primer büyüme evresinde bulunan ovaryumlarda fazla miktarda görülmüştür. Büyümeye bağlı oositlerin hacimlerinde artış gözlenmiştir. Gelişen kortikal alveolar evrede bulunan oosit sitoplazması kortikal alveolla dolu olduğu tespit edilmiştir. Germinal vesikül genişleyerek dağınık bir hale girmiştir. Vitellojenik evre vitellüs biriktirdiğinden dolayı oositlerin büyüklüğü fazlalaşmıştır. Olgunlaşmış olan oosit evresinde ise nukleusun perifere yöneldiği tespit edilmiştir.

Balık vd (2007) Yayla Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma meverense* Elvira, 1987'nin büyüme ve üreme özelliklerinin saptanmasını amaçlamışlardır. Örnekler Mart ve Nisan 2001 tarihlerinde farklı göz açıklıklarına sahip fanyalı ağlarla gerçekleştirilmiştir ve 382 örnek yakalanmıştır. Populasyonun yaş-eşey kompozisyonu, yaş-boy, yaş-ağırlık ve boy-ağırlık ilişkisinin yanı sıra yumurta çapı ve fekondite gibi üreme ve büyüme özelliklerini tespit etmişlerdir. Populasyonun %63,35'inin dişi, %36,65'inin erkek bireylerden oluştuğu saptamışlardır. Büyüme ile birlikte yumurta sayısının arttığı belirlenmiştir. Ortalama yumurta çapı 1,242 mm, toplam ölüm oranı ise %24,02 olarak saptanmıştır. Yayla Gölü kababurunu populasyonunda genellikle dişilerin erkeklere oranla ortamda daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir.

Bostancı vd (2007) Bafra Balık Gölü'ndeki Havuz balığının (*Carassius gibelio*) kondisyon faktörü ve boy-ağırlık ilişkisini belirlemek amacıyla, Ocak 2000-Eylül 2002 tarihleri arasında aylık olarak 173 birey incelemişlerdir. Populasyonda 168 ♀ (% 97,11), 5 ♂ (% 2,89) birey bulunmuştur. Populasyonun çatal boy dağılımı 16,9-30 cm arasında, ağırlık dağılımı ise 125-730 g arasında hesaplanmıştır. Kondisyon faktörü ise 1,976–3,776 arasında değişmiş ve ortalama kondisyon faktörü $2,494 \pm 0,018$ olarak belirlenmiştir.

Camargo and Martinez (2007) kış ve yaz mevsimlerinde, 7 gün boyunca Kent Nehri'nden yakalanan neotropikal balık türü *Prochilodus lineatus*'un böbrek ve

karaciğerdeki histolojik değişiklikleri değerlendirmişlerdir. Kent nehirinde yaşayan bu balık türünde en yaygın lezyonlar solungaçlarda epitel ayrılma, hiperplazi ve hipertrofi, lameller füzyon ve anevrizma, böbreklerde glomerülün genişlemesi, bowman boşluğunun azalması, boru şeklindeki lümenin tıkanması, böbreklerde belirsiz şişme ve hiyalin damla dejenerasyonu, karaciğerde ise hipertrofilik hepatositler, sitoplazmik ve nükleer dejenerasyon, melanomakrofaj agregatları, safra durgunluğu ve bir çeşit fokal nekroz olarak tespit edilmiştir.

Kırankaya ve Ekmekçi (2007) Gelingüllü Baraj Gölü'nde tatlısu kefalinin büyüme özelliklerini incelemişlerdir. Yaş dağılımı iki dönemde sırasıyla I-V ve I-IV arasında bulunmuştur. Örneklerin çatal boy ve ağırlık değerleri birinci dönemde sırasıyla 12,2-30,6 cm ve 33-421 g arasında, ikinci dönemde bu değerler 11,9-31,2 cm ve 32-600 g arasında, kondisyon faktörü değerleri 0,85-1,98 ve 0,68-1,98 arasında hesaplanmıştır.

Koca *et al.* (2008) Türkiye'de önemli bir tarım alanı olan Büyük Menderes Nehri'nin kollarından yakalanan iki balık türünde (*Chondrostoma nasus* ve *Barbus capito pectoralis*) su kirliliğinin genotoksik ve histopatolojik etkileri incelemişlerdir. Bakır, çinko, kadmiyum, kobalt ve kurşun düzeyleri bu türlerin solungaç, karaciğeri ve kas dokularında ölçmüşlerdir. Bazı dokularda, bu metallerin bazılarının konsantrasyonları, insan tüketimi için kabul edilebilir seviyeleri aştığı görülmüştür. Çinko, su ve dokularda en yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Karaciğer dokusunda maksimum metal birikimi gözlemlenmiştir. Kontaminantların genotoksik etkilerini saptamak için, eritrositlerde mikronükleus oluşumu kromozom hasarı göstergesi olarak kullanılmıştır. Bölgede yaşayan bu iki türün solungaçlarında gözlemlenen histolojik değişiklikler ise solungaç epitelinde, primer ve sekonder lamellerde dejenerasyonlar, sekonder lamel füzyonu, anevrizmalar, kistik yapılar, hücrel proliferasyonlardır. Karaciğerde ise şişmiş ve yırtılmış parankimal hücreler, hücrel enkaz ile doldurulmuş vakuoller, fokal nekrozu ve Kupffer hücrelerinde önemli bir artışı içerdiği bildirilmiştir.

Marchand *et al.* (2008) çeşitli ağır metallerin tespit edildiği iki farklı barajdan yakalanan *Clarias gariepinus*'ın karaciğerlerinde meydana gelen histopatolojik değişimleri

incelediği çalışmalarında, karaciğer dokularında nekroz artışının meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Lenhardt *et al.* (2009) Eylül 2002-Ağustos 2003 tarihleri arasında Tuna Nehri'nden juvenil çoka balığı (*Acipenser ruthenus* L.) örneklerini toplayarak, kondisyon faktörü ve hepatosomatik indekslerine bakmışlardır. Hepatosomatik indeks aralığı (HSİ) 1.14-6.67 ve kondisyon faktörü 0,27-0,79 olarak belirlenmiştir.

Yarmaz (2009) Edremit Körfezi ve civarından toplanan 278 adet balık örneğinin hepatosomatik indeks ve kondisyon faktörü değerlerini hesaplayarak incelemiştir. En yüksek HSİ değerine ilkbaharda dişi bireylerde (10,726), en düşük HSİ değerine sonbaharda (1.492) yine dişi bireylerde rastlanmıştır. Bireylerin hepatosomatik indeks değerlerinde eşeyler ve mevsimlere göre düzenli olmayan bir değişme eğilimi görülmesine karşın, eşeyler ve mevsimler arasında ne kendi içlerinde ne de karşılıklı olarak bir etkileşim göstermedikleri istatistiksel farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir. *S. canicula* populasyonunun, en yüksek ortalama kondisyon faktörü dişi bireylerde yaz mevsiminde 0,000765 iken en düşük değer ilkbahar mevsiminde 0,000372 olarak tespit edilmiştir. Erkek bireylerde ise en yüksek değer sonbahar mevsiminde 0,000398, en düşük değer ise kış mevsiminde 0,0003 olarak saptanmıştır.

Boran *et al.* (2010) Maneb ve Karbaril'in gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) genç bireyleri üzerine olan akut toksisitesinin değerlendirildiği bir çalışmada, bu kimyasallara maruz kalan balıkların epitel hücrelerinde nekroz, ödem ve şişlik oluştuğunu solungaçlarında ise hiperplazi meydana geldiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda pestisitlere maruz kalan balıkların karaciğer, böbrek ve dalaklarında odaksal şekilde nekroz ve iltihaplanmaların oluştuğu belirtilmiş, Maneb ve Karbarilin histopatolojik lezyonlarının benzer olduğu ve en çok etkilenen organların da solungaç, böbrek ve karaciğer olduğu ifade edilmiştir.

Satılmış vd (2010)'nin yaptığı çalışmada hamsinin (*Engraulis encrasicolus*) Kasım 2002-Ekim 2003 ayları arasındaki aylık Gonadosomatik indeks (GSİ), kondisyon faktörü ve fekonditesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda;

ortalama kondisyon faktörü $0,593 \pm 0,001$ olarak bulunmuş, ekim ayında maksimum (0,716), haziran ayında minimum (0,529) değere ulaşılmıştır. GSİ değeri ise haziran ayında 1,322 ile maksimum, kasımda 0,492 değeriyle minimum seviyeye erişmiş ve bu sonuca göre üremenin haziran-eylül ayları arasında gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Üreme döneminde yapılan ölçümlerde fekondite değerinin 1630 ile 5950 adet/birey arasında değiştiği ve ortalama değer 3843 ± 769 adet/birey olduğu bulunmuştur.

Tumantozlu (2010) Karacaören II Baraj Gölü'nün su ve sedimenti ile gölde yaşayan sazaların bazı dokularında ağır metal birikiminin incelenmiştir. Sazanın farklı dokularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda en fazla biriken metalin Fe olduğu belirlenmiştir. Fe ve Zn her mevsimde bütün dokularda belirlenirken, Cu sadece ilkbahar mevsiminde karaciğer dokusunda görülmüştür. Metallerin, karaciğer ve solungaçta kas dokusuna göre daha fazla biriktiği saptanmıştır.

Üçüncü vd (2010a) Dioktil adipat'ın (DOA, C₂₂H₄₂O₄) ekotoksikolojik etkilerinin belirlenmesi amacıyla 30 gün süreyle 0,75 ppm DOA ya maruz bırakılan *Labidochromis caeruleus* (sarı prenses) karaciğerlerindeki histopatolojik değişimleri gözlemişlerdir. DOA'ya maruz kalan balıkların karaciğerlerinde steatoz (yağlanma), bazı fibröz yapılar ve genişleyen nekrotik alanlar görülmüştür. Ayrıca sinüzoidlerde ve merkezi vende dilatasyon, poikilositoz ve kanama gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda DOA'nın *Labidochromis caeruleus* için hepatotoksik olduğu gösterilmiştir.

Üçüncü vd (2010b)), ikincil plastikleştirici olarak kullanılan Dioktil adipat (DOA) maruziyetinin *Labidochromis caeruleus*'un (sarı prenses) solungaçları üzerindeki birincil etkilerini 30 günlük deneme süresi sonunda incelemişlerdir. 0,75 ppm DOA uygulanan deneme grubundan alınan doku örnekleri, hiçbir uygulama yapılmayan ve 2,5 ppm aseton uygulanan kontrol grupları ile karşılaştırıldığında; hipertofi, ciddi ölçüde hiperplazi, anevrizma, ödem ve çarpıcı füzyon olarak ayırt edilen histopatolojik değişimler izlenmiştir.

Üstün (2010) Edremit Körfezi tekir balığı, *Mullus surmuletus* (L.) popülasyonunun biyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 2008 Eylül-2009 Temmuz ayları arasında Edremit Körfezi'nden temin edilen toplam 520 adet tekir balığı örneklerinin biyolojik özelliklerini incelemiştir. Araştırmada, tekir balığının boy, ağırlık, yaş, eşey dağılımları ve oranları, boy-yaş, ağırlık-yaş, boy-ağırlık ilişkisi, kondisyon faktörü, hepatosomatik indeks ve gonadosomatik indeks değerleri saptanmıştır. Bireylerin I-IV yaş grupları arasında dağılım gösterdikleri ve I ve II yaşındaki bireylerin popülasyonda dominant olduğu belirlenmiştir. Kondisyon faktörü, gonadosomatik indeks ve hepatosomatik indeks aylara göre hesaplanmıştır ve kondisyon faktörünün Nisan ve Mayıs aylarında en düşük değerini aldığı görülürken, gonadosomatik indeks değeri Nisan ayından itibaren yavaş yavaş artarak Temmuz ayında en yüksek seviyeye ulaştığı gözlemiştir. Hepatosomatik indeks değeri Şubat ayında 0,5577 ile en yüksek değere ulaşmıştır.

Jovanović *et al.* (2011) Nişava Nehri boyunca ağır metal birikimini belirlemek için iki farklı bölgeden tatlisu kefali (*Leisciscus cephalus*) örneklerini alarak karaciğerlerini incelemişlerdir. Karaciğerde 6 ağır metal (demir, kadmiyum, bakır, çinko, kurşun ve manganez) tespit edilmiştir. Elden edilen sonuçlara göre ağır metal konsantrasyonu düşük seviyede gözlemlenmiştir. Sadece kadmiyum konsantrasyonunun (0,5 mg kg⁻¹) normal değerden fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Önen vd (2011) 15 günlük periyotta %40'lık subletal dozlarda ham petrolün suda çözünen tarafına maruz kalan *Pelvicachromis pulcher*'in bağırsağı ile karaciğerindeki histopatolojik değişimler tespit etmişlerdir. İncelenen türlerin bağırsak dokularında lenfosit infiltrasyonu, ülserasyon, deskuamasyon ve nekroz bulunduğu kaydedilmiştir. Karaciğer dokusunda ise hemoraji, sinüzoidlerde genişleme, steatosis, ve hepatosellüler bozulmalar benzeri deformasyonlar belirlenmiştir.

Suiçmez *et al.* (2011) *Chondrostoma regium* örneklerini yaş ve büyüme durumlarının belirlenmesi amacıyla mart 2006-nisan 2007 tarihlerinde Almus Baraj Gölü (Tokat)'den örnekleme yapmışlardır. Toplanan bireylerin boy uzunlukları 13,7-28,1 cm ve ağırlıkları 19-240 gr arasında olduğu belirlenmiştir. Yakalanan örneklerin dişi-erkek oranı 1:0,66

olduğu tespit edilmiştir. Balıkların yaş sınıfları 1-6 yaş arasında değişerek, kondisyon faktörü değerleri 1.006 dolaylarında bulunmuştur.

Yılmaz *et al.* (2011) yksek konsantrasyonlarda kadmiyum sulfat hidrat ($3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) (CdSO_4)'a maruz bırakılan tatlısu kefalinin (*Leuciscus cephalus*) karaciğer ve solungaç dokularını incelemişler ve CdSO_4 verilen kefalın solungaçlarında sekonder lamellerinin epitel kısmında dejenerasyon, klorid epitel hcrelerinde ise nekroz ile hidropik dejenerasyon hasarları bulmuşlardır. Karaciğer dokusunda ise fazla miktarda hidropik dejenerasyonun yanı sıra nekroz yapıları tespit edilmiştir.

Abdel-Moneim *et al.* (2012) Suudi Arabistan'da üç farklı sulama kanalından *Oreochromis niloticus* türü balıkları yakalayıp solungaç ve karaciğerdeki histolojik değişiklikleri kaydetmişlerdir. Ayrıca bu bölgelerdeki su numunelerinde ağır metaller tespit etmişlerdir. Sonuçlara göre, tüm alanların farklı türde ağır metaller tarafından kirlendiğini göstermiş ve Cd ve Pb, çoğunlukla WHO referans değerlerinin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Balık örneklerinde solungaç filamentlerinde hücre çoğalması, lamellar hücre hiperplazisi, lamellar füzyon, solunum yolu epitelinin ayrılması ve anevrizma alanlarının varlığı gözlenmiştir. Karaciğerde hepatositlerin vaküolizasyonu, sinüzoidal konjesyon, parankim dokusunun nekrozu, nükleer piknosis, eozinofilik hepatoselüler dejenerasyon, pigment birikimi, melanomakafaj merkezlerinin sayısı ve büyüklüğünde artış gözlenmiştir.

Hadi and Alwan (2012) tatlı su balığı olan *Tilapia zilli*' yi 96 saat boyunca asidik ortamda (pH 6.0) üç farklı alüminyum (Al) (25, 50 ve 100 $\mu\text{g/L}$) seviyesine maruz bırakarak solungaç, karaciğer ve böbrek histopatolojilerine bakmışlardır. Kontrol grubunda normal dokular gözlenirken, değişen alüminyum konsantrasyonuna bağlı olarak solungaç, böbrek ve karaciğer dokularında artan histopatolojik hasarların olduğu bildirilmiştir.

Jalaludeen *et al.* (2012) laboratuarda ağır metal olan kadmiyum sulfatın (CdSO_4) *Tilapia mossambica*'nın solungaç, karaciğer ve böbrek üzerindeki etkileri üzerine bir

araştırma gerçekleştirilmişlerdir. Altmış balık 20 günlük bir süre zarfında kadmiyum sülfatın subletal konsantrasyonlarına (0,084 mg / l) sürekli maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlarda solungaç, karaciğer ve böbrekte bozulma derecesinin maruz kalma süreleri ile orantılı olduğu ve ağır metal konsantrasyonunun doz ve zamana bağlı olduğu ortaya konmuştur.

Sönmez vd (2012) Karasu Nehri'nden seçilen 5 istasyondan 12 ay boyunca alınan su örneklerinde Bakır (Cu), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd) ve Demir (Fe) seviyelerini araştırmışlardır. Elde edilen ağır metal verilerine göre istasyonlar arasında tüm ağır metallerin değişimlerinde önemli derecede farklılıklar gözlenmiştir ($p<0,01$). Aylara göre ağır metallerin değişimleri incelendiğinde örnekleme noktalarından elde edilen verilerin istatistiki olarak önemli ölçüde değişmediği tespit edilmiştir ($p>0,05$). Ancak, aylar ve istasyonlar interaksyonu istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Irmağın önemli ölçüde kirliliğe maruz kaldığı tespit edilmiştir.

Yazıcı (2012) Erzurum Karasu Nehri ve onu besleyen iki kolu olan Serçeme Deresi ve Dumlu Deresi'nden yakalanan balıklarda (*Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*, *Gobius niger*, *Salmo trutta*) su kirliliğinin genotoksik etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonunda eritrositlerde mikroçekirdek, böbrek şekilli çekirdek, çentikli çekirdek, çift çekirdek, loplu çekirdek, tomurcuklu çekirdek anormallikleri; solungaç epitel hücrelerinde ve hepatositlerde ise mikroçekirdek oluşumu tespit edilmiştir.

Sönmez *et al.* (2012) Karasu Nehri'nin üç istasyonundan toplanan iki balık türünün *Capoeta capoeta umbla* ve *Chalcalburnus mosulensis*, dokularında (kas, karaciğer ve solungaçlar) kadmiyum (Cd), bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) seviyelerine bakmışlardır. Karaciğer ve solungaçta daha fazla metal birikimi görülürken, kas dokularında en düşük metal birikimi tespit edilmiştir. Bu bulgular ulusal ve uluslararası gıda standartlarıyla karşılaştırılmış ve Pb ve Cd konsantrasyonları tüm dokularda standartların belirlediği seviyenin üzerinde belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu bölgedeki incelenen iki balık türünün aşırı tüketiminin bir kamu sağlığı riski

oluşturabileceği düşünülmüştür.

Alkan *et al.* (2013) ticari olarak ve Karadeniz'deki ekosistemler için önemli olan pelajik balık türlerinden *Trachurus mediterraneus*, *Engraulis encrasicolus ponticus* ve *Sprattus sprattus*'un kas, solungaç ve gonadlarında arsenik (As), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), bakır (Cu), manganez (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Metaller, indüktif çift plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak belirlenmiştir. As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb ve Zn metallerinin en yüksek konsantrasyonu *E. encrasicolus ponticus*'da gözlenirken, *T. Mediterraneus*'ta en yüksek Ni konsantrasyonu ve *S. sprattus*'ta Mn metali en yüksek düzeyde bulunmuştur. Sonuç olarak üç tür için sırasıyla *T. mediterraneus*, *E. encrasicolus ponticus* ve *S. sprattus*'un dokularındaki ortalama metal konsantrasyonları sırasıyla solungaç> gonad> kas, gonad> solungaç> kas ve solungaç> gonad> kas dokularında görülmüştür. Balık türlerinin kas dokularındaki Cd konsantrasyonları, insan tüketimi için kabul edilebilir maksimum konsantrasyonun üzerinde olduğu gözlenmiştir.

Abdel-Moneim (2013) Suudi Arabistan'ın Al-Asfar Gölünde insan faaliyetleri yoluyla salınan kirleticilerden kaynaklanan kirlenmenin *Oreochromis niloticus* (Nil tilapyası) türüne etkilerini araştırmıştır. Göl suyunda Ni, Fe, Zn, Co, Ba, Pb ve Cd gibi ağır metaller uluslararası sınırları aştığını ve balık örneklerinin karaciğer dokularında, prenoplastik değişikliklerin (%50) yüksek prevalansta olması ve bir çeşit kolanjiyokarsinoma olduğu bulunmuştur.

Bervoets *et al.* (2013) 6 farklı lokasyondan üç tatlı su balık türünde kadmiyum, bakır ve çinko birikimi ve karaciğerinde metalotiyoinlerin (MT) indüksiyonunu araştırmışlardır. Her bir bölgede tür başına en fazla 10 birey toplanmış ve genel durum faktörü (K), hepatosomatik indeks (HSİ) ve gonadosomatik indeks (GSİ) analiz edilmiştir. Her balıktan karaciğer disekte edilerek Cd, Cu ve Zn ve MT içeriğine bakılmıştır. Hepatik Cd ve Zn seviyeleri genel olarak kirlilik gradyanını takip etmiş ve en yüksek düzeyler levrekte, bunları çamça balığı izlemiştir. Hepatik çinko birikimi ile MT seviyeleri arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

El-Kasheif *et al.* (2013) 2010-2011 yılları arasında iki farklı bölgenin (El-Rahawy drenajı ve El-Kanater drenajı) fiziko-kimyasal parametreleri ve ağır metaller (Cu, Fe, Pb, Cd, Mn ve Zn) konsantrasyonları mevsimsel olarak kaydetmişlerdir. *Clarias gariepinus* türünün böbrek ve dalağının histolojik değişiklikleri incelenmiş ve El-Rahawy drenajından toplanan *Clarias gariepinus*'un böbrekte ve dalakta birçok histopatolojik değişikliğe uğradığı fark edilmiştir. Böbrekte dejenerasyon, nekroz, kanama, melanomakrofaj merkezlerinin aktivasyonu, hiperplazi ve hemosideroz saptanmıştır.

Ibrahim *et al.* (2013) bazı fiziko-kimyasal parametreler ve ağır metal (Cu, Fe, Pb, Cd, Mn ve Zn) konsantrasyonlarını su ve Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus*) kaslarında mevsimsel olarak Nil Nehri'nden iki farklı lokaliteden toplayarak bakmışlardır. Aynı balık türlerinin kaslarındaki histolojik değişiklikler değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre El-Rahawy drenajından toplanan örneklerin su ve kaslarındaki amonyak, nitrit, nitrat ve ağır metal seviyelerinde artış olduğunu görülmüştür. El-Rahawy drenajından toplanan *C. gariepinus* balıklarının kaslarında yüksek düzeyde kül ve su içeriği ve daha düşük total protein ve total lipid içeriği göstermiştir. Yine bu balıkların kaslarındaki çeşitli histopatolojik değişiklikler ve bazı parazit kistleri de görülmüştür.

Naeemi *et al.* (2013) linear alkilbenzen sulfonat (LAS)'ın *Rutilus frisii kutum*'un solungaç, karaciğer ve böbrek dokuları üzerindeki histopatolojik etkilerini incelemişlerdir. Balık kısa aralıklarla (192 saat) üç subletal anyonik deterjan LAS'a maruz bırakılmıştır. Maruziyetten sonra balıkların solungaç, karaciğer ve böbrek örnekleri toplanmış ve lezyonlar ışık mikroskobu ile analiz edilmiştir. Solungaçlara ait histolojik değişiklikler ödem, lamella füzyonu ve lamellar anorizmdir. Böbrekte interstisyel hematopoietik dokunun azalması, boru şeklinde büzülme, böbrek renal tübülün epitel hücrelerinde dejenerasyon ve nekroz gibi bazı değişiklikler gözlenmiştir. Karaciğer dokusunda hepatosit dejenerasyon, tıkanıklık sinusoid dilatasyon görülmüştür. LAS'ın sublethal konsantrasyonunun, *R. frisii kutum*' da solunum yolları, böbrekler ve karaciğerdeki değişiklikleri etkileyebileceği ve bu organların balıkların sağlıklarına zarar verecek şekilde arızalanmasına yol açacağı kanaatine varılmıştır.

Sadekarpawar and Parikh (2013) tatlısu balıklarından *Oreochromis mossambicus* üzerinde bitki besin maddesi olan LibrelTM'nin toksisitesini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Balıklar 45 gün boyunca subletal konsantrasyona (250 mg L⁻¹) maruz bırakılmış ve süre sonunda kondisyon faktörü, gonadosomatik indeks (GSİ), hepatosomatik indeks (HSİ) ve üreme özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu madde gonadlar ve karaciğerin ağırlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmuştur. GSİ ve HSİ değişiklikleri, karaciğer, yumurtalık ve testiste histopatolojik değişikliklere sebep olmuştur.

Yazıcıoğlu vd (2013) Ladik Gölü'nden yakalanan 155 tane *Carassius gibelio* balığının kondisyon faktörü değerleri, boy-ağırlık ve boy-boy ilişkilerini incelemiştir. Bireylerin çatal boy uzunlukları 13,4-26,5 cm olup ağırlıkları 58-550 gr olarak ölçülmüştür. Kondisyon faktörü bireylerde genel olarak 2,201-3,238 değerleri arasında bulunmuştur. Tüm bireylerde ortalama kondisyon faktörü 2,676 olduğu tespit edilmiştir. Bireylerin total, standart ve çatal boyları arasında kuvvetli ilişkiler olduğu belirlenmiştir.

Gül *et al.* (2014) Emet Nehri'ndeki kirliliği belirlemek için nehir suyunun fiziko-kimyasal su parametreleri ve bu nehirde yaşayan *Barbus plebejus* türü balıkların histopatolojik ve hematolojik durumlarını araştırmışlardır. Solungaçlarda belirlenen bronşit, telenjiektazi, epitelde ayrılma ve pasif hiperemi; karaciğerlerde fokal hepatit, vena centralis, hidropik ve vakuoler dejenerasyon; böbrek dokusunda kanama ve enterit tespit edilen histopatolojik anormalliklerdir. Emet Nehri'nin bazı su parametrelerinin artan değerleri balık dokularını etkilediği saptanmıştır.

Jarapala *et al.* (2014) Hyderabad and Secunderabad şehirlerinden farklı tatlı sularda yakaladıkları balıklarda ağır metal seviyelerini ICP-MS yöntemi ile araştırmışlardır. *Cyprinus carpio* ve *Masto symbolon* türlerinde 0,24-1,68 mg/kg krom, *Labeo rohita* ve *Masto symbolon* türlerinde 0,20-7,52 mg/kg mangan, *Rastrelliger kanagurta* ve *Pampus argenteus* türlerinde 0,006-0,07 mg/kg kobalt, *Labeo rohita* ve *Penaeus monodon* türlerinde 0,31 ile 2,24 mg/kg bakır, *Cyprinus carpio* ve *Macrobrachium*

rosenbergii türlerinde 3,25-14,56 mg/kg for çinko ve *Rastrelliger kanagurta* ve *Pampus argenteus* türlerinde 0,01 ile 2,05 mg/kg selenyum tespit edilmiştir.

Saylar and Yılmaz (2014) Ladik Gölü'nden toplanan 164 tane kababurun balığının (*Chondrostoma regium*) yaş-eşey durumu, boy ile ağırlık dağılımları, yaş, boy, ağırlık ilişkilerine ek olarak kondisyon faktörünü de incelemiştir. Balık pulları alınarak yaş tayini yapılmış, yaş sınıfının II ile V arasında olduğu belirlenmiştir. Bireylerin total boy uzunlukları 16,5-25,4 cm ve ağırlıkları 40,04-192,42 gr arasında ölçülmüştür. Eşey oranları da (Dişi/Erkek) 1:0,29 olduğu görülmüştür.

Sreenivasa *et al.* (2014) Hindistan'da beniz balıklarındaki ağır metal birkimini ICP-MS yöntemi ile tespit etmişlerdir. *Lates calcarifer* ve *Mugil cephalous* türlerinde 61-153 µg/kg nikel, *Rama chandramara* ve *Scoliodon sorrakowah* türlerinde 28-4770µg/kg arsenik, *Lates calcarifer* türünde 3-13 µg/kg kadmiyum, *Katsuwonus pelamis* ve *Mugil curema* türlerinde 17-703 µg/kg kurşun tespit edilmiştir. Sonuç olarak arsenik hariç diğer ağır metal seviyelerinin WHO/FAO değerlerine uygun olduğu gözlenmiştir.

Topal vd (2014) kadmiyumun beyin dokularında meydana getirdiği histopatolojik değişiklikleri incelemek için alabalıklara 7 gün boyunca kadmiyum (2 ppm) maruziyeti yaparak balıkların beyin dokularında histopatolojik inceleme yapmışlardır. Kadmiyumun balıkların beyin dokularında ödem ve nöronal değişiklikler gibi histopatolojik hasarlara sebep olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak nörotoksik yaralanmanın balıklarda davranışsal değişikliklere sebep olabileceği saptanmıştır.

Dopeikar *et al.* (2015) Semirom Nehri'nde (İran) yaşayan *Barbus lacerta*'nın GSI değerini her iki cinsiyet için Nisan ayında en yüksek değerde olduğunu, balıkların yumurtlama periyodu Mart ayının sonlarından itibaren ağustos ayına kadar yükselirken, Nisan ayında zirveye ulaştığını tespit etmişlerdir.

Hamzaoğlu *et al.* (2015) 2011-2012 yılları arasında Marmara Bölgesi'nin Darlık Barajı'ndan toplanan *Alburnus istanbulensis* türün toplanan 317 bireyini

incelemişlerdir. En yüksek GSİ değerleri, Haziran ayının başında, dişilerde $13,07 \pm 1,63$ erkeklerde ise $6,95 \pm 1,28$ olarak görülmüştür. En düşük GSİ değeri dişilerde Ağustos ayında ($1 \pm 0,33$) görülürken, erkeklerde ise Eylül ayında ($1,05 \pm 0,21$) gözlenmiştir. Histolojik bulgular, makroskopik gözlemler ve GSİ değerleri ile karşılaştırılarak dişilerde 5 erkeklerde 4 gelişim evresi saptanmıştır. Bu bulgular *A.istanbulensis*'in Haziran ayında yumurta döktüğünü ortaya çıkarmıştır.

Şişman *et al.* (2015) Karasu Nehri'nde metallerle kirlenmiş ve kirlenmemiş bölgelerinde yaşayan ova kurbağalarındaki (*Pelophylax ridibundus*) genotoksik etkileri araştırmışlardır. Kirliliği tespit etmek için nehrin yüzey suyu örneklerinde ağır metallerin konsantrasyonları ölçülmüştür. Kurbağalarda genotoksisite mikro çekirdek (MÇ) ve diğer çekirdek anormalliklerinin (ÇA) oluşumuna bakılarak tespit edilmiştir. MÇ ve böbrek şekilli çekirdek, çentikli çekirdek ve loplu çekirdek gibi diğer ÇA oluşumları kurbağaların eritrositleri kullanılarak belirlenmiştir. Kirlenmiş bölge kurbağalarının kanlarında MÇ ve ÇA frekansı temiz bölge kurbağalarına göre önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Bu artış ile nehrin kirlenmiş olma durumu arasında kuvvetli ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Yazıcı ve Şişman (2015) toksik metallerin nehrin kirlenmiş alanı ve kirlenmemiş referans alandan yakalanan *Barbus plebejus* türleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Nehirden alınan yüzey suyundaki bazı ağır metallerin (Cd, Al, As, Pb, Cu, Mn, Cr) konsantrasyonları ölçülmüştür. Balık sağlığı için bir belirteç olan kondisyon faktörü (KF) hesaplanmıştır. *Barbus plebejus*'ta mikroçekirdek ve diğer çekirdek anormalliklerinin varlığına bakılmıştır. Bu türün kan dokusunda eritrositlerde, solungaçlarındaki epitel hücrelerinde ile karaciğer hücrelerinde mikroçekirdek, böbrek şekilli çekirdek, çentikli çekirdek, çift çekirdek, loplu çekirdek ve tomurcuklu çekirdek gibi çekirdek anormallikleri bulunmuştur. Kirlenmiş alan ve temiz referans alanı kıyaslanışında, mikroçekirdek ve çekirdek anormallikleri frekansında kirlenmiş alanda yaşayanlarda artışın olduğu, kondisyon faktöründe değiştiği görülmüştür. Ağır metal miktarındaki artışın genotoksik etkiye neden olduğu ve bu toksisitenin evsel, tarımsal ve endüstriyel atıkların nehre deşarjı ile oluşabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaur and Dua (2016) Amritsar, Hindistan'da belediye atık sularından toplanan *Labeo rohita*'da atık sularının sublethal konsantrasyonlarının (% 35.4,% 26.6 ve% 17.7) böbrek histopatolojisi üzerine etkisini incelemişlerdir. Buna göre böbrek tübüllerinde nükleer ve hücrel hipertrofi, sitoplazmik vakulizasyon, daralma (Evre I), hiyal damlacık dejenerasyonu, tübüler lümenin tıkanması (evre II) ve boru biçiminde nekroz (evre III) gözlenmiştir.

Morina *et al.* (2016) Nehir tortuları, su ürünleri besin ağlarında önemli bir metal kirliliği kaynağı olduğunu ispat ettikleri çalışmalarında metal birikiminin biyoindikatörü olarak balıkların kullanılıp kullanılmayacağını anlamak için Tuna Havzasında yaygın olarak yaşayan bir cyprinid türü olan *Barbus barbus*'un dokularındaki metal içeriğini analiz etmişlerdir. Bu türün kas, bağırsak ve karaciğer dokularında 15 elementin (Al, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr ve Zn) konsantrasyonlarını analizi yapılmıştır. Sediment analizinde Cu, Ni ve Zn metalleri normalin üzerinde tespit edilmiştir. Burada yaşayan balıkların karaciğer ve bağırsaklarında en yüksek Cu ve Ni metalleri kas dokusunda ise Zn metali yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir.

Japamalai (2017) tatlı su balığı *Labeo rohita* üzerindeki etkisini incelemek üzere bir organofosfat olan Diklorvos'un subletal derişimine maruz bırakılmışlar ve. solungaçta nekroz, vakuoler dejenerasyon füzyonu ve primer atrofi gibi değişiklikleri tespit etmişlerdir.

Pehlivan (2017) Kocasu Deltası'nda ağır metal birikimini, kirliliğinin boyutlarını araştırmıştır. Analiz sonuçlarına göre Cr, Ni ve Pb elementleri dışındaki metallerin ortalama konsantrasyon değerleri standart değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanı genelindeki ağır metal ortalama birikim düzeyleri Ni>Pb>Cr>Zn>Sb>Fe>V>Mn>Cu>Zr>As>Cd şeklinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte farklı karakteristiklere sahip birçok endüstriyel arıtılmamış atıksu deşarjı, evsel atıksular, katı atık ve hayvansal gübre depolama alanları, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitler ile madencilik faaliyetleri havzada yer alan başlıca noktasal kirlilik kaynakları olup bu çalışmada az-orta derecede

zenginleşme/kirlenme sunan Cr, Ni ve Pb elementlerinin olası kaynakları arasında olduğu tespit edilmiştir.

Yandi *et al.* (2017) çalışmalarında inşaat malzemeleri atıkları ile kontamine olmuş su ortamında yaşayan farklı balıkların solungaç durumlarını incelemiştir. Analiz edilen solungaçlarda en yaygın patolojiler hiperplazi ve lamellar apozisyon olduğu görülmüştür. Bununla birlikte solungaçlarda ciddi komplikasyon göstergesi olarak bol miktarda nekrotik hücrelerin varlığı gözlenmiştir. Netice olarak, doğal yaşam alanlarında olan çok sayıda solungaç patolojisi nedeniyle inşaat atıklarının kontaminasyonunun büyük balık ölümüne neden olabileceğini görülmüştür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Sucul çevrenin kirliliği giderek artmakta ve kirliliğe sebep olan faktörler bu ortamda yaşayan türler arasında özellikle balıkları etkilemektedir. Bu çalışmada kirlilikten etkilenebilecek olan bazı balıklar birçok parametre yönünden incelenmiş ve Karasu Nehri'ndeki populasyon durumu hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmamız kapsamında nehrin dört farklı noktasından 2015-2016 yılları arasında iki farklı balık türü yakalanmış ve bu türlerin biyo-ekolojik, toksikolojik, histolojik açıdan araştırılması yapılmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma bölgesi

Karasu Nehri Fırat Nehri'nin önemli bir kolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin en önemli nehirlerinden biridir. Fakat günümüzde nehir, bazı bölümlerine şehir kanalizasyon sularının; mezbaha atıklarının; yağ, şeker ve çimento fabrika atık sularının verilmesi sonucu ciddi olarak kirlenmektedir (ÇDR 2016).

Araştırmada sucul kirlilik durumları göz önüne alınarak dört istasyon seçilmiştir. İstasyonlar sanayi ve kanalizasyon atıklarının nehre yoğun olarak döküldüğü en kirli alanlar (İlk istasyon: Aşkale ilçesinin Bayburt çıkışı 59.km.sinde Çimento fabrikası dinlenme havuzu çıkışı; İkinci istasyon: Erzurum-Erzincan yolunun 53.km.si Çimento fabrikası dinlenme havuzu girişi) ile buralara göre nispeten daha az kirli olduğu (Üçüncü istasyon: Erzurum-Erzincan yolunun 15.km.si Şeker fabrikası çıkışı; Dördüncü istasyon: olarak Erzurum-Artvin yolunun 25.km.si Dumlu Deresi Gökçeyamaç köyü girişi) düşünülen alanlar göz önüne alınarak seçilmiştir.

Her istasyondan Mayıs-Ekim 2015 ve Mayıs-Ekim 2016 tarihleri arasında her ay düzenli olarak balık, su ve sediment numuneleri alınmıştır. Çalışmada örnekleme yapıldığı istasyonlara ait bilgiler, istasyonların resimleri ve genel olarak istasyonların uydu görüntüleri Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan balıkların yakalandığı istasyon noktaları:

1. İstasyon: Erzurum-Bayburt Yolu 59.5 km. Rakım: 1720 m.

Koordinatlar: 39°56'15.1"N 40°37'25.9"E



Şekil 3.1. Aşkale Çimento Fabrikası önündeki dinlenme havuzunun çıkışı

2. İstasyon: Erzurum-Erzincan Yolu 53.4 km. Rakım: 1720 m.

Koordinatlar: 39°54'52.7"N 40°40'29.4"E



Şekil 3.2. Aşkale Çimento Fabrikası önündeki dinlenme havuzunun girişi

3. İstasyon: Erzurum-Erzincan Yolu 15.4 km. Rakım: 1760 m.

Koordinatlar: 39°57'10.6"N 41°04'15.2"E



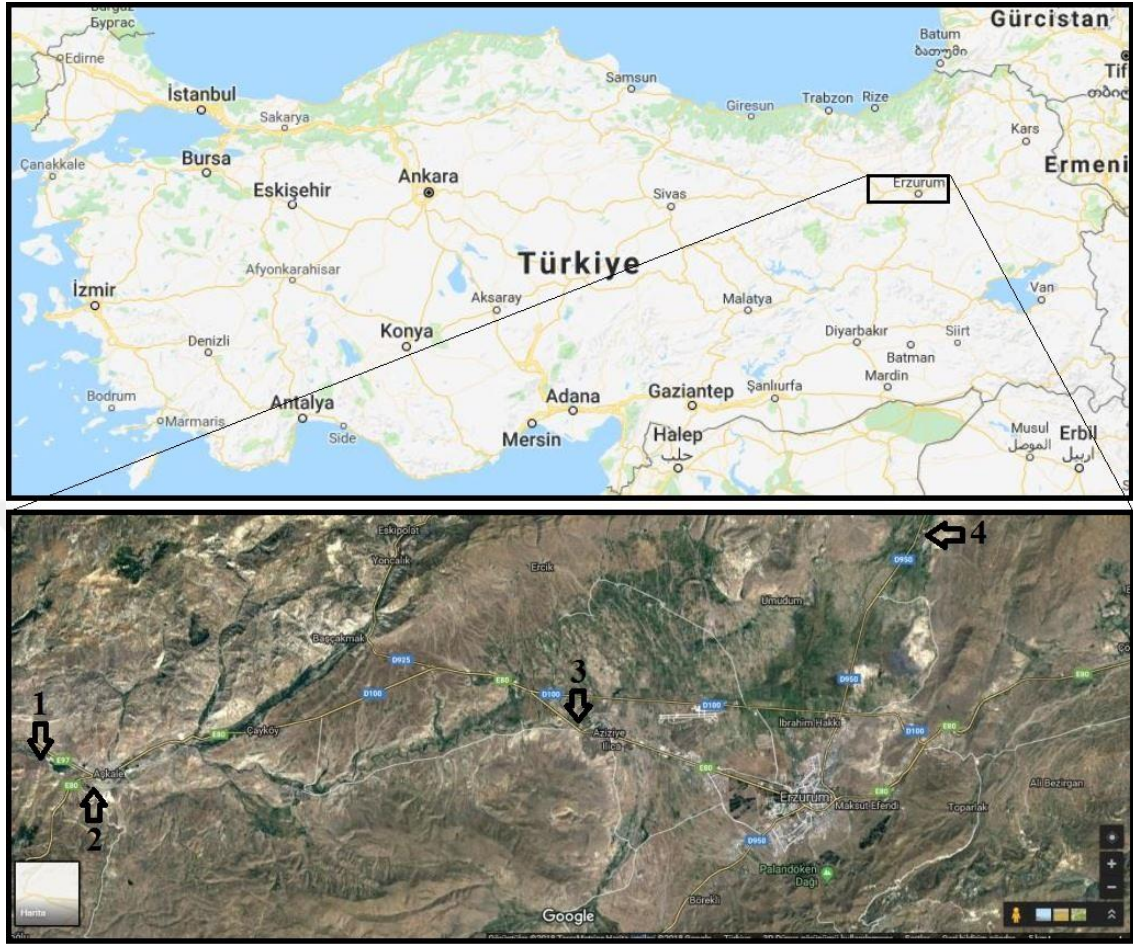
Şekil 3.3. Şeker Fabrikası çıkışı

4. İstasyon: Erzurum-Artvin Yolu. 25.5 km. Rakım: 1820 m.

Koordinatlar: 40°05'36.1"N 41°22'49.0"E



Şekil 3.4. Gökçeyamaç Köyü girişi, Dumlu deresi



Şekil 3.5. Tüm istasyonların genel uydu görüntüsü

3.1.2. İncelenen balık türleri

Çalışma kapsamında tüm istasyonlardan toplanan Cyprinidae familyasına ait *Chondrostoma regium* (Şekil 3.6) ve *Barbus lacerta* (Şekil 3.7) türleri incelenmiştir. Bunun için gerekli izinler olan Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan Etik Kurulu İzni (Ek 1), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'ndan Araştırma İzni (Ek 2), Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan Araştırma İzni (Ek 3) çalışma başlamadan önce ilgili yerlere müracaat edilerek alınmıştır. Çalışmada yakalanan örnekler Atatürk Üniversitesi Hayvan Fizyolojisi ve Histolojisi Laboratuvarı'nda incelenerek, balıkların fotoğflanmasında Nikon 350D dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır.

İncelenen balık örnekleri serpme ağlar ile 2015 ve 2016 yıllarının mayıs ayından ekim ayına kadar aylık olarak yakalanmıştır. Çalışma boyunca Karasu Nehri'nden 129 tane (%48,86) *Barbus lacerta* (Kura bıyıklı balığı), 135 tane de (%51,14) *Chondrostoma regium* (Kababurun balığı), toplamda 100 adet ♀ (%37,88), 164 adet ♂ (%62,12) olmak üzere toplam 264 örnek yakalanmıştır.



Şekil 3.6. *Chondrostoma regium* (Kababurun balığı)



Şekil 3.7. *Barbus lacerta* (Kura bıyıklı balığı)

3.1.3. Çalışmada kullanılan cihaz ve kimyasallar

Çalışma süresince Çizelge 3.1'de bilgileri verilen cihazlar kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan cihazlara ait bilgiler

Adı	Markası
Kamera Ataçmanlı Işık Mikroskobu	Leica Dm750
Mikrotom	Leica EG 1160
Parafin Blok Dökücü	Leica RM 2265
Spektrofotometre	Beckman
Dijital Fotoğraf Makinası	Canon DM500
Saf Su Cihazı	Easypure RF
Etüv	Heraeus FB 420
Su Banyosu	Nüve BM 101
pH Metre	Handylab-2BNC
Santrifüj	Heraeus 4600
Hassas Terazî	Sartorius AG
Otomatik Pipet	Finpipette Labsystems

Histopatolojik çalışmalarda kullanılan kimyasallar ise formaldehit, ksilol, asetik asit, bouin, hematoksilen, potasyum fosfat, potasyum amonyum sülfat, hidroklorik asit, alüminyum potasyum sülfat (şap), jelatin, parafin, etanol, buffer tamponu, peryodik asit kiti, entellan, merkürük oksit, benzokain ve metanol. Mikronükleus çalışmaları için Giemsa, Buffer Solüsyonu, Etanol, Asetik asit ve Metanol. Biyokimyasal çalışmalar için TAS ve TOS kitleri kullanılmıştır. Kimyasallar Sigma® ve Merck® firmalarından ve TAS-TOS kitleri Rel Assay Diagnostic® firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Su ve sediment analizi

Nehrin kimyasal özelliklerini incelemek için aylık olarak belirtilen istasyonlardan su ve sediment örnekleri polietilen kaplara alınmış ve etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir.

Su ve sediment örneklerinde ağır element analizi Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Prof. Dr. h.c Wolf Weyrich Yüksek Enerji Spektrometresi Araştırma Laboratuvarı'nda EDXRF Spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Su ve sediment numuneleri ²⁴¹Am radyoaktif kaynağından (5 Ci) yayılan 59,5 keV'lik fotonlar ile

uyarılmıştır. Numunelerden yayımlanan karakteristik X-ışınları bir HPGe detektör ile ölçülmüştür.

Kullanılan deney geometrisinde numune, kaynak ve detektör aynı düzlem üzerinde olup ²⁴¹Am radyoaktif kaynağında kaynak ve numune arası mesafe, EDXRF Spektrometresi içerisinde X-ışınlarının en şiddetli ölçüldüğü konum, dokuz ayrı konumda ölçümler yapılarak belirlendikten sonra en uygun numune konumu 5,5 mm olarak belirlenmiştir. 12 cc ağırlıkta su konulan ve spektrometrede 5,5 mm uzaklığa yerleştirilen her bir su numunesi 3 saat boyunca EDXRF Spektrometresi ile ölçülmüştür. Sediment numuneleri etüvde 80°C’de 36 saat bekletilerek kurutulduktan sonra benzer biçimde ölçülmüştür. Her bir örneğin element konsantrasyonu WinQXAS programı ile belirlenmiştir.

3.2.2. Dokuda ağır metal analizi

Ağır metal analizi için her bir balığın karaciğer ve kas dokularından 0,5 gr yaş doku örneği alınıp 2 gün boyunca 100°C’de etüvde kurutulmuştur. Kurutulan dokuların ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra örneklere 5 ml nitrik asit ilave edilerek 70°C’de 2 saat hot-plate üzerinde çeker ocak altında yakma yapılmıştır. Örnekler homojen bir şekilde yakılıp soğutulduktan sonra saf su ile 20 ml’ye tamamlanmıştır (Hoyle *et al.* 2007). Seyreltilen örnekler 45µ’luk şırınga filtreden geçirilerek süzme işlemi yapılmış ve dokulardaki Be, Al, P, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, La, Hg ve Pb okumaları Doğu Anadolu İleri teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde (DAYTAM) bulunan ICP-MS cihazında hizmet alımı yapılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Biyoekolojik analizler

Balıkların total, çatal ve standart boyları ± 1 mm hassasiyetle ölçülmüş, ağırlıkları $\pm 0,01$ gr hassasiyetle tartılmıştır. Eşey tayini üreme döneminde erkek balıkların baş bölgesindeki siğiller gözlenerek morfolojik olarak yapılmıştır.

3.2.3.a. Cinsiyet tayini

Cinsiyet tayini balıkların morfolojik görünümü ile yapılmış ve gonadların durumu ile kesinleştirilerek kayıtları tutulmuştur. Yakalanan balıkların karın bölgeleri diseksiyon makası yardımıyla açılarak, gonadların morfolojik olarak gözlenmesiyle cinsiyetler saptanmıştır. Süt beyazı, yüzeyi düzgün olan gonadlar testis, yüzeyi granüler yapıda, olgunluk durumuna göre renkleri sarımsı olanlar ovaryum olarak değerlendirilmiştir (Karataş vd 2005).

3.2.3.b. Yaş tayini

Kemikli balıklardan olan *B. lacerta* ve *C. regium*'un yaşlarını hesaplamak için pulları kullanılmıştır. Pul örnekleri göğüs yüzgeci ile sırt yüzgeci arasındaki alanda sivri uçlu cımbız ile alınmıştır. Yaş tayini hiyalin ve opak halkaların toplamlarının ikiye bölünmesiyle yapılmıştır. Pullar ılık su ile temizlenerek daha sonra su ile yıkanmıştır. Temiz pullar kurutma kağıdı ile kurutulduktan sonra lam üzerine alınarak preperat haline getirilmiş, mikroskop yardımıyla halka okumaları yapılmıştır (Türkmen vd 2005).

3.2.3.c. Sistematik ve anatomik analizler

Her bir balığın total, çatal ve standart boyu, total ve boş vücut ağırlığı, karaciğer ve gonad ağırlığı, bağırsak uzunluğu belirlenerek kayıtları tutulmuştur. Balıklarda uzunluklar $\pm 0,1$ cm hassasiyetle ölçülmüş, ağırlıklar ise $\pm 0,01$ gram hassasiyetteki elektronik tartıyla tartılmıştır. Sistematik analizler için her bir balıkta baş boyu ve yüksekliği, vücut yüksekliği, kuyruk sapı uzunluğu ve yüksekliği, göz çapı, üst ve alt çene uzunluğu, dorsal yüzgeç yüksekliği ve kaide uzunluğu, anal yüzgeç yüksekliği ve kaide uzunluğu, kuyruk, pektoral ve ventral yüzgeç uzunluğu, pektoral-ventral mesafe, ventral-anal mesafe gibi metrik karakter hesaplanmıştır. Ayrıca dorsal, anal, pektoral, ventral yüzgeç dallı ve basit ışını, yan çizgi pulu, solungaç diki, farinks dişi gibi

meristik karakterleri sayılmıştır. Organ anatomilerinin incelenmesi için diseksiyonla balıkların içleri açılmıştır.

3.2.4. Morfometrik analizler

3.2.4.a. Bağırsak indeksi tespiti

Her bir balık sindirim sisteminin uzunluğu Zamboni fiksatifinde 4 °C'de 24 saat tespit ile izlenerek ölçülmüştür. Bağırsak indeks katsayısı (Bİ: İntestinal Cofficient), bağırsak boyunun balığın tüm vücut uzunluğuna oranı olup balıklarda yaş, vücut gelişim derecesi ve beslenme alışkanlığı ile ilişkili olarak bireysel ve spesifik varyasyonların belirlenmesini sağlar (Ni and Hong 1963).

Bağırsak İndeksi (Bİ)= (Bağırsak boyu (cm))/Total balık boyu (cm)) formülüyle hesaplanmıştır. Çıkan sonuç Ward-Campbell *et al.* (2005)'in kriterlerine göre değerlendirilerek balığın beslenme tipi belirlenmiştir.

3.2.4.b. Gonadosomatik indeks tespiti

Gonadosomatik indeks (GSİ), balığın gonad ağırlığının vücut ağırlığına oranı olarak ifade edilmektedir ve balıklarda gonadal gelişimin belirlenmesinde kullanılır. GSİ hesaplamak için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır;

Gonadosomatik indeks (GSİ)= (Gonad ağırlığı(gr)/Total vücut ağırlığı)×100 formülüyle hesaplanmıştır.

3.2.4.c. Hepatosomatik indeks tespiti

Hepatosomatik indeks (HSİ) balığın karaciğer ağırlığının yine vücut ağırlığına oranı olarak ifade edilir ve balığın sağlık durumu ve suyun kalitesi hakkında bilgi sağlar.

Herhangi bir dış anormallik, dış parazit ya da yaralanmanın olup olmadığını belirlemek için her balık makroskopik olarak muayene yapıldıktan sonra balık sırt yüzgecinden kesilerek sakrifiye edilip ve karaciğeri çıkarılmıştır. Ölçümler alınarak, sonraki aşamada hepatosomatik indeks değerini hesaplamak için aşağıdaki işlem yapılmıştır (Van Dyk *et al.* 2012).

Hepatosomatik indeks (HSİ)= (Karaciğer ağırlığı/Total vücut ağırlığı)×100 formülüyle hesaplanmıştır.

3.2.4.d. Kondisyon faktörü tespiti

Kondisyon faktörü (KF) balıklarda gonadal gelişim periyodunun tespiti ve bir türün beslenme durumu hususunda dolaylı bilgi verir. Kondisyon faktörünün genellikle 1 veya 1'e yakın olması beklenir (Bostancı vd 2007; Korkut vd 2007; Akhan vd 2010).

Kondisyon faktörünü hesaplayabilmek için balığın iç organları dahil toplam vücut ağırlığı balığın çatal boyunun küpüne oranlanması ile hesaplanmıştır. (Çetinkaya vd 2005)'e göre KF hesaplanması aşağıdaki gibi yapılır;

Kondisyon Faktörü (KF)= [Balığın total vücut ağırlığı (gr)/Çatal boy (cm))³] ×100 formülüyle hesaplanmıştır.

3.2.5. Biyokimyasal analizler

Balıkların kuyruklarından yeterli miktarda kan alabilmek için balık başı yukarıda ve kuyruğu aşağıda olacak şekilde tutulup keskin bir bıçak ile kuyruk tek darbeye kesilmiş ve dorsal aorttan akmakta olan kan normal plastik tüplere direkt olarak alınmıştır. Balıktan kan alma işlemi en fazla 45 saniyede tamamlanmıştır.

İncelenen balıkların kan dokuları biyokimyasal analiz için kullanılmıştır. Örnekler santrifüj tüpüne alınarak 13000 rpm’de 2 saat 4°C’de santrifüjlenmiştir. Alınan 1 ml’lik süpernatant oksidatif düzeyi gösteren önemli ve kapsamlı iki farklı parametre olan Toplam Antioksidan Seviye (TAS) ve Toplam Oksidatif Seviye (TOS) spektrofometrik yöntemle araştırılmıştır.

3.2.5.a. Toplam antioksidan seviye (TAS)

Bu yöntem 2-2’-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6-sülfonat = ABTS+) radikal kationunun oluşumunu inhibe edecek antioksidan kapasitenin tespitini temel almaktadır. Tespit işleminde Rel Assay Diagnostic (Türkiye) tarafından üretilen TAS (total antioxidant status) ticari kitleri kullanılmıştır (Erel 2004a).

Kit Bileşenleri;

- Reaktif 1 Solüsyonu: 50 ml
- Reaktif 2 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 1 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 2 Solüsyonu: 10 ml

30 µl plazma örneğinin bulunduğu kuvartz küvete 500 µl Reaktif 1 solüsyonundan ilave edilerek 660 nm’de ilk absorbansı okunmuştur. Daha sonra aynı küvete 75 µl Reaktif 2 solüsyonundan eklenerek oda sıcaklığında 10 dk. bekletilmiştir. Bekleme sonunda 660 nm’de ikinci kez absorbansı okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri ve aşağıdaki formül kullanılarak TAS düzeyleri mmol Trolox Equiv./L cinsinden tespit edilmiştir. TAS (mmol Trolox Equiv./L) = [[(ΔStandart 1’in değeri) - (ΔÖrneğin değeri)] / [(ΔStandart 1’in değeri) – (ΔStandart 2’nin absorbansı)]] x 20

3.2.5.b. Toplam oksidant seviye (TOS)

TOS (Total Oksidan Status) tespit yöntemi ise; demir iyonlarının asidik ortamlarda kromojen ile oluşturduğu renkli komplekslerin spektrofotometrik ölçümünü esas almaktadır. Tespit işleminde Rel Assay Diagnostic (Türkiye) tarafından üretilen Total Oxidant Status (TOS) ticari kitleri kullanılmıştır (Erel 2005).

Kit Bileşenleri;

- Reaktif 1 Solüsyonu: 50 ml
- Reaktif 2 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 1 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 2 Solüsyonu: 10 ml

75 µl plazma örneğinin bulunduğu kuvartz küvete 500 µl Reaktif 1 solüsyonundan ilave edilerek 530 nm’de ilk absorbansı okunmuştur. Daha sonra aynı küvete 25 µl Reaktif 2 solüsyonundan eklenerek oda sıcaklığında 10 dk. bekletilmiştir.

Bekleme sonunda 530 nm’de ikinci kez absorbansı okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri ve aşağıdaki formül kullanılarak mmol TOS düzeyleri Trolox Equiv./L cinsinden tespit edilmiştir. $TOS (\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ Equiv./L}) = [(\Delta\text{Örneğin değeri}/\Delta\text{Standart 2'nin değeri})] \times (\text{Standart 2 değeri})$

3.2.6. Genotoksik analizler

Sucul kirliliğın göstergesi olarak yapılan genotoksik analiz bu çalışmada mikroçekirdek testi ile tespit edilmiştir. Bunun için incelenen balıkların (*Barbus lacerta*, *Chondrostoma regium*) kuyruk yüzgeci kısmından alınan kan örneklerinden yayma preparatlar hazırlanmış ve giemsa boya ile eritrositler boyanmıştır. Kuruyan lamalar entellan kullanılarak kapatılmış ve mikroskop altında incelemeleri yapılmıştır.

Mikroçekirdek ve çekirdek anormalliklerinin değerlendirilmesi için her istasyondan en az 5 balık ve her dokudan 5 preparat hazırlanmıştır. Eritrositlerdeki çekirdek anormallikleri Carrasco *et al.* (1990) çalışmasına göre sınıflandırılmıştır. Her preparatta 1000 hücre sayılarak mikroçekirdek değerlendirmesi yapılmıştır. Hazırlanan preparatlarda bazen boya partikülleri veya diğer bazı kirleticiler nedeniyle MÇ ile karıştırılabilen yapılarla karşılaşılabilirdiğinden bu tip hataların elimine edilmesi için MÇ sayımlarında genel olarak standardize edilmiş bazı kriterler göz önüne alınmıştır (Fenech 2000):

- Mikroçekirdek ana çekirdek ile aynı mikroskobik özellikte olmasına,
- Mikroçekirdek ana çekirdek ile aynı boyama tonuna sahip olmasına,
- Mikroçekirdek ana çekirdeğe bağlı ya da bitişik olmamasına,
- Bir mikroçekirdek ana çekirdeğin 1/3'ünden daha küçük olmasına,
- Mikroçekirdek sayılacak hücre diğer hücrelerden izole halde bulunmasına dikkat edilmiştir.

Eritrositlerde mikroçekirdeğin dışında tespit edilen diğer eritrositik çekirdek anormallikleri; iki çekirdeğe sahip olan hücreler çift çekirdekli (binükleus), tomurcuklu çekirdek (blebbed nükleus), kromatin içeren küçük çıkıntılar olarak gözlenmiş, tomurcuklu çekirdeklerden daha büyük çıkıntılara sahip ve loplu bir görüntü sergileyen çekirdekler loplu çekirdek (lobbed nukleus), vakuelleri olan çekirdekler çentikli çekirdek (notched nukleus) ve çekirdeğin ortadan içeriye doğru girinti yaptığı çekirdeklere böbrek şekilli çekirdek (kidney shaped nucleus) olmuştur.

3.2.7. Histolojik analizler

Laboratuvara getirilen balıklar buz anesteziyle öldürülüp karın bölgesi anüsün ön tarafından solungaca kadar kesilmiştir. Solungaç altından sırtta doğru bir hat boyunca kesilerek etli parça kaldırılmıştır. Organlar çıkarılarak (solungaç, karaciğer, böbrek, gonad, gastrointestinal kanal ve beyin) içerisinde %10'luk tamponlanmış formalin (pH:7.0) bulunan doku kaplarına konulmuştur.

Doku takiplerinin gerçekleştirilmesi: %10'luk tamponlu formalin kullanılarak tespit edilen dokular 6 saat süreyle çeşme suyu altında yıkanmıştır. Sonra ikişer saat kalacakları %50, 70, 80, 90, 96 ve saf etil alkol serilerinden geçirilmişlerdir. Daha sonra dokular 2 saat süre ile ksilolde bekletilmiştir. 56-58°C'de ksilollü parafin ve parafinde ikişer saat bekletme sonunda gömülerek bloklar hazırlanmıştır.

Bloklar kullanılıncaya kadar buzdolabında +4 °C bekletilmiştir. Parafin bloklardan mikrotom kullanılarak 5-6 µm kalınlığında alınan kesitler su banyosunda lam üzerine yerleştirilerek etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kesitler Harris'in Hematoksilen-Eozin boyama yöntemine göre boyanarak sabit preparat haline getirilmiştir.

3.2.7.a. Parafine gömme

1. Parçalar 24 saat fiksatifte bekletilmiştir.
2. Dokular çeşme suyu altında 4 saat boyunca yıkanmıştır.
3. Dehidrasyon işlemi için 4 saat %70'lik alkolde
4. 1 gece %80'lik alkolde
5. 1saat %96'lık alkol I'de
6. 1saat %96'lık alkol II'de
7. 1saat %96'lık alkol III'de
8. 1saat %96'lık alkol IV'de bekletilmiştir.
9. Şeffaflaştırma işlemi için 15 dak. ksilol I'de
10. 15 dak. ksilol II'de
11. 15 dak. ksilol III'de bekletilmiştir.
12. Daha sonra 58°C'lik etüvde erimiş parafinde I'de 1 saat
13. Parafin II'de 1 saat
14. Parafin III'de 1 saat bekletilmiştir.
15. Etüvden alınan dokular parafine gömülerek bloklanmıştır.

3.2.7.b. Kesitlerin alınması ve hematoksilin & eozin ile boyanması

Daha önce parafin bloklar haline getirilen dokulardan mikrotom aracılığıyla histolojik incelemeler için 5µ kalınlığında boyuna kesitler alınmıştır. Kesitler jelatinli sıcak su banyosuna konularak açılmaları sağlanmış ve lamlara alınan kesitler iyice kuruduktan sonra Hematoksilin&Eosin boyama işlemine geçilmiştir.

Boyama Tekniği;

1. Ksilol I'de 15 dk
2. Ksilol II'de 15 dk
3. Ksilol III'de 15 dk bekletilmiştir.
4. Daha sonra %70'lik alkolde 10 dk
5. %80'lik alkolde 10 dk
6. %96'lik alkolde 10 dk bekletilmiştir.
7. Çeşme suyunda 15 dk yıkanmıştır.
8. Hematoksilin'de 15 dk bekletilmiştir.
9. Preparatlar üç defa Asit alkole batırılıp çıkarılmıştır.
10. Eozin'de 2 dk bekletilmiştir.
11. Saf suda 1 dk bekletilmiştir.
12. %96'lik alkolde 10 dk
13. %80'lik alkolde 10 dk
14. %70'lik alkolde 10 dk bekletilmiştir.
15. Ksilol I'de 15 dk
16. Ksilol II'de 15 dk
17. Ksilol III'de 15 dk bekletilmiştir.
18. İşlemler tamamlandıktan sonra preparatlar Kanada balzamu ile kapatılmıştır. Sonuçta hücrelerin çekirdekleri menekşe, sitoplazmaları pembe renge boyanmıştır.

3.2.7.c. Histolojik Solüsyonların hazırlanışı

Asit Alkol Solüsyonunun Hazırlanışı

%70'lik 1000ml'lik alkol'e 10 ml kesif HCl yavaşça ilave edilerek iyice karıştırılır.

Harris Hematoksilen Boyasının Hazırlanışı

Hematoksilen, kristal: 5 gr

Etil alkol: 50 ml

Potasyum amonyum sülfat (şap): 100 gr

Distile su: 1000 ml

Civa oksit: 2,5 gr

Asetik asit: 50 ml

5 gr hematoksilen 50 ml etil alkolde çözülmüştür. Daha sonra 100 gr Potasyum amonyum sülfat (şap) alınarak 1 lt distile su ilave edilerek saç ayak üzerinde kaynatılmıştır. Diğer taraftanda Hematoksilen manyetik ısıtıcıda en son sıcaklık derecesinde kaynatılmıştır. Üzerine kaynamış olan potasyum amonyun sülfat çözeltisi yavaş yavaş sızdırma şeklinde ilave edilerek manyetik ısıtıcıda hem karıştırıp hemde kaynatarak işleme devam edilmiştir. Daha sonra 2,5 gr civa oksit ilave edilmiştir. Civa oksit katıldıktan sonra tortu tabakası oluşmuştur. Bu tabaka yok oluncaya kadar kaynatma işlemine devam edilmiştir. Süzgeç kağıdı ile boyanın rengi kontrol edilip, koyu mor bir renk alıncaya kadar işlem sürdürülmüştür.

Renk oluştuktan sonra kaynatma işlemine son verilmiş ve soğuk su içerisinde boyanın soğuması beklenildikten sonra üzerine 50 ml asetik asit ilave edilip karıştırılmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra sargı bezi ile boya süzölmüştür.

Eozin Boyasının Hazırlanışı

Eozin: 4-5 gr

Distile su: 50 ml

Asetik asit: 4-5 ml

Etil alkol: 500 ml

Eozin suda çözülmüş ve karıştırıcıya yerleştirildikten sonra üzerine 500 ml etil alkol ilave edilmiştir. Karıştırmaya 10-15 dk tortu oluşmayıncaya kadar devam edilmiş, bu işlem bittikten sonra 4-5 ml asetik asit ilave edilmiştir.

Tüm kesitlerin hematoksilin-eozin (H&E) ile boyanmalarından sonra preparatların ışık mikroskopunda x10, x20'lik objektiflerde incelemeleri yapılmış ve fotoğrafları çekilmiştir. Histolojik kesitlerin incelenmesinde ve fotoğraflanmasında Leica DM750 marka ışık mikroskobu kullanılmıştır.

Organlarda tespit edilen histolojik hasarların değerlendirilmesi Doku Değişim Derecesi (DTC=Degree of Tissue Change) yardımıyla kantitatif olarak belirlenmiştir (Abdel-Moneim *et al.* 2012). DTC, hasarların görülme sıklığı esasına dayanan gözlem parametresidir. Çalışmada dokularda tespit edilen hasarlar görülme sıklığına göre 0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek şeklinde gruplandırılmıştır.

DTC'nin hesaplanması için her organdaki anormallikler hasarın evresine göre sınıflandırılmıştır. Bu evreler:

I. Evre: Dokunun normal fonksiyon gösteren durumu

II. Evre: Dokunun normal fonksiyonunun orta şiddette bozulması durumu

III. Evre: Dokuda geriye dönüşümsüz ortaya çıkan kuvvetli hasar durumu

İncelenen organlar için $DTC = (1 \times \sum I) + (10 \times \sum II) + (100 \times \sum III)$ formülü kullanılarak DTC değeri belirlenmiştir. Formülde $\sum I$, $\sum II$ ve $\sum III$ sırayla evrelerde görülen

anormalliklerin toplam sayısını göstermektedir. Her balık için DTC değeri belirlendikten sonra her istasyon için ortalama endeks hesaplanmıştır. Bu endeks şu verilere göre yorumlanmıştır.

DTC değeri:

0-10 arası: organın fonksiyonları normal

11- 20 arası: organda hafif hasar,

21-50 arası: organda orta dereceli hasar,

51-100 arası: organda kuvvetli hasar,

100'n üzeri: organda geriye dönüşümsüz hasar olduğunu göstermiştir (Poleksic and Mitrovic-Tutundzic 1994).

3.2.8. İstatistiksel analizler

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır. Çalışmada incelenen tüm parametreler için tek yönlü varyans analizi Anova testi kullanılmıştır. Varyans analizindeki çoklu karşılaştırmalar için Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen veriler 0,05 anlam seviyesi göz önünde bulundurulularak yorumlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Enstrumental Analizler

Su ve sediment analizlerinin EDXRF spektrometresi, balık doku analizlerinin ICPMS ile yapıldığı çalışmamızda 2015 ve 2016 yıllarına ait sonuçlar incelendiğinde, 2016 yılında Karasu Nehri'nde belirgin bir kirlilik artışı olduğu görülmüştür. Detaylı olarak sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Suda metal konsantrasyonları

Karasu Nehri'nde 4 farklı istasyondan alınan su örneklerinde Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sr, Pb gibi ağır metallerin maksimum konsantrasyonları Çizelge 4.1' de, TS 266 ve WHO 2006'ya göre su kaynaklarında bildirilen kabul edilebilir ağır metal seviyeleri ise Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. 2015-2016 yıllarında Karasu Nehri'nden alınan su örneklerinin maksimum ağır metal seviyeleri (ppm)

Ağır element	1. İstasyon		2. İstasyon		3. İstasyon		4. İstasyon	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Ti	200,9	211,2	193,4	190,8	119,2	121,1	107,5	118,7
V	156,6	161,2	179,5	181,9	111,9	105,1	110,3	147,7
Cr	12,50	13,70	12,10	11,20	6,40	7,10	4,10	13,00
Mn	6,70	8,80	9,00	10,33	5,30	6,20	5,00	6,70
Fe	7,50	8,10	8,40	9,80	4,80	5,70	3,60	4,50
Co	1,24	1,16	1,26	1,38	0,75	0,88	0,53	0,95
Ni	1,00	1,01	1,17	1,39	0,69	0,80	0,67	0,94
Cu	0,73	0,90	0,88	1,01	0,51	0,63	0,45	0,57
Zn	0,52	0,70	0,66	0,60	0,34	0,38	0,33	0,52
As	1,26	1,67	1,55	1,39	1,19	1,35	1,14	1,29
Se	0,43	0,28	0,24	0,38	0,17	0,22	0,15	0,31
Br	0,25	0,32	0,20	0,32	0,10	0,16	0,40	0,33
Sr	0,19	0,20	0,34	0,22	0,12	0,15	0,11	0,17
Pb	2,57	3,36	2,55	2,78	0,66	0,71	0,28	0,36

(1.İstasyon: Aşkale 1, 2.İstasyon: Aşkale 2, 3.İstasyon: Ilıca 4.İstasyon: Dumlu)

İstasyonlara ait yapılan değerlendirmelerde 2016 yılında konsantrasyonları diğer istasyonlara göre fazla çıkan elementler incelenecek olursa: Birinci istasyona ait su örneklerinde; istasyonlar arasında en yüksek Ti (211,2 ppm), Cr (13,7 ppm), Zn (0,7 ppm), As (1,67 ppm), Pb (3,36 ppm) derişimleri belirlenmiştir. İkinci istasyonda en yüksek derişimler V (181,9 ppm L), Mn (10,33 ppm), Fe (9,8 ppm), Co (1,38 ppm) Ni (1,39 ppm), Cu (1,01 ppm), Se (0,38 ppm), Sr (0,22 ppm) metalllerinde belirlenmiştir. nc istasyon incelendiğinde, V (105,1 ppm), Cr (7,1 ppm), Mn (6,2 ppm), Co (0,88 ppm), Ni (0,8 ppm), Zn (0,38 ppm), Se (0,22 ppm), Br (0,16 ppm), Sr (0,15 ppm) metallerinin en düşük derişimlerde olduğu grlmştir. Dördüncü istasyonda; Ti (118,7 ppm), Fe (4,5 ppm), Cu (0,57 ppm), As (1,29 ppm), Pb (0,36 ppm) metalleri ölçüm yapılan noktaların en düşük derişim değerleri olarak kaydedilmiştir.

Bu verilere göre su örneklerinin ağır metal analizi sonucunda en kirli istasyon 2. istasyon (8 ağır elementin konsantrasyonu diğerlerinden daha fazla; V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Se, Sr) olduğu grlmştir. Bunu sırayla 1., 3. ve 4. istasyon izlemiştir.

TS 266 ve WHO 2006'ya göre su kaynaklarında kabul edilebilir ağır metal oranları izelge 4.2'de görüldüğü üzere, Karasu Nehri'nin özellikle 1. ve 2. istasyonlarındaki su analizlerinde; Cr, Mn, Fe, Ni, As, Se, Br, Pb ağır metallerinin oranları standart değerlerin üzerinde çıkmıştır. Cu ve Zn metallerinin konsantrasyonları ise kabul edilebilir değerlerde bulunmuştur. Ayrıca Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nde yüksek metal derişimleri karşılaştırıldığında 1. ve 2. istasyon suyunun IV. sınıf sulama suyu, yani çok kirlenmiş su olduğu grlmştir (izelge 4.2).

Çizelge 4.2. TS 266 ve WHO 2006'ya göre su kaynaklarında bildirilen kabul edilebilir ağır metal oranları (ppm) ile kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri ($\mu\text{g/l}$) ve istasyonların su kalite sınıf durumu

Ağır element	2015 (ppm)	2016 (ppm)	TS 266	WHO 2006	Su kalite sınıfları				Sınıfı
					I	II	III	IV	
Ti	200,9 (1. ist)	211,2 (1. ist)	-	-	-	-	-	-	-
V	179,5 (2. ist)	181,9 (2. ist)	-	-	-	-	-	-	-
Cr	12,5 (1. ist)	13,70 (1. ist)	0,05	0,05	20	50	200	>200	IV
Mn	9,00 (2. ist)	10,33 (2. ist)	0,05	0,5	100	500	3000	>3000	IV
Fe	8,40 (2. ist)	9,80 (2. ist)	0,2	1	300	1000	5000	>5000	IV
Co	1,26 (2. ist)	1,38 (2. ist)	-	-	10	20	200	>200	IV
Ni	1,17 (2. ist)	1,39 (2. ist)	0,02	0,02	20	50	200	>200	IV
Cu	0,88 (2. ist)	1,01 (2. ist)	2	2	20	50	200	>200	IV
Zn	0,66 (2. ist)	0,70 (1. ist)	-	5	200	500	2000	>2000	II
As	1,55 (2. ist)	1,67 (1. ist)	0,01	0,01	20	50	100	>100	IV
Se	0,43 (1. ist)	0,38 (2. ist)	0,01	0,01	10	10	20	>20	IV
Br	0,25 (1. ist)	0,33 (4. ist)	0,01	0,025	-	-	-	-	-
Sr	0,34 (2. ist)	0,22 (2. ist)	-	-	-	-	-	-	-
Pb	2,57 (1. ist)	3,36 (1. ist)	0,01	0,01	10	20	50	>50	IV

TS 266. (TSE 2005).

I: Yüksek kalite, II: Az kirlenmiş, III: Kirlenmiş, IV: Çok kirlenmiş (SKKY 2004)

4.1.2. Sedimentte metal konsantrasyonları

Karasu Nehri'nde 4 farklı istasyondan alınan sediment örneklerinde Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sr, Pb gibi ağır metallerin konsantrasyonları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. 2015-2016 yıllarında Karasu Nehri'nden alınan sediment örneklerinin maksimum ağır metal seviyeleri (ppm)

Ağır element	1. İstasyon		2. İstasyon		3. İstasyon		4. İstasyon	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Ti	1,5	1,4	1,1	1,2	0,99	1,4	0,85	1,0
V	85,0	87,4	89,6	95,0	65,1	71,0	49,7	62,2
Cr	429,7	474,9	410,4	573,3	401,8	566,2	124,6	281,5
Mn	33,4	35,9	30,2	34,3	22,4	27,0	20,9	25,8
Fe	321,3	338,0	156,7	239,1	147,2	175,7	135,3	172,9
Co	16,1	20,5	20,6	24,2	15,4	19,9	10,8	12,2
Ni	11,4	13,9	9,3	13,9	5,70	7,3	1,2	1,4
Cu	87,6	93,9	53,4	61,5	40,2	45,8	39,9	48,3
Zn	3,6	4,5	3,9	4,5	4,10	4,7	2,0	3,3
As	5,5	6,8	6,0	6,5	5,20	6,9	4,3	5,4
Se	10,7	12,6	10,1	12,4	9,60	10,5	9,4	11,7
Br	1,3	1,1	0,9	1,1	0,70	1,0	0,6	1,1
Sr	4,6	5,5	6,2	5,8	3,40	4,0	3,0	3,9
Pb	12,9	13,9	11,8	13,0	10,8	13,6	9,7	11,1

(1.İstasyon: Aşkale 1, 2.İstasyon: Aşkale 2, 3.İstasyon: Ilıca, 4.İstasyon: Dumlu)

İstasyonlara ait yapılan değerlendirmelerde 2016 yılında konsantrasyonları diğer istasyonlara göre fazla çıkan elementler incelenecek olursa:

Birinci istasyona ait sediment örneklerinde en yüksek derişim Mn (35,9 ppm), Fe (338,0 ppm), Ni (13,9 ppm), Cu (93,9 ppm), Se (12,6 ppm), Pb (13,9 ppm) metallindedir. İkinci istasyonda en yüksek derişimlerde V (95,0 ppm), Cr (573,3 ppm), Co (24,2 ppm), Ni (13,9 ppm), Sr (5,8 ppm) metallere dir. Üçüncü istasyon için en yüksek derişim Zn (4,7 ppm), As (6,9 ppm) metallere dir. Dördüncü istasyon incelenirse, V (62,2 ppm), Mn (25,8 ppm), Fe (172,9 ppm), Co (12,2 ppm), Ni (1,4 ppm), Zn (3,3 ppm), As (5,4 ppm), Sr (3,9 ppm) , Pb (11,1 ppm) metallere dir. Sediment yönünden en kirli istasyon 1. istasyon (8 ağır elementin konsantrasyonu diğerlerinden daha fazla; Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Se, Br, Pb) olmuştur. As ve Zn yönünden de 3. istasyon en yüksek konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür.

4.1.3. Balıkların bazı dokularındaki metal konsantrasyonları

Karasu Nehri'nde belirlenen istasyonlardan iki yıl süreyle yakalanan *Barbus lacerta* ile *Chondrostoma regium* türlerinin kas ve karaciğer dokularında ağır metal analizi yapılmıştır. İstasyonlara göre incelenen dokulardaki ağır metallerin (Be, Al, P, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, La, Hg ve Pb) ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) Çizelge 4.4 ile Çizelge 4.9 arasında sunulmuştur. Çizelge 4.4 ile 4.5'te 2015 ve 2016 yıllarında *C. regium*'un karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama seviyeleri ($\mu\text{g/g}$) verilmiştir.

Çizelge 4.4. 2015 yılında yakalanan *Chondrostoma regium*'un karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) (Ort. \pm SH) (n:69)

Metaller ($\mu\text{g/g}$)	Dokular	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon
Be (Berilyum)	Karaciğer	0,90 \pm 0,06	1,50 \pm 0,02	0	0,14 \pm 0,01
	Kas	0	0	0	0
Al (Alüminyum)	Karaciğer	2,64 \pm 0,09	7,86 \pm 1,80	2,86 \pm 0,50	2,20 \pm 0,4
	Kas	1,80 \pm 0,40	4,3 \pm 0,70	0,07 \pm 0,02	0,80 \pm 0,01
P (Fosfor)	Karaciğer	0,07 \pm 0,01	3,88 \pm 0,60	0	0
	Kas	0	0	0	0
Cr (Krom)	Karaciğer	0,57 \pm 0,70	0,12 \pm 0,02	0	0
	Kas	0,31 \pm 0,01	0	0	0
Mn (Mangan)	Karaciğer	1,32 \pm 0,05	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Ni (Nikel)	Karaciğer	1,35 \pm 0,20	1,56 \pm 0,30	0,08 \pm 0,01	0
	Kas	0,01 \pm 0,00	0,03 \pm 0,01	0	0
Cu (Bakır)	Karaciğer	2,32 \pm 0,30	10,98 \pm 0,80	1,87 \pm 0,30	0
	Kas	0,08 \pm 0,01	1,10 \pm 0,10	0,10 \pm 0,02	0
Zn (Çinko)	Karaciğer	2,00 \pm 0,10	1,80 \pm 0,06	0	0
	Kas	0,60 \pm 0,01	0,4 \pm 0,01	0	0
As (Arsenik)	Karaciğer	0,14 \pm 0,06	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Mo (Molibden)	Karaciğer	0,27 \pm 0,03	1,36 \pm 0,80	0	0
	Kas	0	0	0	0
Cd (Kadmiyum)	Karaciğer	0,04 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0	0
	Kas	0	0	0	0
La (Lantan)	Karaciğer	0	0	0,82 \pm 0,05	0
	Kas	0	0	0	0
Hg (Civa)	Karaciğer	2,24 \pm 0,05	3,72 \pm 0,70	1,94 \pm 0,21	0
	Kas	0,08 \pm 0,01	0,20 \pm 0,03	0,2 \pm 0,01	0
Pb (Kurşun)	Karaciğer	5,04 \pm 0,80	4,62 \pm 0,60	1,12 \pm 0,16	0,06 \pm 0,01
	Kas	0,07 \pm 0,02	0,05 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0

*"0" olan değerler tespit edilemeyecek kadar az olan metal seviyesini göstermektedir.

2015 yılında *C. regium*'un karaciğer dokusu istasyonlara göre incelenecek olursa; 1. istasyonda Cr, Mn, Zn, As, Cd, Pb metalleri, 2. istasyonda Be, Al, P, Ni, Cu, Mo, Hg metalleri, 3. istasyonda ise La metalinin diğer elementlerden daha fazla konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. Aynı yıl bu balığın kas dokusu incelendiğinde 1. istasyonda Cr, Zn, Pb metalleri, 2. istasyonda Al, Ni, Cu metalleri diğer metallerden daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. 2016 yılında yakalanan *Chondrostoma regium*'un karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) (Ort. \pm SH) (n:66)

Metaller ($\mu\text{g/g}$)	Dokular	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon
Be (Berilyum)	Karaciğer	1,30 \pm 0,20	1,80 \pm 0,50	0	0,20 \pm 0,04
	Kas	0	0	0	0
Al (Alüminyum)	Karaciğer	3,62 \pm 0,40	9,43 \pm 1,40	3,18 \pm 0,30	2,60 \pm 0,60
	Kas	2,20 \pm 0,20	5,70 \pm 1,10	0,03 \pm 0,01	0,40 \pm 0,08
P (Fosfor)	Karaciğer	0	4,16 \pm 1,10	0	0
	Kas	0	0	0	0
Cr (Krom)	Karaciğer	0,65 \pm 0,10	0,03 \pm 0,01	0	0
	Kas	0,40 \pm 0,01	0	0	0
Mn (Mangan)	Karaciğer	1,50 \pm 0,02	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Ni (Nikel)	Karaciğer	1,60 \pm 0,30	1,80 \pm 0,10	0,06 \pm 0,01	0
	Kas	0,05 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0	0
Cu (Bakır)	Karaciğer	2,98 \pm 0,80	12,05 \pm 1,60	2,17 \pm 0,20	0,30 \pm 0,04
	Kas	0,20 \pm 0,01	1,40 \pm 0,09	0,10 \pm 0,01	0
Zn (Çinko)	Karaciğer	2,50 \pm 0,10	2,10 \pm 0,30	0	0
	Kas	0,90 \pm 0,03	0,60 \pm 0,07	0	0
As (Arsenik)	Karaciğer	0,20 \pm 0,04	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Mo (Molibden)	Karaciğer	0,20 \pm 0,01	1,50 \pm 0,30	0,18 \pm 0,06	0
	Kas	0	0	0	0
Cd (Kadmiyum)	Karaciğer	0,07 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0	0
	Kas	0	0	0	0
La (Lantan)	Karaciğer	0	0	1,30 \pm 0,30	0
	Kas	0	0	0	0
Hg (Civa)	Karaciğer	2,46 \pm 0,80	4,46 \pm 1,10	2,14 \pm 0,40	0
	Kas	0,06 \pm 0,02	0,40 \pm 0,05	0,30 \pm 0,01	0
Pb (Kurşun)	Karaciğer	3,14 \pm 0,80	5,23 \pm 1,20	1,28 \pm 0,30	0,02 \pm 0,00
	Kas	0,07 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01	0,02 \pm 0,00	0

*"0" olan değerler tespit edilemeyecek kadar az olan metal seviyesini göstermektedir.

2016 yılında *C. regium*'un karaciğer dokusu istasyonlara göre incelenecek olursa; 1. istasyonda Cr, Mn, Zn, As, Cd metalleri, 2. istasyonda Be, Al, P, Ni, Cu, Mo, Hg, Pb metalleri, 3. istasyonda ise La metalinin diğer elementlerden daha fazla

konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. Aynı yıl bu balığın kas dokusu incelendiğinde 1. istasyonda Cr, Ni, Zn metalleri, 2. istasyonda Al, Cu, Hg, Pb metalleri diğer metallere göre daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir.

2016 yılı itibari ile metal konsantrasyonları 2015'e göre nispeten artmıştır. İki yılın genel değerlendirmesi yapıldığında; *C. regium*'un dokularındaki ağır metal derişimlerine göre artışın en fazla 2. istasyonda (1'e çok yakın olmakla birlikte) olduğu ve bunu sırayla 1., 3. ve 4. istasyonlar takip ettiği görülmüştür (2>1>3>4).

C. regium'un yenilebilir dokusu (kas) ve karaciğerindeki maksimum metal konsantrasyonları ulusal ve uluslararası kriterlerle göre mukayese edilerek Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Ulusal ve uluslararası kriterlere göre balık numunelerindeki maksimum metal düzeyi ve 2015-2016 yıllarında *Chondrostoma regium*'da tespit edilen en yüksek ağır metal seviyeleri ($\mu\text{g/g}$).

Metal	Türk Gıda Kodeksi 2002	FAO/WHO 1989	Karaciğer		Kas	
			2015	2016	2015	2016
Ni	-	0,40	1,56 (2.İst.)	1,80 (2.İst.)	0,03 (2.İst.)	0,05 (1.İst.)
Cr	-	0,15	0,57 (1.İst.)	0,65 (1.İst.)	0,31 (1.İst.)	0,40 (1.İst.)
Mn	20	2,50	1,32 (1.İst.)	1,50 (1.İst.)	0,00	0,00
As	1.0	-	0,14 (1.İst.)	0,20 (1.İst.)	0,00	0,00
Cu	20,0	30,0	10,98 (2.İst.)	12,05 (2.İst.)	1,10 (2.İst.)	1,40 (2.İst.)
Hg	0,5	-	3,72 (2.İst.)	4,46 (2.İst.)	0,20 (2.İst.)	0,40 (2.İst.)
Zn	50,0	30,0	2,00(1.İst.)	2,50 (1.İst.)	0,60 (1.İst.)	0,90 (1.İst.)
Cd	0,1	0,50	0,04 (1.İst.)	0,07 (1.İst.)	0,00	0,00
Pb	0,1	0,50	5,04 (1.İst.)	5,23 (2.İst.)	0,07 (1.İst.)	0,09 (2.İst.)

Çizelge 4.6'ya göre *C. regium*'un yenilebilir balık dokusunun hiçbirinde ağır metal seviyesi kabul edilebilir en yüksek değerini aşmamış, ancak önceki yıla nazaran belirgin bir metal birikimi gözlenmiştir. Karaciğer dokusunda ise 1. ve 2. istasyonlarda Ni, Cr, Hg, Pb metallerinin konsantrasyonları standart değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu durum balık karaciğeri tüketilmediğinden tehlike arz etmemekle birlikte metal

birikiminin karaciğerde artış göstermesi endişe verici olarak değerlendirilmiştir. Çalışılan diğer balık türü olan *Barbus lacerta*'nın yıllara göre karaciğer ve kas dokularındaki ağır metal seviyeleri ($\mu\text{g/g}$) ise Çizelge 4.7 ile Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. 2015 yılında yakalanan *Barbus lacerta*'nın karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) (Ort. \pm SH) (n:66)

Metaller ($\mu\text{g/g}$)	Dokular	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon
Be (Berilyum)	Karaciğer	1,65 \pm 0,30	1,17 \pm 0,50	0	0,86 \pm 0,01
	Kas	0	0	0	0
Al (Alüminyum)	Karaciğer	11,67 \pm 0,80	5,28 \pm 1,30	2,05 \pm 0,40	1,78 \pm 0,20
	Kas	6,80 \pm 1,10	3,50 \pm 0,50	0,60 \pm 0,01	0,60 \pm 0,04
P (Fosfor)	Karaciğer	0	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Cr (Krom)	Karaciğer	0,09 \pm 0,01	0,02 \pm 0,03	0	0
	Kas	0	0	0	0
Mn (Mangan)	Karaciğer	1,85 \pm 0,40	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Ni (Nikel)	Karaciğer	2,56 \pm 0,80	1,74 \pm 0,06	0	0
	Kas	0,05 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0	0
Cu (Bakır)	Karaciğer	0,48 \pm 0,01	0,39 \pm 0,02	0,28 \pm 0,01	0,11 \pm 0,03
	Kas	0,10 \pm 0,01	0	0	0
Zn (Çinko)	Karaciğer	1,35 \pm 0,30	1,08 \pm 0,07	0,50 \pm 0,01	0
	Kas	0,60 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0
As (Arsenik)	Karaciğer	0,29 \pm 0,01	0,37 \pm 0,03	0	0
	Kas	0	0	0	0
Mo (Molibden)	Karaciğer	0,10 \pm 0,00	0,34 \pm 0,02	0,13 \pm 0,00	0
	Kas	0	0	0	0
Cd (Kadmiyum)	Karaciğer	0,02 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0	0
	Kas	0	0	0	0
La (Lantan)	Karaciğer	0	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Hg (Civa)	Karaciğer	4,67 \pm 1,50	2,10 \pm 0,60	0,1 \pm 0,01	0
	Kas	0,30 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01	0	0
Pb (Kurşun)	Karaciğer	7,30 \pm 1,50	1,72 \pm 1,50	0,1 \pm 0,02	0,03 \pm 0,01
	Kas	0,10 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0	0

*"0" olan değerler tespit edilemeyecek kadar az olan metal seviyesini göstermektedir.

2015 yılında *B. lacerta*'nın karaciğer dokusu istasyonlara göre incelenecek olursa; 1. istasyonda Be, Al, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb metalleri, 2. istasyonda As, Mo metallerinin diğer elementlerden daha fazla konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir.

Aynı yıl bu balığın kas dokusu incelendiğinde 1. istasyonda Al, Ni, Cu, Zn, Hg, Pb metalleri daha fazla derişimlerde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. 2016 yılında yakalanan *Barbus lacerta*'nın karaciğer ve kas dokularındaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) (Ort. \pm SH) (n:63)

Metaller ($\mu\text{g/g}$)	Dokular	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon
Be (Berilyum)	Karaciğer	1,80 \pm 0,30	1,30 \pm 0,30	0	1,20 \pm 0,20
	Kas	0	0	0	0
Al (Alüminyum)	Karaciğer	12,58 \pm 1,40	7,33 \pm 1,30	2,88 \pm 0,50	2,00 \pm 0,50
	Kas	6,30 \pm 1,10	4,40 \pm 1,0	0,20 \pm 0,02	0,50 \pm 0,01
P (Fosfor)	Karaciğer	0	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Cr (Krom)	Karaciğer	0,17 \pm 0,01	0,02 \pm 0,00	0	0
	Kas	0	0	0	0
Mn (Mangan)	Karaciğer	2,20 \pm 0,30	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Ni (Nikel)	Karaciğer	2,60 \pm 0,50	2,08 \pm 0,10	0,04 \pm 0,01	0
	Kas	0,08 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0	0
Cu (Bakır)	Karaciğer	0,55 \pm 0,02	0,52 \pm 0,01	0,37 \pm 0,00	0,21 \pm 0,06
	Kas	0,10 \pm 0,01	0	0	0
Zn (Çinko)	Karaciğer	1,70 \pm 0,30	1,10 \pm 0,01	0,80 \pm 0,01	0
	Kas	0,40 \pm 0,01	0,20 \pm 0,02	0,10 \pm 0,01	0
As (Arsenik)	Karaciğer	0,41 \pm 0,01	0,40 \pm 0,04	0	0
	Kas	0	0	0	0
Mo (Molibden)	Karaciğer	0,10 \pm 0,01	0,40 \pm 0,10	0,21 \pm 0,08	0
	Kas	0	0	0	0
Cd (Kadmiyum)	Karaciğer	0,02 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0	0
	Kas	0	0	0	0
La (Lantan)	Karaciğer	0	0	0	0
	Kas	0	0	0	0
Hg (Civa)	Karaciğer	6,93 \pm 1,80	2,60 \pm 1,20	0,40 \pm 0,01	0
	Kas	0,50 \pm 0,04	0,30 \pm 0,02	0	0
Pb (Kurşun)	Karaciğer	11,2 \pm 1,50	2,32 \pm 1,10	0,30 \pm 0,02	0,08 \pm 0,01
	Kas	0,24 \pm 0,01	0,05 \pm 0,02	0	0

*“0” olan değerler tespit edilemeyecek kadar az olan metal seviyesini göstermektedir.

2016 yılında *B. lacerta*'nın karaciğer dokusu istasyonlara göre incelenecek olursa; 1. istasyonda Be, Al, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb metalleri, 2. istasyonda Mo metalinin diğer elementlerden daha fazla konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. Aynı yıl bu balığın kas dokusu incelendiğinde 1. istasyonda Al, Ni, Cu, Zn, Hg, Pb metalleri, diğer metallere göre daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir.

2016 yılı itibari ile metal konsantrasyonları 2015'e göre nispeten artmıştır. İki yılın genel değerlendirmesi yapıldığında *B. lacerta*'nın dokularındaki ağır metal derişimlerine göre artışın en fazla 1. istasyonda olduğu görülmüştür. İstasyonlar arası sıralama 1., 2., 3. ve 4. şeklinde olmuştur.

B. lacerta'nın yenilebilir dokusu (kas) ve karaciğerindeki maksimum metal konsantrasyonları ulusal ve uluslararası kriterlerle göre mukayese edilerek Çizelge 4.9'da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Ulusal ve uluslararası kriterlere göre balık numunelerindeki maksimum metal düzeyi ve 2015-2016 yıllarında *Barbus lacerta*'da tespit edilen en yüksek ağır metal seviyeleri ($\mu\text{g/g}$).

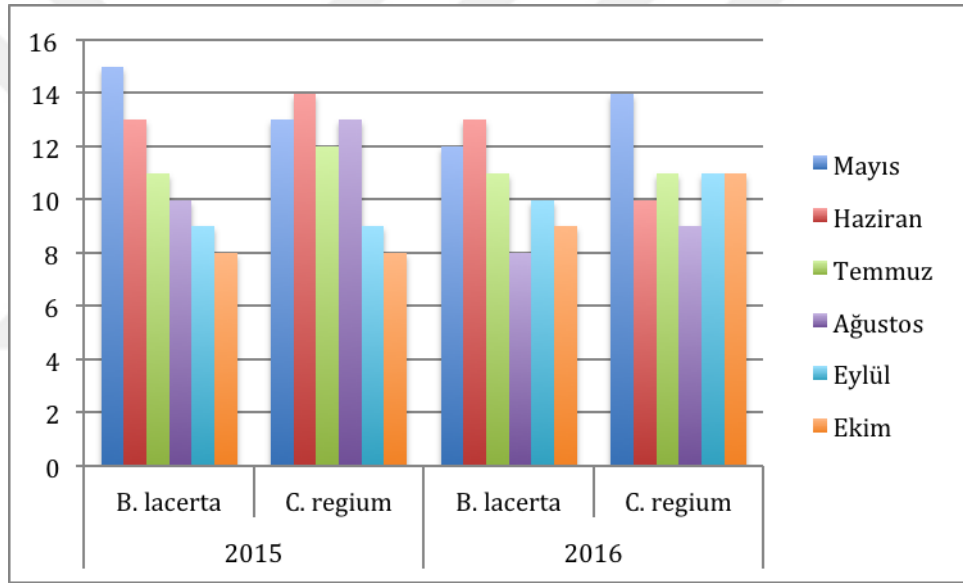
Metal	Türk Gıda Kodeksi 2002	FAO/WHO 1989	Karaciğer		Kas	
			2015	2016	2015	2016
Ni	-	0,40	2,56 (1.İst.)	2,60 (1.İst.)	0,05 (1.İst.)	0,08 (1.İst.)
Cr	-	0,15	0,09 (1.İst.)	0,17 (1.İst.)	0,00	0,00
Mn	20	2,50	1,85 (1.İst.)	2,20 (1.İst.)	0,00	0,00
As	1,0	-	0,37 (2.İst.)	0,41 (1.İst.)	0,00	0,00
Cu	20,0	30,0	0,48 (1.İst.)	0,55 (1.İst.)	0,10 (1.İst.)	0,10 (1.İst.)
Hg	0,5	-	4,67 (1.İst.)	6,93 (1.İst.)	0,30 (1.İst.)	0,50 (1.İst.)
Zn	50,0	30,0	1,35 (1.İst.)	1,70 (1.İst.)	0,60 (1.İst.)	0,40 (1.İst.)
Cd	0,1	0,50	0,02 (1.İst.)	0,02 (1.İst.)	0,00	0,00
Pb	0,1	0,50	7,30 (1.İst.)	11,2 (1.İst.)	0,10 (1.İst.)	0,24 (1.İst.)

Çizelge 4.9'a göre *B. lacerta*'nın yenilebilir balık dokusunun hiçbirinde ağır metal seviyesi kabul edilebilir en yüksek değerleri aşmamış, ancak önceki yıla nazaran metal birikimi gözlenmiştir. Karaciğer dokusunda ise 1. ve 2. istasyonlarda (çoğunluk 1. istasyon) Ni, Cr, Hg, Pb metallerinin konsantrasyonları standart değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

4.2. Biyo-Ekolojik Analizler

4.2.1. Birey sayısı

Araştırma dönemi boyunca Karasu Nehri'ndeki dört istasyondan 264 adet birey toplanmıştır 2015'te yakalanan 135 bireyden 66 adeti *B. lacerta*'ya, 69 adeti *C. regium*'a, 2016'da ise 129 bireyden 63'ü *B. lacerta*'ya, 66'sı ise *C. regium*'a ait olduğu görülmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Aylara göre *B. lacerta* ve *C. regium*'un birey dağılımı

Her iki yılda da yakalanan balıkların 129 adedi *Barbus lacerta* (50 dişi-79 erkek), 135 adedi (50 dişi-85 erkek) ise *Chondrostoma regium*'dur. İncelenen örneklerin %62,12'sini (164 adet) erkek, %37,88 'sini (100 adet) dişi bireyler oluşturmaktadır. Populasyonda genellikle erkeklerin dişilerden daha fazla olduğu tespit edilip, aralarında 1,6:0,6 oranı bulunmuştur.

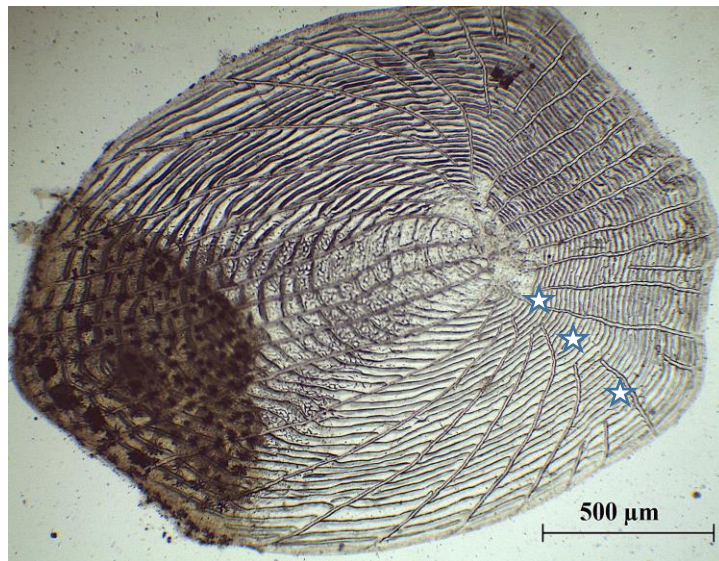
2015 ve 2016 yıllarında toplanan balıklar yakalandıkları istasyonlara göre birey sayıları Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde iki yılda da tüm istasyonlardan her iki türün dişi ve erkek cinsiyetlerine ait bireylerin yakalandığı görülmektedir.

Çizelge 4.10. 2015-2016 Yılları arasında Karasu Nehri'ndeki istasyonlardan yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium*'un toplam birey sayıları

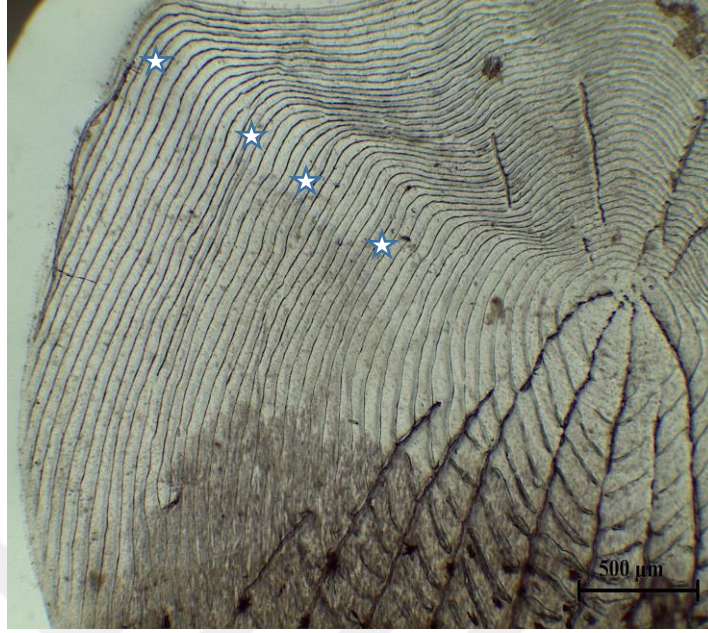
Yıllar	2015						2016					
	<i>B. lacerta</i>			<i>C. regium</i>			<i>B. lacerta</i>			<i>C. regium</i>		
Tür	♂	♀	Top.	♂	♀	Top.	♂	♀	Top.	♂	♀	Top.
İstasyon 1	12	6	18	15	11	26	8	9	17	13	11	24
2	8	4	12	10	9	19	9	5	14	12	8	20
3	6	6	12	6	4	10	6	5	11	7	3	10
4	14	10	24	8	6	14	13	8	21	6	6	12
Toplam	40	26	66	39	30	69	36	27	63	38	28	66

4.2.2. Yaş sınıfları

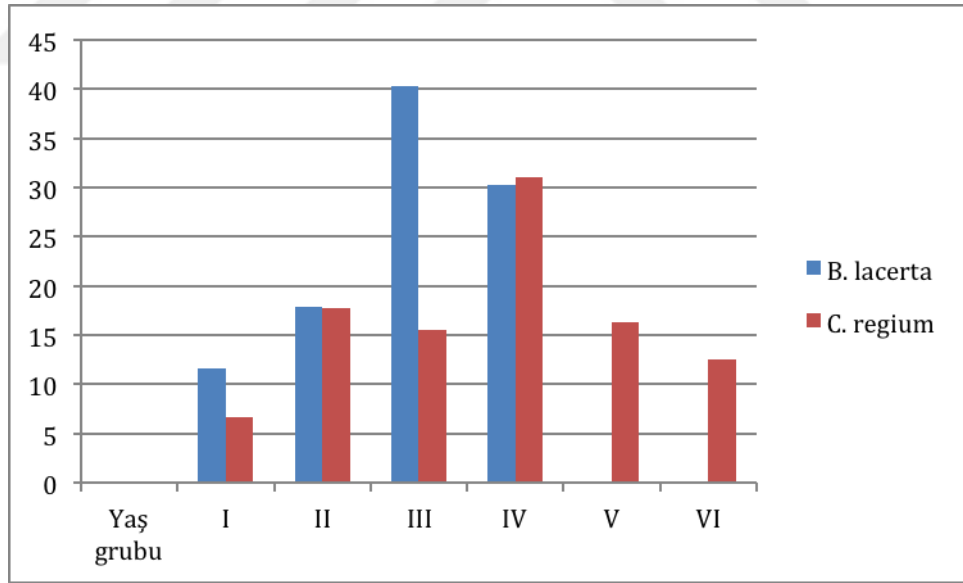
2015-2016 yıllarında Karasu Nehri'nden yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin yaş tayinleri pulları incelenerek yapılmıştır (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3). Çalışmada incelenen balıkların yaş sınıfları *B. lacerta*'da I-IV, *C. regium*'da I-VI arasında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. *Barbus lacerta*'da pul yapısı (III yaş)
(İşaretler opak zonu göstermektedir)



Şekil 4.3. *Chondrostoma regium* 'da pul yapısı (IV yaş)
(İşaretler opak zonu göstermektedir)



Şekil 4.4. *B. lacerta* ve *C. regium*'un yaş sınıfları

Balıkların yaş sınıflarına göre dağılımları Çizelge 4.11'de ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Şekil 4.4'te görüldüğü gibi balıkların yaş sınıfı I-VI arasında dağılım gösterirken, *B. lacerta*'da yaş yoğunluğu III, *C. regium*'da ise IV yaşlarda olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. *B. lacerta* ve *C. regium*'un yaş frekans dağılımları

Yaş grubu	<i>B. lacerta</i>		<i>C. regium</i>	
	n	%	n	%
I	15	11,64	9	6,66
II	23	17,82	24	17,78
III	52	40,31	21	15,59
IV	39	30,23	42	31,11
V	-	-	22	16,26
VI	-	-	17	12,6

Araştırma süresi boyunca tutulan tüm balıkların %18,3'ü I yaş, %35,6'sı II yaş, %55,9'u III yaş, %61,34'ü IV yaş, %16,26'sı V ve %12,6'sında VI yaşında olduğu tespit edilmiştir. *Chondrostoma regium* popülasyonunda en büyük grubu % 31,11'lik oranla IV yaş grubu oluşturmaktadır. Daha sonra %17,78 ile II yaş, % 16,26 ile V yaş, % 15,59 ile III yaş, % 12,6 ile VI yaş ve %6,66 ile I yaş gruplarında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. *Barbus lacerta*'ya bakılınca %40,31 ile III yaş, %30,23 oran ile IV yaş sonrasında %17,82 ile II yaş çok az bir fark ile I yaş %11,64 oran ile takip etmektedir. Her iki türde de I yaş sınıfının en az bulunduğu görülmüştür.

4.2.3. Ağırlık-boy dağılımı

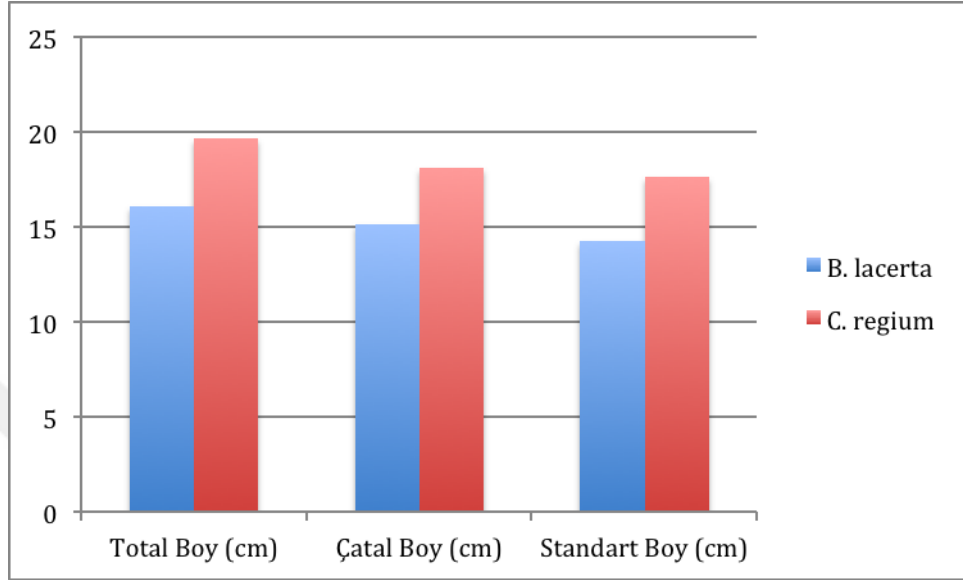
2015-2016 yıllarında Karasu Nehri'nden yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin ortalama boy uzunlukları ve ortalama ağırlık değerleri Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.12. *B. lacerta* ve *C. regium*'un ortalama boy uzunluğu ve ağırlık değerleri

Balık Türü	Total Ağırlık (gr)	Boş Ağırlık (gr)	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)
<i>B. lacerta</i>	38,66 ± 9,14	33,24 ± 3,84	16,12 ± 4,14	15,16 ± 2,03	14,24 ± 2,16
<i>C. regium</i>	67,35 ± 16,97	52,09 ± 15,17	19,67 ± 2,07	18,14 ± 3,96	17,67 ± 2,84

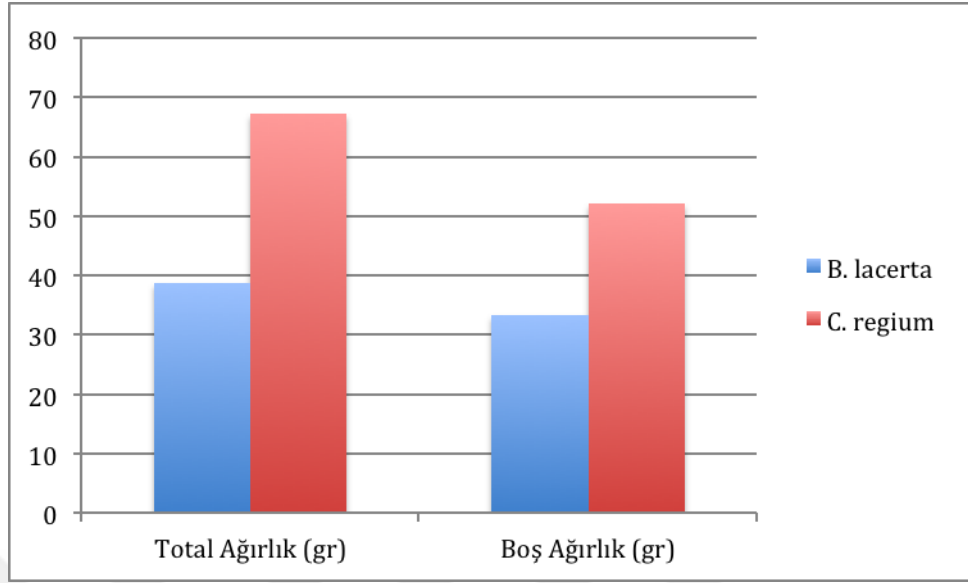
Elde edilen verilere göre; *B. lacerta* bireylerinde total boy değerlerinin 11,64-19 cm *C. regium* bireylerinde ise 13,60-26 cm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Çizelge 4.5'e göre ortalama total boy *B. lacerta*'da 16,12 cm, *C. regium*'da 19,67 cm olarak kaydedilmiştir. Ortalama çatal boylar sırasıyla *B. lacerta* 15,16 cm, *C. regium* 18,14 cm

olarak ölçülmüştür. Standart boy uzunlukları ise *B. lacerta*'da 14,24 cm, *C. regium*'da 17,67 cm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. *B. lacerta* ve *C. regium*'un boy uzunluk değerleri

B. lacerta'da total ağırlık 62-24,3 gr, boş ağırlık değerleri 49,4-24,4 arasındayken; *C. regium* bireylerinde total ağırlık değerleri 152-22,4 gr, boş ağırlık değerleri 117,8-15,2 gr olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Çizelge 4.12'de verilen ortalama total ve boş ağırlık değerleri incelenecek olursa *B. lacerta*'nın ortalama total ağırlığı 38,66 gr, ortalama boş ağırlığı ise 33,24 gr, *C. regium*'un ortalama total ağırlığı 67,35 gr ve boş ağırlık ortalaması ise 52,09 gr olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. *B. lacerta* ve *C. regium*'un boş ve total ağırlık değerleri

4.2.4. Morfolojik yapı

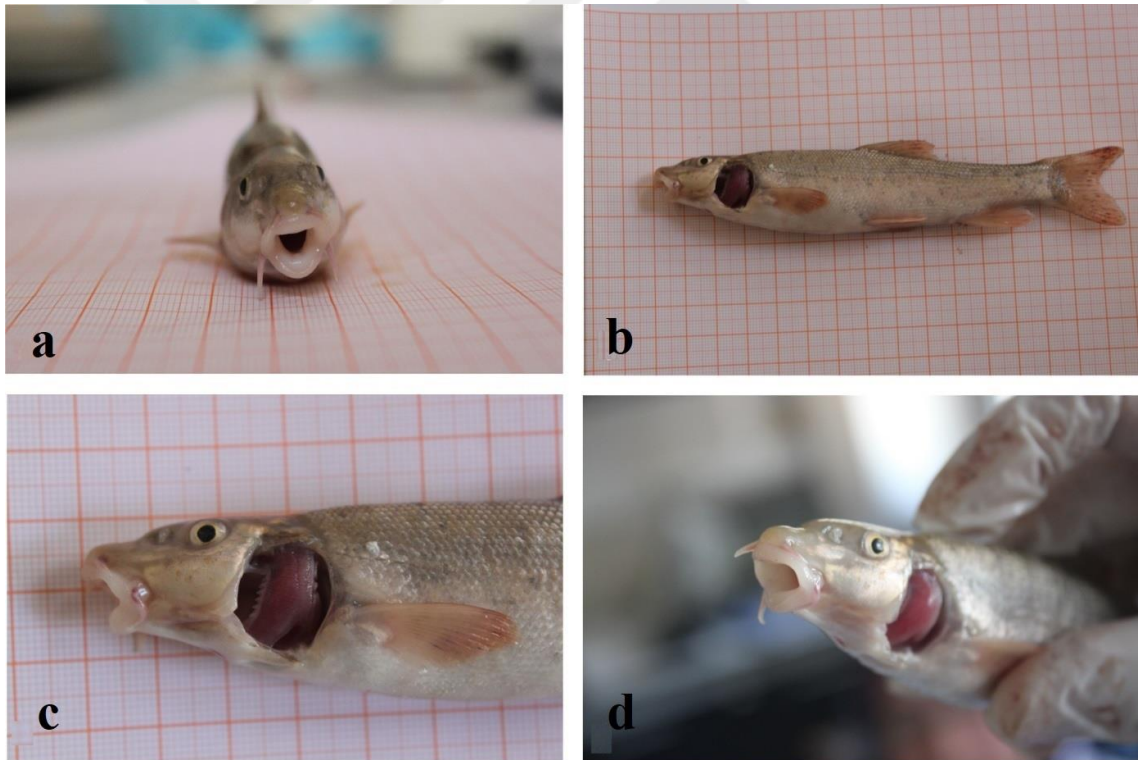
Araştırmada incelenen balıkların dış yapılarında ve disekte edildiğinde makroskobik olarak iç organlarında sistematik karakterlerinde bir farklılığa rastlanmamıştır.

4.2.4.a. *Barbus lacerta*

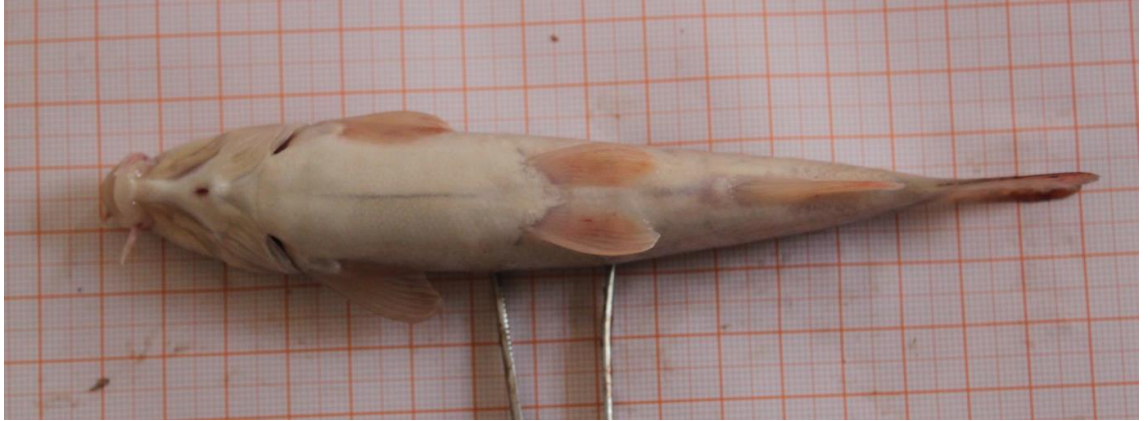
Bu türe dıştan bakıldığında vücut rengi sırtta koyu, karın ve yanlarda açık sarı ya da kirli beyaz olup, karın zarı açık kahverengimsi olduğu gözlenmiştir. İncelenen örnekler bakıldığında, vücudun alçak yapılı ve yanlardan hafifçe basık olduğu incelenmiştir. Ağızın ventral konumlu olduğu ve etli dudaklarla çevrilip, alt çenenin ortasında iyi gelişmiş bir lob bulundurduğu görülmüştür.

Barbus lacerta'nın incelenen tüm bireylerinde ağızda 2 çift bıyık olup, bunlardan birincisi her zaman burun ucundan çıktığı gözlenmiştir (Şekil 4.7a, 4.7d). Bu türün gözleri küçük olup, baş boyu göz çapının 5-7 katı kadar uzunlukta olduğu hesaplanmıştır. İncelenen bu balık türünde vücut yüksekliğinin 3-4 katı standart boyaya denk geldiği görülmüştür. Solungaç yayı üzerindeki solungaç dikenlerinin sayısı en

fazla 9 olarak sayılmıştır (Şekil 4.7c). Farinks dişleri 3 sıralı olup 2.3.4-4.3.2 şeklinde dizildiği gözlenmiştir. Yüzgeçler incelendiğinde dorsal yüzgecin basit ışınlarının zayıf ve kemikleşmiş olduğu, sonuncu basit ışının kaideden itibaren dörtte biri ince dişçikler taşıdığı, dorsal yüzgecin ön kısmında fazla belirgin olmayan yuvarlağımsı bir karinanın bulunduğu farkedilmiştir. İncelenen balıklarda vücut ile dorsal, anal ve kaudal yüzgeçler üzerinde şekilsiz koyu lekeler olduğu görülmüştür. Ventral yüzgecin kaidesinde pulumsu yapıda birer çıkıntı, anal yüzgecin dorsale nazaran daha küçük yapıları olduğu ve sonuncu kemik ışınının arka kenarında dişçiklerin olmadığı gözlenmiştir. Yanal çizgi tam olarak gözlenmekte ve genellikle karın bölgesine daha çok yaklaşmıştır (Şekil 4.7b). Kuyruk yüzgeci çatallı ve loblarının ucu sivri olup, boyu ortalama 17 cm kadar ölçülmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. *Barbus lacerta* a) Ağız yapısı b) Yüzgeçler ve yanıl çizgi c) Solungaçlar ve solungaç dikenleri d) Bıyıklar



Şekil 4.8. *Barbus lacerta* kuyruk, karın yüzgeçleri ve anüsün ventral görünümü

Barbus lacerta türüne ait metrik ve meristik karakterin minimum-maksimum ve ortalama (cm) değerleri Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. *Barbus lacerta* türüne ait metrik ve meristik karakterler

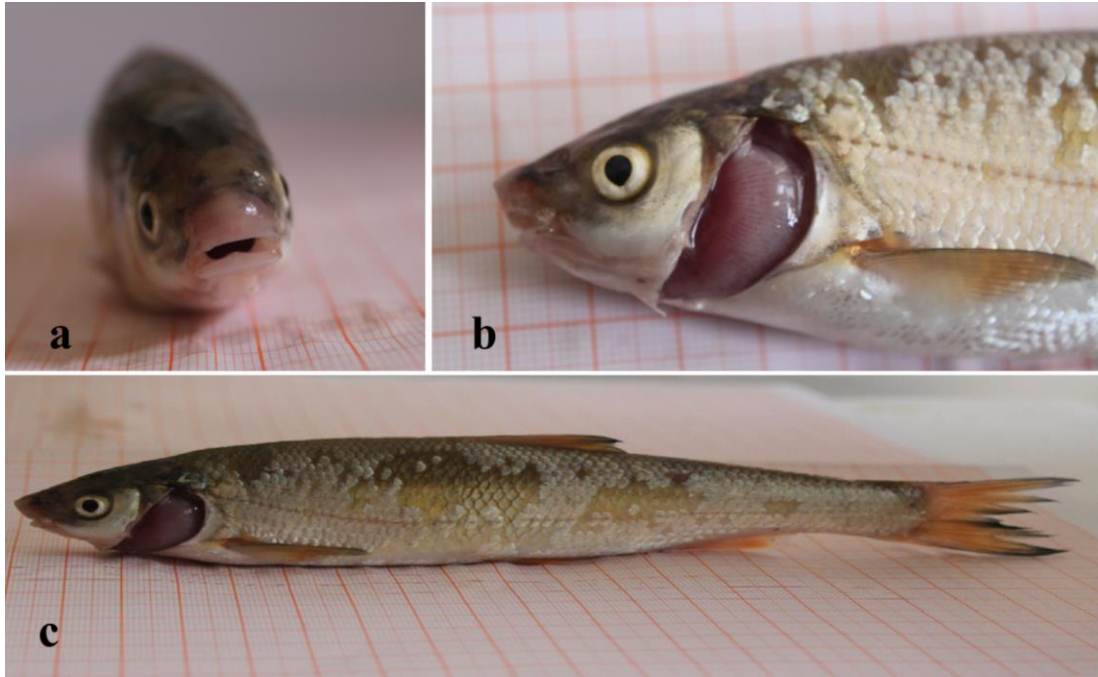
Metrik Karakterler	Ort.±SH	Meristik karakterler	Min.-Mak.
<i>Barbus lacerta</i>	(cm)	<i>Barbus lacerta</i>	
Baş boyu	2,9 ±1,96	Dorsal yüzgeç dallı ışını	7-8
Baş yüksekliği	2,1 ±0,52	Anal yüzgeç dallı ışını	5-6
Vücut yüksekliği	2,8 ±1,09	Pektoral yüzgeç dallı ışını	14-18
Kuyruk sapı uzunluğu	1,5 ±1,03	Ventral yüzgeç dallı ışını	8-10
Kuyruk sapı yüksekliği	1,7 ±0,84	Dorsal yüzgeç basit ışını	3-4
Göz çapı	0,4 ±0,12	Anal yüzgeç basit ışını	3
Üst çene uzunluğu	1 ±1,26	Yan çizgi pulu (min-mak)	56-67
Alt çene uzunluğu	0,8 ±0,36	Solungaç dikenini	9-10
Dorsal yüzgeç yüksekliği	1,2 ±1,23	Farinks dişi	2.3.4-4.3.2
Dorsal yüzgeç kaide uzunluğu	2,6 ±0,61		
Anal yüzgeç yüksekliği	1,2 ±0,83		
Anal yüzgeç kaide uzunluğu	2 ±1,84		
Kuyruk yüzgeç uzunluğu	3,1 ±2,30		
Pektoral yüzgeç uzunluğu	2,3 ±1,58		
Ventral yüzgeç uzunluğu	2,2 ±1,69		
Pektoral-ventral mesafe	4,5 ±1,14		
Ventral anal mesafe	4,5 ±1,03		

Çizelge 4.13'te verilen metrik ve meristik özellikler incelendiğinde *B. lacerta*'nın karakteristik olarak kendi türünün özelliklerini yansıttığı görülmüştür.

4.2.4.b. *Chondrostoma regium*

Dıştan bakıldığında *Chondrostoma regium*'un rengi, sırtta kahverengi olup, yan ve karın tarafı da daha açık renkte sarımsı ve gümüşümsüdür. Bu türün vücut yapısı yuvarlak ve ince uzun şekilli olup, ağız burnun altına yerleşmiş, dudaklarının ise keratin bir kılıfla çevrelendiği görülmüştür (Şekil 4.9a). İncelenen *C. regium* bireylerinde gözler büyük olup, baş boyu göz çaplarının 3-4 katı kadar ölçülmüştür. Burun ileri uzamış, ucu küt görünümündedir. Farinks dişleri keskin olup tek sıra halinde (2.5-5.2) 7-7 tarzında dizildiği görülmüştür (Şekil 4.9b). Yanal çizgideki pul sayısı 56-72 arasında sayılmıştır (Şekil 4.9c).

Dorsal yüzgeç, bazılarında kuyruksuz vücut boyunun ortasındadır ya da kuyruğa biraz daha yakın olabildiği gözlenmiştir. Dorsal ve anal yüzgeçlerin boyu aşağı yukarı birbirine eşit olduğu görülmüştür. Kuyruk yüzgeci derin çatallı ve loplارının ucu sivridir. Boyu ortalama olarak 19 cm. kadar ölçülmüştür (Şekil 4.10).



Şekil 4.9. *Chondrostoma regium* a) Ağız yapısı b) Solungaçlar c) Yüzgeçler ve yanal çizgi



Şekil 4.10. *Chondrostoma regium* kuyruk, karın yüzgeçleri ve anüsün ventral görünümü

Chondrostoma regium türüne ait metrik ve meristik karakterin minimum-maksimum ve ortalama (cm) değerleri Çizelge 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. *Chondrostoma regium* türüne ait metrik ve meristik karakterler

Metrik Karakterler <i>Chondrostoma regium</i>	Ort.±SH (cm)	Meristik karakterler <i>Chondrostoma regium</i>	Min.-Mak.
Baş boyu	2,1 ±1,15	Dorsal yüzgeç dallı ışıını	9-10
Baş yüksekliği	2,4 ±0,95	Anal yüzgeç dallı ışıını	10-12
Vücut yüksekliği	3,3 ±1,39	Pektoral yüzgeç dallı ışıını	14-18
Kuyruk sapı uzunluğu	2,6 ±0,48	Ventral yüzgeç dallı ışıını	6-9
Kuyruk sapı yüksekliği	1,2 ±1,32	Dorsal yüzgeç basit ışıını	3
Göz çapı	0,7 ±0,34	Anal yüzgeç basit ışıını	3
Üst çene uzunluğu	0,9 ±0,75	Pektoral yüzgeç basit ışıını	1
Alt çene uzunluğu	0,7 ±0,37	Ventral yüzgeç basit ışıını	1-2
Dorsal yüzgeç yüksekliği	1,8 ±1,15	Yan çizgi pulu	56-72
Dorsal yüzgeç kaide uzunluğu	2,7 ±0,36	Solungaç diki	18-36
Anal yüzgeç yüksekliği	1,1 ±0,32	Farinks dişi	2.5-5.2
Anal yüzgeç kaide uzunluğu	1,7 ±1,06		
Kuyruk yüzgeç uzunluğu	3 ±1,26		
Pektoral yüzgeç uzunluğu	2,6 ±1,25		
Ventral yüzgeç uzunluğu	2,3 ±1,84		
Pektoral-ventral mesafe	4,7 ±1,46		
Ventral anal mesafe	3,6 ± 2,69		

Çizelge 4.14'te verilen metrik ve meristik özellikler incelendiğinde *C. regium*'un karakteristik olarak kendi türünün karakteristik özelliklerini yansıttığı görülmüştür.

4.2.5. Anatomik yapı

Araştırmada kullanılan balıkların dış yapılarında ve disekte edildiğinde makroskobik olarak iç organlarında anatomik olarak bir anormalliğe rastlanmamıştır. Yalnızca bazı balıklarda hafif hasar olarak tanımladığımız pul dökülmesi ve kuyruk yüzgecinde erime gözlenmiştir.

4.2.5.a. Dış vücut kısımları

Barbus lacerta ve *Chondrostoma regium*'da konik görünümde olan baş, ağız ile başlayıp, operkulumun posterior kenarı ile son bulmuştur. Ağız yapısının her iki türde de ventral konumlu olduğu, burun deliklerinin ise gerçek açıklık olmadığı birer çukur şeklinde kapalı olduğu gözlenmiştir. İncelenen türlerden *Barbus lacerta*'da iki çift bıyık bulunup bunların bir çifti burun ucundan çıktığı görülmüştür. Her iki türde de üst deri (epidermis) mukustan kaygan bir tabaka halinde vücudu örtmüştür. *B. lacerta* ve *C. regium*'un dermis tabakasının yuvarlağımsı sikloit tipi pullarla kaplandığı gözlenmiştir.

Barbus lacerta'da yanal çizgi tam olup karın bölgesine daha çok yaklaşmış olarak görülüp, pul sayısı 56-67 olarak sayılmıştır (Şekil 4.11). *Chondrostoma regium*'da da yanal çizgi tam olup, 56-72 adet puldan oluşmakta ve hafifçe karın kısmına doğru kavisli olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.12).



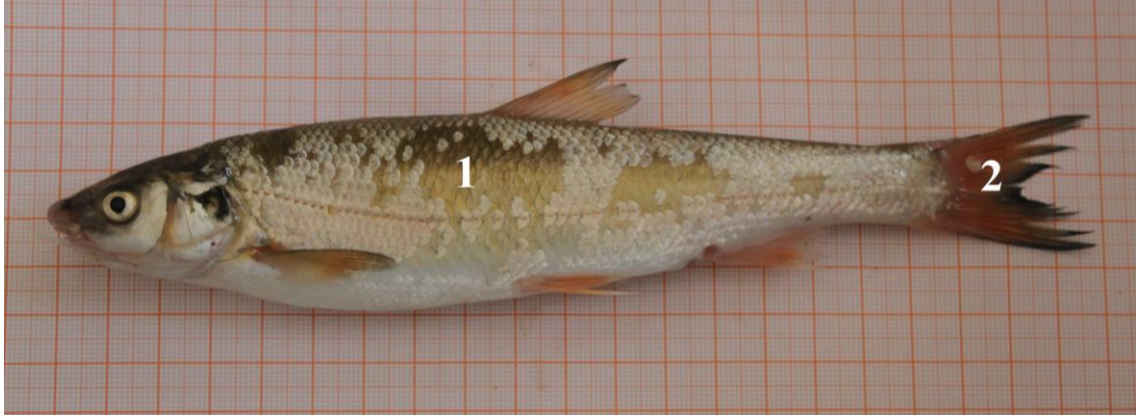
Şekil 4.11. *Barbus lacerta* dış yapısı



Şekil 4.12. *Chondrostoma regium* dış yapısı

Her iki türün vücutlarındaki kasların büyük bir kısmını gövde ve kuyruk kasları oluşturmakla birlikte çene, branşiyal yaylar ve yüzgeçlerle bağlantılı olan kaslar ise daha az bir kısmı kapsadığı görülmüştür. Gövde kasları seri haldeki epaksiyal ve hipoksiyal kas bloklarından oluşup, vertikal bir septumla sağ ve sol yarımlara ayrılırken, horizontal bir septum ile de dorsal ve ventral kaslara ayrıldığı diseksiyon aşamasında incelenmiştir. Vücudun yanlarında derinin hemen altında koyu renkli kan damarları ve yağ miktarınca zengin olan, yüzme aktivitesinde kullanılan lateral süperfisial kaslar bulunduğu görülmüştür.

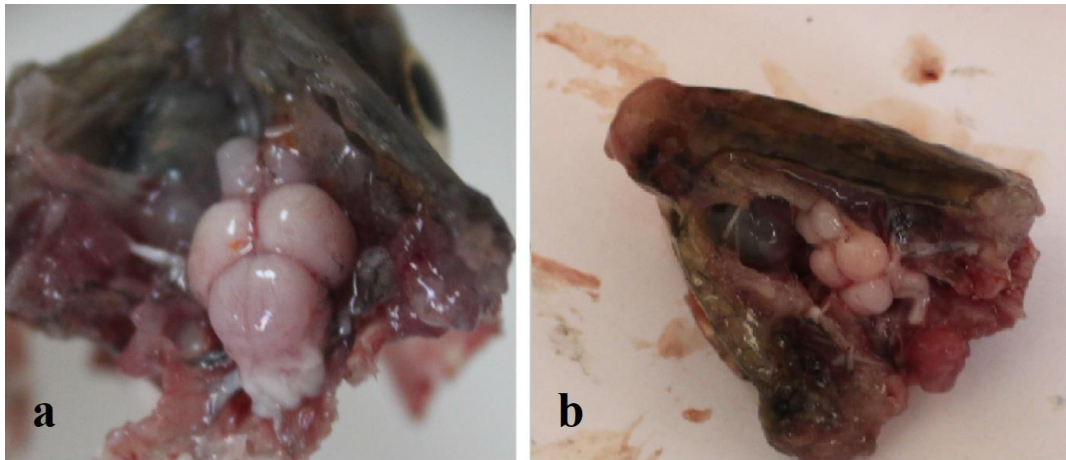
Çalışma esnasında yakalanan bazı balıklarda vücutlarının dışında genel olarak karşılaşılan hafif hasarlar ile karşılaşılmıştır. Şekil 4.13'te *C. regium*'un vücudundaki pulların bazı bölgelerde döküldüğü ve kaudal yüzgeçte erime olduğu görülmüştür. Gözlenen bu anormalliklerin balığın yaşantısını rahatsız etmeyecek kadar küçük çaplı hasarlar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. *Chondrostoma regium* dış yapısı (Anormallikler; 1) Pul dökülmesi 2) Kaudal yüzgeçte erime)

4.2.5.b. Sinir sistemi

B. lacerta ve *C. regium*'un baş kısımları disekte edildiğinde, beyin nörokranium boşluğunda olduğu, kıkırdak ve kemik dokuyla korunduğu görülmektedir. Etrafında serebrospinal sıvı ve kranial boşluğun büyük bir kısmını dolduran yağlı matrix bulunur. Beynin arka tarafında daha geride beyincik, başın gerisinde vücut boyunca uzanan omurilik ve omurilikle bağlantılı omurilik soğanı bulunmaktadır. Beyin üç lob halinde, ön beyin, orta beyin ve arka beyin olarak ayırt edilebildiği görülmüştür (Şekil 4.14).

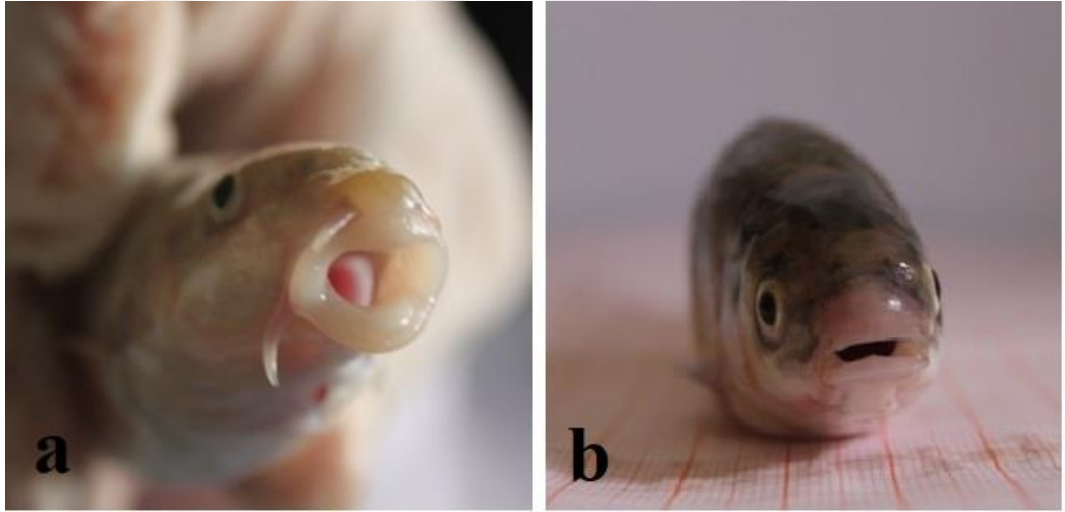


Şekil 4.14. Sinir sistemi a) *Barbus lacerta* beyin anatomisi b) *Chondrostoma regium* beyin anatomisi

4.2.5.c. Sindirim sistemi

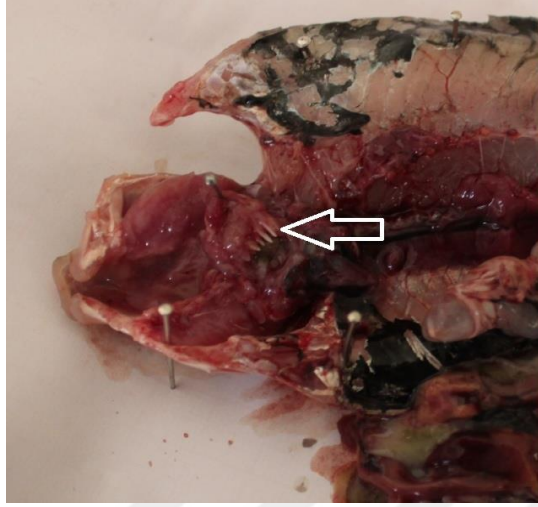
İncelenen balıkların ikisinde Gnatha grubuna dahil olduğundan sindirim sistemleri genel olarak birbirlerine benzerlik göstermektedir. Yapılan diseksiyonlarda sindirim sistemi organları incelenmiş, dudaklar, ağız, dişler, farinks, özofagus, karaciğer, hepatopankreas, bağırsak, anüs gibi organların dış görünüşlerinde makroskobik olarak herhangi bir anormalliğe rastlanmamıştır.

Balıklar incelendiğinde iki türde de emici dudak tipi gözlenmiştir. *Barbus lacerta*'da ağız yarım ay şeklinde olup etrafında iyi gelişmiş etli dudaklar bulunduğu, *Chondrostoma regium*'un ağızı çevresinde keratinleşmiş keskin kenarlı dudaklar mevcut olduğu görülmüştür (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Ağız yapısı a) *Barbus lacerta* ağız ve bıyık yapısı b) *Chondrostoma regium* ağız yapısı

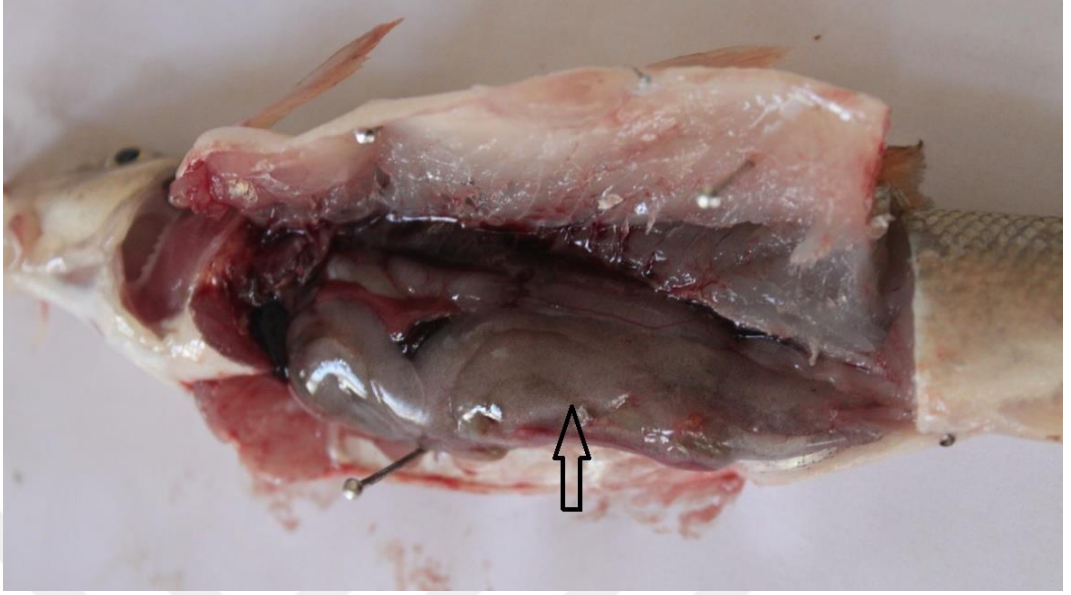
Dişlere bakıldığında sazangillerden olan *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium*'un farinks dişleri beşinci solungaç yayı üzerinde sağlı sollu olup, *Barbus lacerta*'nın farinks dişleri 3 sıralı olup 2.3.5-5.3.2, *Chondrostoma regium*'un ise 2 sıralı olup 7-7 şeklinde dizilmişlerdir (Şekil 4.16).



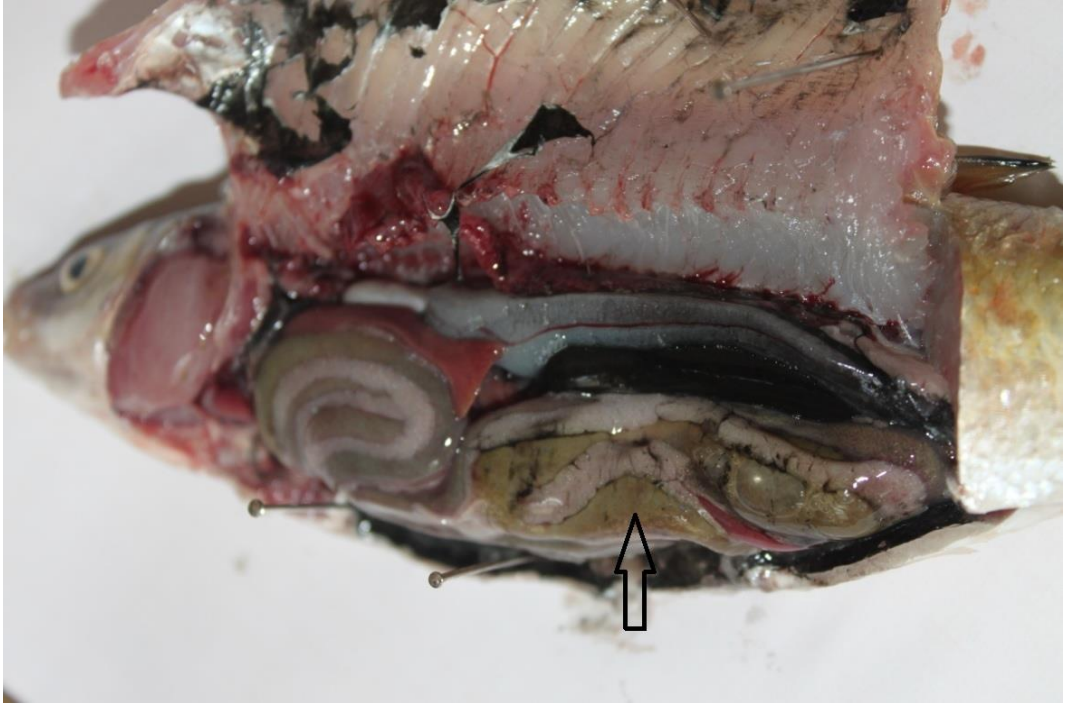
Şekil 4.16. *Chondrostoma regium* farinks dişleri

Balıkların sindirim kanalı sırası ile farinks, özofagus, bağırsak, anüsten oluştuğu diseksiyon yapılırken gözlenmiştir. Çizgili kaslardan oluşan özofagus biraz genişleyerek mide ile bağlantılı olduğundan diseksiyon aşamasında net olarak görülememiştir. *B. lacerta* ve *C. regium*'da anal yüzgecin hemen ön tarafında anüsün konumlandığı gözlenmiştir (Şekil 4.17. ve 4.18).

Diseksiyonlanan türlerin ikisinde omnivor balıklar olup mide bağırsaklar ile bağlantılı ve bağırsaklar uzun kıvrımlı şekilde olduğu gözlenmiştir. İki türün bağırsak uzunlukları karşılaştırıldığında *C. regium*'un bağırsaklarının *B. lacerta*'ya biraz daha uzun olduğu görülmüştür (Şekil 4.18).



Şekil 4.17. *Barbus lacerta* bağırsak anatomisi



Şekil 4.18. *Chondrostoma regium* bağırsak anatomisi

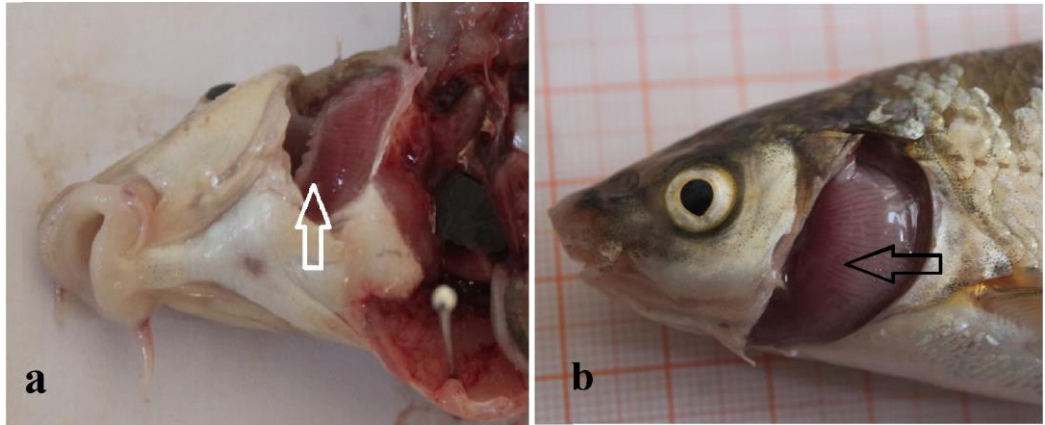
Yapılan incelemelerde karaciğerin iki loblu olduğu görülmüştür. Dalak karaciğerden daha koyu kırmızı renkte ve piramidimsi yapıda olduğu gözlenmiştir. Karaciğer salgısını toplayan safra kesesi ise yeşilimsi renkte gözlenmiş, varlığı her iki balıktan

alınan karaciğer örneklerinin histolojik gözlemleri sonucu safra kanalları görülerek onaylanmıştır.

Karasu Nehri'nden 2015-2016 yıllarında tutulan balıkların karaciğer ağırlıkları, *B. lacerta*'nın 2015'te 0,06-1,08 gr, 2016'da 0,11-1,76 gr; *C. regium*'un 2015'te 0,02-1,33 gr, 2016'da 0,05-2,87 gr değerleri arasında olduğu ölçülerek kaydedilmiştir.

4.2.5.d. Solunum sistemi

Çeneli balıklardan olan iki balık türünde de solungaçlar, yutak bölgesinde her iki yanda içten dışa doğru uzayan, solungaç kemeri üzerinde bulunan interbranşiyal septumlarda lameller şeklinde olduğu görülmüştür. Bu lamellerin arasındaki perde çok küçülmüş olup, lameller iki tarafta uzar şekildedirler. Solungaç kemerleri birbirine yakın olup tüm boşluk operkular kemik ile örtülmüştür. Operkulumun altında her iki tarafta birer adet psedobranş bulunmaktadır. Solungaçlar her iki tarafta da 4'er tane solungaç yayı üzerine yerleşmişlerdir. Solungaç dikenlerinin sayısı. *B. lacerta*'nın 9-10 olarak *C. regium*'un ise 18-36 arasında sayılmıştır (Şekil 4.19).



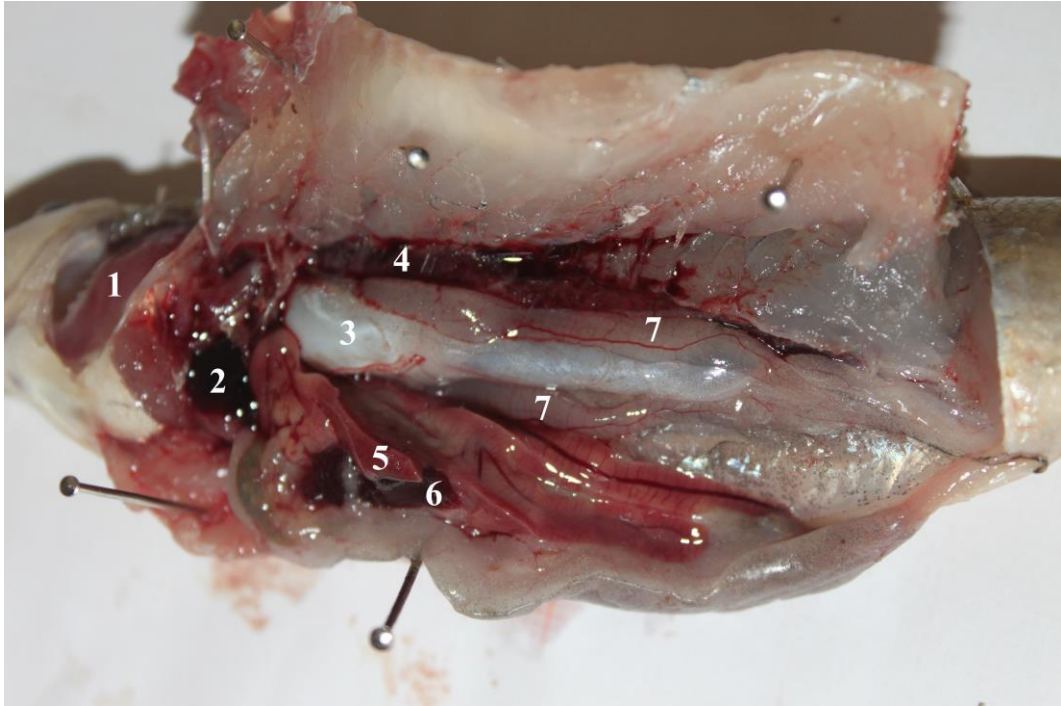
Şekil 4.19. Solunum sistemi a) *Barbus lacerta*'da solungaç ve solungaç dikenini b) *Chondrostoma regium*'da solungaç

Barbus lacerta ve *Chondrostoma regium*'un hava keseleri mevcut olup, daima bir boğumla iki loba ayrıldığı gözlenmiştir. Ayrıca pneumstofor adı verilen bir kanal sayesinde özofagus ile devamlı irtibat halindedir (Fizostom balık).

4.2.5.e. Dolaşım sistemi

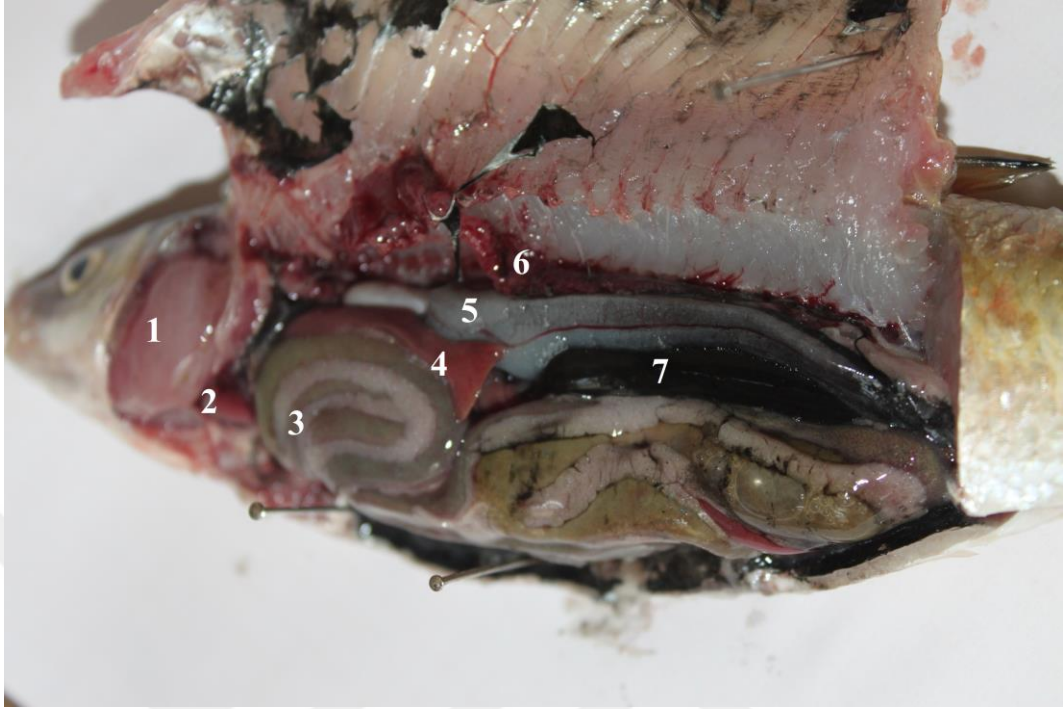
İncelenen balıklarda yapılan diseksiyonda kalp, solungaçların altında ve biraz gerisinde perikardial kavitede (karın boşluğunun önündeki özel bir boşlukta) yerleşmiş olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.20, Şekil 4.21).

Her iki türde de dalak mevcut olup, koyu kırmızı renkte görülüp piramidal yapıda olup ligament ile bağlı olduğu gözlenmiştir. Dalağa kıyasla kalbin daha açık renkte olduğu göze çarpmaktadır. Ayrıca çalışmanın diğer analiz basamaklarında kullanılan dolaşım sıvısı olan kanın rengi berrak kırmızı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.20. *Barbus lacerta*'da diseksiyon

1) Solungaç 2) Kalp 3) Hava kesesi 4) Böbrek 5) Karaciğer 6) Dalak 7) Gonad (Testis)

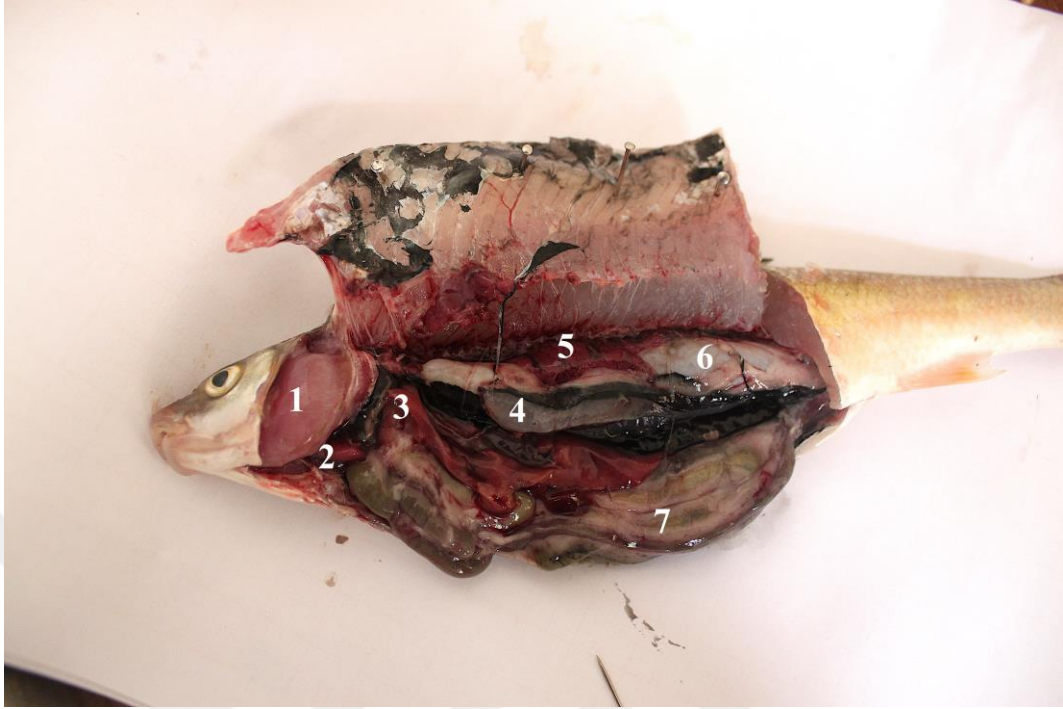


Şekil 4.21. *Chondrostoma regium*'da diseksiyon

1) Solungaç 2) Kalp 3)Bağırsak 4)Karaciğer 5) Gonad (Testis) 6) Böbrek 7) Hava kesesi

4.2.5.f. Üriner sistem

Yapılan diseksiyonlarda böbreklerin genelde koyu kırmızımsı renkte olup, vücut boşluğunun üst tarafında, omurgaların altında, peritonun hemen dışında yerleşmiş ince-uzun bir çift organ olduğu görülmüştür. İncelenen balıklarda böbrek ve gonadlarda makroskobik olarak belirli bir anormallik görülmemiştir (Şekil 4.22)



Şekil 4.22. *Chondrostoma regium*'da diseksiyon

1) Solungaç 2) Kalp 3) Karaciğer 4) Gonad (Testis) 5) Böbrek 6) Hava kesesi 7) Bağırsak

Gonadlar, abdominal boşluğun dorsalinde mesenteryumlar yardımıyla asılı bulunan uzun organlardır. Karasu Nehri'nden 2015-2016 yıllarında yakalanan her iki tür için gonad ağırlıkları incelenecek olursa; *B. lacerta*'nın min-mak. gonad ağırlığı 2015'te 0,43-7,41 gr, 2016'da 0,28-8,23 gr; *C. regium*'un min-mak. gonad ağırlığı 2015'te 0,32-9,15 gr, 2016'da 0,21-7,26 gr olarak ölçülmüştür.

Testisler, vücut boşluğunun üst kısmında hava keselerinin yan taraflarında asılı, genelde beyazımsı, loblu organlar olup bir çift olarak incelenmiştir. Genelde Mayıs-haziran aylarında balıkların testisleri kirli beyaz bir renkte, Eylül-ekim aylarında ise krem rengine değiştiği gözlenmiştir (Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22)

İncelenen balıklarda ovaryumlar da testisler gibi vücut boşluğunun ön kısmında, eşit büyüklükte bir çift olarak bulunduğu görülmüştür. Gençlerde gonadlar beyazımsı, çok ince iplik halinde olduğundan sadece yapılan histolojik preparatlarda ovaryum ya da testis olduğu belirlenebilmiştir. Erişkinlerde Mayıs-haziran aylarında incelenen

olgunlaşan dişi balıkların ovaryumları yumurta sarısı renkte gözlenmiştir. Eylül ayı itibariyle gonadlar grimsi-yeşilimsi renkte görülmüştür.

4.3. Morfometrik Analizler

4.3.1. Bağırsak indeksi (Bİ)

Karasu Nehri'nden iki yıl boyunca yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium*'a ait bağırsak indeksi (Bİ) değerleri aylara göre değerlendirilmiştir. 2015-2016 yıllarında iki türün aylık ortalama Bİ değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. 2015-2016 yıllarında yakalanan *B. lacerta* ile *C. regium* türlerinin aylara göre Bİ değerleri

Balık türü	Aylar	2015 Bİ (Ort.±SH)	2016 Bİ (Ort.±SH)
<i>B. lacerta</i>	Mayıs	1,03±0,02 ^d	1,12±0,03 ^e
	Haziran	1,18±0,01 ^c	1,24±0,04 ^c
	Temmuz	1,24±0,03 ^b	1,63±0,09 ^a
	Ağustos	1,47±0,06 ^a	1,49±0,06 ^b
	Eylül	0,89±0,02 ^e	1,18±0,03 ^d
	Ekim	0,55±0,01 ^f	0,74±0,01 ^f
<i>C. regium</i>	Mayıs	1,26±0,01 ^c	1,43±0,02 ^c
	Haziran	1,39±0,03 ^b	1,25±0,06 ^d
	Temmuz	1,68±0,08 ^a	1,62±0,04 ^b
	Ağustos	1,15±0,03 ^d	1,87±0,08 ^a
	Eylül	0,84±0,04 ^e	0,81±0,01 ^f
	Ekim	0,73±0,02 ^f	0,89±0,02 ^e

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-f} istatistiksel olarak önemlidir $P<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$ Duncan)

B. lacerta'nın 2015'te Bİ değeri 1,47 ile ağustos ayında en yüksek, en düşük değeri ise 0,55 ile ekim ayında, 2016 yılında ise 1,63 değeri ile en yüksek temmuz ayında, en düşük Bİ değeri ekim ayında 0,74 olarak ölçülmüştür. Bu tür için aylar arasındaki Bİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.15).

C. regium 'un 2015 yılındaki Bİ değerleri incelenecek olursa, temmuz ayında en yüksek 1,68 değerini alırken, 0,73 olan en düşük Bİ değerini ekim ayında aldığı grlmştr. 2016 yılının ağustos ayında 1,87 en yüksek değerken, eylül ayında 0,81 ile en düşük Bİ llmştr. Bu tür için aylar arasındaki Bİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (izelge 4.15).

Ward-Campbell *et al.* (2005)'e göre bağırsak katsayısı 1'den düşük ise tür karnivor, 1-3 arasında ise omnivor ve 3'ten büyükse herbivordur. *Barbus lacerta*'da bu değer (0,55-1,65) aralığında, *Chondrostoma regium* (0,73-1,83) aralığında bulunduğundan her iki türün beslenme grubunun omnivor olduğu grlmştr.

4.3.2. Gonadosomatik indeks (GSİ)

Karasu Nehri'nden iki yıl boyunca yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium*'a ait gonadosomatik indeksi (GSİ) değerlerleri aylara ve istasyonlara göre değerlendirilmiştir. 2015-2016 yıllarında iki türün aylık ortalama GSİ değerleri izelge 4.16.'da istasyonlara göre ise izelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. 2015-2016 yıllarında yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin aylara göre ortalama GSİ değerleri

Tür	Aylar	2015		2016	
		Dişi GSİ (Ort±SH)	Erkek GSİ (Ort±SH)	Dişi GSİ (Ort±SH)	Erkek GSİ (Ort±SH)
<i>B. lacerta</i>	Mayıs	5,02±0,08 ^b	2,74±0,09 ^b	4,15±0,47 ^b	3,27±0,08 ^a
	Haziran	7,28±0,12 ^a	3,62±0,51 ^a	6,73±0,08 ^a	2,83±0,11 ^b
	Temmuz	3,47±0,09 ^c	2,05±0,08 ^c	2,26±0,03 ^c	0,67±0,02 ^f
	Ağustos	1,26±0,01 ^f	0,86±0,01 ^f	1,07±0,04 ^f	0,98±0,03 ^e
	Eylül	1,34±0,03 ^e	1,19±0,02 ^e	1,29±0,01 ^e	1,07±0,07 ^d
	Ekim	1,42±0,02 ^d	1,27±0,02 ^d	1,34 ±0,02 ^d	1,16±0,01 ^c
<i>C. regium</i>	Mayıs	8,32±0,81 ^a	3,32±0,04 ^b	5,06±0,26 ^a	2,85±0,12 ^a
	Haziran	4,64±0,25 ^b	3,56±0,31 ^a	3,72±0,19 ^b	1,97±0,03 ^b
	Temmuz	1,57±0,07 ^c	0,29±0,02 ^f	0,89±0,02 ^d	0,14±0,01 ^f
	Ağustos	1,02±0,03 ^f	0,93±0,01 ^c	1,21±0,01 ^c	0,86±0,03 ^e
	Eylül	1,28±0,02 ^e	0,84±0,03 ^d	1,17±0,02 ^c	1,13±0,01 ^c
	Ekim	1,36±0,04 ^d	0,75±0,02 ^e	1,00±0,00 ^d	1,02±0,01 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir $P<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$ Duncan).

Buna göre, her iki yıl için genel olarak, en yüksek GSİ verileri Mayıs ve Haziran aylarında dişi bireylerde görülmüştür. 2015 yılında, *B. lacerta*'nın dişi ve erkek bireylerinin ortalama GSİ değerleri 0,86-7,28 arasında olup, her iki cinsiyette Haziran ayında en yüksek değerine ulaşmaktadır. Aynı yıl *C. regium* bireylerinin ortalama GSİ değerlerine bakılırsa 0,29-8,32 arasında değişmekteyken, GSİ verileri dişilerin Mayıs, erkek bireylerin ise Haziran ayında en yüksek, Ağustos ayında dişi bireylerin, Temmuz ayında ise erkek bireylerin en düşük GSİ değerine ulaştığı görülmektedir. Bu türler için 2015 yılı ayları arasındaki GSİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

2016 yılı verileri incelendiğinde, dişi ve erkek *B. lacerta* bireylerinin ortalama GSİ değer aralığı 0,67-6,73 arasında değişmekteyken, en yüksek değerler dişilerde Haziran, erkeklerde Mayıs ayında görülmektedir (Çizelge 4.16).

C. regium bireylerinde ise her iki cinsiyetteki min-mak. GSİ değerleri 0,14-5,06 aralığında ölçülüp, dişi ve erkek bireylerin en yüksek GSİ verileri mayıs ayındayken, temmuz ayında da her iki cinsiyette en düşük değerler gözlenmiştir. Bu türler için 2016 yılı ayları arasındaki GSİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Bu veriler genel anlamda incelendiğinde aylara göre ortalama GSİ değerleri incelendiğinde üremenin her iki balık türü içinde mayıs-temmuz ayları arasında gerçekleştiği ileri sürülebilir.

Çizelge 4.17. 2015-2016 yıllarında yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin istasyonlara göre GSİ değerleri

Balık türü	İstasyon	2015 GSİ (Ort.±SH)	2016 GSİ (Ort.±SH)
<i>B. lacerta</i>	1	3,17 ±0,03 ^d	3,02 ±0,04 ^d
	2	3,35 ±0,06 ^c	3,52 ±0,07 ^c
	3	5,18 ±0,12 ^b	4,83 ±0,08 ^b
	4	6,03 ±0,09 ^a	5,24 ±0,16 ^a
<i>C. regium</i>	1	4,08 ±0,07 ^d	3,64 ±0,09 ^c
	2	4,29 ±0,05 ^c	3,31 ±0,02 ^d
	3	5,54 ±0,03 ^b	4,86 ±0,09 ^b
	4	6,07 ±0,16 ^a	6,43 ±0,07 ^a

Aynı sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir $P<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$ Duncan).

İstasyonlar arası mukayese yapıldığında ise *B. lacerta*'nın 2015 yılında ölçülen en yüksek GSİ'yi 6,03 ile 4. istasyon, en düşük değeri 3,17 ile 1. istasyon olmuştur. 2016 yılında ise, daha temiz bir bölge olan 4. istasyon 5,24 değerini alırken, en düşük GSİ değerini 3,02 ile yine 1. istasyonun olduğu görülmüştür. Bu tür için istasyonlar arasındaki GSİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.17).

C. regium'un 2015'teki GSİ verilerine bakılırsa, en düşük değerini 4,08 ile 1. istasyonda alırken, 4. istasyonda 6,07 ile en yüksek seviyeye çıktığı görülmüştür. 2016 yılında ise 6,43 ile en yüksek değer yine 4. istasyonda, 2. istasyon 3,31 ile en düşük değeri aldığı görülmüştür. Bu tür için istasyonlar arasındaki GSİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.17).

Bu sonuçlara göre 1. ve 2. istasyon balıklarının üreme potansiyelinde yıllara ve kirliliğe bağlı olarak belirgin bir azalmanın olduğu söylenebilir.

4.3.3. Hepatosomatik indeks (HSİ)

Karasu Nehri'nden iki yıl boyunca yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium*'a ait hepatosomatik indeks (HSİ) değerleri istasyonlara göre değerlendirilmiştir. 2015-2016 yıllarında iki türün ortalama HSİ değerleri istasyonlara göre ise Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. 2015-2016 yıllarında yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin istasyonlara göre ortalama HSİ değerleri

Balık türü	İstasyon	2015 HSİ (Ort.±SH)	2016 HSİ (Ort.±SH)
<i>B. lacerta</i>	1	1,67 ±0,01 ^a	1,52 ±0,02 ^b
	2	1,23 ± 0,01 ^b	1,83 ±0,01 ^a
	3	0,72 ±0,03 ^c	0,61 ±0,02 ^c
	4	0,19 ±0,01 ^d	0,45 ±0,04 ^d
<i>C. regium</i>	1	1,02 ±0,02 ^b	1,27 ±0,03 ^b
	2	1,38 ±0,01 ^a	1,54 ±0,02 ^a
	3	0,71 ±0,03 ^c	0,93 ±0,05 ^c
	4	0,36 ±0,01 ^d	0,48 ±0,01 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan testi).

Balıkların hepatosomatik indeks değerleri 2015 yılında istasyon bazında değerlendirmeye alındığında *B. lacerta* için en fazla HSİ değeri 1. istasyon olan çimento fabrikasının önündeki havuz çıkışında 1,67 olarak kaydedilirken, *C. regium* için en yüksek HSİ değeri 2. istasyonda 1,38 ölçülmüştür. Bu tür için istasyonlar arasındaki HSİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

2016 yılı hepatosomatik indeks değerleri 2015 yılı verilerine yakın olup, istasyon bazında değerlendirmeye alındığında 2. istasyon maksimum değerlere ulaşmıştır. *C. regium* için en yüksek HSİ değeri 2. istasyonda 1,54 ölçülmüştür. *B. lacerta*'da en

yüksek HSİ değeri 1,83 olarak 2. istasyona kaymıştır. Bu tür için istasyonlar arasındaki HSİ değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.18).

Elde edilen sonuçlara göre 1. ve 2. istasyonun kirliliğe bağlı olarak balık karaciğerini olumsuz etkilediği ileri sürülebilir.

4.3.4. Kondisyon faktörü (KF)

Karasu Nehri'nden iki yıl boyunca yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium*'a ait kondisyon faktörü (KF) değerleri aylara göre değerlendirilmiştir. 2015-2016 yıllarında iki türün aylık ortalama KF değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. 2015-2016 yıllarında yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin aylara göre ortalama KF değerleri

Balık türü	Aylar	2015 KF (Ort±SH)	2016 KF (Ort±SH)
<i>B. lacerta</i>	Mayıs	1,32±0,01 ^a	1,69±0,02 ^a
	Haziran	1,28±0,01 ^b	1,58±0,03 ^b
	Temmuz	0,81±0,03 ^e	1,14±0,00 ^e
	Ağustos	1,04±0,02 ^d	1,19±0,01 ^d
	Eylül	1,09±0,01 ^c	1,22±0,01 ^c
	Ekim	1,11±0,00 ^c	1,23±0,00 ^c
<i>C. regium</i>	Mayıs	1,46±0,03 ^b	1,67 ±0,05 ^b
	Haziran	1,68±0,02 ^a	1,83 ±0,04 ^a
	Temmuz	1,10±0,01 ^d	1,34 ±0,01 ^c
	Ağustos	0,93±0,02 ^e	1,15 ±0,03 ^e
	Eylül	1,13±0,01 ^d	1,29 ±0,01 ^d
	Ekim	1,17±0,01 ^c	1,31 ±0,01 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-c} istatistiksel olarak önemlidir $P<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$ Duncan).

Buna göre 2015 yılı için min-mak. KF değerleri *B. lacerta*'da 0,81-1,32 arasında değişip, en yüksek KF değeri Mayıs ayında 1,32 iken, Temmuz ayında 0,81 ile en düşük değerini almıştır. Aynı yıl *C. regium*'un KF değerleri 0,93-1,68 arasında değişirken, en düşük 0,93 ile Ağustos ayında, Haziran ayında ise 1,68 ile en yüksek değerine ulaşmıştır.

Bu türler için 2015 yılı ayları arasındaki KF değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

2016 yılının KF değerleri incelenecek olursa; *B. lacerta*'nın kondisyon faktörü Mayıs ayında en yüksek değere 1,69 ile ulaşmakta ve Temmuz ayında 1,14'e düşmektedir. *C. regium* en yüksek KF değerini 1,83 ile Haziran ayında almış olup, Ağustos ayında 1,15 ile en düşük değerde kalmıştır. Bu türler için 2016 yılı ayları arasındaki KF değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sonuçta mevsimsel olarak kondisyon faktörü değeri en yüksek Mayıs-Haziran aylarında, en düşük ise Temmuz-Ağustos aylarında olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 4.19).

4.4. Toksikolojik Analizler

4.4.1. Biyokimyasal Bulgular

Karasu Nehri'nden iki yıl boyunca yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium*'a ait TAS ve TOS verileri istasyonlara göre değerlendirilmiş ve Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. 2015-2016 yıllarında yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin istasyonlara göre TAS ve TOS değerleri

Balık türü	İstasyon	2015 TAS (Ort±SH)	2015 TOS (Ort±SH)	2016 TAS (Ort±SH)	2016 TOS (Ort±SH)
<i>B. lacerta</i>	1	0,82±0,01 ^b	45,92±2,17 ^a	0,46±0,03 ^d	36,45±2,08 ^a
	2	0,85±0,02 ^b	29,01±0,13 ^b	0,58±0,01 ^c	21,38±3,69 ^b
	3	0,96±0,01 ^a	27,35±0,30 ^b	0,72±0,02 ^b	13,76±1,01 ^c
	4	0,98±0,01 ^a	21,56±1,22 ^c	0,83±0,02 ^a	9,54±0,08 ^d
<i>C. regium</i>	1	0,21±0,03 ^d	58,56±3,29 ^a	0,42±0,02 ^c	42,11±2,57 ^b
	2	0,62±0,04 ^c	12,45±1,03 ^b	0,18±0,04 ^d	67,23±4,23 ^a
	3	0,87±0,02 ^b	9,12±0,36 ^b	0,59±0,03 ^b	18,56±5,02 ^c
	4	0,93±0,02 ^a	3,47±1,16 ^c	0,72±0,01 ^a	5,38±3,02 ^d

Aynı sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-c} istatistiksel olarak önemlidir $P<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$ Duncan).

2015 yılında *B. lacerta* için kanda ölçülen en düşük TAS değeri en kirli istasyon olan 1. istasyonda 0,82 olarak, en yüksek değeri ise 0,98 ile 4. istasyonda ölçülmüştür. *C. regium*'un değerleri incelendiğinde en yüksek değeri 0,93 ile diğerlerine göre daha temiz olan 4. istasyon almıştır. Bunu takiben 0,87 ile 3. istasyon, 0,62 ile 2. istasyon ve 0,21 ile 1 istasyon en düşük değeri almıştır. Bu türler için 2015 yılı istasyonlar arasındaki TAS değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$), (Çizelge 4.20).

2016 yılı verileri de genel anlamda bir önceki yıldaki ölçümlere paralellik göstermektedir. Buna göre; *B. lacerta*'nın en yüksek TAS değeri 0,83 ile 4. istasyonda, en düşük değeri ise 1. istasyonda 0,46 olarak ölçülmüştür. *C. regium*'un en yüksek TAS değeri 0,72 olup 4. istasyonda, en düşük değer ise 2. istasyonda 0,72 olarak ölçülmüştür. Bu türler için 2016 yılı istasyonlar arasındaki TAS değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$), (Çizelge 4.20).

2016 yılı için; *B. lacerta*'nın kanda ölçülen en düşük TOS değeri en temiz istasyon olan 4. istasyonda 9,54 olarak ölçülüp, en yüksek değeri de 36,45 ile 1. istasyon almıştır. *C. regium*'un değerleri incelendiğinde en yüksek değeri 67,23 ile 2. istasyon bunu takiben 42,11 ile 1. istasyon, 18,56 ile 3. istasyon ve en düşük değeri 5,38 ile 4. istasyonun aldığı görülmüştür. 2015 yılı TOS verileri de 2016 değerleri ile paralellik göstermektedir. Bu türler için 2015-2016 yıllarında istasyonlar arasındaki TOS değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). (Çizelge 4.20).

İki türde de istasyonlara bağlı olarak, TAS değerleri düşük, TOS seviyesinde ise genel olarak artış görülmüştür. TAS için; 1. ve 2. istasyonlar genel olarak daha düşük değerleri alırken, 4. istasyon en yüksek değerleri almıştır. TOS için ise; 1. ve 2. istasyonlar genel olarak daha yüksek değerleri alırken, 4. istasyonun en düşük değerleri aldığı görülmüştür (Çizelge 4.20).

Elde edilen sonuçlara göre artan TOS ve azalan TAS değerleri 1. ve 2. istasyon balıklarının kirlilikten etkilenmiş olabileceklerini göstermektedir.

4.4.2. Genotoksisite bulguları

Yakalanan balıkların kanları alınarak yapılan sitogenetik çalışmalar sonucunda periferik kan hücrelerinde mikroçekirdek, çift çekirdek, böbrek şekilli çekirdek, çentikli çekirdek, loplu çekirdek ve tomurcuklu çekirdek gibi eritrositik çekirdek anormallikleri gözlenmiştir. Kan hücrelerinde belirlenen çekirdek anormalliklerinin istasyonlar ve türler arasındaki ortalamaları ve standart hata oranları Çizelge 4.21 ve 4.22’de gösterilmiştir.

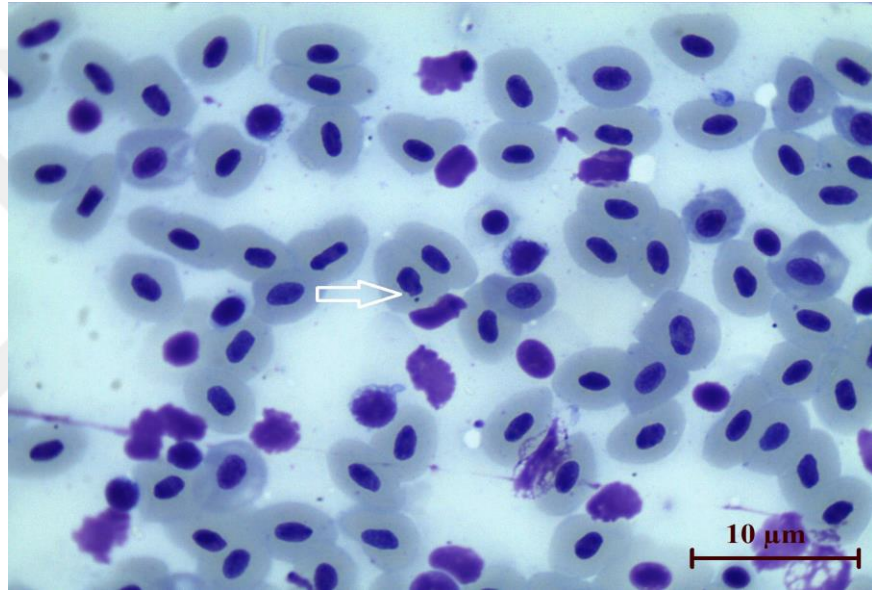
Çizelge 4.21. İstasyonlara göre *Barbus lacerta*’nın kan hücrelerinde belirlenen mikroçekirdek ve diğer eritrositik çekirdek anormallikleri frekansları (% Ort.±SH)

2015 <i>B. lacerta</i>						
İstasyon	Mikro çekirdek	Böbrek şekilli çekirdek	Çift çekirdek	Çentikli çekirdek	Loplu çekirdek	Tomurcuklu çekirdek
1.	6,48±0,16 ^a	5,33±0,32 ^a	2,07±0,21 ^a	4,54±0,43 ^a	4,01±0,42 ^a	2,17±0,08 ^a
2.	4,39±0,23 ^b	4,67±0,18 ^b	1,03±0,04 ^c	3,22±0,16 ^b	1,52±0,08 ^c	1,86±0,03 ^b
3.	3,47±0,31 ^c	1,14±0,01 ^c	1,36±0,12 ^b	2,68±0,05 ^c	2,41±0,27 ^b	1,82±0,01 ^c
4.	1,06±0,12 ^d	0,87±0,03 ^d	0,54±0,07 ^d	1,15±0,02 ^d	0,11±0,01 ^d	0,38±0,01 ^d
Toplam	15,4±0,27	12,01±0,01	5±0,07	11,59±0,01	8,05±0,04	6,23±0,21
2016 <i>B. lacerta</i>						
İstasyon	Mikro çekirdek	Böbrek şekilli çekirdek	Çift çekirdek	Çentikli çekirdek	Loplu çekirdek	Tomurcuklu çekirdek
1.	10,54±0,38 ^a	9,66±0,61 ^a	2,62±0,42 ^b	1,87±0,16 ^b	3,86±0,36 ^a	2,54±0,63 ^a
2.	7,12±0,61 ^b	5,87±0,45 ^b	3,27±0,31 ^a	2,32±0,21 ^a	2,13±0,17 ^b	1,65±0,02 ^b
3.	3,63±0,18 ^c	3,28±0,18 ^c	1,18±0,54 ^c	1,65±0,04 ^c	1,06±0,42 ^c	1,23±0,07 ^c
4.	1,79±0,23 ^d	1,11±0,43 ^d	0,56±0,01 ^d	0,32±0,01 ^d	0,43±0,05 ^d	0,27±0,09 ^d
Toplam	23,08±0,12	19,92±0,04	7,63±0,02	6,16±0,02	7,48±0,06	5,69±0,02

Aynı sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan).

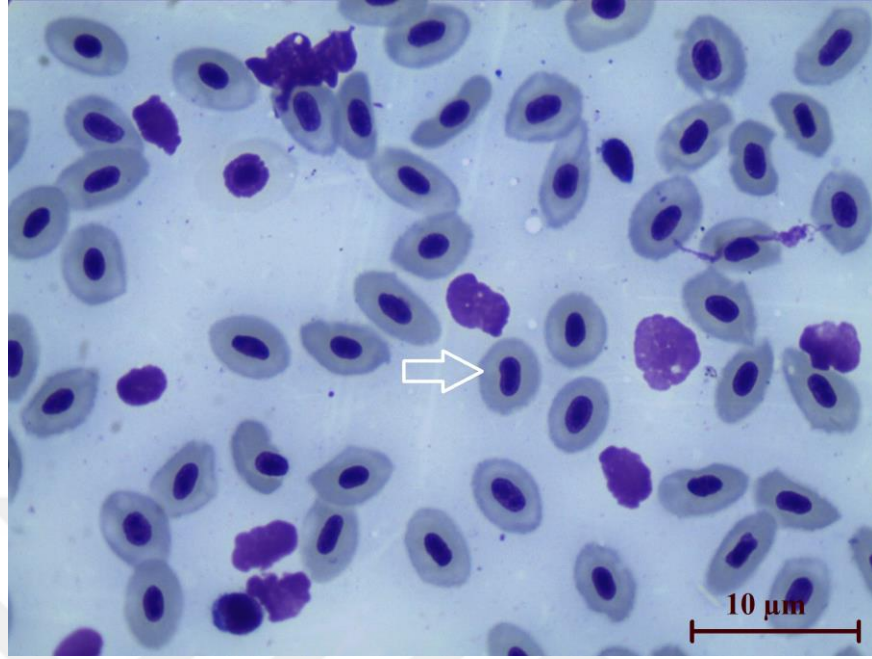
2015 yılı anormallikleri incelendiğinde; *B. lacerta* kan hücrelerinde belirlenen oluşumlardan, mikroçekirdek diğerlerine göre daha fazla görülmüştür (Şekil 4.23). *B. lacerta*’daki tüm anormallikler istasyonlar arası değerlendirildiğinde en yüksek 1. istasyon’da olup bunu genel olarak 2. ve 3. istasyonlar takip etmiştir. (Çizelge 4.21).

2016 yılı anormallikleri incelendiğinde; *B. lacerta*'nın kan hücrelerinde belirlenen oluşumlardan, mikroçekirdek diğerlerine göre daha fazla görülmüştür. *B. lacerta*'da tüm anormallikler istasyonlarla kıyas edildiğinde en yüksek 1. istasyon'da olup (çift ve çentikli çekirdek hariç) bunu genel olarak 2. ve 3. istasyonlar takip etmiştir. İstasyonlar arası değerlendirilmede ise 1., 2., 3. ve 4. istasyonlarda en fazla mikroçekirdek bulunduğu görülmüştür. İstasyonlar arası ortalama farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$; Çizelge 4.21).

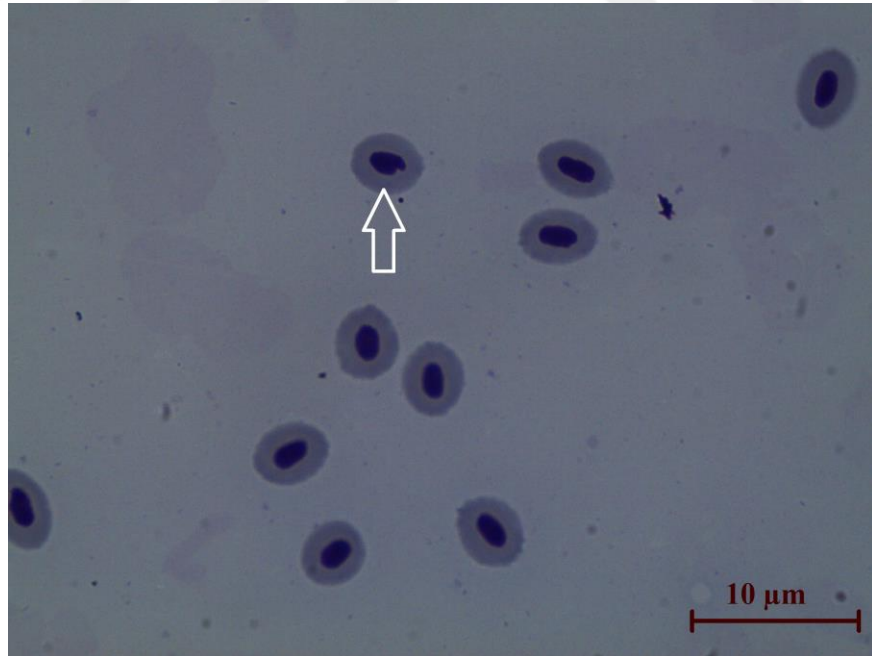


Şekil 4.23. *Barbus lacerta* kan hücresinde mikroçekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Mikroçekirdek

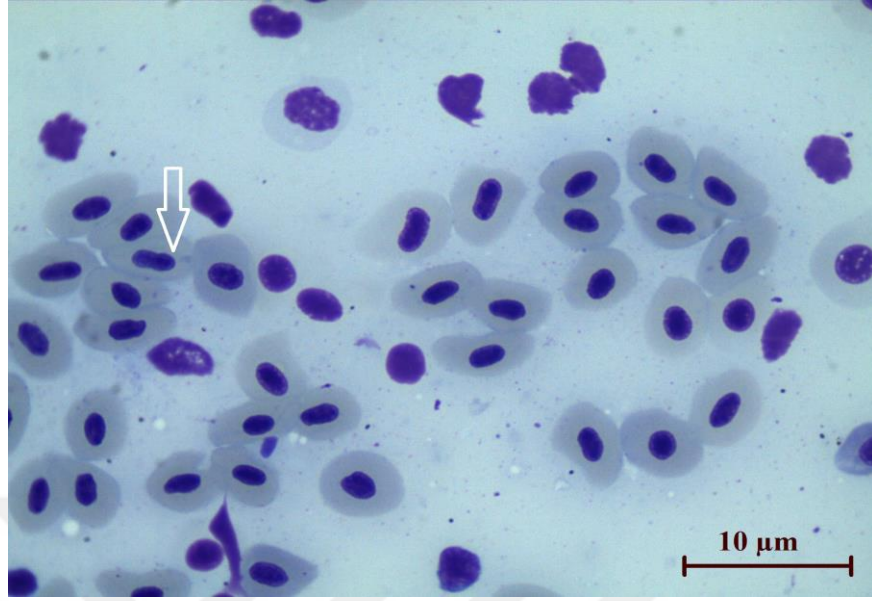
İstasyonlar arası anomallikler değerlendirildiğinde 1., 3. ve 4. istasyonlarda en fazla mikroçekirdek Şekil (4.23), 2. istasyonda en fazla böbrek şekilli çekirdek anomalliklerinin (Şekil 4.24) olduğu görülmüştür. Çentikli çekirdek (Şekil 4.25), loblu çekirdek (Şekil 4.26), çift çekirdek Şekil (4.27) ve tomurcuklu çekirdek oluşum frekansı ise diğerlerine göre biraz daha düşük değerlerde gözlenmiştir. İstasyonlar arası ortalama farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).



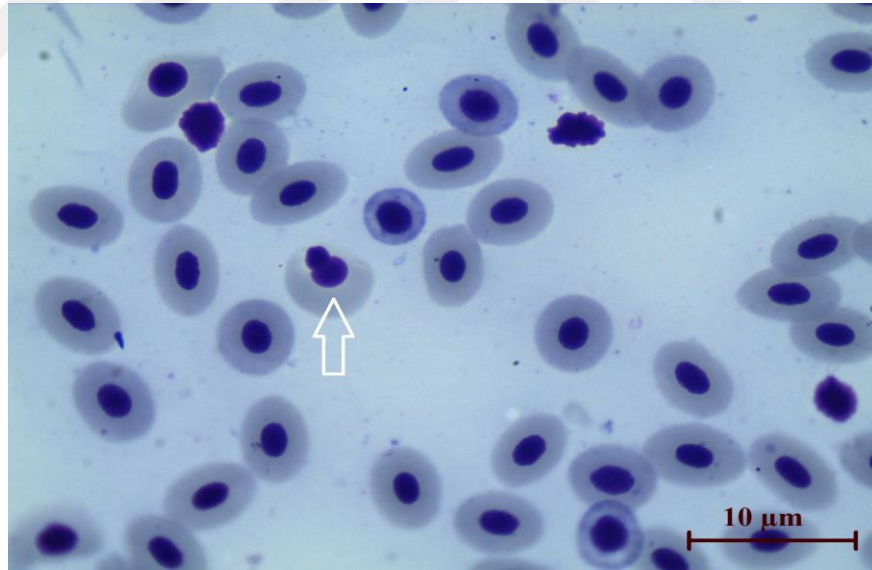
Şekil 4.24. *Barbus lacerta* kan hücresinde böbrek şekilli çekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Böbrek şekilli çekirdek



Şekil 4.25. *Barbus lacerta* kan hücresinde çentik şekilli çekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Çentikli çekirdek



Şekil 4.26. *Barbus lacerta* kan hücresinde loblu çekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Loblu çekirdek



Şekil 4.27. *Barbus lacerta* kan hücresinde çift çekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Çift çekirdek

2015 itibari ile *C. regium* kan hücrelerinde belirlenen anormalliklerden, mikroçekirdek (Şekil 4.28) diğerlerine göre daha fazla görülmüştür. *C. regium*'da tüm anormallikler istasyonlar arası değerlendirildiğinde en yüksek 2. istasyon'da olup (çift ve çentikli çekirdek hariç) bunu genel olarak 1. ve 3. istasyonlar takip etmiştir. İstasyonlar arası değerlendirilmede ise 1. istasyonda en fazla çentikli çekirdek (Şekil 4.30), 2. istasyonda mikroçekirdek, 3. istasyonda loblu çekirdek, 4. istasyonda böbrek şekilli çekirdek (Şekil 4.30) anormalliklerinin olduğu görülmüştür. Tomurcuklu çekirdek oluşum (Şekil 4.29) frekansı 2. istasyonda, çift çekirdek oluşum (Şekil 4.31) frekansı ise 1. istasyonda diğerlerine göre fazla bulunmuştur. İstasyonlar arası ortalama farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.22).

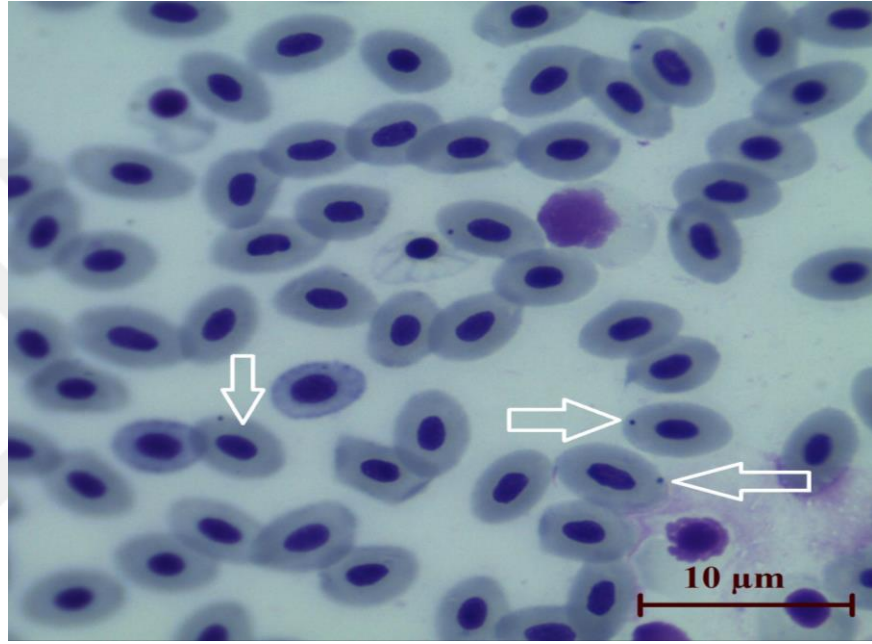
İstasyonlara göre *Chondrostoma regium*'un periferik kan hücrelerinde belirlenen mikroçekirdek ve diğer çekirdek anormalliklerinin frekansları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. İstasyonlara göre *Chondrostoma regium*'un kan hücrelerinde belirlenen mikroçekirdek ve diğer eritrositik çekirdek anormallikleri frekansları (% Ort \pm SH)

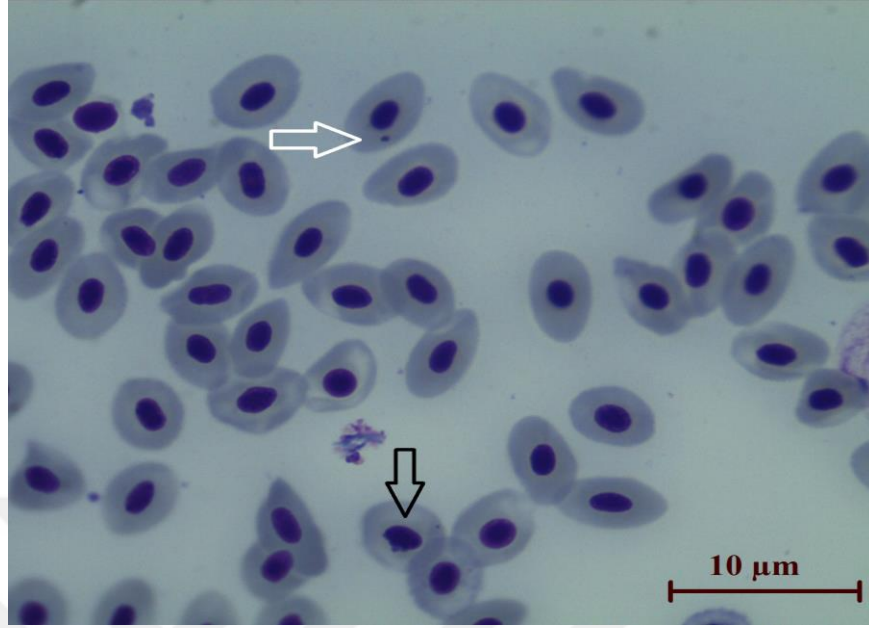
2015 <i>C. regium</i>						
İstasyon	Mikro çekirdek	Böbrek şekilli çekirdek	Çift çekirdek	Çentikli çekirdek	Loplu çekirdek	Tomurcuklu çekirdek
1.	6,90 \pm 0,43 ^b	3,60 \pm 0,55 ^b	4,28 \pm 0,09 ^a	7,20 \pm 0,04 ^a	2,70 \pm 0,36 ^c	5,20 \pm 0,17 ^b
2.	10,60 \pm 0,94 ^a	8,40 \pm 0,26 ^a	3,20 \pm 0,11 ^b	5,30 \pm 0,66 ^b	6,50 \pm 0,45 ^a	7,70 \pm 0,48 ^a
3.	3,44 \pm 0,61 ^c	1,75 \pm 0,01 ^d	1,07 \pm 0,05 ^c	2,18 \pm 0,27 ^c	3,68 \pm 0,53 ^b	1,13 \pm 0,34 ^c
4.	1,20 \pm 0,04 ^d	1,80 \pm 0,02 ^c	0,50 \pm 0,03 ^d	1,40 \pm 0,01 ^d	0,60 \pm 0,02 ^d	0,20 \pm 0,06 ^d
Toplam	22,14 \pm 0,15	15,55 \pm 0,03	9,05 \pm 0,06	16,08 \pm 0,02	13,48 \pm 0,01	14,23 \pm 0,05
2016 <i>C. regium</i>						
İstasyon	Mikro çekirdek	Böbrek şekilli çekirdek	Çift çekirdek	Çentikli çekirdek	Loplu çekirdek	Tomurcuklu çekirdek
1.	12,45 \pm 0,68 ^a	6,43 \pm 0,37 ^b	3,56 \pm 0,15 ^a	5,32 \pm 0,35 ^b	4,68 \pm 0,52 ^a	4,78 \pm 0,56 ^b
2.	9,56 \pm 0,33 ^b	8,67 \pm 0,56 ^a	3,12 \pm 0,06 ^b	8,11 \pm 0,67 ^a	3,75 \pm 0,13 ^b	6,83 \pm 0,32 ^a
3.	2,78 \pm 0,41 ^c	1,69 \pm 0,23 ^c	1,02 \pm 0,05 ^c	3,23 \pm 0,43 ^c	1,01 \pm 0,05 ^c	3,12 \pm 0,44 ^c
4.	1,73 \pm 0,17 ^d	1,24 \pm 0,12 ^d	0,40 \pm 0,07 ^d	1,43 \pm 0,12 ^d	0,64 \pm 0,08 ^d	0,17 \pm 0,01 ^d
Toplam	26,52 \pm 0,21	18,03 \pm 0,02	8,10 \pm 0,06	18,09 \pm 0,01	10,08 \pm 0,11	14,90 \pm 0,13

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir $P<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$ Duncan testi).

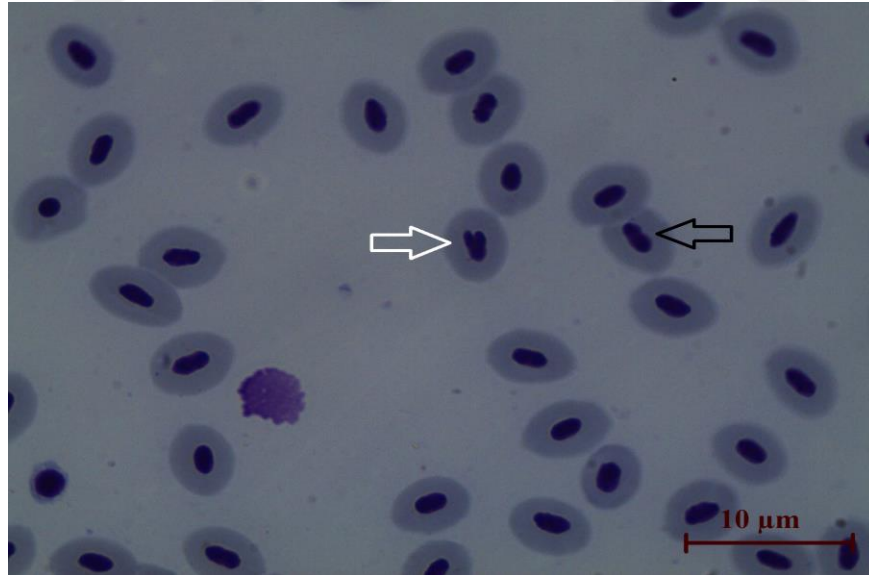
2016 yılında *C. regium* kan hücrelerinde belirlenen oluşumlardan, mikroçekirdek (Şekil 4.28) diğer anormalliklere göre daha fazla görülmüştür. İstasyonlar arası değerlendirilmede 1., 2. ve 4. istasyonlarda en fazla mikroçekirdek, 3. istasyonda çentikli çekirdek (Şekil 4.30) anormalliklerinin olduğu görülmüştür. İstasyonlar arası ortalama farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$; Çizelge 4.22).



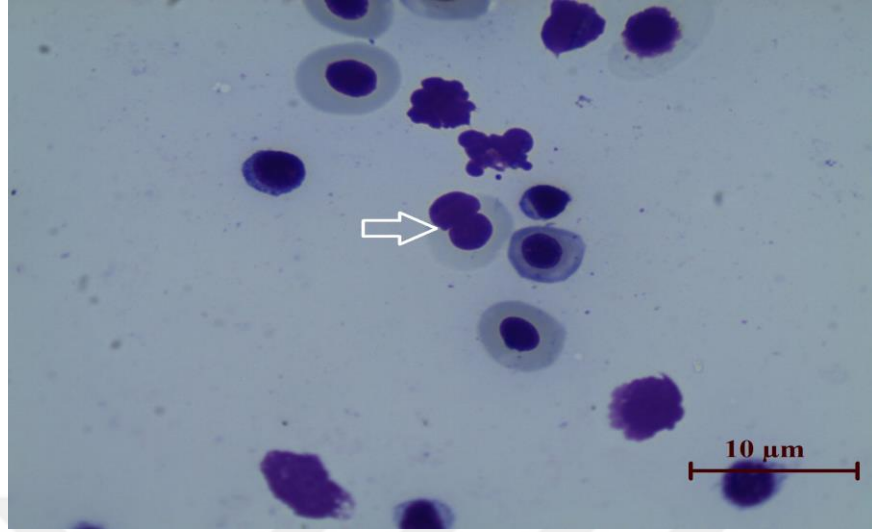
Şekil 4.28. *Chondrostoma regium* kan hücresinde mikroçekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Mikroçekirdek



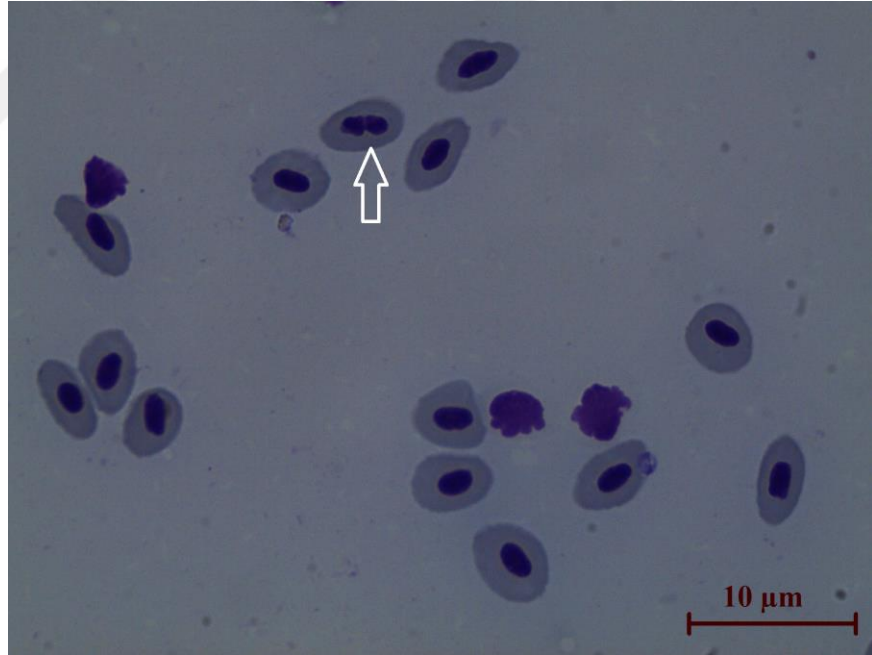
Şekil 4.29. *Chondrostoma regium* kan hücresinde tomurcuklu çekirdek ve mikroçekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Mikroçekirdek, Siyah ok: Tomurcuklu çekirdek



Şekil 4.30. *Chondrostoma regium* kan hücresinde çentik şekilli çekirdek ve böbrek şekilli çekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Çentikli çekirdek, Siyah ok: Böbrek şekilli çekirdek



Şekil 4.31. *Chondrostoma regium* kan hücresinde çift çekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Çift çekirdek



Şekil 4.32. *Chondrostoma regium* kan hücresinde loblu çekirdek oluşumu (Giemsa)
Beyaz ok: Mikroçekirdek

Tüm istasyonlardan yakalanan balıkların tamamında eritrositlerde tespit edilen ilk anormallik mikroçekirdek anormalliği olmuştur. Genel anlamda her iki yılda da 1.ve 2. istasyonlara ait balıklarda mikroçekirdek frekansının arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). İstasyonların tamamından yakalanan balıkların eritrositlerinde tespit edilen diğer anormallik böbrek şekilli çekirdek oluşumu anormalliğidir. 2015 yılında böbrek şekilli çekirdek *B. lacerta*'da 1. istasyonda, *C. regium*'da 2. istasyonda en yüksek değerlerini almışlardır. Periferik kan hücreleri eritrositlerinde tespit edilen diğer çekirdek anormallikleri de tomurcuklu çekirdek, çift çekirdek, çentikli çekirdek, loblu çekirdektir. Çalışmada tespit edilen bu anormallikler yaygın olmamakla birlikte tüm istasyonlar arasında 1.ve 2. istasyon balıklarında daha yüksek frekansta olduğu tespit edilmiştir.

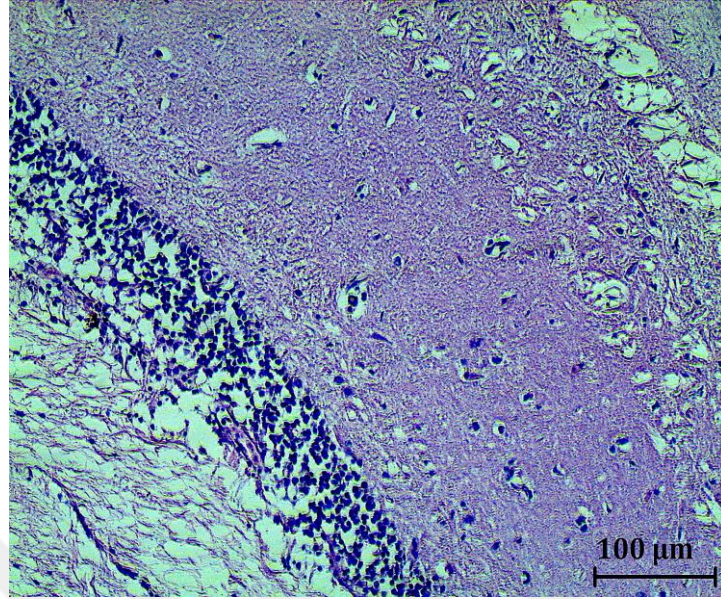
Özetle dört lokaliteden yakalanan balıkların eritrositlerindeki çekirdek anormalliklerinin genel olarak en fazla 1. ve 2. istasyonlarda, en az ise 4. istasyon balıklarında olduğu tespit edilmiştir.

4.5. Histolojik ve Histopatolojik Analizler

Yakalanan balıkların beyin, solungaç, karaciğer, sindirim sistemleri, böbrek ve gonad dokuları alınıp, H&E boyama yapılarak, histolojik incelemeler yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde histopatolojik durumların fotoğrafları çekilerek, her dokunun kendine özgü DTC analizleri yapılmıştır.

4.5.1. Beyin histolojisi ve patolojisi

Kirlenmeyen istasyonlardan alınan balıkların sinir dokusunda yapılan incelemeler neticesinde, sinir uyarılarını gerçekleştiren nöronlar ve destek görevi olan nöroglial hücreler belirgin olarak görülen hücre tipleri olmuştur. Beynin piameter tabakasından periventrikulare tabakasına kadar, beyinciğin de moleküler, granüler ve piramidal tabakaları (purkinje hücrelerinin yoğunlukta olduğu) normal yapıda gözlenmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. *Barbus lacerta*'da normal beyin histolojisi (H&E)

İncelenen balıkların sinir dokusunda tespit edilen histolojik hasarlar Çizelge 4.23'te DTC evreleri ile birlikte sunulmuştur. Aynı dokunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.24'te verilmiştir.

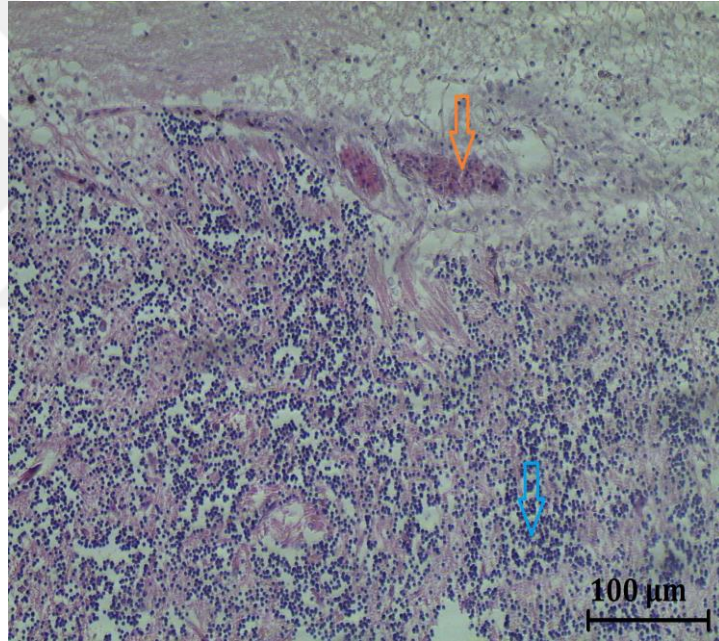
Çizelge 4.23. İstasyonlara göre iki türün sinir dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri

İstasyon	Balık türü	1. İst		2. İst		3. İst		4. İst	
		B	C	B	C	B	C	B	C
Beyin Lezyonları	DTC evresi								
Hiperemi	I	1	2	1	1	0	1	0	0
İnfiltrasyon	I	2	1	1	2	1	1	0	0
Konjesyon	I	1	2	2	1	0	1	0	1
Vakuolizasyon	I	3	1	2	3	1	1	0	1
Granüler tabakada dejenerasyon	II	1	2	1	1	0	1	0	0
Gliozis	II	0	2	0	1	0	0	0	0
Nekroz	III	1	1	0	1	0	0	0	0

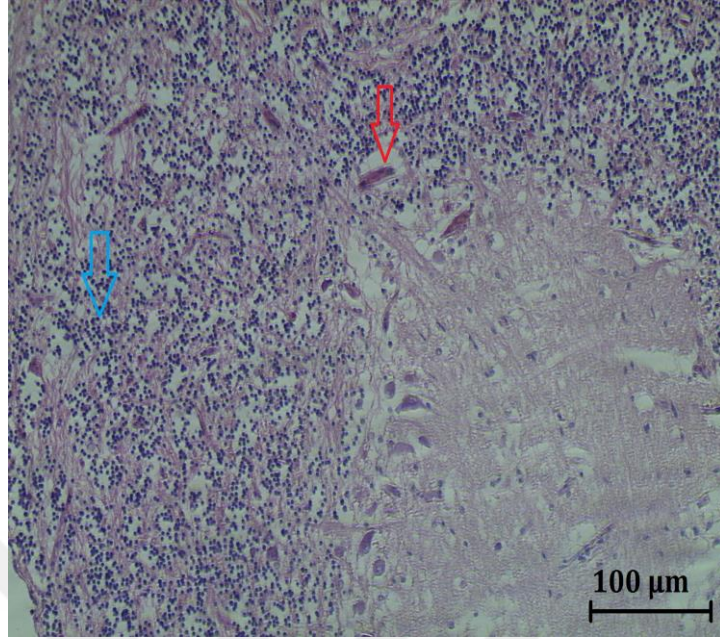
0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek. Evreler Bernet *et al.* (1999)'dan yararlanılarak belirlenmiştir.

B: *Barbus lacerta*; C: *Chondrostoma regium*

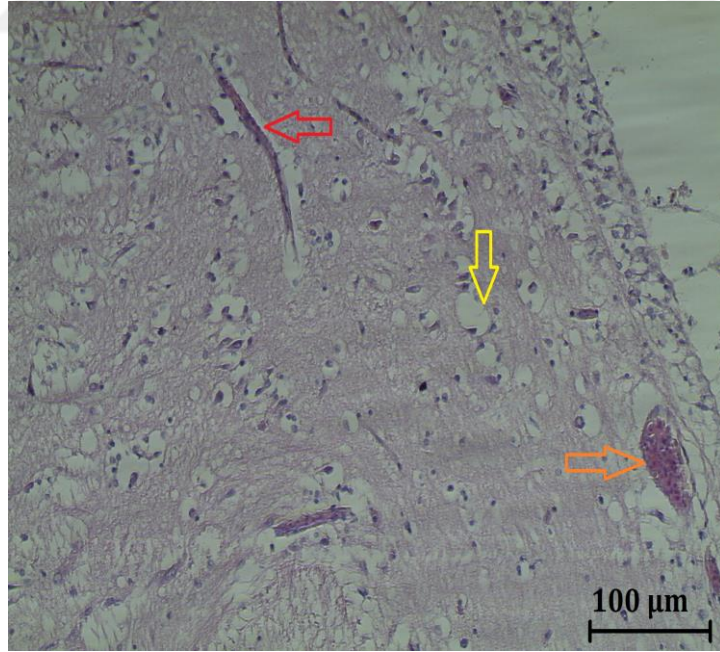
Balıklardan alınan sinir doku örneklerinden elde edilen preparatlar incelendiğinde, her iki balık türünde de benzer histopatolojik hasarlar tespit edilmiştir. En çok rastlanılan histolojik hasarlar; granüler tabakada infiltrasyon, ak maddede hiperemi (Şekil 4.34), granüler tabakada infiltrasyon ve konjesyon (Şekil 4.35), purkinje tabakasında hiperemi, konjesyon, vakuolizasyon (Şekil 4.36), korteks tabakasında vakuolizasyon (Şekil 4.37), nekroz ve konjesyon (Şekil 4.38), granüler tabakada gliozis ve dejenerasyon (Şekil 4.39), granüler tabakada dejenerasyon ve konjesyon (Şekil 4.40) olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında, istasyonlar arası histolojik hasar frekanslarının 1. ve 2. istasyon balıklarında arttığı görülmüştür.



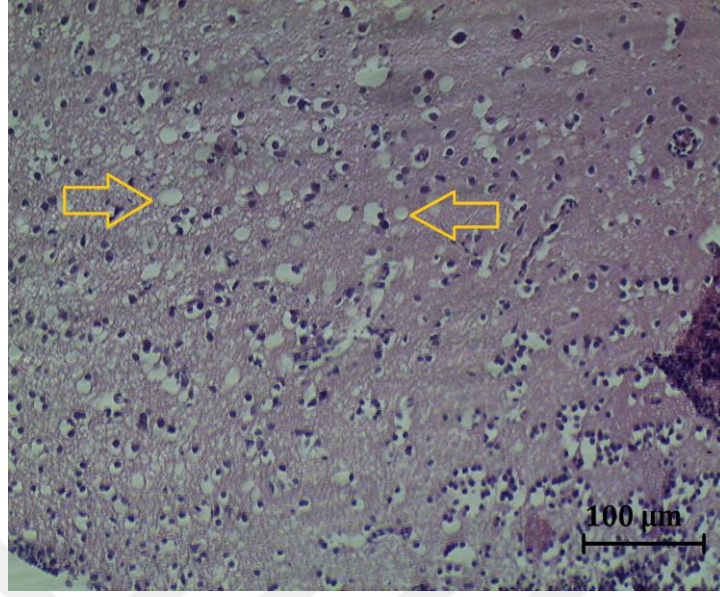
Şekil 4.34. *Barbus lacerta* 'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)
Turkuaz ok: İnfiltrasyon, Turuncu ok: Hiperemi



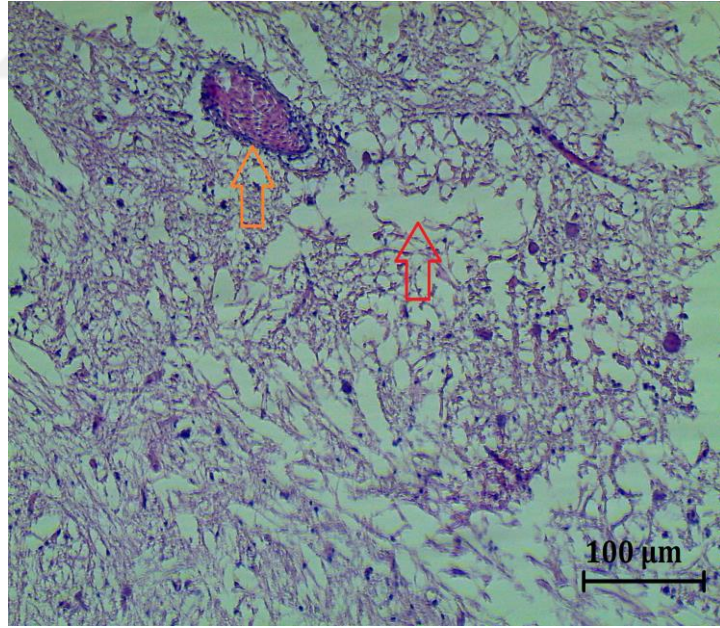
Şekil 4.35. *Barbus lacerta*'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)
Turkuaz ok: İnfiltrasyon, Kırmızı ok: Konjesyon



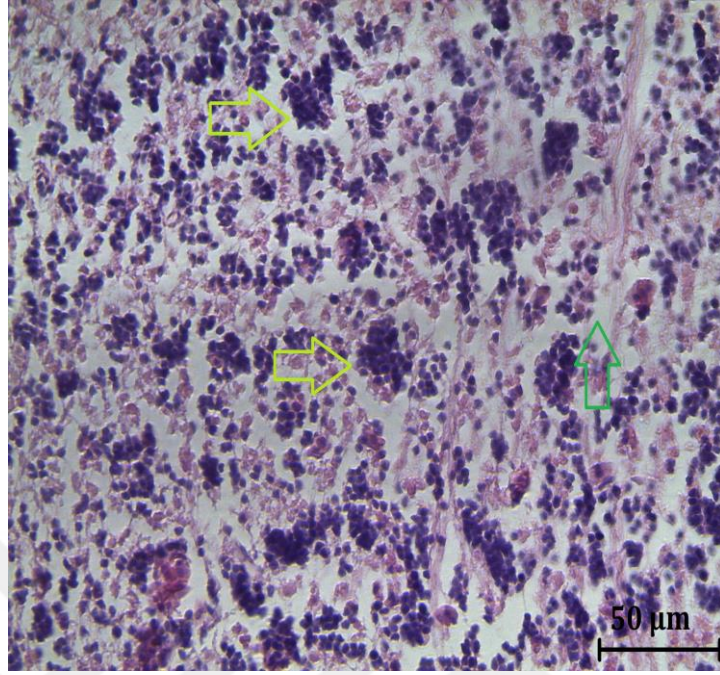
Şekil 4.36 *Barbus lacerta*'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)
Turuncu ok: Hiperemi, Kırmızı ok: Konjesyon, Sarı ok: Vakuolizasyon



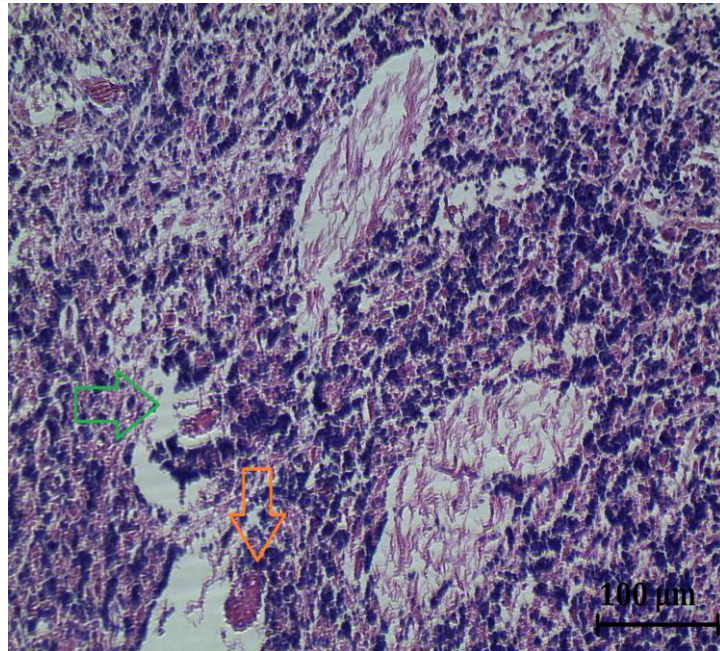
Şekil 4.37. *Barbus lacerta*'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)
Sarı ok: Vakuolizasyon



Şekil 4.38. *Chondrostoma regium*'da beyin dokusu anormallikleri(H&E)
Turuncu ok: Konjesyon, Kırmızı ok: Nekroz



Şekil 4.39. *Chondrostoma regium*'da beyin dokusu anormallikleri(H&E)
Sarı ok: Gliozis, Koyu yeşil ok: Dejenerasyon



Şekil 4.40 *Chondrostoma regium*'da beyin dokusu anormallikleri (H&E)
Koyu yeşil ok: Granüler tabakada dejenerasyon, Turuncu ok: Konjesyon

Çizelge 4.24. İstasyonlara göre sinir dokuda ortalama DTC değerleri

BEYİN				
İstasyon	2015 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2016 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2015 <i>C. regium</i> (Ort±SH)	2016 <i>C. regium</i> (Ort±SH)
1	9,85±0,13 ^b	13,08±0,17 ^a	10,15±0,59 ^b	18,82±0,28 ^a
2	11,02±0,02 ^a	7,93±0,06 ^b	15,16±0,62 ^a	16,20±0,09 ^b
3	4,89±0,04 ^c	3,91±0,03 ^c	6,87±0,03 ^c	7,95±0,71 ^c
4	3,13±0,06 ^d	1,94±0,25 ^c	2,37±0,78 ^d	3,21±0,02 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan).

Barbus lacerta'nın sinir dokusunda en yüksek DTC değerleri 2015 yılında 2. istasyonda, 2016 yılında 1. istasyonda görülmüştür. Her iki yıl için en düşük DTC değeri 4. istasyonda kaydedilmiştir. Bu tür için istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

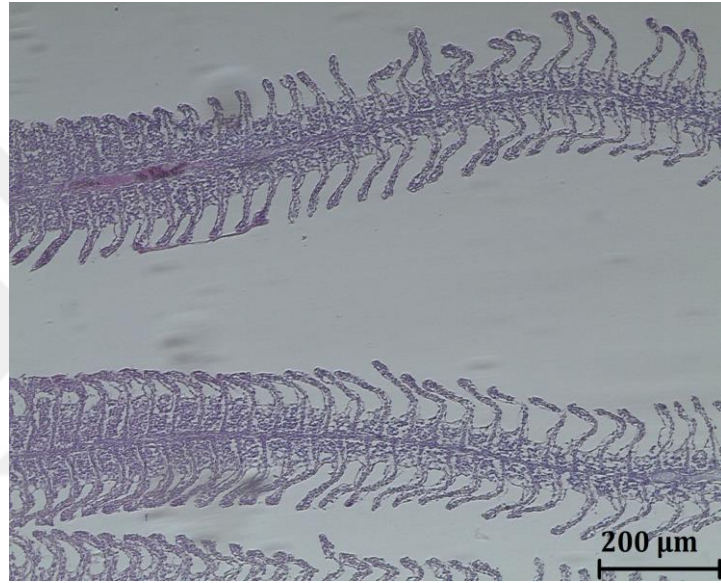
Chondrostoma regium'un sinir dokusunda iki yıllık DTC değerleri incelendiğinde 2015 yılında 2. istasyon en yüksek değeri almışken, en düşük değer 4. istasyonda görülmüştür. 2016 yılında ise 1. ve 2. istasyonlar birbirine yakın olsa da 1. istasyonun en yüksek değeri aldığı görülmüştür. Her iki yılda da *C. regium*'un istasyonlar arası farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Organların hasar durumlarına gelince, 2015 yılında *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium*'un 1.-3.-4. istasyon balıklarında beyin fonksiyonları normal iken, 2. istasyonda hafif bir hasar görülmüştür. 2016 yılı değerlendirilirse *Barbus lacerta* için, 2.-3.-4. istasyonlarda yaşayan balıklarda beyin normal durumdayken, 1. istasyonda beyinde genel olarak hafif hasarlar tespit edilmiştir. *Chondrostoma regium* için ise 1. ve 2. istasyonlarda hafif hasarlar görülürken, 3. ve 4. istasyonlarda beyin fonksiyonlarının normal seviyede olduğu belirlenmiştir.

4.5.2. Solungaç histolojisi ve patolojisi

Yapılan incelemelerde kirlilik yönünden temiz olan noktalarda yaşayan balıkların

solungaçları ile hazırlanan preparatlarda solungaç filamentleri ile bu yapıları oluşturan primer ve sekonder lamellerinin düzgün yapılı olduğu görülmüştür. Primer lamelin orta kısmında bulunan hiyalin kıkırdağın etrafındaki filament epitel hücreleri ve kan damarlarının, sekonder lamel yapısında bulunan destek hücreleri, mukus, klorid hücrelerinin, solunum epitel hücreleri ve kılcacık kan damarlarının normal yapıda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. *Chondrostoma regium*'da normal solungaç dokusu (H&E Konjesyon)

İncelenen balıkların solungaç dokusunda tespit edilen histolojik hasarlar Çizelge 4.25'te DTC evreleri ile birlikte sunulmuştur. Aynı dokunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.26'da verilmiştir.

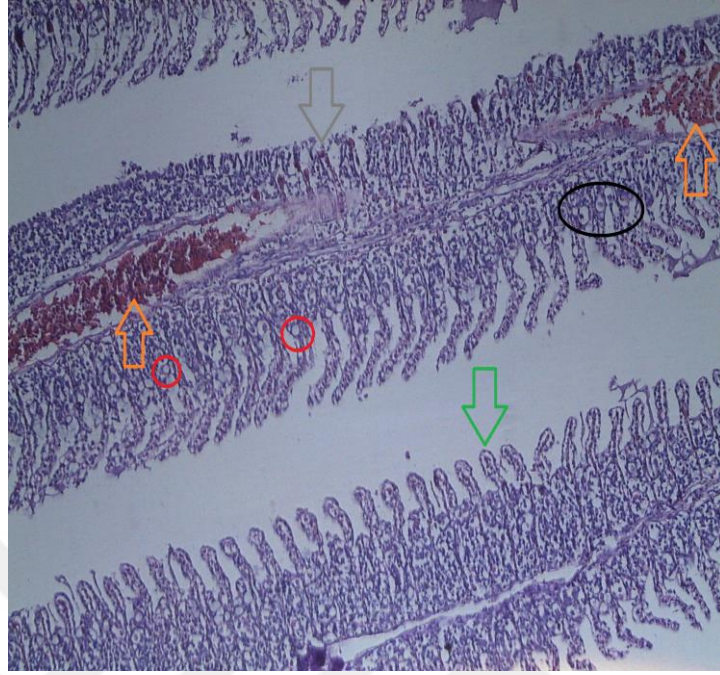
Çizelge 4.25. İstasyonlara göre iki türün solungaç dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri

İstasyon	Balık türü	1. İst		2. İst		3. İst		4. İst	
		B	C	B	C	B	C	B	C
Solungaç Lezyonları	DTC evresi								
Filamenter dilatasyon	I	3	3	3	3	2	3	0	0
Lamel epitelinde ayrılma	I	3	3	2	3	2	1	1	0
Lamellerde dejenerasyon	I	3	3	3	3	2	2	1	1
Lamellerde hiperplazi	I	2	1	2	3	2	1	0	1
Sekonder lamelde kıvrılma/kısalma	I	2	3	3	3	1	2	0	0
Solunum epitelinde hiperplazi	I	3	2	2	3	0	1	1	0
Vazodilatasyon	I	3	2	2	3	1	2	0	1
Hiyalin kıkırdakta proliferasyon	II	1	0	1	1	0	0	0	0
Lamellar anevrizma	II	2	2	2	3	2	1	0	0
Konjesyon	II	3	3	3	3	2	2	0	0
Lamelde füzyon	II	2	3	2	3	1	0	0	0
Mukus hücresinde hipertrofi	II	2	1	1	2	0	0	0	0
Klorid hücresinde hipertrofi	II	1	1	0	1	0	0	0	0
Hiyalin kıkırdakta proliferasyon	II	1	1	1	2	0	1	0	0

0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek. Evreler Bernet *et al.* (1999)'dan yararlanılarak belirlenmiştir.

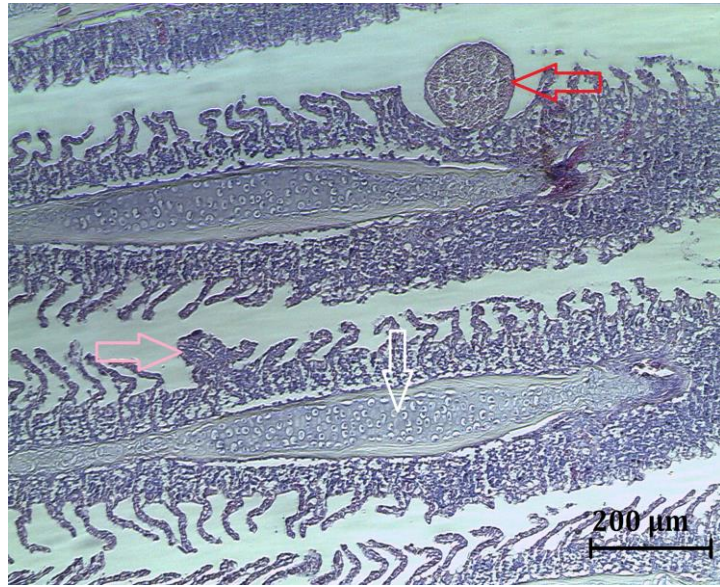
B: *Barbus lacerta*; C: *Chondrostoma regium*

Yapılan çalışmada solungaç doku örneklerinden elde edilen preparatlar incelendiğinde, her iki balık türünde de benzer histopatolojik hasarlar tespit edilmiştir. En çok rastlanılan histolojik hasarlar; sekonder lamelde dejenerasyon, klorid hücrelerde hipertrofi, mukus hücresinde hipertrofi, hiyalin kıkırdakta konjesyon, sekonder lamel epitelinde ayrılma (Şekil 4.42), anevrizma ve hiyalin kıkırdakta proliferasyon (Şekil 4.43) hiperplazi, konjesyon, filamenter dilatasyon, sekonder lamelde dejenerasyon ve kopma (Şekil 4.44), lamellar füzyon, konjesyon, vazodilatasyon, lamellerde tam füzyon (Şekil 4.45), vazodilatasyon, lamellar dejenerasyon, sekonder lamelde kısalma ve dejenerasyon, konjesyon (Şekil 4.46), sekonder lamelde kıvrılma, hipertrofi (Şekil 4.47) gibi patolojik durumlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, istasyonlar arası histolojik hasar frekanslarının 1. ve 2. istasyon balıklarında arttığı görülmüştür.



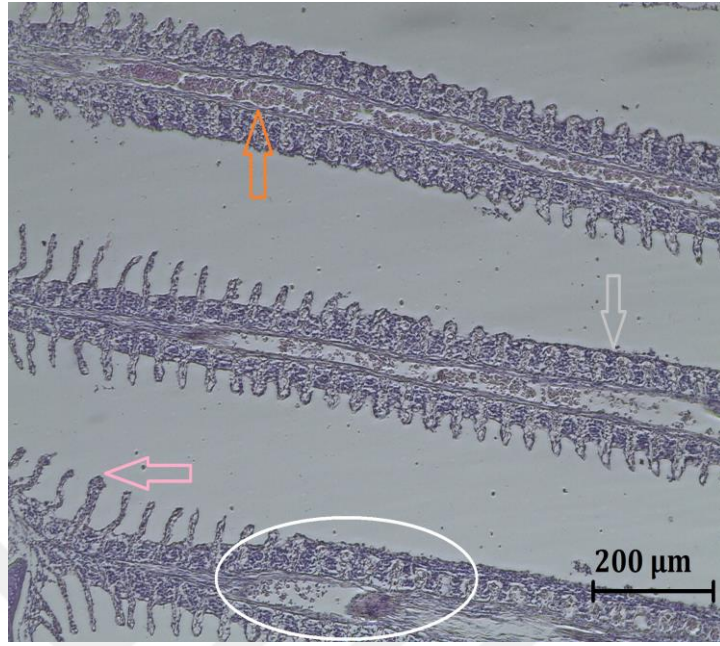
Şekil 4.42. *Barbus lacerta*'da solungaç anormallikleri (H&E)

Gri ok: Lamellar dejenerasyon, Kırmızı daire: Klorid hücrelerinde hipertrofi, Siyah daire: Mukus hücrelerinde hipertrofi, Turuncu ok: Konjesyon, Yeşil ok: Lamel epitelinde ayrılma



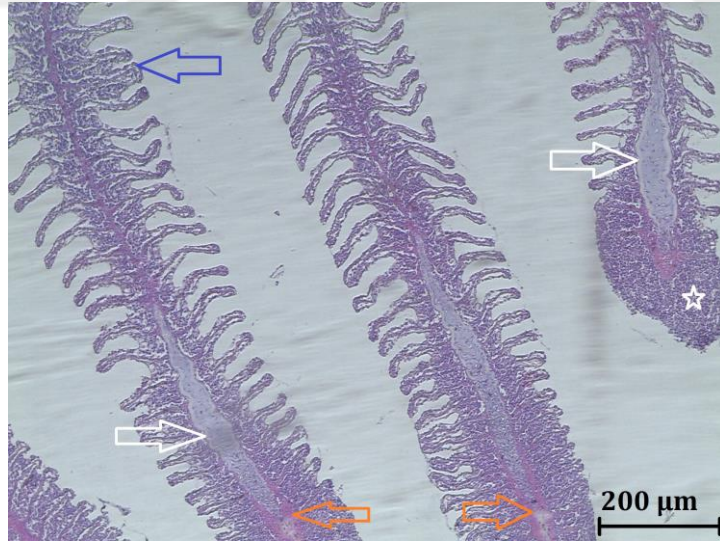
Şekil 4.43. *Barbus lacerta*'da solungaç anormallikleri (H&E)

Kırmızı ok: Anevrizma, Beyaz ok: Hiyalin kıkırdakta proliferasyon, Pembe ok: Hiperplazi



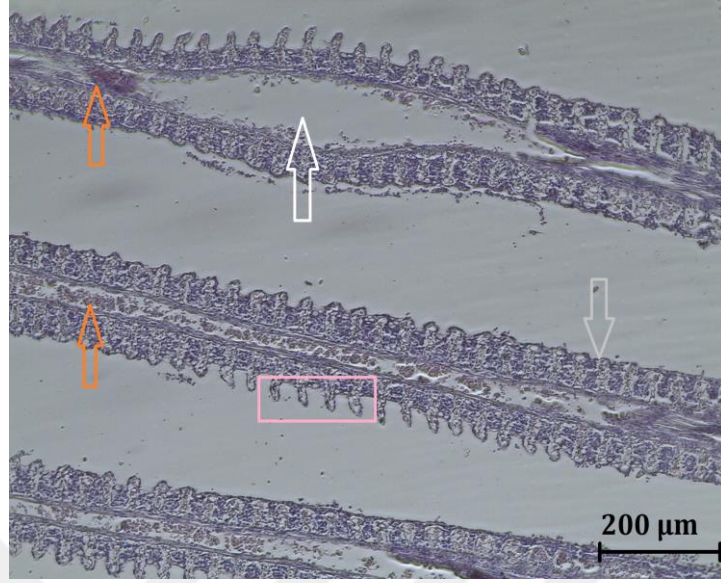
Şekil 4.44. *Chondrostoma regium*'da solungaç anormallikleri (H&E)

Truncu ok: Konjesyon, Pembe ok: Hiperplazi, Beyaz daire: Filamenter dilatasyon ve konjesyon, Gri ok: Sekonder lamellerde dejenerasyon, kopma



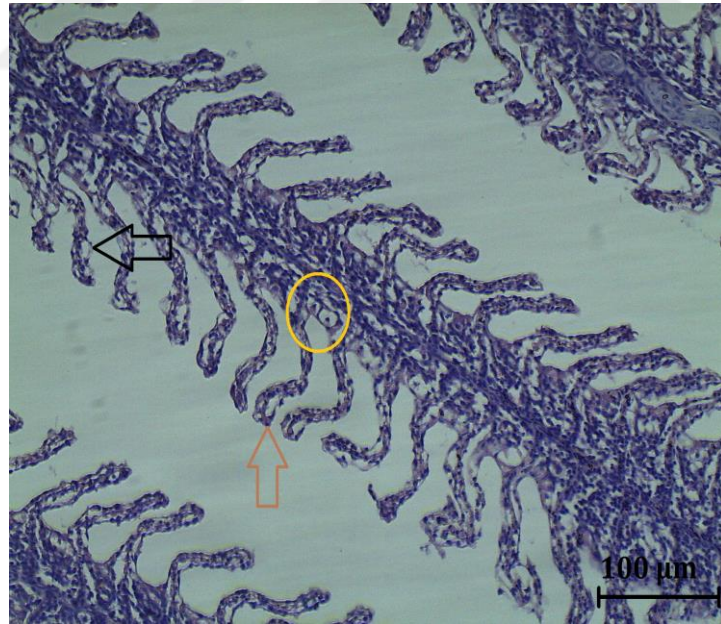
Şekil 4.45. *Chondrostoma regium*'da solungaç anormallikleri (H&E)

Lacivert ok: Lamellar füzyon, Truncu ok: Konjesyon, Beyaz ok: Vazodilatasyon, Beyaz yıldız: Lamellerde tam füzyon



Şekil 4.46. *Chondrostoma regium* 'da solungaç anormallikleri (H&E)

Beyaz ok: Vazodilatasyon, Gri ok: Lamellar dejenerasyon, Pembe dikdörtgen: Sekonder lamellerde kılalma ve dejenerasyon, Truncu ok: Konjesyon



Şekil 4.47. *Chondrostoma regium*'da solungaç anormallikleri (H&E)

Siyah ok: Lamel epitelinde ayrılma, Kahverengi ok: Sekonder lamellerde kıvrılma, Sarı daire: Hipertrofi

Çizelge 4.26. İstasyonlara göre solungaç dokuda ortalama DTC değerleri

SOLUNGAÇ				
İstasyon	2015 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2016 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2015 <i>C. regium</i> (Ort±SH)	2016 <i>C. regium</i> (Ort±SH)
1	32,88±0,24 ^b	61,94±0,18 ^a	62,29±0,42 ^a	77,93±0,11 ^a
2	53,25±0,40 ^a	47,69±0,46 ^b	46,88±0,15 ^b	53,71±0,46 ^b
3	15,26±0,38 ^c	19,88±0,34 ^c	13,16±0,67 ^c	18,07±0,13 ^c
4	5,85±0,29 ^d	7,92±0,26 ^d	9,11±0,19 ^d	6,89±0,27 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan).

Barbus lacerta'nın solungaç dokusunda en yüksek DTC değerleri 2015 yılında 2. istasyonda, 2016 yılında 1. istasyonda görülmüştür. Her iki yıl için en düşük DTC değeri 4. istasyonda kaydedilmiştir. Bu tür için istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Chondrostoma regium'un solungaç dokusunda iki yıllık DTC değerleri incelendiğinde 2015 yılında 1. istasyon en yüksek değeri almışken, en düşük değer 4. İstasyon balıklarında görülmüştür. 2016 yılında ise 1. istasyonun en yüksek değeri aldığı görülmüştür. Her iki yılda da *C. regium*'un istasyonlar arası farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

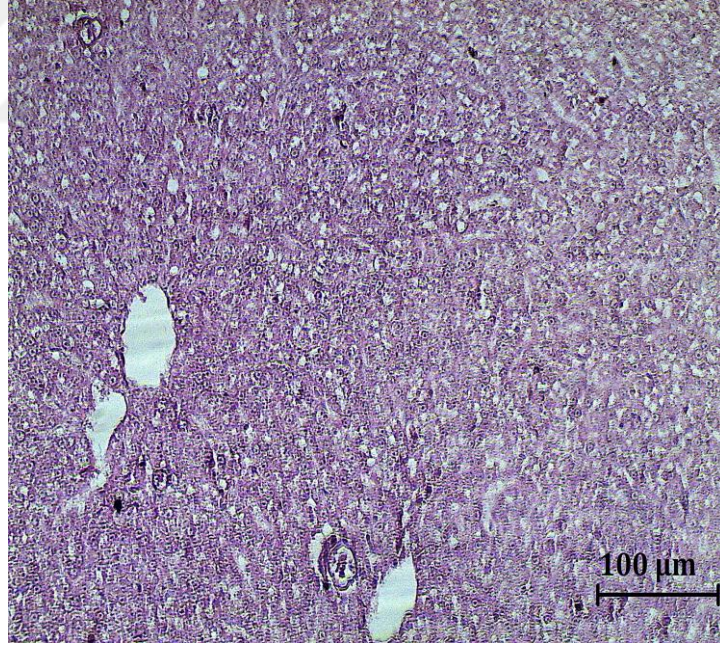
Organların hasar durumlarına gelince, 2015 yılında *Barbus lacerta*'da 4. istasyonda solungaç fonksiyonları normal iken, 3. istasyonda hafif hasar, 1. istasyonda orta dereceli hasar, 2. istasyonda kuvvetli hasarlar bulunmuştur. *Chondrostoma regium*'da 4. istasyonda solungaç fonksiyonları normal iken, 3. istasyonda hafif hasar, 1. ve 2. istasyonda ise kuvvetli hasarlar görülmüştür.

2016 yılı değerlendirilirse *Barbus lacerta* için, 4. istasyon balıklarında solungaçlar normal durumda olup, 3. istasyonda hafif hasarlar, 2. istasyonda orta dereceli hasarlar, 1. istasyonda ise kuvvetli hasarlar görülmüştür. *Chondrostoma regium* için ise 1. ve 2.

istasyonlarda yaşayan balıkların solungaçlarında kuvvetli hasarlar, 3. istasyonda hafif hasarlar, 4. istasyonda solungaç fonksiyonları normal seviyede bulunmuştur.

4.5.3. Karaciğer histolojisi ve patolojisi

Yapılan incelemelerde 4. istasyonda yaşayan balıkların çoğunda karaciğer histolojisinin normal yapıda olduğu gözlenmiştir. Hazırlanan karaciğer preparatlarında hepatosit sitoplazmalarının granüler yapıda olduğu görülmüştür. Hepatositler çokgen şekilli, çekirdek ortasında koyu mor renkte çekirdekçik yapıları gözlenmiştir. Karaciğer hücreleri arasında düzensiz bir şekilde dağılmış olan tek katlı yassı sinüzoid epiteli ile örtülü sinusoid yapıları (H&E boyamaları ile bu hücrelerin sitoplazmaları boyanmamış, sadece yassı olan çekirdek koyu mor renkte) tespit edilmiştir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. *Barbus lacerta*'da normal karaciğer dokusu (H&E)

İncelenen balıkların karaciğer dokusunda tespit edilen histolojik hasarlar Çizelge 4.27'de DTC evreleri ile birlikte sunulmuştur. Aynı dokunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.28'de verilmiştir.

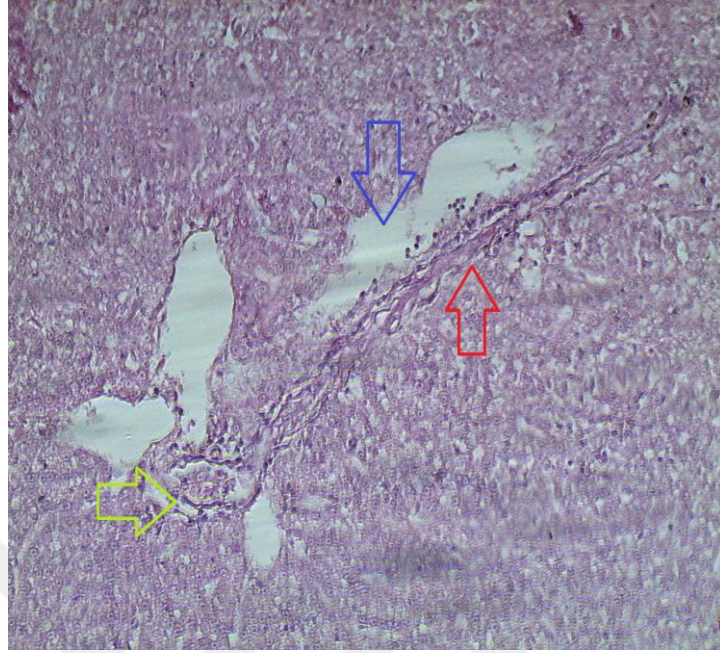
Çizelge 4.27. İstasyonlara göre iki türün karaciğerinde tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri

İstasyon	Balık türü	1. İst		2. İst		3. İst		4. İst	
		B	C	B	C	B	C	B	C
Karaciğer Lezyonları	DTC evresi								
Melanomakrofajlarda birikme	I	3	3	2	3	0	1	1	1
Sinüzoidal dilatasyon	I	2	3	2	3	1	2	0	0
Sitoplazmik vakuolizasyon	I	2	1	1	3	1	0	0	0
Safra kanalı proliferasyonu	II	1	1	1	2	0	0	0	0
Parankimada dejenerasyon	II	1	2	2	2	1	0	0	0
Konjesyon	II	3	3	3	3	3	2	1	1
Fibroz	III	1	1	1	1	0	0	0	0

0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek. Evreler Bernet *et al.* (1999)'dan yararlanılarak belirlenmiştir.

B: *Barbus lacerta*; C: *Chondrostoma regium*

Yapılan çalışmada karaciğer doku örneklerinden elde edilen preparatlar incelendiğinde, her iki balık türünde de benzer histopatolojik hasarlar tespit edilmiştir. En çok tespit edilen histolojik hasarlar safra kanalı dejenerasyonu, fibroz, parankimada dejenerasyon (Şekil 4.49), sinüzoidal dilatasyon ve konjesyon (Şekil 4.50), fibröz ve konjesyon (Şekil 4.51), melanomakrofajlarda birikme, sinüzoidal dilatasyon, vakuolizasyon (Şekil 4.52) gibi patolojik durumlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, istasyonlar arası histolojik hasar frekanslarının 1. ve 2. istasyon balıklarında arttığı görülmüştür.



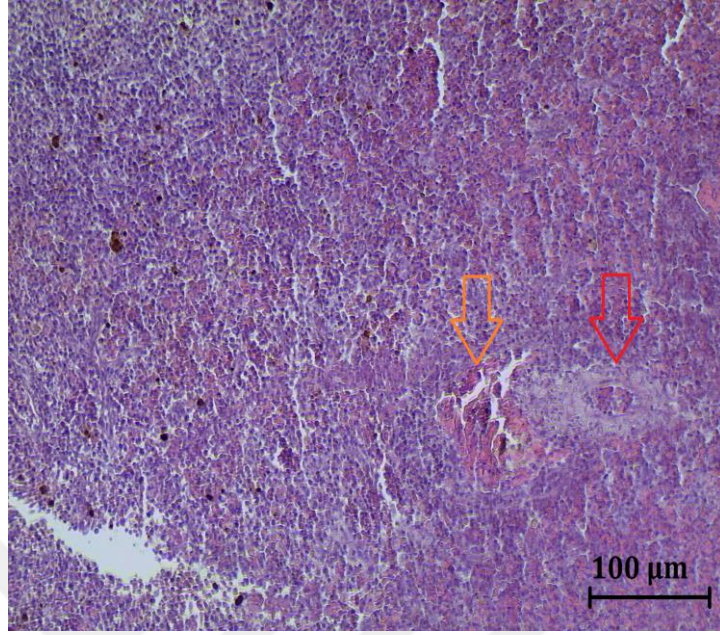
Şekil 4.49. *Barbus lacerta*'da karaciğer anormallikleri (H&E)

Açık yeşil ok: Safra kanalı dejenerasyonu, Kırmızı ok: Fibroz, Lacivert ok: Parankimada dejenerasyon

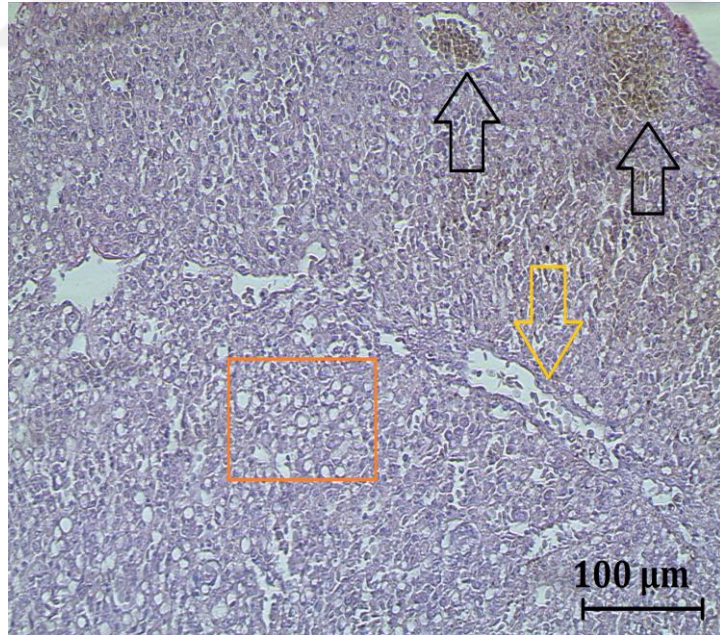


Şekil 4.50. *Barbus lacerta*'da karaciğer anormallikleri (H&E)

Sarı ok: Sinüzoidal dilatasyon, Truncu ok: Konjesyon



Şekil 4.51. *Chondrostoma regium*'da karaciğer anormallikleri (H&E)
Kırmızı ok: Fibroz, Truncu ok: Konjesyon



Şekil 4.52. *Chondrostoma regium*'da karaciğer anormallikleri (H&E)
Sarı ok: Sinuzoidal dilatasyon, Siyah ok: Melanomakrofaj bölgesi, Kare: Vakuolizasyon

Çizelge 4.28. İstasyonlara göre karaciğer dokusunda ortalama DTC değerleri

KARACİĞER				
İstasyon	2015 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2016 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2015 <i>C. regium</i> (Ort±SH)	2016 <i>C. regium</i> (Ort±SH)
1	70,74±0,28 ^b	82,74±0,39 ^a	72,96±0,20 ^b	89,0±0,24 ^a
2	78,89±0,57 ^a	75,89±0,13 ^b	81,17±0,35 ^a	82,22±0,19 ^b
3	21,00±0,23 ^c	27,71±0,34 ^c	32,37±0,58 ^c	37,82±0,23 ^c
4	6,36±0,40 ^d	8,40±0,47 ^d	8,30±0,54 ^d	7,71±0,40 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan).

Barbus lacerta'nın karaciğer dokusunda en yüksek DTC değerleri 2015 yılında 2. istasyonda, 2016 yılında 1. istasyon balıklarında görülmüştür. Her iki yıl için en düşük DTC değeri 4. istasyonda kaydedilmiştir. Bu tür için istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Chondrostoma regium'un karaciğer dokusunda iki yıllık DTC değerleri incelendiğinde 2015 yılında 2. istasyon en yüksek değeri almışken, en düşük değer 4. istasyon balıklarında görülmüştür. 2016 yılında ise 1. istasyonun en yüksek değeri aldığı görülmüştür. Her iki yılda da *C. regium*'da istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

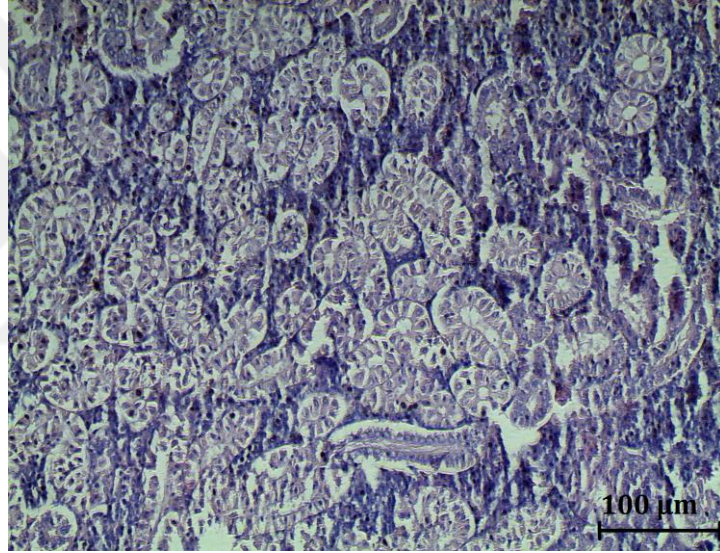
Organların hasar durumlarına gelince, 2015 yılında *Barbus lacerta*'da 4. istasyon balıklarında karaciğer fonksiyonları normal iken, 3. istasyonda orta dereceli hasar, 1. ve 2. istasyonda kuvvetli hasarlar bulunmuştur. *Chondrostoma regium*'da 4. İstasyon balıklarında karaciğer fonksiyonları normal iken, 3. istasyonda orta dereceli hasar, 1. ve 2. istasyonda ise kuvvetli hasarlar görülmüştür.

2016 yılı değerlendirilirse *Barbus lacerta* için, 4. istasyon balıklarında karaciğer normal durumdayken, 3. istasyonda karaciğerde orta dereceli hasarlar, 1. ve 2. istasyonda ise kuvvetli hasarlar görülmüştür. *Chondrostoma regium* için ise 1. ve 2. İstasyonlarda

yaşayan türlerde kuvvetli hasarlar, 3. istasyonda orta dereceli hasar ve 4. istasyon balıklarında organ fonksiyonları normal seviyede olduğu gözlenmiştir.

4.5.4. Böbrek histolojisi ve patolojisi

Yapılan incelemelerde kirlilik yönünden temiz olan noktalarda yaşayan balıklarda glomerulus ve bowman kapsülünden oluşan böbrek cisimciği ile böbrek tübüllerinden oluşan nefron yapılarının normal olduğu görülmüştür (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. *Barbus lacerta*'da normal böbrek histolojisi (H&E)

İncelenen balıkların böbrek dokusunda tespit edilen histolojik hasarlar Çizelge 4.29'da DTC evreleri ile birlikte sunulmuştur. Aynı dokunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.30'da verilmiştir.

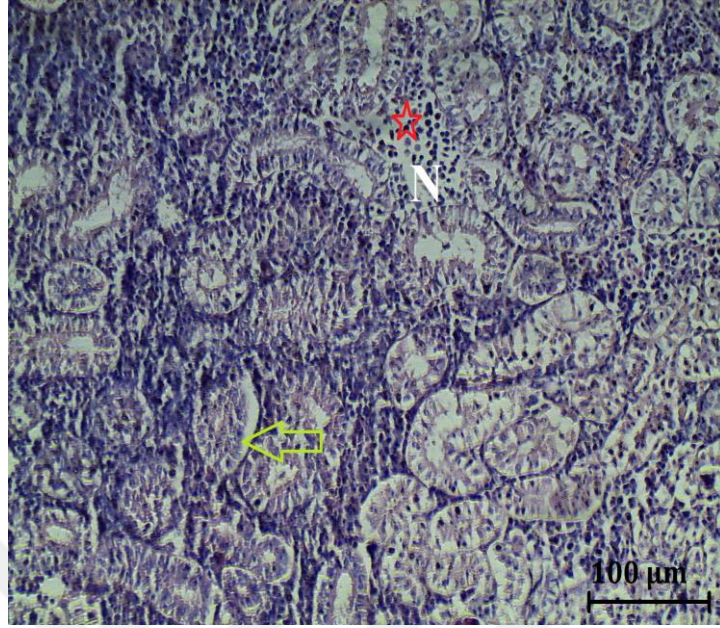
Çizelge 4.29. İstasyonlara göre iki türün böbreklerinde tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri

İstasyon	Balık türü	1. İst		2. İst		3. İst		4. İst	
		B	C	B	C	B	C	B	C
Böbrek Lezyonları	DTC evresi								
Glomerulusta küçülme	I	1	1	1	2	0	0	0	0
İnfiltrasyon	I	1	2	2	3	0	0	0	0
Tübül epitelinde hipertrofi	I	2	1	2	2	0	1	0	0
Tübüler lümeninde dilatasyon	I	2	3	1	3	0	1	0	1
Glomerulopati	II	0	1	0	1	0	0	0	0
Konjesyon	II	1	2	1	2	0	0	0	0
Tübüler dejenerasyon	II	1	2	1	2	1	1	1	0
Renal parankimada dejenerasyon	II	1	1	1	1	0	0	0	0
Tübüllerde tıkanma	II	0	1	0	1	0	0	0	0
Nekroz	III	0	1	1	0	0	0	0	0

0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek. Evreler Bernet *et al.* (1999)'dan yararlanılarak belirlenmiştir.

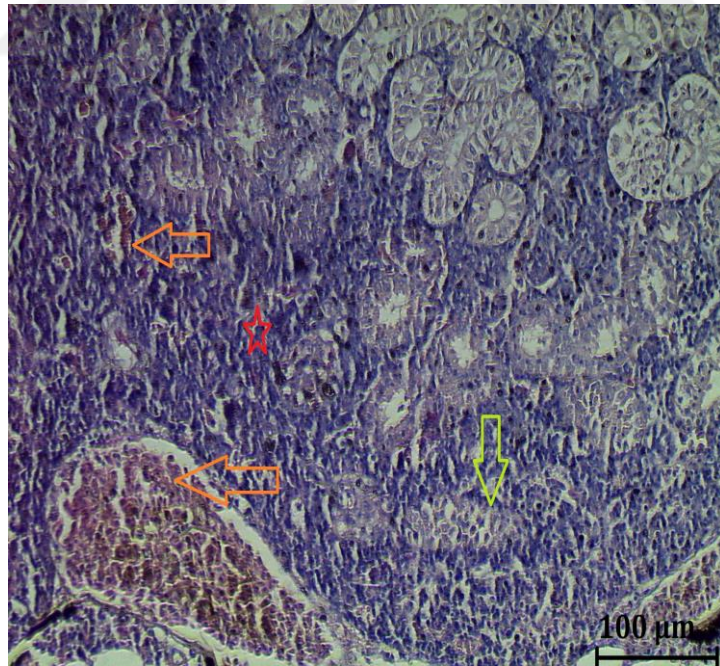
B: *Barbus lacerta*; C: *Chondrostoma regium*

Yapılan çalışmada böbrek doku örneklerinden elde edilen preparatlar incelendiğinde, her iki balık türünde de benzer histopatolojik hasarlar tespit edilmiştir. Bu histolojik hasarlar tübüler dejenerasyon, infiltrasyon, nekroz (Şekil 4.54), konjesyon (Şekil 4.55), tübül epitelinde hipertrofi, renal parankimada dejenerasyon (Şekil 4.56), tübüllerde dilatasyon, glomerulusta küçülme (Şekil 4.57), tübüllerde tıkanma, glomerulusta konjesyon, glomerulopati (Şekil 4.58), toplama kanalında dejenerasyon, distal tübülde dejenerasyon (Şekil 4.59) gibi patolojik durumlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, istasyonlar arası histolojik hasar frekanslarının 1. ve 2. istasyon balıklarında arttığı görülmüştür.



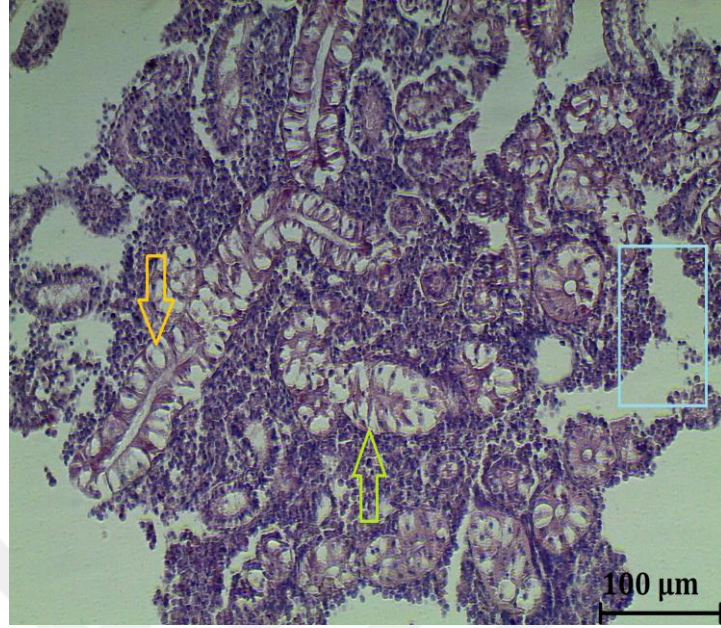
Şekil 4.54. *Barbus lacerta*'da böbrek anormallikleri (H&E)

N: Nekroz, Kırmızı yıldız: İnfiltrasyon, Açık yeşil ok: Tübüler dejenerasyon



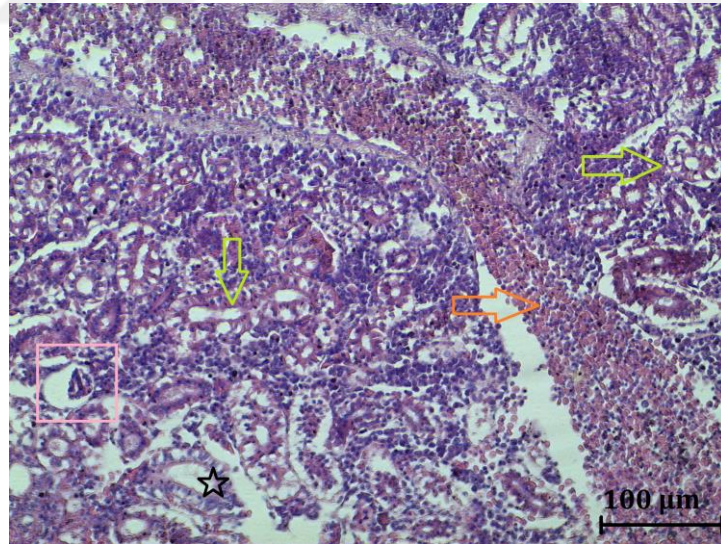
Şekil 4.55. *Barbus lacerta*'da böbrek anormallikleri (H&E)

Truncu ok:Konjesyon, Kırmızı yıldız: İnfiltrasyon, Açık yeşil ok: Tübüler dejenerasyon



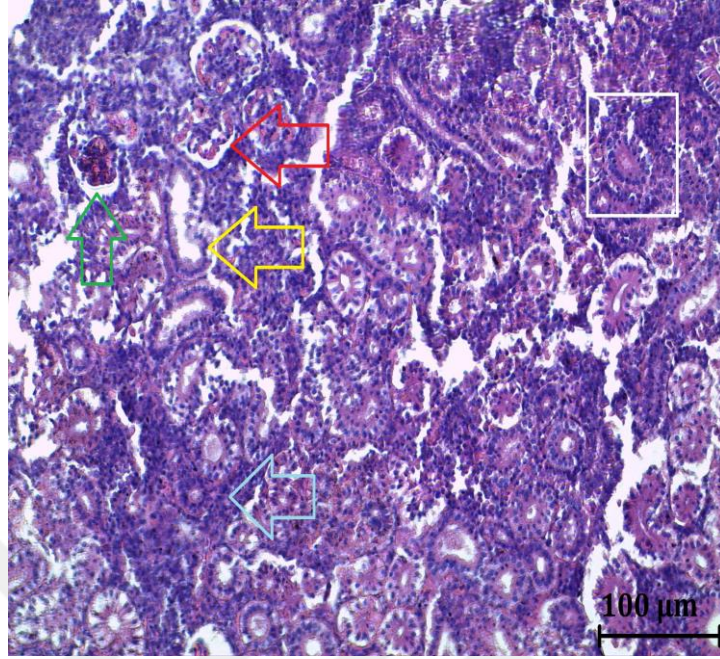
Şekil 4.56. *Barbus lacerta*'da böbrek anormallikleri (H&E)

Sarı ok: Tübül epitelinde hipertrofi, Açık mavi dikdörtgen: Renal parankimada dejenerasyon, Açık yeşil ok: Tübüler dejenerasyon



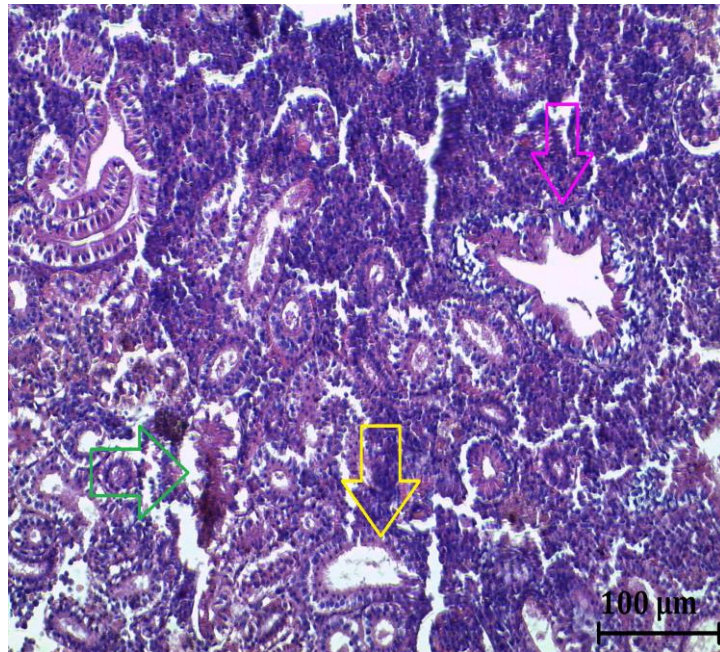
Şekil 4.57. *Barbus lacerta*'da böbrek anormallikleri (H&E)

Pembe kare: Glomerulusta küçülme, Siyah yıldız: Tübülde dilatasyon, Açık yeşil ok: Proksimal ve distal tübüllerde dejenerasyon, Truncu ok:Konjesyon



Şekil 4.58. *Chondrostoma regium*'da böbrek anormallikleri (H&E)

Beyaz Dikdörtgen: Tübüllerde tıkanma, Kırmızı ok: Glomerulopati, Sarı ok:Tübüler dilatasyon, Turkuaz ok: İnfiltrasyon, Yeşil ok: Glomerulusta konjesyon



Şekil 4.59. *Chondrostoma regium*'da böbrek anormallikleri (H&E)

Fuşya ok: Toplama kanalında dejenerasyon, Sarı ok: Tübüler dilatasyon, Yeşil ok: Distal tübülde dejenerasyon

Çizelge 4.30. İstasyonlara göre böbrek dokusunda ortalama DTC değerleri

BÖBREK				
İstasyon	2015 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2016 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2015 <i>C. regium</i> (Ort±SH)	2016 <i>C. regium</i> (Ort±SH)
1	41,04±0,72 ^a	53,68±0,47 ^a	43,31±0,47 ^b	66,77±0,34 ^a
2	24,31±0,54 ^b	33,04±0,21 ^b	61,89±0,14 ^a	53,01±0,83 ^b
3	11,15±0,69 ^c	17,45±0,52 ^c	23,34±0,23 ^c	19,07±0,02 ^c
4	5,20±0,55 ^d	8,99±0,24 ^d	6,19±0,03 ^d	5,70±0,43 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan).

Barbus lacerta'nın böbrek dokusunda en yüksek DTC değerleri her iki yılda da 1. istasyon balıklarında, en düşük DTC değerleri ise 4. istasyonda kaydedilmiştir. Bu tür için istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Chondrostoma regium'un böbrek dokusunda iki yıllık DTC değerleri incelendiğinde 2015 yılında 2. istasyon en yüksek değeri almışken, en düşük değer 4. istasyon balıklarında görülmüştür. 2016 yılında ise 1. istasyonun en yüksek değeri aldığı görülmüştür. Her iki yılda da *C. regium*'un istasyonlar arası farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Böbreklerdeki hasar durumu incelenirse, 2015 yılında *Barbus lacerta*'da 4. istasyon balıklarında organ fonksiyonları normal olup, 3. istasyonda hafif hasar, 1. ve 2. istasyonda orta dereceli hasarlar bulunmuştur. *Chondrostoma regium*'da 4. istasyonda yaşayan balıklarda böbrek fonksiyonları normal, 1. ve 3. istasyonda orta dereceli hasarlar ve 2. istasyonda ise kuvvetli hasarlar görülmüştür.

2016 yılı değerlendirilirse *Barbus lacerta* için, 4. İstasyon balıklarında organlar normal durumdayken, 3. istasyonda organlarda hafif hasarlar, 2. İstasyonda orta dereceli, 1. istasyonda ise kuvvetli hasarlar görülmüştür. *Chondrostoma regium* türü için böbrek durumu 1. ve 2. istasyonlarda kuvvetli, 3. istasyonda hafif hasarlar şeklinde olup 4. İstasyon balıklarında organ fonksiyonları normal seviyede olduğu bulunmuştur.

4.5.5. Gastrointestinal sistem histolojisi ve patolojisi

Sindirim sisteminde mukoza, submukoza, muskularis ve adventisya tabakaları net bir şekilde ayırt edilebilmiştir. Mukozada epitel ve bağ doku, submukozada bağ dokui muskulariste enine ve boyuna kaslar, adventisyada sıkı bağ doku, şeklinde doku organizasyonları tespit edilmiştir. Bağırsak dokusunda villüsler belirgin şekilde boyanmışlardır. Mukoza epitelinde prizmatik hücreler ve bunların arasında goblet hücreleri ve lenfositler tipik görünümüleri ile belirlenmiştir. Yapılan incelemelerde 4. istasyonda yaşayan balıklarda sindirim sistemi histolojisinin normal yapıda olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.60).



Şekil 4.60. *Barbus lacerta*'da normal bağırsak dokusu (PAS)

İncelenen balıkların bağırsak dokusunda tespit edilen histolojik hasarlar Çizelge 4.31'de DTC evreleri ile birlikte sunulmuştur. Aynı dokunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.32'de verilmiştir.

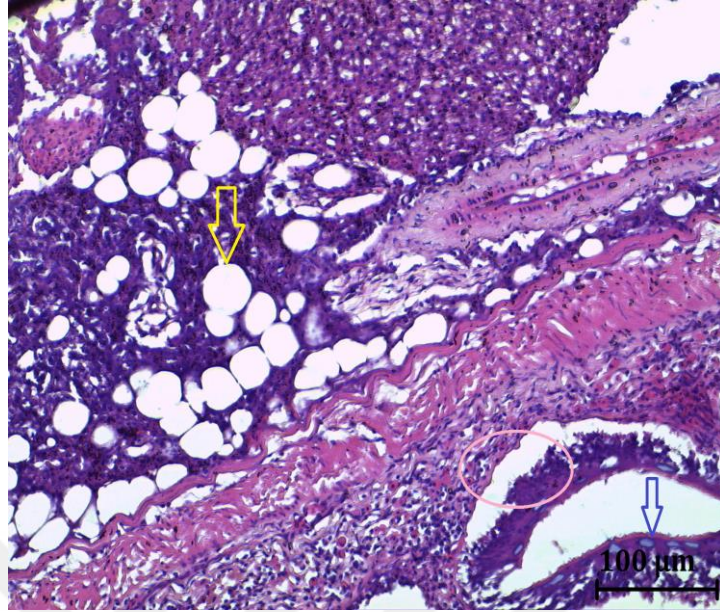
Çizelge 4.31. İstasyonlara göre iki türün bağırsak dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri

İstasyon	Balık türü	1. İst		2. İst		3.İst		4. İst		
		B	C	B	C	B	C	B	C	
Bağırsak Lezyonları		DTC evresi								
İnfiltrasyon		I	1	1	1	2	0	1	0	0
Mukus hücrelerinde hipertrofi		I	1	2	2	3	0	1	0	0
Muskularis tabakasında konjesyon		I	1	2	1	1	0	0	0	0
Submukozada konjesyon		I	1	2	1	2	0	0	0	0
Vakuolizasyon		I	2	3	1	2	0	0	0	0
Villuslarda dejenerasyon		II	2	3	2	3	1	1	0	1
Mukozada ayrılma		II	1	2	2	1	0	1	0	0
Serozada ayrılma		II	1	1	1	2	0	0	0	0
Muskularis tabakasında dejenerasyon		II	1	0	1	1	0	0	0	0

0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek. Evreler Bernet *et al.* (1999)'dan yararlanılarak belirlenmiştir.

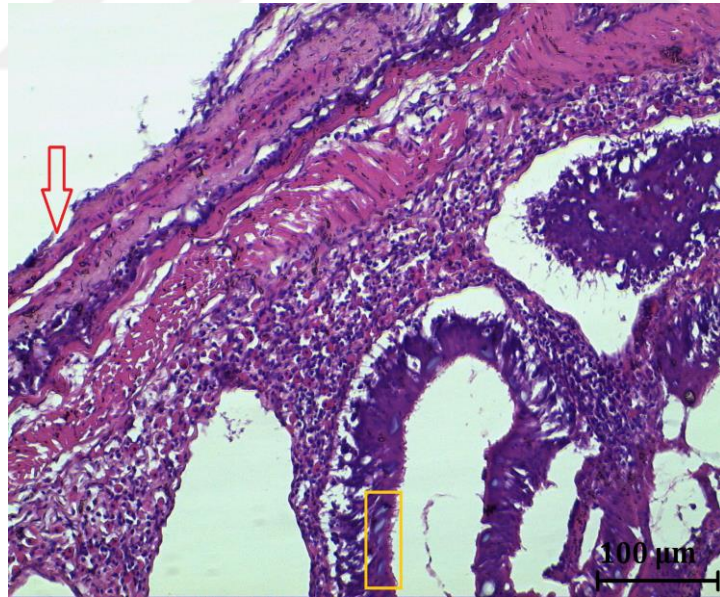
B: *Barbus lacerta*; C: *Chondrostoma regium*

Yapılan çalışmada bağırsak doku örneklerinden elde edilen preparatlar incelendiğinde, her iki balık türünde de benzer histopatolojik hasarlar tespit edilmiştir. En çok rastlanılan histolojik hasarlar; mukoza tabakasında ayrılma, mukus hücrelerinde hipertrofi, vakuolizasyon (Şekil 4.61), muskulariste dejenerasyon (Şekil 4.62), submukozada konjesyon (Şekil 4.63), serozada ayrılma, infiltrasyon (Şekil 4.64), villuslarda djenerasyon (Şekil 4.65), muskularis tabakasında dejenerasyon ve konjesyon (Şekil 4.66) gibi patolojik durumlar gözlenmiştir. Elde ediler veriler ışığında, istasyonlar arası histolojik hasar frekanslarının 1. ve 2. istasyon balıklarında arttığı görülmüştür.



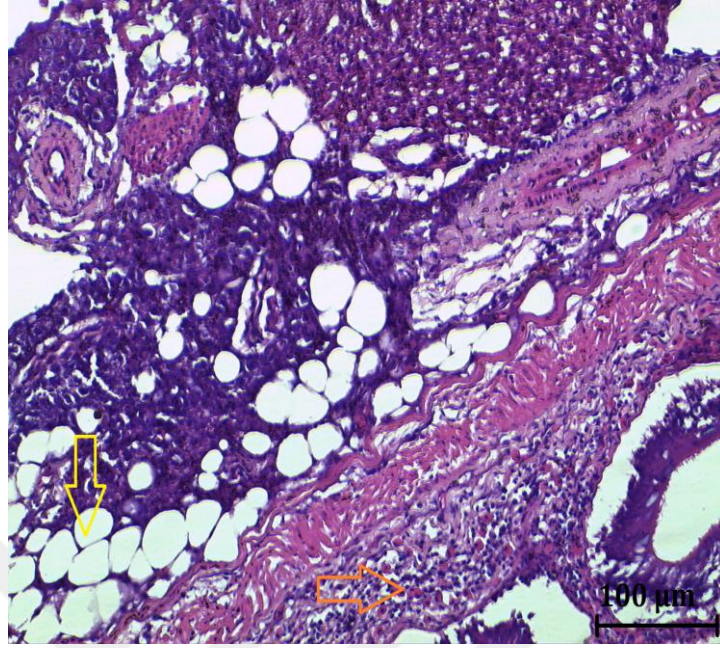
Şekil 4.61. *Barbus lacerta*'da bağırsak anormallikleri (H&E)

Sarı ok: Vakuolizasyon, Lacivert ok: Mukus hücrelerinde hipertrofi, Pembe daire: Mukozada ayrılma

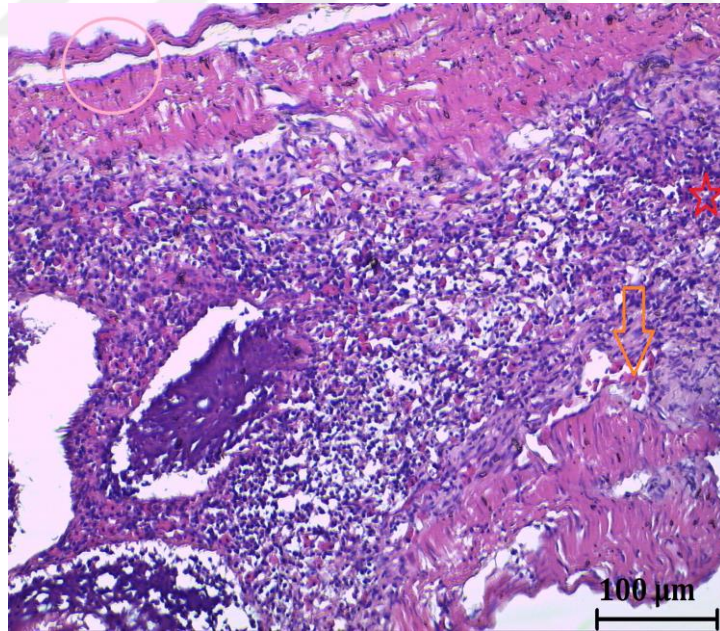


Şekil 4.62. *Barbus lacerta*'da bağırsak anormallikleri (H&E)

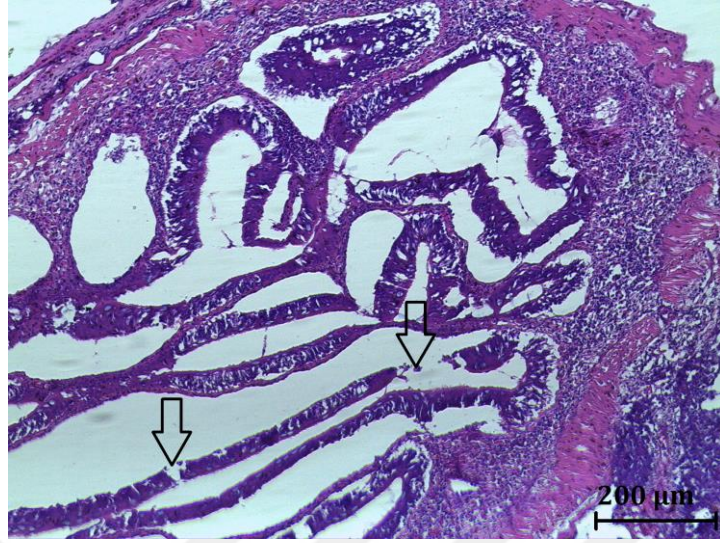
Kırmızı ok: Muskulariste dejenerasyon, Sarı dikdörtgen: Mukus hücrelerinde hipertrofi



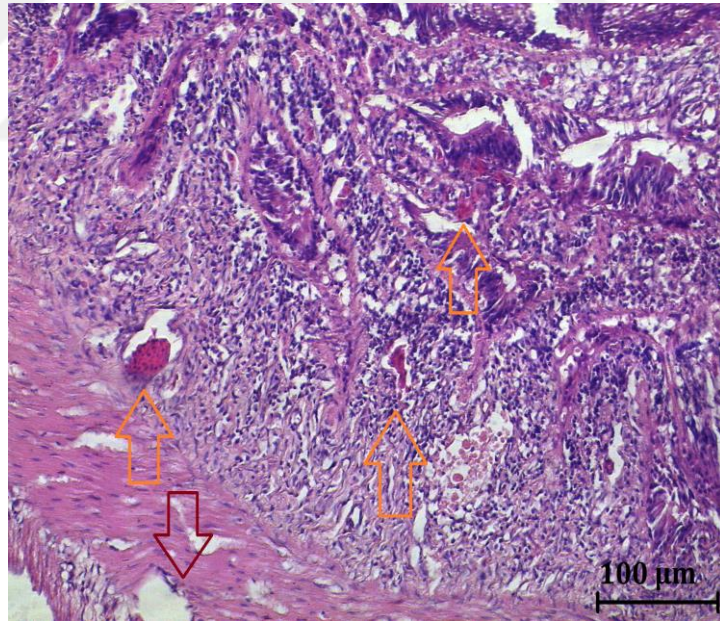
Şekil 4.63. *Barbus lacerta*'da bağırsak anormallikleri (H&E)
Sarı ok: Vakuolizasyon, Truncu ok: Submukozada konjesyon



Şekil 4.64. *Barbus lacerta*'da bağırsak anormallikleri (H&E)
Kırmızı yıldız: İnfiltrasyon, Truncu ok: Konjesyon, Pembe daire: Serozada ayrılma



Şekil 4.65. *Chondrostoma regium*'da bağırsak anormallikleri (H&E)
Ok: Villuslarda dejenerasyon



Şekil 4.66. *Chondrostoma regium*'da bağırsak anormallikleri (H&E)
Kırmızı ok: Muskularis tabakasında dejenerasyon Truncu ok: Konjesyon

Çizelge 4.32. İstasyonlara göre bağırsak dokusunda ortalama DTC değerleri

BAĞIRSAK				
İstasyon	2015 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2016 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2015 <i>C. regium</i> (Ort±SH)	2016 <i>C. regium</i> (Ort±SH)
1	24,09±0,24 ^a	20,78±0,22 ^b	34,93±0,28 ^a	37,14±0,68 ^a
2	19,33±0,39 ^b	26,20±0,72 ^a	26,21±0,23 ^b	29,17±0,53 ^b
3	7,03±0,74 ^c	8,84±0,33 ^c	12,34±0,38 ^c	15,31±0,36 ^c
4	3,13±0,80 ^d	3,96±0,04 ^d	8,02±0,63 ^d	9,99±0,43 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan).

Barbus lacerta'nın bağırsak dokusunda en yüksek DTC değerleri 2015 yılında 1. istasyonda, 2016 yılında 2. istasyon balıklarında görülmüştür. Her iki yıl için en düşük DTC değeri 4. istasyonda kaydedilmiştir. Bu tür için istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Chondrostoma regium'un bağırsak dokusunda iki yıllık DTC değerleri incelendiğinde 2015 ve 2016 yıllarında 1. istasyon en yüksek değeri almışken, en düşük değer 4. istasyon balıklarında görülmüştür. Her iki yılda da *C. regium*'un istasyonlar arası farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Bağırsakların hasar durumlarına gelince, 2015 yılında *Barbus lacerta*'da 3. ve 4. istasyon balıklarında organ fonksiyonları normal iken, 2. istasyonda hafif hasarlar, 1. istasyonda orta dereceli hasarlar bulunmuştur. *Chondrostoma regium*'da 4. istasyon balıklarında bağırsak fonksiyonları normal iken, 3. istasyonda hafif hasarlar, 1. ve 2. istasyonda ise orta dereceli hasarlar görülmüştür.

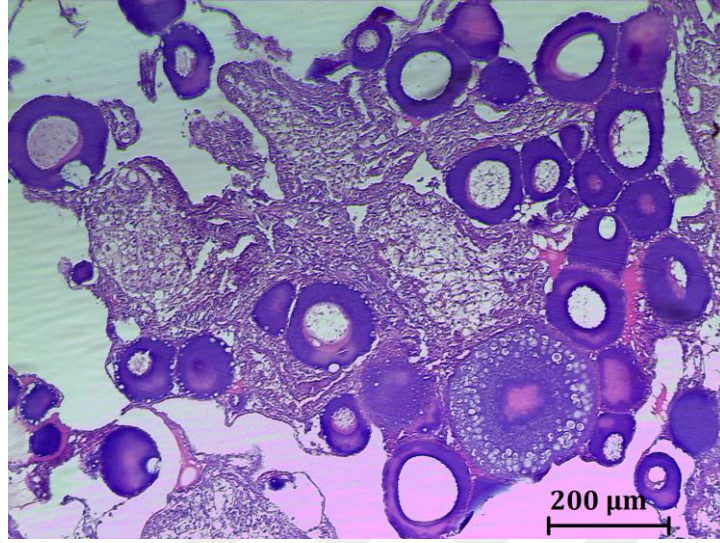
2016 yılı değerlendirilirse *Barbus lacerta* için, 3. ve 4. istasyonda bağırsaklar normal durumdayken, 1. istasyonda organlarda hafif, 2. istasyonda ise orta dereceli hasarlar görülmüştür. *Chondrostoma regium*'da 1. ve 2. istasyonlardaki balıklarda orta dereceli

hasarlar, 3. istasyonda hafif hasarlar bulunmuş, 4. istasyondaki balıkların bağırsak fonksiyonları normal seviyede tespit edilmiştir.

4.5.6. Ovaryum histolojisi ve patolojisi

4. istasyonda yaşayan balıkların ovaryumları histolojik yönleri ile incelendiğinde; epitel ile çevrili bir stroma içerisinde çok sayıda, farklı gelişim aşamasında (kromatin nükleolar, perinükleolar, kortikal alveolar, vitellojenik ve olgunlaşma) oositleri içeren foliküller gözlenmiştir. (Şekil 4.67). Kromatin nükleolar oosit (primer büyüme-previtellojenik) evresinde küçük çaplı foliküller, bir nükleusa ve büyük bir nükleolusa sahip olan primer oositler gözlenmiş, her bir oositin etrafında ise yassı folikül hücreleri görülmüştür. Perinükleolar (primer-sitoplazmik büyüme) oosit evresinde, çok sayıda koyu renkli boyanmış nükleolusun küçük parçalar şeklinde nükleusu çevrelediği ve nükleusun sitoplazmaya göre daha açık boyanmış olduğu görülmüştür. Yassı folikül hücreleri oositin çevresinde tek katlı bir tabaka oluşturacak şekilde tamamen oositleri çevrelemiştir. Kortikal alveolar oosit (vitellojenik büyüme) evresinde, ooplazmada veziküller hematoksilen-eosin ile içi boş küreler halinde boyanmıştır. Veziküller ilk olarak oosit zarının hemen altında sonrasında ise sayısı ve büyüklüğü artarak oositin her tarafında gözlenmiştir.

Vitellojenik oosit evresi, nükleusun etrafındaki açık kırmızı renge boyanan vitellüs granüllerinin içinde vitellüs proteinlerinin belirgin bir şekilde görülmesiyle tanınmıştır. Folikül epiteli hücreleri düzgün sıralı çekirdekleriyle görülmüştür. Olgun oosit evresinde ise nükleus animal kutba yakın olup nükleus zarı tamamen çözülmüş ve nükleoluslar sitoplazmaya dağılmış halde görülmüştür. Vitellin membran, animal kutuptan oosit merkezine doğru invaginasyonla animal çöküntü oluşturmuştur.



Şekil 4.67. *Chondrostoma regium*'da normal ovaryum histolojisi (H&E)

İncelenen balıkların ovaryum dokusunda tespit edilen histolojik hasarlar Çizelge 4.33'te DTC evreleri ile birlikte sunulmuştur. Aynı dokunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.33. İstasyonlara göre iki türün ovaryumlarında tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri

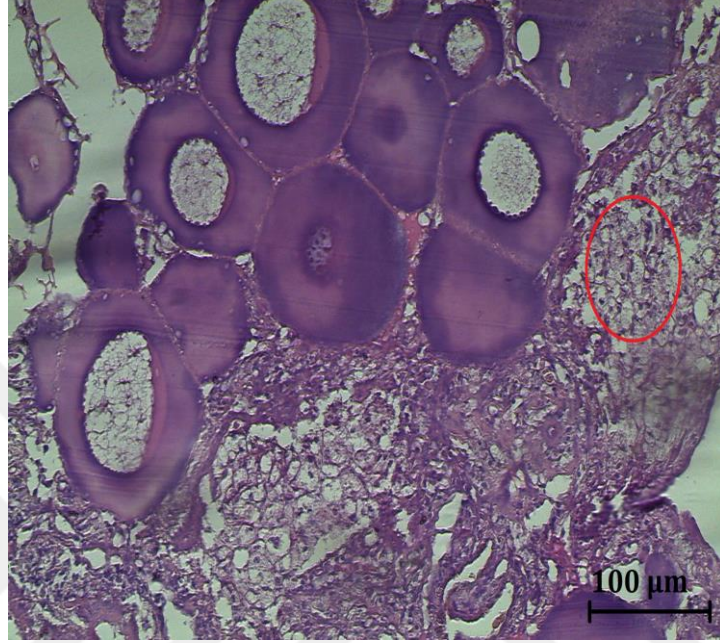
İstasyon	Balık türü	1. İst		2. İst		3. İst		4. İst	
		B	C	B	C	B	C	B	C
Gonad (Ovaryum) Lezyonları	DTC evresi								
Kan damarında konjesyon	I	2	1	2	2	1	0	0	0
Folikül epitelinde dejenerasyon	II	2	1	2	2	0	0	0	0
Ooplazmada dejenerasyon	II	1	1	0	1	0	0	0	0
Hemorraji	II								
Nekroz	III	1	1	0	1	0	0	0	0

0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek. Evreler Bernet *et al.* (1999)'dan yararlanılarak belirlenmiştir.

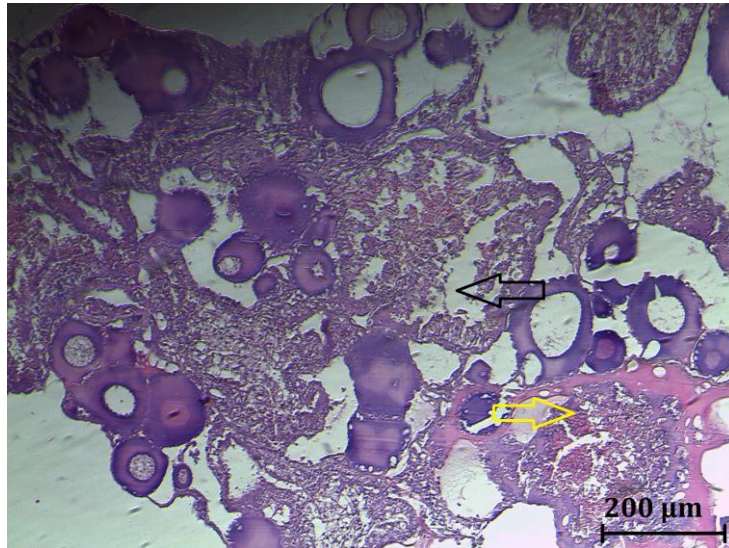
B: *Barbus lacerta*; C: *Chondrostoma regium*

Yapılan çalışmada ovaryum doku örneklerinden elde edilen preparatlar incelendiğinde, her iki balık türünde de benzer histopatolojik hasarlar tespit edilmiştir. Tespit edilen histolojik hasarlar; nekroz (Şekil 4.68), hemorraji, dejenerasyon (Şekil 4.69), konjesyon (Şekil 4.70), hemorraji, dejenerasyon (Şekil 4.71), nekroz (Şekil 4.72) gibi patolojik

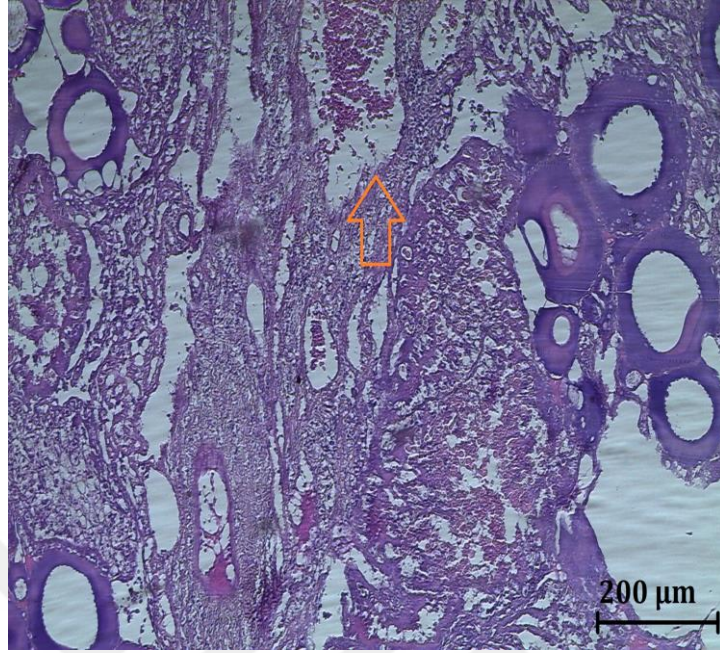
durumlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, istasyonlar arası histolojik hasar frekanslarının 1. ve 2. istasyon balıklarında arttığı görülmüştür.



Şekil 4.68. *Barbus lacerta*'da ovaryum anormallikleri (H&E)
Kırmızı daire: Nekroz



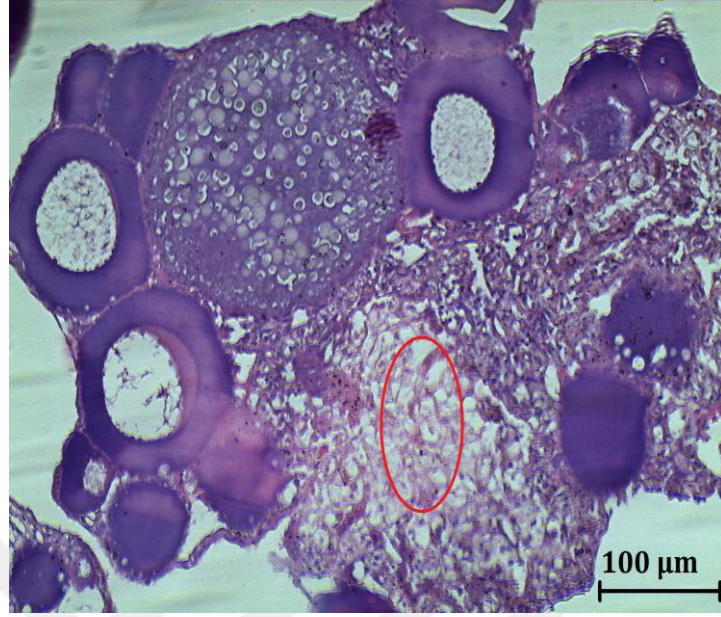
Şekil 4.69. *Barbus lacerta*'da ovaryum anormallikleri (H&E)
Sarı ok: Hemorrajji, Siyah ok: Dejenerasyon



Şekil 4.70. *Chondrostoma regium*'da ovaryum anormallikleri (H&E)
Turuncu ok: Konjesyon



Şekil 4.71. *Chondrostoma regium*'da ovaryum anormallikleri (H&E)
Sarı ok:Hemorraji, Siyah ok: Dejenerasyon



Şekil 4.72. *Chondrostoma regium*'da ovaryum anormallikleri (H&E)
Kırmızı daire: Nekroz

B. lacerta ve *C. regium*'un ovaryum dokusunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. İstasyonlara göre ovaryum dokusunda ortalama Dtc değerleri

OVARYUM				
İstasyon	2015 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2016 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2015 <i>C. regium</i> (Ort±SH)	2016 <i>C. regium</i> (Ort±SH)
1	27,62±0,51 ^b	35,17±0,45 ^a	26,32±0,18 ^b	22,28±0,72 ^a
2	16,83±0,32 ^a	21,45±0,26 ^b	32,54±0,16 ^a	38,03±0,58 ^b
3	6,72±0,11 ^c	7,37±0,31 ^b	11,54±0,32 ^c	16,72±0,36 ^c
4	3,11±0,24 ^d	5,65±0,04 ^c	7,16±0,08 ^d	5,43±0,55 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir P<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0,05 Duncan).

Barbus lacerta'nın ovaryum dokusunda en yüksek DTC değerleri her iki yılda da 1. istasyonda görülmüştür. Her iki yıl için en düşük DTC değeri 4. istasyonda kaydedilmiştir. Bu tür için istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

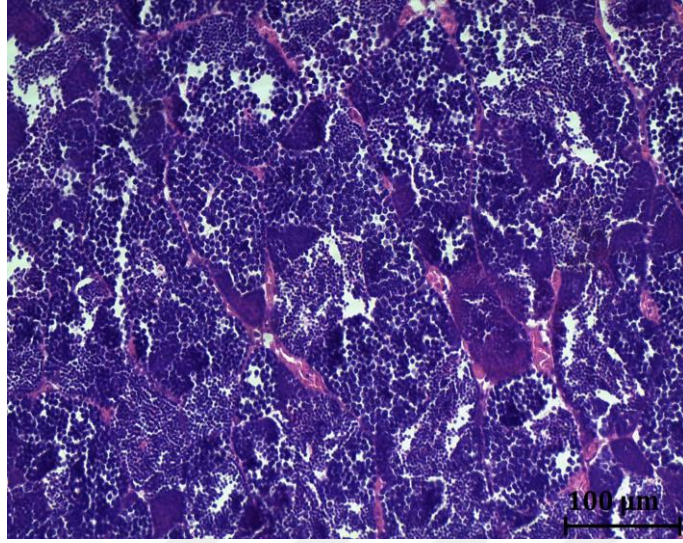
Chondrostoma regium'un gonad dokusunda iki yıllık DTC değerleri incelendiğinde iki yılda da en yüksek değeri 2. istasyonda alırken, en düşük değer 4. istasyon balıklarında görülmüştür. Her iki yılda da *C. regium*'un istasyonlar arası farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ovaryum hasar durumları genel anlamda incelenecek olursa, 2015 yılında *Barbus lacerta*'da 3. ve 4. istasyonda organ fonksiyonları normalken, 1. istasyonda orta dereceli hasarlar, 2. istasyonda hafif hasarlar bulunmuştur. *Chondrostoma regium*'da 3. ve 4. istasyonda organ fonksiyonları normal iken, 1.ve 2. istasyonda orta dereceli hasarlar görülmüştür.

2016'da ise *Barbus lacerta* için, 3. ve 4. istasyonda ovaryumlar normal durumdayken, 1. ve 2. istasyonda ise orta dereceli hasarlar, *Chondrostoma regium* için 1. ve 2. istasyonlarda orta dereceli, 3. istasyonda hafif hasarlar görülmüş ve 4. istasyon balıklarında organ fonksiyonları normal seviyede değerlendirilmiştir.

4.5.7. Testis histolojisi ve patolojisi

Yapılan incelemelerde kirlilik yönünden temiz olan noktalarda yaşayan balıklarda testis dokusu incelendiğinde, farklı gelişim evrelerindeki germ hücrelerini bulunduran, kıvrık, oval ya da yuvarlak şekilli ve farklı büyüklüklerde çok sayıda seminifer tübül ve tübüller arası interstisyel alandan oluşmuş bir yapı görülmüştür. Efferent sperm kanallarıyla kuşatılmış, olgunlaşan spermatositlerin boşaltıldığı seminifer tübüllerinin her birinin etrafında iri ve yuvarlak şekilli sertoli hücreleri ve interstisyel alanda belirgin kan damarları görülmüştür. Olgunlaşmamış testiste seminifer tübüllerinin içinde oldukça büyük çekirdekli ve koyu boyanan primer spermatositler tübüllerin çeperinde birkaç sıra oluşturmuştur. Testis gelişimine paralel olarak, tübüllerin lümenleri belirgin olarak görülebilmştir. Olgun testiste koyu boyanan sekonder spermatositler tübül lümenine yakın bir bölgede kümeler halinde görülmüştür. Daha koyu boyanan en küçük hücreler olan spermatidler lümeninde yer almıştır. Çoğu kesitte tübüllerin içini spermilerin tamamen doldurduğu farkedilmiştir (Şekil 4.73).



Şekil 4.73. *Barbus lacerta*'da normal testis histolojisi (H&E)

İncelenen balıkların testis dokusunda tespit edilen histolojik hasarlar Çizelge 4.35'te DTC evreleri ile birlikte sunulmuştur.

Çizelge 4.35. İstasyonlara göre iki türün testis dokusunda tespit edilen histolojik hasar frekansları ve DTC evreleri

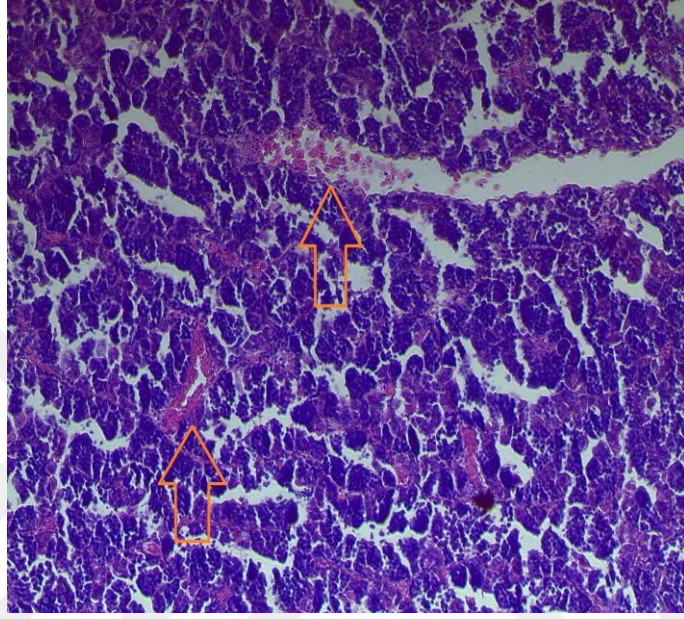
İstasyon	Balık türü	1. İst		2. İst		3. İst		4. İst	
		B	C	B	C	B	C	B	C
Gonad (Testis) Lezyonları	DTC evresi								
İnterstitiyel alanda ayrılma	I	0	1	0	1	1	0	0	0
Seminifer tübül içinde kanlanma	I	1	1	0	1	0	0	0	0
Tübül epitelyum sınır kaybı	I	0	1	1	2	1	0	0	0
Efferent kanalda dejenerasyon	II	0	1	0	1	0	0	0	0
Seminifer tübülde dejenerasyon	II	1	2	1	1	0	1	0	0
Nekroz	III	1	1	0	1	0	0	0	0
Fibroz	III	0	1	0	0	0	0	0	0

0: anormallik yok, 1: anormallik frekansı düşük, 2: anormallik frekansı orta, 3: anormallik frekansı yüksek. Evreler Bernet *et al.* (1999)'dan yararlanılarak belirlenmiştir.

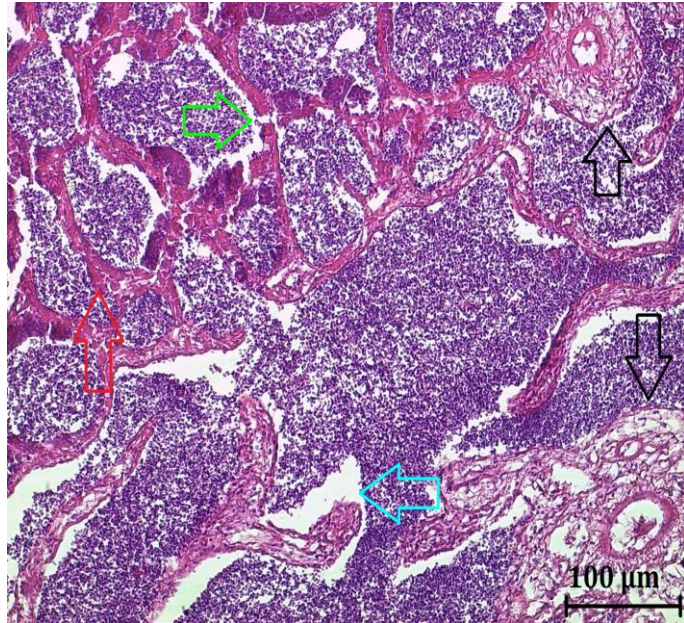
B: *Barbus lacerta*; C: *Chondrostoma regium*

Yapılan çalışmada testis doku örneklerinden elde edilen preparatlar incelendiğinde tespit edilen histolojik hasarlar; seminifer tübüllerinde kanlanma (Şekil 4.74), seminifer tübülü duvarında dejenerasyon, seminifer tübülü duvarında fibroz, efferent kanalda dejenerasyon, intersisiyal ayrılmalar (Şekil 4.75), dejenere olan efferent kanal ve geniş boşluklar, fibroz ve seminifer tübüllerinin sınırlarında kaybolma, geniş boşluklar

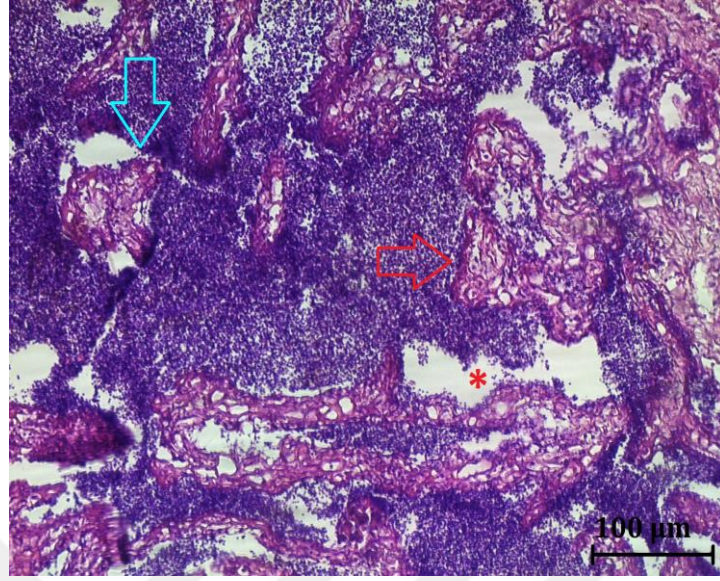
halinde nekrotik alan (Şekil 4.76), gibi patolojik durumlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, istasyonlar arası histolojik hasar frekanslarının 1. ve 2. istasyon balıklarında arttığı görülmüştür.



Şekil 4.74. *Barbus lacerta*'da testis anormallikleri (H&E)
Turuncu ok: Seminifer tübülleri içinde kanlanma



Şekil 4.75. *Chondrostoma regium*'da testis anormallikleri (H&E)
Fıstık yeşili ok: Seminifer tübülü duvarında dejenerasyon, Kırmızı ok: Seminifer tübülü duvarında fibröz, Siyah ok: Efferent kanal dejenerasyonu, Turkuaz ok: İntersisiyal ayrılma



Şekil 4.76. *Chondrostoma regium*'da testis anormallikleri (H&E)

Turkuaz ok: Dejenere efferent kanal ve geniş boşluklar, Kırmızı ok: Fibröz, Kırmızı yıldız: Geniş boşluklar halinde nekrotik alan, Seminifer tübülleri sınırlarında kaybolma

B. lacerta ve *C. regium*'un testis dokusunun her iki yıl için ortalama DTC değerleri ise Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. İstasyonlara göre testis dokusunda ortalama Dtc değerleri

İstasyon	TESTİS			
	2015 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2016 <i>B. lacerta</i> (Ort±SH)	2015 <i>C. regium</i> (Ort±SH)	2016 <i>C. regium</i> (Ort±SH)
1	14,43±0,44 ^b	21,00±0,87 ^a	21,10±0,23 ^b	32,15±0,39 ^a
2	22,79±0,32 ^a	15,12±0,43 ^b	25,84±0,28 ^a	24,28±0,63 ^b
3	8,05±0,56 ^c	9,94±0,32 ^b	9,90±0,76 ^c	14,20±0,42 ^c
4	4,95±0,72 ^d	3,70±0,51 ^c	5,81±0,37 ^d	7,91±0,25 ^d

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ^{a-d} istatistiksel olarak önemlidir $P<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$ Duncan).

Barbus lacerta'nın gonad dokusunda en yüksek DTC değerleri 2015 yılında 2. istasyonda, 2016 yılında 1. istasyonda görülmüştür. Her iki yıl için en düşük DTC değeri 4. istasyonda kaydedilmiştir. Bu tür için istasyonlar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Chondrostoma regium'un gonad dokusunda iki yıllık DTC değerleri incelendiğinde 2015 yılında 2. istasyon en yüksek değeri almışken, en düşük değer 4. istasyonda görülmüştür. 2016 yılında ise 1. istasyonun en yüksek değeri aldığı görülmüştür. Her iki yılda da *C. regium*'un istasyonlar arası farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Testis hasar durumları genel anlamda incelenecek olursa, 2015 yılında *Barbus lacerta*'da 3. ve 4. istasyonda organ fonksiyonları normalken, 1. istasyonda hafif hasarlar, 2. istasyonda orta dereceli hasarlar bulunmuştur. *Chondrostoma regium*'da 3. ve 4. istasyonda organ fonksiyonları normal iken, 1.ve 2. istasyonda orta dereceli hasarlar görülmüştür.

2016'da ise *Barbus lacerta* için, 3. ve 4. istasyonda organlar normal durumdayken, 2. istasyonda organlarda hafif hasarlar, 1. istasyonda ise orta dereceli hasarlar, *Chondrostoma regium* için 1. ve 2. istasyonlarda orta dereceli, 3. istasyonda hafif hasarlar görülmüş ve 4. istasyon balıklarında organ fonksiyonları normal seviyede değerlendirilmiştir.

Tüm bu bulgulardan elde ettiğimiz sonuçlar ise şöyle sıralanabilir.

- ✓ Karasu nehrinin 4 farklı istasyonundan 2015-2016 yıllarında aylık yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium* türlerinin yaş, boy, ağırlık, metrik ve meristik karakterlerine ait incelenen biyolojik özelliklerinin ve anatomik yapılarının normal olduğu,
- ✓ Balıkların GSİ değerlerinin genel olarak dişilerde daha yüksek olduğu, *B. lacerta* dişi bireylerinde en yüksek GSİ mayıs ayında görülürken, *C. regium* dişi bireylerinde e yüksek GSİ haziran ayında olduğu,
- ✓ KF değerlerinde ise *B. lacerta*'da en yüksek mayıs, en düşük temmuz ayındayken, *C. regium*'un haziran ayında en yüksek, ağustos ayında ise en düşük değerini aldığı,
- ✓ KF ve GSİ değerlerinin birbiriyle uyumlu olup bu verilere göre balıkların mayıs-temmuz ayları arasındaki süreçte üredikleri,

- ✓ Bİ değerleri her iki tırde en yşksek Temmuz-ağustos, en dşşk değerini ise Eylşl-Ekim aylarında aldığı gşrşlmşştşr. Bu veriler ışığında *B. lacerta* ve *C. regium* tşrlerinin omnivor beslendiği,
- ✓ Su ve sediment analiz sonuçlarına gşre sedimentte daha çok ağır element biriktiği, su yşnşnden 2. istasyonun sediment yşnşnden 1. istasyonun en kirli olduğu,
- ✓ Balık dokularındaki metal birikiminin de su ve sediment kirliliği ile orantılı olarak arttığı,
- ✓ Yşksek HSI değeri, dşşk GSI değeri ve dşşk TAS değeri ve yşksek TOS değerinin bu istasyonlardaki balıklarda bir toksisite yşkşne işaret ettiği,
- ✓ Sonuçta; balıkların beyin, karaciğer, solungaç, bağırsak, ovaryum ve testislerinde histopatolojinin arttığı tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Ekosistem kalitesinin incelenmesinde biyotik indekslerin kullanımının yakın bir geçmişi olup, her geçen gün değeri artmaktadır. Balıklar bu indekslerde önemli indikatör organizmalar olarak kabul edilirler. Bu bağlamda sunulan çalışmada, bir tatlı su ekosistemi olan Karasu Nehri'nde yaşayan *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium* populasyonlarına ait bazı biyotik parametrelere bakılmış, bu canlıların yaşadığı ekosistemin kalitesini değerlendirme adına nehrin farklı istasyonlarından alınan su, sediment ve balık örnekleri incelenmiştir.

2015-2016 yıllarında yürütülen bu çalışma; Fırat Nehri'nin önemli bir kolu olan ve büyük ölçüde şehir kanalizasyon suyu, şeker ve çimento endüstrisindeki atıklarla kirlenen Karasu Nehri'nde yapılmıştır (ÇDR 2016). Bu nehir boyunca seçilen dört farklı istasyondan alınan su ve sediment örneklerinin ağır metal analizleri yapılmış, tutulan balık türleri de sistematik, anatomik, histolojik, morfometrik ve toksikolojik açıdan incelenmiştir. İstasyonlardan alınan su ve sediment örneklerinin analizinde bazı istasyonlarda ölçülen ağır metal miktarının standart değerlerin üzerinde olduğu görülmüş ve aynı bölgelerde yaşayan türlerin karaciğer ve kaslarından alınan doku örneklerinin ağır metal analiziyle su ve sediment verilerine benzer sonuçların alınması ile elde edilen bulguları destekleyici nitelikte olmuştur. İncelenen balık türlerinin beyin, solungaç, karaciğer, bağırsak, böbrek ve gonadlarından alınan histolojik kesitlerde kirliliği destekleyen görüntüler elde edilmiş ve patolojik anormalliklerin frekansında artışlar gözlenmiştir. Kirliliğin etkisini gösteren bir başka parametre olarak, dört istasyondan yakalanan *Chondrostoma regium* ve *Barbus lacerta* türlerinin kan örneklerinde eritrositik çekirdek anormallikleri görülmüştür.

Karasu Nehri'nde 4 farklı istasyondan alınan su örneklerinde Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sr, Pb gibi ağır element analizlerine bakılmıştır. Alınan su örneklerinin ağır metal analizi sonucunda istasyonlar arası en kirli olanı 2. istasyon (sekiz ağır elementin konsantrasyonu diğerlerinden daha fazla; V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Se, Sr) olduğu görülmüştür. Karasu Nehri'nden alınan örneklerin analizleri TSE 2005

ve WHO 2006 standartları ile karşılaştırıldığında; Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, As, Se, Br, Sr, Pb ağır metalleri özellikle kirlilik kaynaklarının yakınında bulunan 1. ve 2. istasyonlarındaki değerler standart değerlerin fazlası ile üzerinde çıktığı görülmüştür. Cu ve Zn metallerinin konsantrasyonları ise kabul edilebilir değerlerde bulunmuştur.

Karasu Nehri'nde yapılan benzer çalışmalardaki su analizlerinde nehrin ağır metal yoğunluğu açısından kirlendiği rapor edilmiştir. Kali (2008) çalışmasında Karasu'dan su örnekleri alıp TS 266 (2005) standartları ile karşılaştırmış ve bazı numunelerde As, bazılarında Pb, Fe, Mn ve NO₃ miktarlarının önerilen maksimum sınırları aştığını kaydetmiştir. Sönmez vd (2012) Karasu Nehri'nde seçtikleri bazı istasyonlardan aldıkları su örneklerini Bakır (Cu), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd) ve Demir (Fe) elementleri bakımından incelemişlerdir. Elde ettikleri ağır metal verilerine göre nehrin önemli ölçüde kirliliğe maruz kaldığını göstermiştir. Bu istasyonlardan iki tanesi de bizim çalışma bölgemiz ile örtüşmektedir.

Çalışmada 1. ve 2. istasyonlarda elde edilen ağır metal konsantrasyonları diğer istasyonlara göre daha yüksek oranda olduğu görülmüştür. Özellikle bu iki istasyon çimento fabrikası yakınında bulunmaktadır. 3. İstasyon ise etrafında tarımın sıkça yapıldığı suni gübre ve pestisit gibi tarımsal ilaçların kullanıldığı bir bölgedir. Bu nedenle bahsedilen iki istasyonda ölçülen verilerin yüksek oluşu büyük ölçülerde bu sebeplere bağlanmaktadır.

Ancak 1. ve 2. istasyon sadece çimento fabrikası atıklarının değil aynı zamanda Erzurum şehir merkezinin atıkları ile ovadaki tarımsal faaliyet atıklarının yükünü taşımaktadır. Öyle ki Ilıca'dan itibaren Karasu Nehri'nin il sınırını terk eden bölümüne kadar sulama suyu olarak III. ve IV. sınıf su olduğu 2012 yılında rapor edilmiştir (ÇDR 2012).

Çalışmamız ile paralellik gösteren bir çalışmada, Dane (2013) Karasu Nehri'nde belirlediği noktalardan aldığı balık örneklerinde histopatolojik değişimleri incelediği çalışmasında istasyonlardan aldığı yüzey suyunun TSE tarafından belirlenen seviyenin

üzerinde olduğunu belirtmiştir.

Erzurum civarında yapılan ağır element kirliliği ile ilgili son yıllarda yapılmış birkaç araştırma da bulgularımızı destekler niteliktedir. Araştırma bölgelerinden bazıları çalıştığımız kirlilik noktaları civarında olan Aydoğan (2015) Çimento fabrikası, şeker fabrikası gibi sanayi kuruluşları ile kanalizasyon atıklarının döküldüğü Karasu Nehri ve çevresindeki sulak alanlardan alınan su, sediment ve sucul böcek (Hydrophilidae) örneklerinde ağır element konsantrasyonlarını incelemiştir. Elde ettiği bulgulara göre su kirliliği yönetmeliğine göre As ve Pb metallerinin konsantrasyonu kirleticilere fazlası ile maruz kalmış istasyonlarda çok kirlenmiş sınıfta kaydedilmiştir. Sediment ve hidrofilid türlerinde de Pb ve As için yakın ve yüksek değerler ölçülmüştür. Yakalanan bütün bireylerde Fe ve Pb birikimi gözlemlenip Ti, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br ve Sr elementleri genel olarak çoğu hidrofilid türünde; V, Mn ve Co ise daha az bireyde akümüle olan elementlerdir. Sonuçlar standartlarla karşılaştırıldığında bazı ağır elementlerin miktarı kabul edilebilir sınırlar üzerinde bulunduğu bildirilmiştir. Bahsedilen çalışma ile paralellik gösteren sonuçlarımızda ise Karasu Nehri'nin özellikle 1. ve 2. istasyonlarındaki su analizlerinde; Cr, Mn, Fe, Ni, As, Se, Br, Pb ağır metallerinin oranları standart değerlerin üzerinde çıkmıştır. Ayrıca Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nde yüksek metal derişimleri karşılaştırıldığında 1. ve 2. istasyon suyunun IV. sınıf sulama suyu, yani çok kirlenmiş su olduğu görülmüştür.

Sediment tabakasındaki malzeme kirliliği, iklim değişikliklerini ve çevresel değişimleri izlemek için en uygun materyaller olduğundan, su ve sedimentteki ağır element kirliliğini karşılaştırdığımızda; ağır metal birikiminin sedimentte sudan daha çok olduğu görülmüştür. Bunun nedeni sedimentin tüm kontaminant ve ekosistemden gelen organik maddelerin çoğuna rezervuar olarak görev yapmasındandır (Saeed and Shaker 2008).

Karasu Nehri'nden alınan balık türlerinin doku analizi sonucunda, artışın en fazla 1. istasyonda (2'ye çok yakın olmakla birlikte) olduğu görülmüştür. *Chondrostoma regium* için en fazla toksisite 2. istasyona ait balıklarda görülmüş olup, sıralaması 2, 1, 3 ve 4. istasyon olarak yapılmıştır. *Chondrostoma regium*'un karaciğerinde standart değerlerin

üzerine çıkan en yüksek ağır metaller Ni, Cr, Hg, Pb olduğu görülmüştür. Kaslarındaki ağır metal değerlerine bakıldığında, yenilebilir balık dokusunun hiçbirinde ağır metal seviyesi kabul edilebilir en yüksek değeri aşmamış, ancak önceki yıllara nazaran belirgin bir metal birikimi gözlenmiştir. *Barbus lacerta* için en fazla toksisite 1. istasyona ait balıklarda görülmüş olup, sıralaması 1, 2, 3 ve 4. istasyon olarak yapılmıştır. *Barbus lacerta*'nın karaciğerinde standart değerlerin üzerine çıkan en yüksek ağır metaller Ni, Hg, Pb olduğu görülmüştür. Kaslarındaki ağır metal değerlerine bakıldığında, yenilebilir balık dokusunun hiçbirinde ağır metal seviyesi kabul edilebilir en yüksek değeri aşmadığı görülmüştür.

Çalışmamızda, karaciğerde metal birikimi seviyeleri her iki balık türü için de kas birikim düzeyinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu neticeyi destekler nitelikte aynı nehrin farklı lokalitelerinden yapılan bir çalışmada Sönmez vd (2012) Karasu Nehri'nin üç istasyonundan toplanan iki balık türünün *Capoeta capoeta umbla* ve *Chalcalburnus mosulensis*, dokularında (kas ve karaciğer) kadmiyum (Cd), bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) seviyelerine bakmışlardır. İncelenen balıkların bütün dokularında Fe metalinin diğer metallerden daha yüksek konsantrasyonda olduğu görülmüştür. Kas dokularında ise, metal birikimi en düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Fe'den sonra, Pb ve Zn, her iki balık türünün karaciğer ve kas dokusunda en yüksek ikinci seviyeyi sergilemiştir. Bu bulgular ayrıca ulusal ve uluslararası gıda standartlarıyla karşılaştırılmış ve Pb ve Cd konsantrasyonları standartların belirlediği seviyenin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Kaslar genellikle metali en düşük seviyede depolayan ya da hiç depolamayan organ olarak kabul edilir (Legorburu *et al.* 1988). Alhas (2007) yaptığı çalışmada *Barbus rajanorum mystaceus* ve *Barbus xanthopterus*'ta en düşük ağır metal birikimini kas dokusunda incelemiştir. *Barbus rajanorum mystaceus*'ta Fe en fazla karaciğerde bulunurken; *Barbus xanthopterus*'ta karaciğerde Zn, Cu ve Pb metallerini en yüksek seviyede gözlemlemiştir.

Canlı and Kalay (1997)'in Seyhan Nehri'nde yaptıkları çalışma sonucunda

Chondrostoma regium'un kasındaki kurşun konsantrasyonlarını 6,58 ppm, bakır 4,21 ppm, kadmiyum 0,95 ppm, krom 0,82 ppm olarak incelemiştir. Çalışmamızda ise *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium*'un kas dokusunda standart değerleri aşan konsantrasyonlar gözlenmezken, karaciğer dokusunda her iki türde de Ni, Cr, Hg, Pb metalleri normalden oldukça fazla miktarda birikim yaptığı gözlenmiştir. *C. regium*'un karaciğerinde Ni 1,8 ppm, Cr 0,65 ppm, Hg 4,46 ppm, Pb 5,23 ppm iken *B. lacerta*'nın karaciğer dokusunda ise Ni 2,6 ppm, Cr 0,17 ppm, Hg 6,93 ppm, Pb 11,2 ppm olarak tespit edilmiştir.

Metallerin dokularda birikiminde; mevsimler (Kargın 1996), balığın uzunluğu ve ağırlığı, suyun fiziksel ve kimyasal durumu (Jeziarska and Witeska 2001) gibi çeşitli faktörler rol oynar. Cd, Cu, Cr, Ni, Zn ve Mn gibi ağır metaller besin zinciriyle girdikleri canlı bünyelerinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılmadıkları için birikime uğrar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması halinde, toksik etki yaparlar. Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, etkide kalınan süreye ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Ağır metaller letal olmayan konsantrasyonlarda genellikle balıkların karaciğer gibi metabolik olarak aktif olan organlarında birikmektedir. Karaciğerdeki yüksek metal konsantrasyonları bu kısmın, metal detoksifikasyon yeri olmasından kaynaklanmaktadır (Karadede ve Ünlü 1998). Balıklarda metal etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalar Pb ve Cd tuzları kuvvetli balık zehirleri olup, bunlara ek olarak ortamda Zn ve Cu bulunursa balıklar üzerindeki toksik etkiyi daha da artırmaktadır (Yaramaz 1992).

Çalıştığımız iki balık türündeki metal tutma seviyeleri birbirine yakın değerlerdedir. Metal konsantrasyonunun bazı balıklarda farklılık göstermesi; balıkların diyet alışkanlıkları, ekolojik ihtiyaçları, metabolizma durumu, yaşam alanı gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Balıklarda ağır metal tutma seviyelerinin habitat ve göç gibi faktörlere de bağlı olarak değişiklik gösterdiği belgelenmiştir (Romeo *et al.* 1999; Canli and Atli 2003).

Balığın dokularındaki ağır metal birikimi, tortu içindeki metal konsantrasyonuna ve

genellikle organların fizyolojik aktivitelerine bağlıdır. Örneğin Cu ve Zn karaciğerdeki enzim aktivitelerinde rol oynar, dolayısıyla bu elementlerin daha büyük miktarları karaciğerde birikir (Sobolev 2005, Henry *et al.* 2004). Heidary *et al.* (2012) çalışmalarında Güney Hazar Denizi'nden yıldız mersin balığı türünün (*Acipenser stellatus*) kas ve karaciğer dokularında Cu, Zn, Hg'nin biyoakümülyasyonunu ölçmüşlerdir. Karaciğerde kas dokularına kıyasla daha yüksek bir Zn ve Cu birikimi göstermiştir. Görülen bu farklılıklar çalışma alanının kirlilik yükü, biyolojik özellikleri, göç ve beslenme davranışı ile aynı çalışma alanında bile olabilir (Canli *et al.* 2003). Bemis and Kynard (1997) ya çoğalma ya da beslenme için göçün balıklarda metal birikimini etkilediğine inanmaktadır.

Çevre kirliliği çalışmalarında biyoindikatörlerin erken uyarı verme potansiyelleri olmadığından dolayı biyoindikatörler ya kirleticilerin doğrudan ölçümleriyle birlikte yahut da erken uyarı veren parametreler olarak bilinen biyomarkırlar ile beraber araştırmalarda kullanılmışlardır. Kirleticilerin reaktif oksijen üretimi neticesinde oksidatif stres oluşumunun yanında lipit peroksidasyonuna da sebep olduğu bilinmektedir (Bekmezci 2010). Antioksidan savunma sisteminin en önemli özelliği, sistemin tüm bileşenlerinin reaktif oksijen türlerine karşı bir sinerji oluşturacak şekilde görev almasıdır (Chaudiere and FerrariIlliou 1999). Bu nedenle tüm antioksidanlar canlıda homeostazisin sağlanmasında yaşamsal öneme sahiptirler (Doyotte *et al.* 1997). Kanda oksidan ve antioksidanların bir kısmının birlikte etki etmesi sonucu her birinin tek başına oluşturduğundan daha fazla oksidan ve antioksidan etki ortaya çıkmaktadır. Total oksidan/antioksidan dengenin belirlenmesi için oksidan ve antioksidanların tek tek ölçümünün yapılması yerine TOS ve TAS ölçümünün daha yararlı olabileceği bildirildiğinden çalışmamızda türlerin kan dokularında bu ölçümler yapılmıştır (Erel 2004b; Erel 2005).

Sonuçlar incelendiğinde istasyonların artan kirliliğine bağlı olarak iki türde de TAS değerleri düşüş gösterip, TOS değerlerinin ise artışa geçtiği görülmüştür. Kirlilik faktörüne göre düşünüldüğünde TAS değerleri en kirli noktalar olan 1. ve 2. istasyonlarda genel olarak daha düşük değerleri alırken, diğerlerine göre daha temiz

olan 4. istasyonun en yüksek değerleri aldığı, TOS değerlerinde ise 1. ve 2. istasyonlar genel olarak daha yüksek değerleri alırken, daha temiz olan 4. istasyonun en düşük değerleri aldığı görülmüştür. Bu bulgularımıza göre, suda artan kirliliğe bağlı olarak TOS düzeylerinde meydana gelen artma ve TAS düzeylerindeki azalmaların organizmada antioksidan savunma sistemi elemanlarının yetersiz kalması ve oksidatif strese bağlı olabileceğini akla getirmektedir.

Balıklarda çevresel kontaminantların oksidatif etkilerinin değerlendirilmesinde çeşitli indikatör parametrelerin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Reaktif bileşiklerin oluşturduğu olumsuz duruma karşı savunma mekanizması, antioksidant sistem tarafından yapılmaktadır. Genelde oksidatif stres işaretcisi olarak antioksidant sistem elemanları, GSH ve GSH bağımlı enzimler ve lipid peroksidasyonu gibi biyomarkırlar kullanılmaktadır. Parvez *et al.* (2006) krom, bakır, endosulfan, DDT ve benzen heksaklorürle kirlenmiş ve sürekli yoğun balık ölümleri görülen bir nehirden ölümlerin yaşıandığı dönemde ve ölümlerin bittiği sürenin iki ay sonrasında yakalanan *Wallago attu* türünde karaciğer, böbrek ve solungaç dokularında GSH konsantrasyonu ile lipid peroksidasyonu seviyesine bakılmışlardır. Akuatik organizmalarda incelenen bu parametreler olası bir oksidatif stres durumunu tespit etmek amacı ile kullanılmıştır. Nehirdeki kirlenici konsantrasyonundaki düşme sonucu, incelenen dokularda GSH derişiminde artış olup buna karşın lipid peroksidasyonunda ise belirgin bir azalma olduğu görülmüştür. Balık ölümleri sürecinde nehirden yakalanan balıklarda GSH derişimi azalmakta böylelikle lipid peroksidasyonu yükselmekte olduğu tespit edilmiştir.

Benzer bir çalışmada ise (Bacanskas *et al.* 2004) insektisit ve ahşap koruyucu olarak bilinen Kreosot ile kirlenen bir nehirden yakalanan *Fundulus heteroclitus*'ta karaciğer GSH miktarının, lipid peroksidasyonunun ve selenyum-bağımsız GPx ile GR enzim aktivitelerinin nehrin bu maddeden yoksun bölgesinde yaşıyan balıklara göre daha yüksek, selenyum-bağımlı GPx aktivitesinin de daha düşük seviyede bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Oksidatif stresin balıklardan farklı omurgalı canlılar üzerinde araştırıldığı ve çalışmamızla benzer sonuçlar elde edildiği çalışmalar da mevcuttur. Karademir vd (2015) bakır (II) sülfat toksikasyonunun ergin fare plazmasında TOS değerleri önemli düzeyde artarken, TAS değerlerinde ise önemli bir değişikliğe neden olmadığını göstermiştir. Giray vd (2001)'de sıçanlara ağız yoluyla farklı konsantrasyonlarda verilen Cypermethrin insektisitinin beyin ile karaciğer dokularında oksidatif stresi artırmanın yanında GSH miktarını da ciddi oranda düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Yapılan deneysel çalışmalarda bazı pestisit, fungusit gibi kirleticilerin maruziyet süresi çok az olsa bile antioksidan-oksidan dengesinde ciddi sarsılmalar görülebilir. Kaya vd (2014) bir fungusit olan tebukonazol'un *Cyprinus carpio* (L., 1758)'da kanındaki total antioksidan (TAS), oksidan (TOS) düzeylerine baktıklarında, serum TAS düzeyleri kontrol grubuna oranla tebukonazol verilen gruplarda azalırken, TOS düzeyleri yönünden yükselmeler olduğunu saptamışlardır. Doğan vd (2011) akarlar karşı sıkça kullanılan fenpiroksimatın (FP) ergin lepistes balıklarında TAS değerlerinde bir değişiklik yapmazken, bu akar sistin oksidatif strese neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Uslu vd (2016) 96 saat boyunca farklı konsantrasyonlarda Cypermethrin'e maruz bıraktıkları *Carassius gibelio*'nun karaciğer, böbrek ve kas dokuları ile serum örneklerini inceleyerek oksidatif stres varlığını tanımlayan Malondialdehit (MDA), Glutasyon (GSH) ve Süperoksit Dismutaz (SOD) antioksidanlarının seviyelerine bakmışlardır. Neticede lipid peroksidasyonunun fazla oluşabileceği karaciğer ve kas dokuları ile serum örneklerinde MDA düzeylerinin yüksek oranda arttığı belirlenmiştir. Serum örnekleri ve karaciğer ile kas dokularındaki SOD düzeylerinin ciddi oranda azaldığı görülmüştür. Kas GSH seviyelerinde ve bütün gruplardaki serum GSH düzeyinde de sadece yüksek doz Cypermethrin verilen grupta belirgin miktarda düşüş tespit etmişlerdir.

Santos *et al.* (2004) kağıt fabrikasının atık sularına 8-48 saat maruz bırakılan *Anguilla anguilla*'nın karaciğer ile böbrek dokularında GSH miktarı ile GPx ve GST aktivitelerinin yalnızca 48 saat sonunda azaldığını tespit etmişlerdir. Karaciğer ve

böbrek dokularındaki farklılaşmaların kirli sulardaki redoks aktif bileşiklerinin fazla maruziyetiyle alakalı olabileceğinin yanısıra GST aktivitesindeki düşüşün doku hasarı sebebiyle detoksifikasyon aşamalarında oluşan dengesizliği gösterdiği rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda da nehrin kirli bölge balıklarında azalan TAS ve artan TOS derişimi yukarıdaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Araştırma kapsamında incelediğimiz balıkların yaş dağılımı *B. lacerta* için I-IV ve *C. regium* için I-VI, yaş yoğunluğu ise *B. lacerta* için III ve *C. regium* için de IV yaş olarak bulunmuştur. Yaş dağılımındaki bu yapı, avlanma araçlarının seçiciliğinin yanı sıra ileri yaşlardaki bireylerin balıkçılık ve doğal mortalite nedeniyle stoktan uzaklaştırılması ile ilişkili olabilir. Değişik ortamlardaki balık türlerinin yaş grubu için elde edilen sonuçların farklılığı avlamada kullanılan ağların özelliği, ortamın ekolojik yapısı gibi çeşitli faktörlere bağlanabilir.

Yapılan çalışmalardan birinde Bircan ve Ergün (1998) 236 adet *B. p. escherichi* II ile VI yaşlar arasında dağılım göstermiş olup, IV. yaş grubundaki bireylerin çoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Sıfır (0) ve I. yaş gruplarına ait bireylere rastlanmaması kullanılan ağların seçiciliği ile açıklanmıştır.

Farklı su sistemlerinde yaşayan *B. p. escherichi* için yapılan çalışmalarda (Bircan ve Ergün 1998) yaş kompozisyonunun birbirine benzer olduğu görülmüştür. Dominant yaş grubu Çoruh Havzası'nda II. yaş olarak tespit edilirken yukarı Sakarya Havzası ve Kara Dere'de III. yaş olduğu ifade edilmiştir.

İncelediğimiz iki balık türünde de ilk yaş gruplarına ait bireylerinin yüzdesi düşük bulunmuştur. Bu durumun kullanılan ağların seçiciliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Populasyonun genelinde bireyler sayıca en fazla III, IV ve V yaş gruplarında yer almaktadır. Ünlü vd (1990) Savur Çayı'nda yaptığı çalışmada yakalanan *C. regium* türünde % 43,94 ile en fazla III. yaş grubunu belirlemişlerdir. Şen vd (1992) Keban Baraj Gölü'nde, en yüksek oran olarak %14,54 ile IV yaş grubu olarak vermişlerdir. Şevik (1997) ise Fırat'tan % 48,47 ile V. yaş grubunda olduğu

belirtilmiştir.

Oymak (2000) Atatürk Baraj Gölü'nden yakalanan *C. regium* bireylerinin I ile VIII yaş arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu tür için yaş aralığını, Ünlü vd (1990) Savur Çayı'ndan I ile VI arasında, Şen vd (1992) Keban Baraj Gölü'nden II ile VI arasında ve Şevik (1997) Fırat Nehri'nden II ile VIII arasında olduğunu bildirmişlerdir. Diğer araştırmacılar tarafından verilen yaş dağılımları bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ancak Keban Baraj Gölü'ndeki populasyonlarda VI yaşından büyük bireylere rastlanılmamasının, bölge farklılığı veya avlanma yöntemi farklılığı ile ilgili olabileceğini işaret etmiştir.

B. lacerta ve *C. regium*'un çeşitli yaş gruplarına ait bireyler için hesaplanan ortalama boy ve ağırlık değerleri birbirinden farklı çıkmıştır. Hayvanlar arasında görülen fenotipik farklılıkta genetik yapı ve çevre faktörlerinin etkileri vardır (Düzgüneş 1976). Dolayısıyla balıkların hem boyca hem de ağırlıkça büyümelerinde genotipik yapıları ile örnekleme zamanı ve yöntemi, yaşadıkları suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, populasyon yoğunluğu, besinine ortak olacak türlerin bulunup bulunmaması, eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşları gibi pek çok faktör etkili olmaktadır. Bunun için değişik ekolojik ortamlarda yaşayan aynı türlerin değerleri arasında farklılıklar olmasının normal olacağı kanaatindeyiz.

Bu düşünceyi destekler nitelikte, Atatürk Baraj Gölü'nde yapılan bir çalışmada (Oymak 2000) *C. regium*'a ait ağırlık değerleri, diğer su alanlarında yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, Ünlü vd (1990)'nin Savur Çayı'nda elde ettikleri ağırlık değerlerinin bizim çalışmamızda elde edilen değerlerden daha düşük olduğu, Şen vd (1992)'nin Keban Baraj Gölü'nden bildirdikleri ağırlık değerlerinin ise bu çalışmada elde edilen değerlere yakın olduğu belirlenmiştir. Şevik (1997)'in Fırat Nehri'ndeki çalışmasında verilen ağırlık değerlerinin bu çalışmadaki ağırlık değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Populasyonlar arasındaki değer farklılığı, ortamın ekolojik faktörlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır (Tanyolaç 1994).

Araştırma bölgesinden yakalanan balıklarda total ağırlık ve çatal boy kullanılarak kondisyon faktörü (KF) değerleri aylara göre hesaplanmıştır. Çalışmada populasyonlar için iki yılın ortalama en yüksek kondisyon faktörü *Barbus lacerta* için 1,50, *Chondrostoma regium* için 1,75 olarak tespit edilmiştir.

Aylara göre ortalama kondisyon faktörü değerleri incelendiğinde ilkbahar ile birlikte yükselişe geçmiş, mayıs ayında yükseliş biraz daha artarak haziran ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Temmuz başı itibari ile gonadların boşalmaya başlamasıyla kondisyon faktörü düşüşe geçmiştir. Ağustos ayından ekim ayına kadar yükselmeler düşük oranda gözlenmiştir. İncelenen türlerin kondisyon faktörü değerleri sıcak mevsimlere geçişle birlikte, su sıcaklığının artmasıyla bireylerin beslenme miktarına bağlı olarak morfolojik gelişim ve gonad gelişiminde artış gözlenmiştir.

Balıkların yumurtlamadan sonraki dönemde normale göre daha fazla beslenmeleri sebebiyle kondisyon faktörünün mayıstan haziran ayına kadar fazla miktarda bir artış gösterdiği görülmüştür. Kondisyon faktörü değerleri, temmuzdan nisan ayına kadar balığın aldığı besinlerin çoğusunun üreme hücresi yapımında kullanımı nedeniyle düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Nisan ayında balıklarda yumurtlama başladığı için balıklar bu aydan itibaren yoğun beslenme dönemi içine girdiğinden kondisyon faktörü değerlerinde artış gözlenmiştir.

Kondisyon faktörü, türlere, mevsimlere, yıllara göre değişiklik gösteren bir değerdir. Bu yüzden kondisyon faktörü değerini birbirleri ile mukayese edebilmek için balıklar aynı türde veya morfolojik özelliklerinin benzer olması gereklidir. Aynı zamanda kondisyon faktörü değerleri balığın bulunduğu ortamdaki besin durumu, yaş, stres durumu ve üreme aktivitesi gibi faktörlere bağlı olarak değişebildiğinden (Korkut vd 2007) bu parametre bir türün farklı populasyonlarında da değişkenlik gösterebilir.

Oymak (2000) Atatürk Baraj Gölü'ndeki *C. regium*'da kondisyon faktörü değerinin aylık değişimine göre, populasyon genelinde mart, nisan ve mayıs aylarında yükseldiği, ocak ayına dek bu değerlerde bir düşüşün görülüp, şubat ayından itibaren tekrar

yükseldiği bildirilmiştir. Kondisyon faktörünün mart, nisan ve mayıs aylarında yüksek olmasının bu aylarda gonad ağırlıklarının en yüksek düzeyde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada incelenen iki balık türü için hesaplanan ortalama kondisyon faktörü değerleri önceki çalışmalarda belirlenen değerlerden daha yüksek olduğu farkedilmiştir. Duman vd (2003) Keban Baraj Gölünde yaşayan *Barbus capito pectoralis* türünün ortalama KF değerlerini 0,75-1,13 aralığında hesaplamışlardır. Oymak (2000) Atatürk Baraj Gölü'nde yakalanan *Chondrostoma regium*'un kondisyon faktörü değerleri 0,87 ile 1,35 arasında değiştiğini bildirilmiştir. Şen vd (1992) Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *C. regium*'un kondisyon faktörü değerinin en düşük 0,62 ile en yüksek 0,94 aralığında, Özdemir (1982) Keban Baraj Gölü'ndeki *C. regium* bireylerinin kondisyon faktörünün en düşük 0,742 ile en yüksek 0,844 olduğunu, Şevik (1997) Fırat Nehri'nde bulunan *C. regium* bireylerinin kondisyon faktörünü en yüksek 1,61 en düşük 1,34 bulmuşlardır. Söz konusu iki tür için farklı habitatlarda elde edilen ortalama kondisyon faktörü değerleri önceki çalışmalarda tespit edilen değerlerin bazılarında yüksek, bazılarında ise düşük olduğu görülmüştür. Farklılıklara habitatların ekolojik şartları, örnekleme şekli ve zamanı, örnek sayısı, örneklerin boy ve ağırlık dağılımları gibi faktörlerin neden olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte balıklarda kondisyon faktörü eşeyssel olgunluk durumu, balığın yaşı ve eşeyi, mevsime bağlı beslenme seviyesi, mide doluluk oranı, tüketilen besinin cinsi, yağ rezervinin miktarına bağlı olarak değişmektedir (Williams 2000).

Farklı türlerin incelendiği bir çalışmada ise, Yılmaz vd (2010). Hirfanlı Baraj Gölü'ndeki *C. carpio* ve *T. tinca*'nın boy ve ağırlık verileri kullanılarak hesaplanan kondisyon faktörünün türlere, mevsimlere, habitat, yıl, eşeyssel olgunluk, üreme dönemine göre farklılaştığını gözlemişlerdir. Ortalama kondisyon faktörü ise *C. carpio*'da 1,97, *T. tinca*'da 1,64 olarak hesaplanmıştır. *C. carpio*'nun kondisyon faktörü farklı habitatlara göre incelendiğinde 1,48-2,0 arasında, *T. tinca*'nın 1,50-1,95 aralığında değerlerin farklılaşabildiği görülmüştür. Hirfanlı Baraj Gölü'nde *C. carpio*'nun kondisyon faktörü (Elmas 1999) tarafından daha düşük tespit edilirken,

Yılmaz vd (2007) tarafından daha yüksek saptanmıştır. *T. tinca*'nın kondisyonu ise Şanlı (1998) tarafından daha düşük olarak hesaplanmıştır. Yüce vd (2016) Nisan 2011-Mart 2012 tarihleri arasında Atatürk Baraj Gölü'nde gerçekleştirilen bir çalışmada *Cyprinus carpio* bireylerinin ortalama KF değeri 1,5 civarında ölçülmüştür. Çalışmamızda elde edilen KF değerleri diğer balıklardan elde edilen bulgularla yakın aralıklarda olması ile benzerlik göstermektedir.

Araştırma bölgesinden yakalanan balıklarda gonad ağırlığı ve total vücut ağırlığı kullanılarak hesaplanan gonadosomatik indeks (GSI) değerleri aylara ve istasyonlara göre incelenmiştir. Belirlenen ortalama gonadosomatik indeks değerleri bahar aylarıyla birlikte yükselişe geçmiş, mayıs ve haziran aylarında en yüksek değere ulaşmıştır. Gonadların boşalmasıyla temmuz ayı sonu itibarı ile gonadosomatik indeks değeri düşüşe geçmiş olup taki üreme mevsimine değin bu aralıklarda seyretmiştir. Bu sonuca göre GSI değeri yüksek olan aylarda balıkların üreme zamanı olduğu söylenebilir. Araştırmamızla benzer sezonlarda yapılan ihtiyoplankton çalışmalarında (Satılmış 2005) yumurta sayısının yoğun olduğu dönemlerde GSI değerlerinin yüksek olduğu sonuçları bizim verilerimiz ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Üstün (2010) gonadosomatik indeks değerleri gonad gelişiminin olduğu dönemlerde artış gösterdiğini bildirmiştir. Gonadosomatik indeksin yükselmesi gonad ağırlığının artmasıyla doğru orantılıdır. Yani balığın üreme öncesi gonadosomatik indeksi en yüksek değerlerine ulaşmaktadır ve balıklar gonadosomatik indekslerinin en yüksek olduğu zaman yumurtlarlar (Frost 1945).

Üstün (2010) çalışmasında Tekir balığı gonadlarında nisan ayından itibaren olgunlaşmaya başlayıp, Eylül ayına kadar olan sürede üreme periyoduna girdiğini bulmuştur. Dişi gonadların sarı, turuncu renkte bol kan damarlı olduğu, erkek gonadların ise beyaz renkte olduğu gözlenmiştir. Morales-Nin (1991) ve Vassilopoulou and Papaconstantinou (1992) bu periyodu nisan-haziran olarak bildirmişlerdir. Reñones *et al.* (1995) bu süreci dişi bireyler için nisan-mayıs, erkek bireyler için ise mart ve nisan olarak bildirmiştir. Pajuelo *et al.* (1997) Kanarya adalarında yaptıkları çalışmada bu periyodun, şubat ayından mayıs ayına kadar olduğunu belirtmiştir. İlhan vd (2009)

bu peryodu İzmir Körfezi için nisan-mayıs ayları olarak bildirmişlerdir. Üreme peryodunun İzmir Körfezi'nde farklı olmasının sebebini ekolojik farklar, enlem, deniz suyu sıcaklığının farklı olması ve besin kalitesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Farklı türlerin incelendiği bir çalışmada Yeldan vd (2003) Kuzeydoğu Akdeniz'deki Babadıllımanı Koyu'nun izmarit balığının yıl içindeki GSI değerlerinin aylık değişimleri incelediklerinde, mayıs-temmuz ayları arasında düşük değerlerde; ocak ayından başlayarak artışa geçtiği, mart ayında ise maksimuma değerlere ulaştığı ve nisan ayında azalmaya başladığını görmüşlerdir. GSI'deki bu iniş çıkışlar, ocak ayında izmarit balığının eşeyssel yönden olgunlaşmaya başladığını ve mart-nisan aylarında da yumurtlama döneminde olduğunun göstergesi olarak kabul edilmiştir. Şahin ve Genç (1999) ise Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyılarında yaşayan izmarit balıklarının mayıs-haziran ayları arasında yumurtlama döneminde olduklarını tespit etmişlerdir. Doğu Karadeniz ile Kuzeydoğu Akdeniz'deki Babadıllımanı Koyu'ndan yakalanan türler aynı olsa dahi bu iki ortamın ekolojik koşulları, abiyotik koşulları birbirlerinden farklıdır. Böylece Nikolsky (1969)'nin de ifade ettiği üzere çeşitli ekolojik ortamlarda yaşayan balık populasyonlarının üreme dönemlerinin de farklı olduğu görülmüştür.

Gonadosomatik indeks (GSI) değerleri 2015-2016 yıllarında istasyonlara göre incelendiğinde kirlilik bakımından en temiz olan 4. istasyonun tüm türlerde en yüksek değeri aldığı görülmüştür. *B. lacerta*'nın her iki yılda da en düşük değerini 1. istasyonda alırken, *C. regium* ise 2015'te 1. istasyonda, 2016 yılında da 2. istasyonda en düşük GSI değerini almıştır. Bu durum yapılan diğer çalışmalarla da gösterilmiştir. Farklı özellikte olan bazı kimyasal kirleticilere karşı ciddi hassasiyeti olan üreme başarısının indikatörü, gonadosomatik indeks olarak bilinmektedir. Balıklarda kirleticilerin yumurta gelişimiyle, yumurtlama üzerine zararlı etkilerinin izlenmesi, balıkların yaşadığı çevredeki genetik dağılımları ile ekolojik şartlarının ve yaşamlarının korunması amacıyla gerekmektedir (Corsi *et al.* 2003). Evsel atık sularındaki östrojenik ilaçlarla endüstri atıkları ile kirlenen sulardaki hormon bozucu kimyasalların zararlı etkisi sonucu GSI'de belirgin bir azalışa yol açtığı rapor edilen çalışmalardandır (Carballo *et al.* 2005).

Bulgularımızı destekler nitelikte yapılan bir çalışmada, Pyle *et al.* (2005) *P. flavescens*'ten alınan karaciğer, kas, bağırsak doku örneklerinde ağır metal derişimlerini ve istasyonlara göre GSİ değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında metal derişimleri yönünden temiz olan ilk istasyonda GSİ değerlerinin diğer noktalara göre oldukça yüksek çıktığını görmüşlerdir. İkinci istasyondan alınan su numunelerinde özellikle Se metalinin ve sediment örneklerinde Cu ve Ni metallerinin konsantrasyonlarının yüksek değerlerde olduğu, bu balıklarda da GSİ değerinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Üçüncü istasyonda ise su ve sediment örneklerinde Cu metalinin derişimi ile bu istasyonun sediment örneklerinde Ni konsantrasyonunun yüksek olduğu, sudaki Al ile Fe metal derişimlerinin ise düşük olduğu görülürken, bu gruptaki balıkların karaciğerlerinde çoğu metalin biriktiği, kas ile bağırsak dokularında Zn konsantrasyonunun yüksek olup GSİ değeri düşük olarak kaydedilmiştir.

Araştırma bölgemizden yakalanan balıklarda karaciğer ağırlığının total vücut ağırlığına oranı alınarak hesaplanan hepatosomatik indeks (HSİ) değerleri istasyonlara göre incelenmiştir. Hepatosomatik indeks değerleri istasyonlara göre incelendiğinde, 1. ve 2. istasyon gibi kirlilik yönünden fazla olan noktalarda HSİ değerinin de yüksek olduğu, diğerlerine göre daha temiz olan 4. istasyonun her iki yılda da en düşük değerler aldığı görülmüştür. Türlerin istasyonlara göre durumu incelendiğinde *C. regium* her iki yılda da 2. istasyonda en yüksek HSİ değeri alırken, *B. lacerta*'nın en yüksek değeri 2015'te 1. istasyonda, 2016 yılında 2. istasyona kaydığı görülmektedir.

Bulgularımız yorumlanacak olursa, uzun süre organik kirleticiye maruz kalan balık türlerinde çoğunlukla karaciğerde büyüme gözlenip, HSİ'de belirgin bir artış görülmektedir. HSİ'de tespit edilen yükselme; hücre sayısında meydana gelen artış (hiperplazi) ya da hücre büyüklüğünde artıştan (hipertrofiden) kaynaklı olabilir. Karaciğerin yabancı bileşikleri metabolize etme kapasitesinde artış ile ilgili olan bu büyüme durumu bozulmadan ziyade adaptif bir yanıt olarak tanımlanabilir (Heath 1995).

Çalışmamızı destekler nitelikte, Pyle *et al.* (2005) Sudbury, Ontario ve Kanada

etrafındaki göllerden alınan su, sediment örnekleri ve yakalanan *P. flavescens*'in karaciğer, kas ve bağırsak dokularında metal seviyeleri incelemiştir. Ağır metal yönünden en yoğun olan gölden alınan örneklerin karaciğer dokusunda Cu, Zn, Ni, Se gibi metallerin biriktiği ve buna bağlı olarak HSI'nin burada en yüksek değeri aldığı görülmüştür.

Balıklarda karaciğer ağırlığı genellikle hepatik enzim aktiviteleri ile ilgili olup, balık sağlığını ve sudaki kimyasal kirleticilerin etkisini gösteren iyi bir indikatördür (Komsala *et al.* 1998). Tejada Vera *et al.* (2007) Ameca Nehri'nde kirlilik durumuna göre temiz olan kısmında ve şeker endüstrisi atıklarını biriktiren noktada bulunan *Ameca splendens* ve *Goodea atripinnis* türlerinde kirliliğin etkilerini incelemiştir. Atıkların biriktiği noktada yaşayan türlerde daha fazla stres olduğu görülüp, bu türlerde yüksek HSI'nin hidrokarbonların etkisinde karaciğerde gerçekleşen hipertrofiye dolayısıyla arttığı tahmin edilmiştir. Atıklardaki organik kirleticiler ve metallerin oluşturduğu zarar sebebiyle, HSI'nin tersine yukarıda bahsedildiği gibi GSI değerlerinin kirli bölgelerde daha düşük seviyede kaldığı kaydedilmiştir.

HSI karaciğerin enerji rezervleri ve metabolik aktivitesi ile ilişkili olup (Pyle *et al.* 2005) balığın beslenme durumunu, büyüme hızını tespit eden bir indekstir (Schreck and Moyle 1990). Balığın HSI değerinin artması, karaciğerindeki yağ oranının arttığının bir göstergesidir (Robaina *et al.* 1998). Gül vd (2004) kirli bölgelerde yaşayan türlerde HSI değerinin yüksek olup bunun aksine KF değerinin ise düşük seviyelerde olduğunu kaydetmişlerdir. HSI'de görülen bu yükselişin sebebi karaciğer ağırlığı ve karaciğerdeki yağ içeriğinin artması ile meydana gelen hasardan dolayı olabileceği ve KF'de ise kirlilikten dolayı besine ulaşma zorluğu yaşandığından dolayı düşüş olabileceği yorumu yapılmıştır.

Bulgularımız farklı türler üzerine yapılmış olan çalışmalarla da uyum sağlamaktadır. Komsala *et al.* (1998) Fransa Charallone Nehri'nde atık su işleme fabrikası kalıntılarının yakınında yaşayan balıklardan *Leuciscus cephalus*'da kirleticilerin oluşturduğu olumsuz etki ile karaciğerin büyüyüp HSI'nin artmasına sebep olduğunu

bildirmişlerdir.

Hepatosomatik indeks balığın beslenme aktivitesinin bir göstergesidir (Tyler and Dunn 1976). Hepatosomatik indeks üreme dönemi hariç her periyot boyunca enerjinin karaciğere düşen kısmını ifade eder (Nunes and Hartz 2001). Üreme dönemlerinde enerjinin büyük kısmı gonat gelişimine ayrılacağından besin maddelerindeki enerjinin çoğu üreme organlarına gönderilir.

Bu sebeple üreme dönemlerinde HSI değerleri üreme dönemi dışına göre daha düşük olmaktadır (Nunes and Hartz 2001). Yapılan bir çalışmada Jovanović *et al.* (2011) ağır metal birikimini tatlı su kefalinin (*Leuciscus cephalus*) karaciğerinde incelemiştir. Karaciğerde altı ağır metal (demir, kadmiyum, bakır, çinko, kurşun ve manganez) konsantrasyonu görülüp, kadmiyum konsantrasyonunun, normalden fazla olduğu tespit edilmiştir. Kadmiyum konsantrasyonu yüksek olan balıklarda HSI’de bir azalma gözlenmiştir. Bu durum balıkların beslenme aktivitesinde zorlanmalarının bir göstergesi olabilir. Balıklarda kronik stres enerji akışına etki etmesinin yanında karaciğer glikojeni benzeri enerji rezervlerini azaltıp, HSI değerinde azalmaya sebebiyet verebilir (Heath 1995).

İncelediğimiz balıklarda sindirim sistemi uzunluğunun ve tüm vücut uzunluğuna oranı alınarak hesaplanan bağırsak katsayısı (Bİ) değerleri her iki türde de sonbahar mevsiminde düşük, yaz aylarında ise daha yüksek değerler aldığı görülmüştür. Moraes *et al.* (2004) bağırsak indeks kat sayısını herbivorlarda 0,8-15,0 arası, karnivorlarda 0,2-2,5 arasında, omnivorlarda 0,6-0,8 aralıklarında değişen bir değer olarak belirtmişlerdir. Ward-Campbell *et al.* (2005)’e göre ise bağırsak katsayısı 1’den düşük ise tür karnivor, 1-3 arasında ise omnivor ve 3’ten büyükse herbivordur. *Barbus lacerta*’da bu değer (0,55-1,65) aralığında, *Chondrostoma regium* (0,73-1,83) aralığında bulunduğundan her iki türün beslenme grubunun omnivor olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda Karasu Nehri’nde belirlenen dört istasyondan yakalanan *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium* türlerinin bazı dokularında su kirliliğinin etkileri histolojik

yöntemlerle de araştırılmıştır. Bu balıkların beyin, solungaç, karaciğer, böbrek, bağırsak ve gonad dokularından alınıp, hazırlanan histolojik preparatlarda çeşitli patolojik anormallikler tespit edilmiştir.

Sucul ekosistemlerdeki çeşitli atıklar, sudaki canlılar özellikle de balıklar için son derece zararlıdır. Teleostlarda solungaçlar, karaciğer ve böbrekler ekotoksikolojik-patolojik araştırmalarda kullanılan en yaygın dokulardır (Sauer and Watabe 1989).

Balık solungaçları, suyla taşınan toksik maddelerin içeri alındığı ilk nokta olduğu gibi, aynı zamanda toksik etki temasının olduğu en önemli ilk bölgedir. Onların durumu su kalitesiyle doğrudan ilişkili olmasının yanında, yapı ve işlevlerindeki bozulmalar balıkların biyolojisi ve hayatta kalması üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bu nedenle, solungaçlar sadece balık sağlığı için değil aynı zamanda ekosistem sağlığı ve su kirliliği seviyesi için etkili bir gösterge olarak da uygulanabilir (Perry and Laurent 1991, Tkacheva *et al.* 2004, Rosseland *et al.* 2007, Heier *et al.* 2009, Ba-Ömar *et al.* 2011, Singh 2014). Yandi *et al.* (2017)'a göre en yaygın solungaç patolojileri hiperplazi, hipertrofi, lamellar füzyon, trombozis, epitelyal nekroz, epitelyal ayrılma, ödem ve çoklu yapısal bozukluklarıdır. 2015-2016 yıllarında Karasu Nehri'nde yaptığımız çalışmada solungaç dokularında; vazodilatasyon, lamellerde dejenerasyon, filamenter dilatasyon, lamellerde hiperplazi, konjesyon, lamel epitelinde ayrılma, sekonder lamelde kıvrılma/kısalma, lamellar anevrizma, lamellerde füzyon, mukus hücresinde hipertrofi, klorid hücrelerinde hipertrofi, hiyalin kıkırdakta proliferasyon gibi anormallikler tespit edilmiştir. Balıklarda görülen bu hasarlar, gaz alışverişi gibi solungaçların ana işlevlerini zayıflatıp ve klorür hücrelerinin proliferasyonu ile iyonik dengesizliğe yol açtığı görülmüştür.

Balıkların solungaçları dış ortamla doğrudan temas halindedir ve su ortamındaki dış dalgalanmalara karşı hassastırlar (Yandi *et al.* 2017). Balık solungaçları; iyon taşınımı, gaz değişimi, asit-baz düzenlemesi ve atık atılımı ile ilgili çok fonksiyonlu organlardır (Dang *et al.* 2001). Bu organlar, kirli su ile sürekli teması ve geniş yüzey alanı nedeniyle kirleticilere karşı daha savunmasızdırlar.

Kirleticilerin etkilemesi sonucu solungaç dokusu hasar gören bir balık türünün incelendiği bir çalışmada, Winkaler *et al.* 2001 Brezilya'da evsel atıklar tarafından kirlenen akarsularda yaşayan *Astyanax jacuhiensis*'in solungaçlarında lameller anevrizma ve lamellar epitelin ayrılması gibi benzer sonuçlar elde etmişlerdir. İnsan hayatında en çok tercih edilen inşaat malzemelerinden olan betonun içeriği suda yaşayan organizmalar için ciddi hasara neden olabilir. Yüksek pH düzeyine sahip beton içerisindeki çimento ve diğer kimyasallar, su ekosistemlerinde kirliliğin olumsuz etkilerinin sebebidir (Meletti *et al.* 2003, Pereira *et al.* 2014). Buna örnek olarak yapılan bir çalışmada, betonla kontamine olmuş su ortamında yaşayan farklı balıkların solungaçlarında yaygın olarak hiperplazi ve lamellar appozisyon görülmeyle beraber, solungaçlarda ödem, epitelyal ayrılmalar, çoklu kofulizasyon ve ciddi komplikasyon göstergesi olarak bol miktarda nekrotik hücrelerin varlığı gözlemlendiği bildirilmiştir (Yandi *et al.* 2017). Yine hayatımızın neredeyse her alanında işlevselleşmiş olan plastik ve türevi maddeler suya karışınca akuatik canlılar için ciddi anlamda zararlı hale gelebilirler. Örneğin, Dioktil adipat (DOA), ikincil plastikleştirici olarak anılan çoğu maddenin üretiminde kullanılan çevre kirletici bir maddedir. DOA maruziyeti *Labidochromis caeruleus*'un (sarı prenses) solungaçlarında hipertofi, ciddi ölçüde hiperplazi, anevrizma, ödem ve çarpıcı füzyon olarak belirlenen histopatolojik hasarlar gösterdiği tespit edilmiştir (Üçüncü vd 2010b).

Tarımda yaygın olarak kullanılan fungusit ve pestisitler içerdikleri ağır metaller sebebiyle sucul canlılarda doku hasarlarına yol açmaktadır. Stoyanova (2015) farklı konsantrasyonlarda fosetyl-Al ve fenamidon kaynaklı fungusidin sazan solungaç yapısında lamellar ayrılmalar, ödem, epitel ve glandular hücrelerde proliferasyon, füzyon, sekonder lamellerde vazodilatasyon ve anevrizma gibi birçok farklı histolojik değişimler görmüşlerdir. Neticede solungaç lamellerinin kaynaşması, solungaçların yüzey alanlarında azalmaya neden olur ve bu kaçınılmaz olarak hipoksi ile sonuçlanır (Yandi *et al.* 2017). Anevrizma ise, pillar (sütun) hücrelerinin kopmasından kaynaklanan, sekonder lamelde kan birikmesi durumu olarak tanımlanır, böylelikle kan akışını artar ve kanamalara neden olur (Martinez 2004).

Nehirlere ve şehir göllerine dökülen ortak kirleticilerin, solunum organlarında hasarlara neden olduğunu gösteren bir başka çalışmada ise, Pereira *et al.* (2012) kentsel ve evsel kirleticilere maruz kalan bir gölde yaşayan balıklardan *Prochilodus lineatus* türünün solungaçlarında lamellar füzyon ve hiperplazi gibi morfolojik değişikliklerin yanı sıra kollajen artışı, nükleer hacimdeki değişiklikler ve klorür ve mukoza hücrelerinin sayısının da arttığı gözlemiştir. Lamellar appozisyon ve hiperplazi lamellar füzyonun başlangıcı olarak tanımlanmaktadır (Yandi *et al.* 2017).

Epitelyal ayrılmalar ve ödem, solungaçların dış istismarlara karşı erken savunma mekanizması olarak tarafından tanımlanmıştır (Fernandes and Mazon 2003). Solunum yolu epitelinin ayrılması, balıklarda görülen en erken yaralanmalardan biri olup; bu durum sekonder lamellerin astar epiteliyle yer değiştirmesi ile ödem denilen boşluk formunun oluşmasıyla devam eder. Kimyasal kirlenmenin varlığını gösteren bu durum, solungaçların yüzeyinin azalmasına dolayısıyla gaz alışverişi sürecini tehlikeye atmaya sebep olur (Winkler 2001).

Buna örnek olarak, Osman (2012) Nil Nehri'nin ağır metalle kirlenmiş bazı bölgelerinden örneklenen *Nile tilapia* balıklarında, solungaç lamellerinin kaynaşması, epitelyal ayrılma, nekroz, primer lamellerin kıvrılması, kıkırdak destekleyici kitlenin büzülmesi, solungaç filamentlerdeki dejenerasyonlar, kan damarlarında genişleme ve tıkanıklık olmak üzere çeşitli histolojik değişiklikleri gözlemiştir. Nascimento *et al.* (2012) farklı sebeplerin neden olduğu nekrozun, balık solungaçında görülen geri dönüşü olmayan bir hasar olduğunu belirtmiştir.

Histopatolojik biyobelirteçler, çeşitli antropojenik kirleticilerin organizmalar üzerindeki etkileri için göstergeler olarak kullanılabilir ve ekosistemdeki tüm popülasyonun genel sağlığının bir yansıması olarak görülebilirler (Khoshnood *et al.* 2010). Zararın ciddiyeti, dokuda biriken belirli toksik maddenin toksik potansiyeline bağlıdır. Bu nedenle, kirli suya maruz kalma, balıktaki çeşitli organları olumsuz şekilde etkileyebilir ve sonuçta daha çok karaciğer, solungaç gibi organlarda toksik etki oluşturabilir (Parvathi *et al.* 2011).

Metabolizmanın ana organı olan karaciğer, sudaki çevreden emilen ksenobiyotikler ile temas eder ve karaciğer lezyonları genellikle sudaki kirleticilere maruz kalma ile ilişkilidir (Fernandes *et al.* 2008). Karaciğerin en önemli fonksiyonlarından biri kirleticileri bağırsaktan gelen kandan temizlemektir, bu nedenle karaciğer sudaki çevre kirliliğinin belirleyicisi olarak kabul edilir. Balık karaciğerindeki histolojik değişikliklerin izlenmesi, sudaki ksenobiyotik bileşiklerin etkilerini değerlendirmek için oldukça hassas ve doğru bir yoldur (Figueiredo-Fernandes *et al.* 2007).

Karasu Nehri'nin 4 farklı istasyonundan örneklenen *Barbus lacerta* ve *Chondrostoma regium* türlerinin karaciğerleri makroskopik olarak incelendiğinde, tüm istasyonlarda normal yapıda oldukları gözlenmiştir. Karaciğer dokusu histopatolojik olarak incelendiğinde ise, melanomakrofajlarda birikme, safra kanalı dejenerasyonu, parankimada dejenerasyon, sinuzoidal dilatasyon, sitoplazmik vakuolizasyon, merkezi vende dejenerasyon, konjesyon, fibroz benzeri bulgular tespit edilmiştir. Farklı balık türleri ile yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Aşırı endüstriyel atık boşaltımından bahsedilen sucül ekosistemlerde balık karaciğerleri ile yapılan histopatolojik çalışmalar ilgi çekicidir. Mesela Almanya'da, daha çok ağır metal bağlamında çevre kirliliğinden daha çok söz edilen Elbe Nehri'nden yakalanan *Platichthys flesus*, *Gymnocephalus cernua* ve *Osmerus eperlanus* balık türlerinde karaciğer histopatolojisi, hepatositomegali, sinüzoidlerde kanlanma, nekroz, fibroz, steatoz ve melanomakrofaj birikimleri tespit edilmiştir (Peters *et al.* 1987). *Anguilla anguilla*'da yapılan bir diğer çalışmada ise, Pacheco and Santos (2002) normalin çok üzerinde vakuolizasyon oluşumunun, suda meydana gelen kontaminasyondan ve karaciğer metabolizmasının bozulmasından dolayı fazla miktarda trigliserit birikimi sonucu çok sayıda vakuol oluşumu ile açıklamışlardır.

Gbem *et al.* (2001)'in bulgularına göre de karaciğerde ağır metallerin yüksek oranda bulunması, karaciğerin birikim ve detoksifikasyonda görev alması ile ilgilidir. Toksik maddelerden etkilenen balıklarda yapısal heterojenliğin derecesinin arttığı, bu balıkların karaciğerinin genel bir özelliği olduğu görülmektedir (Hawkes 1980).

Son yıllarda fazlaca kullanılan pestisit ve insektisitler içerdikleri ağır metaller sebebiyle sucul canlılarda doku hasarlarına yol açmaktadır. Atamanalp (2000) çalışmasında gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) yaygın kullanımındaki bir insektisit olan cypermethrine maruz bırakması sonucu; vakuoler dejenerasyon izlenen hepatositler, karaciğerde yağlanma, hemoraji, nekroz, yangı işareti olan hücre infiltrasyonu ve fibrotik alanlarda genişlemeler gözlemlediğini; Cengiz and Unlu (2005) ise *Gambusia affinis* türünün karaciğer dokusunda deltamethrine uygulamasının hipertrofi, nekroz, yağ dejenerasyonlarına sebebiyet verdiğini bildirmişlerdir. Sinüzoidlerde ve küçük kan damarlarında ciddi tıkanıklıklar (congestion), hepatik portal ven ve hepatik arterden merkezi vene doğru kan akışını zorlaştırır. Gözlemlenen karaciğer anormallikleri kirleticilerin kompleks karışımının balık doku ve hücrelerinde oluşturduğu hasarın etkilerinin yansımasıdır (Osman 2012). Bu gibi durumlar karaciğerde hücresel dejenerasyon ve nekroza sebebiyet verebilmektedir.

Altun *et al.* (2017) sazan dokularına bir insektisit olan klorpirifos maruziyetinin karaciğer dokusunda hepatositlerde ve hiperemik damarlarda hidropik ve vakuol dejenerasyon, hepatositlerde fokal nekroz, hemoraj ve yaygın inflamatuvar hücre birikimi gibi hasarları gözlemlemiştir. Şişman (2007) Poliklorlu Bifenil (PCB) bileşiklerinin 8 günlük Zebra balığı (*Danio rerio*) larvalarının karaciğer histolojisi üzerine olan etkileri; lipid birikimi, hepatositlerde hipertrofi, hepatosit nükleuslarının sayısında ve glikojen miktarında azalma olarak tespit etmiştir.

Van Gölü Havzası'nda yaygın olarak kullanılan pestisitlerden olan metil paration'un inci kefalinde (*Chalcalburnus tarichi*) karaciğer hücrelerinde yağ birikimine, damarlarda genişleme ve genellikle damar etrafında lokal nekroza, sarı damlalara ve eozinofilik hücre gruplarının varlığına neden olduğu gözlemlenmiştir (Kankaya 2008).

Younis *et al.* (2013) *Oreochromis niloticus*'un subletal konsantrasyonlarda kadmiyuma maruziyeti sonucu karaciğer dokusunda hepatositlerde kofulizasyonun artışı, sinüzoidlerin infiltrasyonu, çekirdek dejenerasyonları, hemorajların artışı, kan sinüzoidlerine doğru eritrosit infiltrasyonları görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Sucul ortam kirliliğinin belirlenmesi amacıyla karaciğer dokusunun incelendiği bir çalışmada, Seyhan Baraj Gölünde yaşayan *Cyprinidae* türleri üzerinde Gül *et al.* (2004) karaciğerin sinüzoidlere çok yakın bazı bölgelerindeki hepatositlerde yaygın dejenerasyon gözlemlediklerini, bir istasyondan toplanan örneklerde karaciğerde mikro ve makrovesiküller yağlanma izlendiğini kaydederek, gözlenen bu değişimlerin sebebinin baraj gölündeki kirliliğe bağlamışlardır. Hepatositlerin vaküolizasyonu, parankim hücrelerindeki maddelerin sentez hızı ile dolaşımdaki salınım oranı arasındaki dengesizliği gösterebilir (Gingerich 1982).

Karasu Nehri'nden yakalanan *B. lacerta* ve *C. regium*'dan alınan beyin dokularındaki patolojik hasarlar; hiperemi, infiltrasyon, konjesyon, vakuolizasyon, granüler tabakada dejenerasyon, gliosis nekroz olarak tespit edilmiştir. İncelediğimiz beyin preparatlarında ilk belirgin bulgular hiperemik damarlar ve dejenere nöronlar, ileri hasar olarak (hemorraji) kanama ve nekrotik nöronlar tespit edilmiştir. Beyin dokusu preparatlarında rastladığımız vakuolizasyon oluşumları ise glikoliz sonucu mikrosomal ve mitokondriyal fonksiyon bozukluklarına neden olabilen bir hasar çeşidi olduğu bildirilmiştir (Patnaik *et al.* 2011).

Yapılan çalışmalarda ağır metallere maruziyetin balık sinir dokusu üzerine olumsuz etkileri gösterilmiştir. Loganathan *et al.* (2006) çalışmalarında çinkoya maruziyet sonucu, belirgin olan nissl maddelerinin kaybının sebebinin serebrumdaki nöronal hücrelerin şiddetli nekroz, yoğun vakuolizasyon hasarlarının olduğu sonucuna varmışlardır.

Meyer (1958) and Pentschow (1958) kurşunun kan-beyin bariyeri de dahil olmak üzere serebral damar yapılarına doğrudan etki ederek serebral ödem oluşturduğunu bildirmişlerdir. Ni metali maruziyetinin gökkuşağı alabalıklarının beyin korteksinde demiyelinyasyona ve purkinje hücrelerinde nekroza neden olduğu rapor edilmiştir (Topal *et al.* 2015). Mishra and Devi (2014) bir pestisit olan klorpirifosun *Channa punctatus* türünün beyinde nöronlarda dejenerasyona, kanlanma, spongiyöz ve nekroza yol açtığını gözlemiştir.

Balıkların toksik elementleri ilk alım yolu solungaçlar üzerinden gerçekleştiğinden bu zarardan ilk etkilenen doku solungaçlar olabilir. Karaciğer detoksifikasyonun yapıldığı başlıca organdır, böbrekler ise toksik elementlerin kandan uzaklaştırılmasından sorumludur. Çalışmamızda böbrek dokuda gözlenen değişiklikler; glomerulusta küçülme, glomerulusta konjesyon, tübüllerde dilatasyon, infiltrasyon, renal parankimada dejenerasyon, toplama kanalında dejenerasyon, bowman kapsülü yarılmasıyla oluşan glomerulopati, tübül epitelinde hipertrofi, konjesyon, tübüler dejenerasyon, tübüllerde tıkanma ve nekroz şeklinde olmuştur.

Altun *et al.* (2017) bir pestisid olan klorpirifos maruziyetinin, *Cyprinus carpio L.* böbrek dokuları üzerindeki toksik etkileri incelendiğinde tübüler epitel hücrelerindeki dejenerasyon, inflamasyon ile bowman boşluğu ile atrofik glomerülün genişlemesi, ileri hasar olarak ise kanamalar ve tüplerde genişleme gözlemlenmiştir. Capkin *et al.* (2009) amonyum sülfat gibi kompozit inorganik gübrelerin subkronik toksisitesine gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) karaciğer ve böbrek dokularında bakmışlardır. Karaciğer şişmiş ve adenoid yapısını kaybetmeyip, hepatositleri dejenerasyona uğradığı, hematopoetik dokularda böbreğin proksimal tübülleri üzerinde nekroz ve vakuolar dejenerasyonları gördüklerini bildirmişlerdir.

Gastrointestinal sistem histolojisi incelendiğinde tespit ettiğimiz anormallikler villuslarda dejenerasyon, mukozada ayrılma, muskularis tabakasında dejenerasyon, muskularis tabakasında konjesyon, submukozada konjesyon, vakuolizasyon, mukus hücrelerinde hipertrofi, infiltrasyon, viluslarda dejenerasyon ve serozada ayrılma olmuştur. Bulgularımızı destekler nitelikte Jafarizadeh *et al.* (2012) su kalitesine göre farklı istasyonlardan yakalanan balık türünün (*Hypophthalmichthys molitrix*) bağırsaklarındaki hasarlar, mukus tabakasındaki kalınlaşmaya bağlı olarak bağırsak tabakalarının kalınlığında önemli artış olduğunu bildirmişlerdir. Haloi *et al.* (2012) endosulfat pestisiti kullanılarak, *Channa punctatus* türü balıklara farklı saatlerde ve konsantrasyonlarda maruziyet gerçekleştirerek bu türün sindirim sistemindeki hasarları araştırmışlardır. Dejeneratif değişiklikler arasında mikrovillusun erimesi, mikrovillusun dışı membranı kopması, alt mukoza bölgesinde kanama, şişlik, vakuoller görülmüştür.

Bu tür çalışmalar pestisitlerin tehlikelerini belirlemede yardımcı olmaktadır. Bağırsak dokusunda kimyasalların sebep olduğu hasarlar, vakuolizasyon, ödem-nekroz oluşumu, villus hasarları, goblet hücrelerinde büyüme, hemoraj, ülser, lamina propriada lenfosit infiltrasyonu, epitelde parçalanma, hiperplazi, gibi histopatolojik değişiklikler çoğu balık türünde görüldüğü bildirilmiştir.

Yaptığımız çalışmada ovaryumda görülen histopatolojik değişimler; kan damarında konjesyon, folikül epitelinde dejenerasyon, oositlerde dejenerasyon, ooplazmada dejenerasyon, hemoraji ve nekroz şeklinde olmuştur. Çalışmamızda testislerde görülen histopatolojik değişimler; seminifer tübül içinde kanlanmalar, seminifer tübül duvarında dejenerasyon, seminifer tübüllerinin sınırlarında kaybolma, seminifer tübül duvarında fibröz, efferent kanalda dejenerasyon, intersisiyal alanda ayrılma, hemoraji, nekrotik bölgeler olarak tespit edilmiştir.

Feist *et al.* (2015) Su canlıları üzerine yapılan çalışmalardan birinde organik ve inorganik kirleticilerin yoğun etkisini gösterdiği derin deniz ekosisteminde yaşayan balık türlerinin (*Helicolenus dactylopterus* ve *Phycis blennoides*) gonadlarında ve karaciğerinde çok çeşitli inflamatuvar ve dejeneratif lezyonlar görmüşlerdir. Louiz *et al.* (2009) Tunus'ta tarımsal aktivite bölgelerinin yakınında bulunan istasyonlarda yaşayan *Gobius niger*'in gonad gelişiminin olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Ovaryum dokusunda, yüksek oranda oosit lezyonları (atretik oositler, sitoplazmik retraksiyon), endüstriyel ve kentsel alan faaliyetlerinin yapıldığı bölgelerde yaşayan bu türün testislerinde ise intersisiyal alanlarda artış, vakuolizasyon ve melanomakrofaj bölgelerinde birikim görülmüştür. Yön and Akbulut (2014) plastik, polyester ve benzeri maddelerin üretiminde kullanılan Bisfenol A (BPA) uygulanan zebra balığı (*Danio rerio*) ovaryumlarında ciddi bozulmalar tespit etmişlerdir. BPA dozundaki artışla, yapısal bozukluklar, atretik oosit sayısında fazlalaşma, oositlerde gelişim geriliği olduğunu da kaydetmişlerdir.

Tarımda yaygın olarak kullanılan pestisid, fungusit gibi kimyasal içerikli maddelerin suya karışması ile suda yaşayan organizmaların etkilenme durumunu inceleyen bir çok

çalışma bulunmaktadır. Örneğin; Altun *et al.* (2017) bir pestisid olan klorpirifos maruziyetinin, *Cyprinus carpio L.* dokuları üzerindeki toksik etkilerini belirlemeyi amaçlayan bir çalışmada; beyin, solungaç, karaciğer, böbrek, testis ve yumurtalıklarda histopatolojik değişiklikler gözlemlenmiştir. Genel olarak dokularda iltihaplanma, dejenerasyon, nekroz ve kanamayı içeren ciddi histopatolojik lezyonlar görülmüştür. Hem erkek hem de kadın üreme organlarında lezyon saptanmayıp, erkek hayvanlara ait kontrol grubunda sertoli, spermatogonia, spermatozoid, spermatozoid ve spermatozoa gibi çeşitli spermatogenez germ hücreleri tespit edilmiştir. Dişi hayvanların kontrol grubunda oogenezdaki folliküller ve oositler gözlemlenmiştir. Spermatogenezindeki tüm germ hücrelerinde şiddetli nekrotik değişiklikler tespit edilip, atretik folliküller ve oositlerde dejeneratif değişiklikleri de belirlemiştir.

Balıklarda kimyasal maddelerin etkisiyle organizmada oluşan histopatolojik değişimlere yönelik olarak yayınlanmış birçok çalışma vardır. Patnaik *et al.* (2011) *Cyprinus carpio communis*'in solungaç, karaciğer, kas ve beyin gibi organlardaki ağır metallerden kurşun ve kadmiyumun konsantrasyonuna bağlı doku hasarları incelendiğinde solungaçta; primer lamellerin füzyonu ve parçalanması, epitelyal tabakanın bozulması, vakuolizasyon, branş arkının hiperplazisi, yoğun vakuolizasyon ve kan damarlarının tıkanıklığı gözlenmiştir. Karaciğerde metal birikimi, dejenerasyon ve şiddetli nekroz ile açıkça görülmüştür. Nöronal hücre dejenerasyonu, piramidal hücrelerin şişmesi, vakuolizasyon ve distrofik değişiklikler, beyin dokusunda gözlenmiştir.

Bu sonuçlardan yola çıkarak, test edilen kirli ortamlarda bulunan kirleticilerin balık dokularında histopatolojik hasarlar oluşturduğu görülmüştür. İncelemelerde dokularda görülen çeşitli hasarlar kirleticilere karşı dokuların savunma mekanizması olabilir ve bu durum çalışılan alanın ağır metal kirliliği altında olduğunu ve sahadaki spesifik kontaminantların varlığı ile ilişkilendirilebilir.

Yaptığımız çalışmada Karasu Nehri üzerinde belirlenen dört istasyondan tutulan balık türleri üzerinde su kirliliğinin etkilerine genotoksik açıdan bakılmıştır. Bu amaçla balıkların periferik kan doku hücrelerinde eritrositik çekirdek anormallikleri analiz

edilmiştir. Çalışma sonunda 1. ve 2. istasyonlardaki kirliliğin özellikle ağır metal yönünden diğer iki merkeze oranla önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Bu bulgu 1. ve 2. istasyon balıklarında tespit edilen çekirdek anormalliğinin diğer istasyonlardan fazla çıkmasıyla da doğrulanmıştır. 3. istasyonda ise 4. istasyona kıyasla çekirdek anormallikleri frekansında biraz artmış olduğu gözlenmiştir.

Karasu Nehri'ndeki kirlilik artışı ile ilgili son yıllarda yapılan birkaç çalışma da bulgularımızı destekler niteliktedir. Yazıcı and Şişman (2015) çalışmalarında Karasu Nehri'ndeki ağır metallerin burada yaşayan *B. lacerta*'ya olası genotoksik etkisine bakıldığında balığın kanındaki eritrositlerde mikroçekirdek, böbrek şekilli çekirdek, çentikli çekirdek, çift çekirdek, loblu çekirdek, tomurcuklu çekirdek gibi çekirdek anormalliklerini kaydetmişlerdir. Yine Yazıcı and Şişman (2014) aynı nehirde diğer balık türleri ile (*Capoeta capoeta*, *Leuciscus cephalus*) yaptıkları başka bir çalışmada da benzer sonuçlar bulmuşlardır. Kirli alanlardan toplanan balıklarda mikronükleus ve eritrositik çekirdek anormallikleri frekanslarında önemli bir yükselme gözlediklerini bildirmişlerdir.

Türkez *et al.* (2009) Erzurum Ilıca ilçesinde Karasu Nehri'ne dökülen bir yağ fabrikasının atıklarının genotoksik etkisini insan kan hücrelerinde SCE yöntemi ile araştırmışlar ve çalışma sonucunda atık su örneklerinin SCE frekansını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca SCE frekansı ile atık su konsantrasyonları arasında pozitif bir korelasyonun varlığını rapor etmişlerdir. Yine yapılan bu çalışma yakaladığımız balıklardaki genotoksiteyi doğrudan desteklemesi açısından çok önemlidir.

Son yıllarda yapılan birçok çalışma oluşum mekanizmaları tam olarak anlaşılmasa da genotoksik ajanlara maruziyet ile artan çekirdek anormallikleri arasında bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Marcon *et al.* (2010) balıklardaki genetik hasarın sebebi olarak sularda yüksek oranda tespit edilen metalleri göstermektedir. Metallerin bu hasarı nasıl yaptığı tam olarak anlaşılmasına rağmen DNA onarım aşamasında bazı ağır metallerin (Cd gibi) DNA'ya bağlanıp tek zincir kırılmalarına yol açarak

genotoksisiteye sebep olabilecekleri ileri sürülmektedir (Privezentsev *et al.* 1996). Başka bir görüş Ni gibi metaller DNA hasarına yol açan reaktif oksijen radikalleri oluşturarak DNA onarımını engellediği şeklindedir (Kasprzak *et al.* 2003). Cu iyonlarının önemli biyolojik moleküllere spesifik olmayan bağlanması sonucunda genotoksisiteye yol açtığı düşünülmektedir (Gabbianelli *et al.* 2003). Pb'nin ise mikrotubul fonksiyonunu bozarak MÇ oluşumuna neden olabileceği yapılan tahminler arasındadır (Bonacker *et al.* 2005).

Karasu Nehri'ndeki tarımsal ve endüstriyel kaynaklı sucul kirlenmenin doğal fauna ve florayı olumsuz yönde etkilediği yaptığımız bu çalışma ve diğer çalışmalarla net olarak gösterilmiştir. Yurdumuzun diğer akarsularında yapılmış olan benzer çalışmalardan da aynı sonuçların elde edilmiş olması su kirliliğinin sucul ekosistem üzerine önemli bir tehdit oluşturduğunun bir işaretidir. Koca *et al.* (2005) Çine Çayı'nda yaşayan *Lepomis gibbosus* balığı üzerine su kirliliğinin toksik etkilerini araştırmışlar ve suda bulunan yüksek metal iyonu konsantrasyonunun balığın solungaç dokusunda lamellerde kılma, seconder lamellerde füzyon ve proliferasyon, balon gibi şişme dejenerasyonları, nekrotik bölgeler, karaciğerde ise vakuolizasyon, parankima hücrelerinde şişme ve kopma, hepatositlerde glikojen birikiminin azalması gibi patolojik anormalliklere, eritrositlerinde ise MÇ oluşumuna neden olduğunu tespit etmişlerdir. Yine aynı araştırmacıların yaptığı farklı bir çalışmada da Koca *et al.* (2008) Büyük Menderes Nehri'nde yaşayan iki balık türü (*Barbus capito pectoralis* ve *Chondrostoma nasus*) üzerine su kirliliğinin genotoksik ve histopatolojik etkilerini araştırmışlar ve sonuçta Zn seviyesi yüzey suyu ve dokularda en yüksek seviyede bulmuşlardır. Balıkların karaciğer dokusunda maksimum metal birikimi gözlemlenmiştir Eritrositlerde mikronükleus oluşumu kromozom hasarı göstergesi olarak bildirilmiştir. Ayrıca bölgede yaşayan bu iki türün solungaçlarında gözlenen histolojik değişiklikler solungaç epitelinde hasarlar, primer ve sekonder lamellerde dejenerasyonlar, sekonder lamel füzyonu, anevrizmalar, kistik yapılar, hücresel proliferasyonlardır. Karaciğerde görülen hasarlar ise şişmiş ve yırtılmış parankimal hücreler, hücresel enkaz ile doldurulmuş vakuoller, fokal nekrozu ve Kupffer hücrelerinde önemli bir artış olduğu bildirilmiştir.

Özellikle bu iki çalışma bulgularımız ile büyük ölçüde örtüşmektedir. Ergene *et al.* (2007a) şehir kanalizasyon atıkları ve endüstriyel atıklarla kirlenen Mersin'deki Berdan Nehri'nde yaptıkları araştırmada farklı alanlardan su örnekleri toplanmış ve laboratuvar ortamında *Oreochromis niloticus* balıklarını bu numunelere 6 gün süreyle maruz bırakmışlardır. Deneme sonunda eritrosit, solungaç epitel hücresi ve kuyruk epitel hücrelerinde MÇ, çift çekirdek, lopluk çekirdek, çentikli çekirdek gibi çekirdek anormalliklerinin ağır metal içeriğine bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Çavaş and Ergene-Gözükar (2005) deniz suyunda yaşayan balıklarla yaptıkları bir çalışmada üç farklı kirli bölgeden alınan örneklerin *Mugil cephalus* eritrositlerinde hem MÇ hem çekirdek anormali oranını temiz referans bölgedekilere kıyasla önemli artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Ergene *et al.* (2007b) Akdeniz bölgesindeki Göksu Deltası'nda yaptıkları benzer bir çalışmada da üç farklı balık türünde (*Clarias gariepinus*, *Alburnus orontis*, *Mugil cephalus*) MÇ ve çekirdek anormalisi oranlarının bölgedeki ağır metal kirliliğine bağlı olarak önemli artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Çavaş (2004) Karaduvar, Mersin Limanı ve referans bölge olarak Erdemli'den alınan su örneklerinin *Oreochromis niloticus* üzerine MÇ ve çekirdek anormalliklerini araştırmış ve Karaduvar, Mersin Limanında tespit edilen anormalliklerin Erdemli'ye göre çok fazla olduğunu tespit etmiştir. Summak *et al.* (2010) Bursa ovasında tarımsal faaliyetlerde sulama amaçlı kullanılan Bursa Nilüfer Çayı suyunun kirliliğini balık MÇ testi ile araştırmış ve dört farklı istasyondan aldığı su örneklerini *Oreochromis niloticus*'a uygulamış, çalışma sonucunda yüksek oranda MÇ ve eritrositik çekirdek anormalliği tespit etmiştir.

Dünya'da yapılan çok sayıda araştırma fabrika, yerleşim yeri ve tarımsal kaynaklı atıkların su sistemine karıştıktan sonra ekosistem üzerine olumsuz etkiler yaptığını göstermektedir. Bu araştırmalar daha çok akarsular üzerinde yoğunlaşmıştır. Matsumoto *et al.* (2006) nehir sularıyla yaptıkları bir çalışmada özellikle Cr içeren bölgelerdeki su örneklerine maruz kalmış İsrail Sazanı eritrositlerinde yüksek oranda MÇ ve eritrositik çekirdek anormalliğine rastlamışlardır.

Omar *et al.* (2012) aşırı derecede kirlenmiş habitatlardaki ağır metallerin *Oreochromis niloticus* ve *Mugil cephalus* üzerine genotoksik etkilerini MÇ testi ile araştırmışlar, MÇ ve çekirdek anormalliklerinin frekanslarında önemli bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. Pantaleao *et al.* (2006) Brezilya'daki Japarutuba Nehri'ndeki kirliliği balık MÇ testi ile tespit etmeye çalıştıkları araştırmalarında aynı nehrin temiz ve kirli alanlarından yakaladıkları *Astyanax bimaculatus* ve *Hoplias malabaricus* balıklarında MÇ frekansının kirli alanda daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

Son yıllarda sucul ortamlarda canlıların kirleticilere maruziyeti artmasıyla, balıklar genotoksik ve mutajenik kontaminasyona duyarlı biyobelirteçler olduğu için bu tür çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Amerika'da yapılan bir çalışmada Braham *et al.* (2017) *Ameiurus nebulosus* ve *Catostomus commersonii* türlerinde kirleticilerin yoğun olduğu alanlarda çok sayıda mikronükleus oluşumu, eritrositik çekirdek anormalliklerinden böbrek şekilli, çentikli, tomurcuklu çekirdek anormalliklerine rastlanılırken bunun yanısıra deri ve karaciğer tümör prevalansı, yüksek oranda deri ve karaciğer neoplazmları tespit etmişlerdir. Bulgularımızla paralellik gösteren başka bir çalışmada ise Rebok *et al.* (2017) endüstrisi atık suları, tarımsal atıklar ve evsel kanalizasyon yoluyla önemli bir kirliliğe maruz kalan Bregalnica Nehri'nden seçtikleri istasyon noktalarından aldıkları su ve sediment numunelerindeki metal seviyelerine bakmışlardır. Su analizleri sonucunda kirli alanlarda yüksek metal konsantrasyonları (Zn, Cu, Cd, Mn, Pb ve Fe) bulunmuşken, sedimentte biriken metal seviyeleri sudan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu nehirden yakaladıkları *Barbus peloponnesius*'un genel sağlık göstergesi olan KF verileri temiz istasyonlarda daha yüksek seviyelerde bulunup, kan parametrelerinden lökosit miktarı, mikroçekirdek ve eritrositik çekirdek anormalliklerinden çift çekirdek, böbrek şekilli ve loblu çekirdek oranı kirli olan bölgelerde daha yüksek seviyede bulunmuştur. Sonuçlarımızı destekler nitelikte yapılan bu tür çalışmalar ışığında denilebilir ki; kirliliğe maruz kalan alanlarda yaşayan balıklarda çok sayıda mikroçekirdek ve eritrositik çekirdek anormallikleri ile fazla miktarda histopatolojik hasarlar gözlenebilir.

Karasu Nehri'nin dört istasyonunda iki yıl boyunca yürütülen çalışmamızda elde ettiğimiz verilerimiz ışığında yapılan değerlendirmede nehrin yoğun kirlilik unsurları ile karşı karşıya olduğu ve durumun devamı halinde ekolojik dengenin olumsuz yönde zarar görebileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Bu durumun devamı ileriki dönemlerde hem nehir içersindeki canlı yaşama zarar verebileceği hem de sulama suyu olarak kullanılan nehirden insan besinlerine geçerek halk sağlığını tehdit edebileceği sonucunu doğurabilecektir.

Çalıştığımız bölgede yürütülen sanayi ve endüstri faaliyetlerinin arıtımlarının yetersiz olduğu, yerleşim yerlerinin kanalizasyonlarının doğrudan nehre karıştığı, tarımsal faaliyetlerde kullanılan suni gübre ve tarım ilaçlarının yüzey akışları ile nehre deşarj olduğu gözlemlerinden hareketle önemli tedbirlerin alınması ve bu tip çalışmaların sıklıkla ve geliştirilerek yapılması faydalı olacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Abdel-Moneim, A.M., 2013. Histopathological and ultrastructural perturbations in tilapia liver as potential indicators of pollution in Lake Al-Asfar, Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (6), 4387–4396.
- Abdel-Moneim, A.M., Al-Kahtani, M.A. and Elmenshawy, O.M., 2012. Histopathological biomarkers in gills and liver of *Oreochromis niloticus* from polluted wetland environments, Saudi Arabia. *Chemosphere* 88, 1028–1035.
- Acehan, G., 2007. İçme Sularının Mikrobiyolojik Kirlenme Potansiyelinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniveristesesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 1-4.
- Ağcasulu, Ö., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akhan, S., Okumuş, İ., Delihasan, S.F. and Koçak, N., 2010. Growth, slaughter yield and proximate composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) raised under commercial farming condition in Black Sea. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 16 (Suppl-B), 291-296.
- Akın, G. ve Akın M., 2007. Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47 (2), 105-118.
- Akın, G., Güleç, E., Sağır, M., Gültekin, T. ve Bektaş Y., 2005. Yaşlanma ve yaşlanmayı geciktiren çevresel etmenler. III. Ulusal Yaşlılık Kongresi 16-19 Kasım. 127-137, İzmir.
- Akkus, İ., 1995. Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri. 1. baskı. Mimoza Yayınları, Konya.
- Aksun, F.Y., 1986. Karamık Gölü'nde Yaşayan Turna Balıklarında (*Esox lucius* L. 1758) Ağır Metal Birikimi. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, İzmir.
- Alhas, E., 2007. Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Barbus* türlerindeki ağır metal birikiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Alkan, N., Alkan, A., Gedik, K. and Fisher, A., 2013. Assessment of metal concentrations in commercially important fish species in Black Sea. *Toxicology and Industrial Health*, 32 (3), 447-456.
- Alp, H.H., 2005. Hiper ve Hipotroidili Hastalarda Homosistein S-Adenozilmetiyonin ve Antioksidan Düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Altaş, L., Yücel, S., Orhan, Y. ve Büyükgüngör, H., 2001. Çevre Kirliliğinde Öncelikler ve Öneriler. Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği Semineri, TC. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Altun, S., Özdemir, S. and Arslan, H., 2017. Histopathological effects, responses of oxidative stress, inflammation, apoptosis biomarkers and alteration of gene expressions related to apoptosis, oxidative stress, and reproductive system in chlorpyrifos exposed common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Environmental Pollution*, 230, 432-443.

- Altuner, Z. ve Gürbüz, H., 1989. Karasu Nehri fitoplankton topluluğu üzerine bir araştırma. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 1-2, 151-176.
- Amundsen, P., Staldivik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A. and Reshetnikov, Y.S., 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Borner Region Between Norway and Russia. The Science of the Total Environment, 201, 211-224.
- Anonim, 2002. Su ürünleri kanunu ve su ürünleri yönetmeliği. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı. 63-78.
- Anonim, 2018a. <https://www.fishbase.de/summary/48354> Erişim tarihi (23.10.2018).
- Anonim, 2018b. https://nctc.fws.gov/resources/course-resources/fish-histology/Fish_Histology_Manual_v4.pdf Erişim tarihi (1Ekim 2018).
- Anonim, 2018c. <https://sbu.saglik.gov.tr/Ekutuphane/kitaplar/css12.pdf> Erişim tarihi (2 Ekim 2018).
- Anonim, 2018d. <http://w3.gazi.edu.tr/~mkaracan/cevre.pdf> Erişim tarihi (2 Ekim 2018).
- Aras, M.S., 1988. Aras Nehri ve Karasu Irmağında yaşayan tatlı su kefallerinin büyüme durumları ve et verim özelliklerinin karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Erzurum.
- Arslan, Z. and Secor, D.H., 2005. Analysis of trace transition elements and heavy metals in fish otoliths as tracers of habitat use by American eels in the Hudson river estuary. Estuarine Research Federation, 28 (3), 382–393.
- Atabey, E., 2005. Tıbbi Jeoloji. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 88s, Ankara.
- Atamanalp, M., 2000. Bir sentetik piretroit insektisitinin subletal dozlarındaki gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* w., 1792)'na makroskopik, histopatolojik, hematolojik ve biyokimyasal etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ataseven, Y., 2010. Tarımsal Faaliyetlerin İçme Suyu Havzalarındaki Etkilerinin Araştırılması: Ankara İli Örneği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Atay, Ş., 2009. Kirlenmiş su ortamının ekotoksikolojik olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Atıcı, T. and Ahıska, S., 2005. Pollution and algae of Ankara stream. Gazi University Journal of Science, 18 (1), 51-59.
- Avery, S., 2011. Molecular targets of oxidative stress. Biochemical Journal, 434 (2), 201-210.
- Aydın, M.E., 2016. Streptozosin İle Diyabet Oluşturulan Ratlarda Alt Ekstremitte İskemi/Reperfüzyon Hasarında Sevofluran ve Desfluranın Böbrek Üzerine Etkileri. Uzmanlık Tezi, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara.
- Aydilek, N. ve Aksakal, M., 2003. Testosteronun Tavşanlarda Karaciğer Antioksidan Sistemi Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 14 (2), 22-25.
- Aydoğan, Z., 2015. Erzurum ve çevresindeki sulak alanlarda yaşayan bazı sucül böcek (Hydrophilidae) türlerindeki ağır metal birikimlerinin XRF analiz yöntemi ile araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Aykaç, B., 1985. Çevre Sorunları. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1 (1-2).
- Bacanskas, L.R., Whitaker, J. and Di Giulio, R.T., 2004. Oxidative stress in two populations of killifish (*Fundulus heteroclitus*) with differing contaminant exposure histories. *Marine Environmental Research*, 58, 597-601.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Sarı, H. ve Topkara, E. T., 2007. Yayla Gölü'ndeki (Buldan-Denizli) Kababurun balığı (*Chondrostoma meandrense* Elvira, 1987)'nin bazı büyüme ve üreme özellikleri, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (3), 325-332.
- Balkıs, N. ve Algan, O., 2005. Marmara Denizi Yüzey Sedimentlerinde Metallerin Birikimi ve Denetleyen Mekanizmalar. *Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları No: 21, İstanbul*.
- Ba-Omar, T.A., Al-Jardani, S. and Victor, R., 2011. Effects of pesticide temephos on the gills of *Aphanius dispar* (Pisces: Cyprinodontidae). *Tissue and Cell*, 43, 29-38.
- Barret, G.W. and Odum, E.P., 2008. Ekolojinin Temel İlkeleri. Palme Yayınları, 528 s, Ankara.
- Bass, M.L., Berry C.R. and Heath A.G., 1977. Histopathological effects of intermittent chlorine exposure on bluegill (*Lepomis macrochirus*) and rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). *Water Research*, 11, 731-738.
- Bedaiwy, M., Agarwal, A., Said, T. M., Goldberg, J. M., Sharma, R. K., Worley, S. and Falcone, T., 2006. Role of total antioxidant capacity in the differential growth of human embryos *in vitro*. *Fertility and Sterility*, 86 (2), 304-309.
- Beğenirbeş, C.A.S., 2002. Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)'ndeki Tatlısu Midyesi (*Unio* sp.)'nde Bazı Ağır Metallerin Araştırılması. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Bekmezci, H.D., 2010. Aşağı Seyhan Ovası Drenaj Sistemlerindeki Kirlilik Etmenlerinin *Clarias gariepinus*'da Toksik Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bemis, W.E. and Kynard, B., 1997. Sturgeon rivers: an introduction to Acipenseriformes biogeography and life history. *Environmental Biology of Fishes*, 48, 167-183.
- Berg, V., Erikson, G.S. and Iverson, P.E., 1997. Strategies for monitoring of contaminants in marine organisms in Norwegian harbours and fjords. *Norwegian State Food Control Reports*, 94, 300-321.
- Bernet, D., Schmidt, H., Meier, W., Brkhardt-Holm, P. and Wahli, T., 1999. Histopathology in fish: Proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *J. Fish. Dis.*, 22, 25-34.
- Bervoets, L., Knapen, D., De Jonge, M., Van Campenhout, K. and Blust, R., 2013. Differential hepatic metal and metallothionein levels in three feral fish species along a metal pollution gradient. *PLoS ONE*, 8 (3), e60805.
- Bigersson, B., Sterner, O. and Zimerson, E., 1988. Cheime und Gesundheit Eineverstdliche Einführung in die Toxikologie VCH. Verlagsgesellschaft. ISBN:3-527-26455-8.
- Bircan, R., Ergün S., 1998. Bafra-Altınkaya Baraj Gölü'ndeki Bıyıklı Balığın (*Barbus plebejus escherichi* Steindachner, 1897) Bazı Biyolojik Özelliklerinin İncelenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 22, 65-72.

- Bonacker, D., Stoiber, T., Bohm, K.J., Prots, I., Wang, M., Unger, E., Thier, R., Bolt, H.M., Degen, G.H., 2005. Genotoxicity of inorganic lead salts and disturbance of microtubule function. *Environ. Mol. Mutagen.*, 45 (4), 346-353.
- Boran, H., Altınok, I. and Capkin, E., 2010. Histopathological changes induced by maneb and carbaryl on some tissues of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Tissue and Cell*, 42, 158–164.
- Bostancı, D., Polat, N., Kandemir, Ş. ve Yılmaz Ş., 2007. Bafra Balık Gölü'nde yaşayan havuz balığı, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)'nun kondisyon faktörü ve boy-ağırlık ilişkisinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 2 (2), 117-125.
- Braham, R.P., Blazer V.S., Shaw, C.H. and Mazik, P.M., 2017. Micronuclei and other erythrocyte nuclear abnormalities in fishes from the Great Lakes Basin, USA. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 58 (8),570-581.
- Brusle, J. and Anadon G.G., 1996. The structure and function of fish liver. In: *Fish Morphology*, (eds) J.S.D. Munshi & H.M. Dutta. Science Publishers Inc. CRC pres. 77-83.
- Buddington, R.K., 2000. Digestive System in *The Laboratory Fish*, 379-383, Ed. Ostrandors G.K., Academic Press, London. pp 663.
- Bulut M., 2006. Erişkin Fare Karaciğeri Üzerine Bakır Asetatın Histopatolojik Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kafkas Üniversitesi, Kars.
- Burçak, G. ve Andican, G., 2004. Oksidatif DNA hasarı ve yaşlanma. *Cerrahpaşa Journal Medical*, 35, 159-169.
- Camargo, M.M.P. and Martinez, C.B.R., 2007. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. *Neotropical Ichthyology*, 5 (3), 327-336.
- Candan, S., 2002. Nikel ve oksidatif stres. Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyokimya anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Canli, M. and Kalay M., 1997. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from The Seyhan River, Turkey. *Journal of Zoology*, 22, 149-157.
- Canli, M. and Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121,129-136.
- Capkin, E., Birincioglu, S. and Altınok, I., 2009. Histopathological changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to sublethal composite nitrogen fertilizers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72 (2009), 1999–2004.
- Carballo, M., Aguayo, S., De La Torre, A. and Munoz, M. J., 2005. Plasma Vitellogenin Levels and Gonadal Morphology of Wild Carp (*Cyprinus carpio* L.) in Receiving Rivers Downstream of Sewage Treatment Plants. *Science of The Total Environment*, 341, 71–79.
- Carpene, E. and Vasak, M., 1989. Hepatic Metallothionein from Goldfish (*Carassius auratus* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 92B, 463-468.
- Carpene, E., Cattani, O., Serrazanetti, G.P., Fedrizze, G. and Cortesi, P., 1990. Zinc and Copper in Fish from Naturel Waters and Rearing Ponda in Northern Italy.
- Carrasco, K.R., Tilbury, K.L. and Myers, M.S., 1990. An assessment of the piscine micronucleus test as an in-situ biological indicator of chemical contaminant effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47 (11), 2723-2136.

- Casalino, E., Sblano, C. and Landriscina, C., 1997. Enzyme activity alteration by cadmium administration to rats: the possibility of iron involvement in lipid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 346, 171–179.
- Cemeli, E., Baumgartner, A. and Anderson, D., 2009. Antioxidants and the Comet assay. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 681 (1), 51-67.
- Cengiz, E.İ. and Unlu, E., 2005. Sublethal effect of commercial deltamethrin on the structure of the gill, liver and gut tissues of mosquitofish, *Gambusia affinis*: A microscopic study. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 21, 246-253.
- Cengiz, E.İ. and Ünlü E., 2003. Histopathology of gills in mosquitofish, *Gambusia affinis*, after long term exposure to sublethal concentrations of dltstion, J. *Environ. Sci. Health*, B38,581-589.
- Cengiz, E.İ., 2006. Gill and kidney histopathology in the freshwater fish *Cyprinus carpio* after acute exposure to deltamethrin. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 22, 200–204.
- Chaudiere, J. and Ferrai-Iliou, R., 1999. Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanism. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 949- 962.
- Chen, F., Ding, M., Castranova, V. and Shi, X. L., 2001. Carcinogenic metals and NFkappa B activation. *Molecular Cell Biochemistry*, 222, 159–171.
- Chen, G. and White, P.A., 2004. The mutagenic hazards of aquatic sediments. A review. *Mutation Research*, 567 (2-3), 151-225.
- Ciminli, C.S., 2005. Gölbaşı Gölü'nde su, sediment ve bazı organizmalarda ağır metal birikimi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antakya.
- Claxton L.D., Houk, V.S. and Hugles T.J., 1998. Genotoxicity of industrial wastes and effluents. *Mutation Research*, 410 (3), 237-243.
- Cooke, M.S., Evans, M.D., Dizdaroğlu, M. and Lunec, J., 2003. Oxidative DNA damage: Mechanisms, mutation and disease. *FASEB Journal*, 17, 1195-1214.
- Corsi, I., Mariottini, M., Sensini, C., Lancini, L. and Focardi, S., 2003. Cytochrome P450, Acetylcholinesterase and Gonadal Histology for Evaluating Contaminant Exposure Levels in Fishes from a Highly Eutrophic Brackish Ecosystem: the Orbetello Lagoon, Italy. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 203- 212.
- Cortyman, R.I. and Heddle J.A., 1976. The production of micronuclei from chromosome aberration in irradiated cultures of human lymphocytes. *Mutation Research*, 41, 321-332.
- Crans, D.C., Smee, J.J., Gaidamauskas, E. and Yang, L.Q., 2004. The chemistry and biochemistry of vanadium and the biological activities exerted by vanadium compounds. *Chemistry Review*, 104, 849–902.
- Çalışkan, E., 2005. Asi Nehri'nde su, sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Çavaş, T. and Ergene-Gözükara, S., 2005. Induction of micronuclei and nuclear abnormalities in *Oreochromis niloticus* following exposure to petroleum refinery and chromium processing plant effluents. *Aquatic Toxicology*, 74 (3), 264-271.
- Çavaş, T., 2004. Endüstriyel Atıkların Genotoksik Etkilerinin Mikronükleus ve AgNOR Analiz Teknikleri Kullanılarak İn-Situ ve Laboratuvar Koşulları Altında Araştırılması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

- ÇDR, 2012. Erzurum Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. Erzurum İli 2012 Yılı Çevre Durum Raporu. [http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Erzurum_icdr2012\(2\).pdf](http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Erzurum_icdr2012(2).pdf)
- ÇDR, 2016. Erzurum Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. Erzurum İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu. http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Erzurum_icdr2016.pdf
- Çelik, F., 2005. Değişik Oranlarda Yeme Katılan E Vitaminin *Oreochromis niloticus* (L., 1758) Türünün Büyüme Parametreleri ve Bazı Dokularının Histolojisi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Çelikkale, S., 1991. Balık Biyolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimler ve Teknolojisi Yüksek Okulu. Fakülte Yayın No: 1 – 387.
- Çetinbaş, A., 2003. İzmit Körfezi'nde Avlanan İstavrit (*Trachurus trachurus* L., 1758) Balıklarının Dokularında Cu ve Zn Birikiminin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Çetinkaya, O., 2003. Su Kalitesi Ders Notları. Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, 76 s, Van.
- Çetinkaya, O., Şen, F. ve Elp, M., 2005. Balıklarda büyüme ve büyüme analizleri, Bölüm 4. Balık biyolojisi araştırma yöntemleri (Editor: M. Karataş) Nobel Yay., No: 772, Ankara. 498.
- Çınar, Ö., 2008. Çevre kirliliği ve kontrolü. Nobel yayın dağıtım. 1. basım, 201 s, Ankara.
- Dağlı, M., 2013. *Barbus lacerta* Heckel, 1843 ve *Cyprihion macrostomum* Heckel, 1843'un Morfolojik Özellikleri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1, 88-95
- Dane, H., 2013. Karasu Nehri'nde (Erzurum) Yaşayan *Capoeta capoeta* ve *Leuciscus cephalus*'un Solungaç, Karaciğer ve Böbrek Dokularındaki Histopatolojik Değişiklikler. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Dang, Z.C., Berntssen, M.H.G., Lundebye, A.K., Flik, G., Wendelaar Bonga, S.E. and Lock, R.A.C., 2001. Metallothionein and cortisol receptor expression in gills of Atlantic salmon, *Salmo salar*, exposed to dietary cadmium. Aquatic Toxicology, 53, 91-101.
- Demir, N., 2009. İhtiyoloji. Nobel Yayın Dağıtım.No:924 IV. Baskı 423s, Ankara.
- Demirel, S. ve Zamani, A., 2002. MN tekniği ve kullanım alanları. Genel Tıp Dergisi, 12 (3), 123-7.
- Derviş, E., 2011. Oral Antioksidanlar. Dermatolojik 2 (1), 263-267.
- Doğan, N., Yazıcı, Z. ve Şişman, T., 2011. Lepistes Balığının Karaciğeri Üzerine Fenpiroksimat Akarisiti'nin Biyokimyasal Etkileri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13 (1), 1-8.
- Dons, C. and Beck, P.A., 1993. Priority hazardous substances in Norway. Norwegian State Pollution Control Reports 93, 22-115.
- Dopeikar, H., Keivany, Y. and Shadkhist, M., 2015. Reproductive biology and gonad histology of the Kura Barbel, *Barbus lacerta* (Cyprinidae), in Bibi-Sayyeddan River, Tigris basin. North-Western Journal of Zoology, 11 (1), 163-170.
- Doyotte, A., Cossu, C., Jacquin, M.C., Babutb, M. and Vaseural, P., 1997. Antioxidant enzymes, glutathione and lipid peroxidation as relevant biomarkers of

- experimental or field exposure in the gills and the digestive gland of the freshwater bivalve *unio tumidus*, *Aquatic Toxicology*, 39, 93-110.
- Dökmeci, İ., 1988. Çevre Kirlenmesinde Rol Oynayan Toksik Maddeler, 488-489.
- Duffus, J.H. and Howard, G.J., 1996. *Fundamental toxicology for chemists*, Cambridge, UK. Royal Society of Chemistry Information Services.
- Duman, E., Yüksel, F. ve Pala, M., 2003. *Barbus capito pectoralis* (Heckel,1843)'in Büyüme özellikleri ile et veriminin incelenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20 (3-4), 391-398.
- Düzgüneş, O., 1976. Hayvan Islahının Amacı ve Kapsamı. Hayvan Islahı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 98, Ders Kitabı 3, Ankara Üniversitesi Basımevi, 11-19.
- Egemen, Ö. 2000. Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 42, Bornova-İzmir.
- El-Kasheif, M.A., Gaber, H.S., Authman, M.M.N. and Ibrahim, S.A., 2013. Histopathological and physiological observations of the kidney and spleen of the Nile catfish *Clarias gariepinus* inhabiting El-Rahawy drain, Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*, 9 (1), 872-884.
- Elmas A.K., 1999. Hirfanlı Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* L., 1758'nun büyüme özellikleri ve sindirim kanalı muhteviyatının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 76 s.
- Erdem, C., Cıçık, B., Karayakar, S., Karayakar, F. ve Karayağtuğ S. 2005. *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)'da kadmiyum'un solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikim ve arıtımı. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1 (2), 18-26.
- Erel, Ö., 2004a. A novel automated method to measure total antioxidant response against potent free radical reactions. *Clinical Biochemistry (Toronto)*, 37 (2), 112-119.
- Erel, Ö., 2004b. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable abts radical cation, *Clinical Biochemistry*, 37 (2), 277-285.
- Erel, Ö., 2005. A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. *Clinical Biochemistry*, 38, 1103-1111.
- Ergene, S., Çavas, T., Çelik, A., Köleli, N. and Aymak, C., 2007a. Evaluation of river water genotoxicity using the piscine micronucleus test. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 48 (6), 421-429.
- Ergene, S., Çavas, T., Çelik, A., Köleli, N., Kaya, F. and Karahan, A., 2007. Monitoring of nuclear abnormalities in peripheral erthrocytes of three fish species from Göksu delta (Turkey): genotoxic damage in relation to water pollution. *Ecotoxicology*, 16 (4), 385-391.
- Ergene, S., Çavas, T., Çelik, A., Köleli, N., Kaya, F. and Karahan, A., 2007b. Monitoring of nuclear abnormalities in peripheral erthrocytes of three fish species from Göksu delta (Turkey): genotoxic damage in relation to water pollution. *Ecotoxicology*, 16 (4), 385-391.
- Eroschenko, V.P., 2001. *Histoloji Atlası* (9. Baskı). Palme Yayınları No:189, Ankara. 235- 357.
- Evangelou, A.M., 2002. Vanadium in cancer treatment. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 42, 249-265.

- Evans, D.H., 1987. The fish gill: Site of action and model for toxic effects of environmental pollutants. *Environ. Health Perspec.*, 71, 47-58.
- Evans, D.H., Piermarini, P.M. and Choe, K.P., 2005. The Multifunctional Fish Gills: Dominant Site for Gas Exchange, Osmoregulation, Acid-Base Regulation and Excretion of Nitrogenous Waste. *Physiol. Rev.*, 85, 97-177.
- FAO/WHO, 1989. The state of food and agriculture. Food and agriculture organization of the united nations. <http://www.fao.org/3/a-t0162e.pdf>
- Feist, S.W., Stentiford, G.D., Kent, M.L., Ribeiro Santos, A., Lorange, P., 2015. Histopathological assessment of liver and gonad pathology in continental slope fish from the northeast Atlantic Ocean. *Marine Environmental Research*, 106, 42-50.
- Fenech, M., 2000. The *in vitro* micronucleus technique. *Mutation Research*, 455 (1-2), 81-95.
- Ferguson, H.W., 1989. Systemic pathology of fish. A text and atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts. Iowa, USA, 263p.
- Ferguson, H.W., 1995. Systemic pathology of fish. A text and Atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts, Iowa state University press/ Ames Iowa 50014.
- Fernades, M.N. and Mazon, A.F., 2003. Environmental pollution and fish gill morphology. In: Fish adaptations in field (Vol, A.L.& Kapoor, B.G.Eds). Science Publishers.
- Fernandes, C., Fontainhas-Fernandes, A., Rocha E. and Salgado, M.A., 2008. Monitoring Pollution in Esmoriz-Paramos Lagoon, Portugal: Liver Histological and Biochemical Effects in *Liza saliens*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 145 (1-3), 315-322.
- Figueiredo-Fernandes, A., Ferreira-Cardoso, J.V., Garcia-Santos, S., Monteiro, S.M., Carrola, J., Matos, P. and Fontainhas-Fernandes, A., 2007. Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Exposed to Waterborne Copper. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 27 (3), 103-109.
- Förstner, G. and Wittmann, T., 1981. Metal pollution in the aquatic environment, Berlin Heidelberg. Newyork Springer Verlag, 3 (21), 271-318.
- Fracácio, R., Verani, N.F., Espindola, E.L.G., Rocha, O., Rigolin-Sa and Andrade C.A., 2003. Alterations on growth and gill morphology of *Danio rerio* (Pisces, Cyprinidae) exposed to the toxic sediments. *Bra. Arch. Biol. Techn.* 46, 685-695.
- Francesconi, K.A. and Edmonds, J.S., 1998. Arsenic species in marine samples. *Croa Chem Acta*, 71 (2), 343- 359.
- Frost, W.E., 1945. The age and growth of eels (*Anguilla anguilla*) from The Windemere catchment area: Part 2. *Journal of Animal Ecology*, 14, 106-124.
- Gabbianelli, R., Lupidi, G., Villarini, M., Falcioni, G., 2003. DNA damage induced by copper on erythrocytes of gilthead sea bream *Sparus aurata* and mollusk *Scapharca inaequivalvis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 45 (3), 350-356.
- Galan, A., Garcia-Bermejo, L., Troyano, A., Vilaboa, N. E., Fernandez, C., de Blas, E. and Aller, P., 2001. The role of intracellular oxidation in death induction (apoptosis and necrosis) in human promonocytic cells treated with stress

- inducers (cadmium, heat, X-rays). *European Journal of Cell Biology*, 80, 312-320.
- Gbem, T.T., Balogun, J., Lawal, F.A. and Annune, P.A., 2001. Trace metal accumulation in *Clarias gariepinus* (Teugels) exposed to sublethal levels of tannery effluent. *Science of Total Environmental*, 271, 1-9.
- Geldiay, R. ve Balık, S., 2009. Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:46 VI. Baskı 644 s, Bornova, İzmir,
- Gerlach, S.A., 1981. *Marine Pollution*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 218 s, New York.
- Gezen, A.M, Gezen, M.R ve Turan, C., 2005. Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus*, Banks and Solander, 1794) Karaciğer Yapısının Mikroskopik Olarak İncelenmesi. XIII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Poster Bildirisi. 1-4 Eylül, Çanakkale, S:115.
- Gingerich, W.H., 1982. "Hepatic Toxicology of Fishes," In: L. J. Weber, Ed., *Aquatic Toxicology*, Raven Press, New York, 55-105.
- Giray, B., Gürbay, A. and Hincal, F., 2001. Cypermethrin-induced oxidative stress in rat brain and liver is prevented by Vitamin E or allopurinol, *Toxicology Letters*, 118, 139-146.
- Gökkuş, K., 2008. İskenderun ve Antalya Körfezlerindeki Kemane Balığı (*Rhinobatus rhinobatus*, L., 1758)'nın Çeşitli Organlarında Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya, Türkiye.
- Grzelak, A. and Bartosz, G., 2005. Melatonin does not affect total antioxidant capacity of blood plasma *in vitro*. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 65 (1), 77-81.
- Guevara, S.R., Bubach, D., Vigliano, P., Lippolt, G. and Arribere, M., 2004. Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina. *Biological Trace Element Research*, 102 (1-3), 245-263.
- Gul, S., Belge-Kurutas, E., Yıldız, E., Sahan, A. and Doran, F., 2004. Pollution Correlated Modifications of Liver Antioxidant Systems and Histopathology of Fish (Cyprinidae) Living in Seyhan Dam lake, Turkey. *Environment International*, 30, 605-609.
- Gül, A., Uzel, N., Özkul, A., Erkmen, B., Düzel, S. and Gül, G., 2014. Effects of some physicochemical properties of water on histopathological and hematological picture of fish inhabiting Emet Stream. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2 (1), 65-71.
- Gül, S., 2008. Kura-Aras Havzasında yaygın olarak bulunan *Orthrias angorae* Steindachner, 1897), *Orthrias panthera* (Heckel, 1843) ve *Orthrias tigris* (Heckel, 1843)'de kromozomal çalışmalar. Tübitak, Proje No: 105T319, Kars.
- Gül, Ş., Ergül, B., Yıldız E., Şahan A. and Doran F., 2004. Pollution correlated modifications of liver antioxidant systems and histopathology of fish (Cyprinidae) living in Seyhan Dam Lake, Turkey. *Environment International*, 30, 605-609.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994. Su Kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:12 Ankara, 13-74.

- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:43. Ankara.
- Güzel, Ş. ve Güllü, K., 2006. 17 α -Metilttestosteron'un Gökkuşluğu Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W., 1792) kimyasal kompozisyonu, fileto verimi, viseral yağ ve Hepatosomatik İndeks üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23 (1), 233-236.
- Hadi, A.A. and Alwan, S.F., 2012. Histopathological changes in gills, liver and kidney of fresh water fish, *Tilapia zillii*, exposed to aluminum. International Journal Of Pharmacy & Life Sciences, 3 (11), 2071-2081.
- Haktanır, K., 1987. Çevre Kirliliği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No: 140, Ankara.
- Halliwell, B., 1996. Antioxidant in human health and disease. Annual Review of Nutrition, 16, 33-50.
- Haloı, K., Kalita, M. and Nath, R., 2013. The Study on the Histopathological Changes of Stomach of *Channa punctatus* (Bloch). By used Pesticide Endosulfan. Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences, 13 (2). Version 1.0 Year Type : Double Blind Peer Reviewed International Research Journal Publisher: Global Journals Inc. (USA) Online ISSN: 2249-4626 & Print ISSN: 0975-5896.
- Hamzaoğlu, E., Özuluğ, M., Tunali, Y. and Erkan, M., 2015. Macroscopic and microscopic examination of seasonal gonad change in *Alburnus istanbulensis* (Battalgil, 1941) (Teleostei: Cyprinidae). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15, 639-646.
- Handy, R.D., Galloway, T.S. and DePledge, M.H., 2003. A proposal fort he use of biomarkers for the assessment of chronic pollution and in regulatory toxicology. Ecotoxicology, 12, 331-343.
- Hanna, P. M., Kadiiska, M. B. and Mason, R.P., 1992. Oxygen-derived free radical and active oxygen complex-formation from cobalt(II) chelates *in vitro*. Chemical Research in Toxicology, 5, 109-115.
- Hawkes, J.W., 1980. The effect of xenobiotic on fish tissues: Morphological studies. Federation Proceedings, 39, 3230-3236.
- Heath, A.G., 1995. Water Pollution and Fish Physiology. Second Edition. Lewis Publisher, CRC Press, Florida, U.S.A.
- Heidary, S., Imanpour Namin, J. and Monsefrad, F., 2012. Bioaccumulation of heavy metals Cu, Zn, and Hg in muscles and liver of the stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) in the Caspian Sea and their correlation with growth parameters. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11(2), 325-337.
- Heier, LiS., Lien, I.B., Strømseng, A.E., Ljønes, M., Rosseland, B.O., Tollefsen, K.E. and Salbu, B., 2009. Speciation of lead, copper, zinc and antimony in water draining a shooting range - time dependent metal accumulation and biomarker responses in brown trout (*Salmo trutta* L.). Science of Total Environment, 407, 4047-4055.
- Henry, F.R., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D. and Bertho, M. L., 2004. Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. Environment International, 30, 675- 683.
- Hibiya, T., 1982. An atlas of fish histology. Normal and pathological features. Tokyo, Japan, 147.

- Hinton, D.E. and Couch, J.A., 1984. Pathological measures of marine pollution effects. In: Concepts in marine pollution measurements, (ed) H. White. University of Maryland, Sea Grant College, College Park.
- Hinton, D.E. and Lauren, D.J., 1990. Integrative histopathological approaches to detecting effects of environmental stressors on fishes. Amer. Fish Soc. Symposium, 8, 51-66.
- Hinton, D.E., 1994. Cells, cellular responses and their markers in chronic toxicity of fishes, in Aquatic Toxicology. Molecular, Biochemical and Cellular Perspectives, Malins, D.C. and G.K. Ostrander, Eds., CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hinton, D.E., Lantz, R.C., Hampton, J.A., McCuskey P.R. and McCuskey R.S., 1987. Normal versus abnormal structure: Considerations in morphologic responses of teleosts to pollutants. Environ. Health Persp., 71, 139-146.
- Hoyle, I., Shaw, B.J. and Handy, R.D., 2007. Dietary copper exposure in the African walking catfish, *Clarias gariepinus*: Transient osmoregulatory disturbances and oxidative stress. Aquatic Toxicology, 83: 62-72.
- Ibrahim, S., Authman, M.M.N., Gaber, H.S. and El-Kasheif, M.A., 2013. Bioaccumulation of heavy metals and their histopathological impact on muscles of *Clarias gariepinus* from El-Rahawy drain, Egypt. International Journal of Environmental Science And Engineering, 4, 57-73.
- İlhan, D. U., Akalın, S., Özeydin, O., Tosunoğlu, Z. ve Gurbet, R., 2009. “İzmir Körfezi’nde Tekir Balığı’nın (*Mullus surmuletus* L., 1758) Büyüme ve Üremesi.” E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 26 (1), 01–05.
- IUCN, 2017. The IUCN Red List of threatened species. Version 2017-1.
- Jafarizadeh, M., Peyghan, R. and Mohammadian, B., 2012. The reports of lesions in kidney and intestine of apparently normal cultured silver carp (*Hypophthalmictys molitrix*). Advances in Bioscience and Biotechnology, 3, 115-120.
- Jago, C.H., Faivre A. and Newman, M.C., 1996. Morphological and morphometric changes in the gills of mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) after exposure to mercury (II). Aquat. Toxicol., 34, 163-183.
- Jalaludeen, M.D., Arunachalam, M., Raja, M., Nandagopal, S., Showket, A.B., Sundar, S. and Palanimuthu, D., 2012. Histopathology of the gill, liver and kidney tissues of the freshwater fish *Tilapia mossambica* exposed to cadmium sulphate. International Journal of Advanced Biological Research, 2 (4), 572-578.
- Japamalai, P., 2017. Histopathological changes in gill of the fish *Labeo rohita* exposed to dichlorvos 76% EC. International Journal of Multidisciplinary Advanced Research Trends, 1 (3), 331-343.
- Jarapala, S.R., Kandlakunta, B. and Thingnganing, L., 2014. Evaluation of trace metal content by ICP-MS using closed vessel microwave digestion in fresh water fish. Journal of Environmental and Public Health, 1, 1-8.
- Jeziarska, B. and Witeska, M., 2001. Metal Toxicity to Fish. University of Podlasie. Monografie No. 42.
- Jovanović, B., Mihaljev, Ž., Maletin, S. and Palić, D., 2011. Assessment of heavy metal load in chub liver (Cyprinidae – *Leuciscus cephalus*) from the Nišava River (Serbia). Biologica Nyssana, 2 (1), 51-58.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri- I. Metalurji Dergisi, 136, 47-53.

- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2008. Metallerin Çevrsel Etkileri- I. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Ders Notları.
- Kali, N., 2008. Erzurum Ovası su kalitesi ve kirliliğinin tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kamat, C.D., Green, D. E., Curilla, S., Warnke, L., Hamilton, J. W., Sturup, S., Clark, C. and Ihnat, M. A., 2005. Role of HIF signaling on tumorigenesis in response to chronic low-dose arsenic administration. *Toxicological Sciences*, 86, 248–257.
- Kankaya, E., 2008. Metil Paration'un İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) Üzerindeki Akut ve Kronik Toksik Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Van, Türkiye.
- Karadede, H. ve Ünlü, E., 1998. Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, (Cyprinidae)'da Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Ulusal Biyoloji Kongresi, Samsun.
- Karademir, B., Koç, E., Ersan, Y., Yılmaz, M. and Uslu, H., 2015. The Effect of Copper (II) Sulphate Toxication on The Liver Histopathology, Liver Protein Electrophoresis and Plasma Biochemistry of Mice (*Mus musculus*). *Van Veterinary Journal*, 26 (1), 25-30.
- Karataş, M., Başusta, N. ve Gökçe, M.A., 2005. Balıklarda üreme, Bölüm 3. Balık biyolojisi araştırma yöntemleri (Editor: M. Karataş) Birinci Basım. Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No: 772, Ankara. 498.
- Kargın, E. ve Erdem, C. 1989. Farklı bakır konsantrasyonlarının *Tilapia nilotica* (L.) 1758'de birikimi ve mortalite üzerine etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(2), 53-66.
- Kargın, E. ve Erdem, C., 1992. Bakır-çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. *Doğa Turkish Journal of Zoology*, 16, 343-348.
- Kargın, F., 1996. Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* collected from Iskenderun Gulf. Water, Turkey. *Air Soil Pollution*, 90, 557-562.
- Kasprzak, K.S., 2002. Oxidative DNA and protein damage in metal-induced toxicity and carcinogenesis. *Free Radical Biology & Medicin*, 32, 958–967.
- Kasprzak, S., Sunderman, W.F. and Salnikow, K., 2003. Nickel carcinogenesis. *Mutation Resarch*, 533 (1-2), 67 97.
- Kaur, R. and Dua, A., 2016. Induction of histopathological lesions in renal tissue of the fish *Labeo rohita* upon exposure to municipal wastewater of Tung Dhab Drain, Amritsar, India. *Turkish Journal of Zoology*, 40, 645-654.
- Kaya İ., Yılmaz M., Koç E., Deveci H. A., Ersan Y. ve Karapehlivan M., 2014. Tebukonazol (fungusit) uygulanan *Cyprinus carpio* (L. 1758)'da serum total antioksidan, oksidan ve sialik asit düzeylerinin incelenmesi. 8(3): 214-219.
- Kaya, S., Pirinçci, İ. ve Bilgili, A. 2002. Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji. Medisan Yayınevi, Ankara.
- Kayhan, F.E., Balkıs, N. ve Aksu, A., 2006. İstanbul balık halinden alınan Akdeniz midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) Arsenik düzeyleri. *Çevre Koruma Ekoloji*, 15 (61), 1-5.
- Khaefi, R., Esmaeili, H.R., Geigor, M.F., Eagderi, S. 2017. Taxonomic review of the cryptic *Barbus lacerta* species group with description of a new species (Teleostei, Cyprinidae), *Fish Taxa* 2 (2), 90-115.

- Khoshnood, Z., Khodabandeh, S., Mosafer S. and Khoshnood, R., 2010. Effects of Cortisol on Gill Chloride Cells in Persian Sturgeon, *Acipenser persicus*, Fry. *Yakhteh Medical Journal*, 11 (4), 424-431.
- Kırankaya, Ş.G. ve Ekmekçi, F.G., 2007. Gelingüllü Baraj Gölü'ndeki tatlisu kefali (*Squalius cephalus*, L., 1758)'nin büyüme özelliklerindeki değişimler. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (2), 125-134.
- Koca, S., Koca, Y.B., Yıldız, Ş. and Gürcü, B., 2008. Genotoxic and histopathological effects of water pollution on two fish species, *Barbus capito pectoralis* and *Chondrostoma nasus* in the Büyük Menderes River, Turkey. *Biological Trace Element Research*, 122 (3), 276-291.
- Koca, Y.B., Koca, S., Yıldız, S., Gürcü, B., Osañç, E., Tunçbaşı, O. and Aksoy, G., 2005. Investigation of histopathological and cytogenetic effects on *Lepomis gibbosus* (Pisces:Perciformes) in the Çine stream (Aydın/Turkey) with determination of water pollution. *Environmental Toxicology*, 20 (6), 560-571.
- Kocataş, A., 1992. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi, 564 s, İzmir.
- Koç, N.D., 2006. Sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) ovaryumunun mikroskopik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23 (1), 109-112.
- Komsala, A., Migeon, B., Flammorion, P. and Garric, J., 1998. Impact Assessment of a Wastewater Treatment Plant Effluent Using the Fish Biomarker Ethoxyresorufin-O-Deethylase: Field and On-Site Experiments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 41, 19-28.
- Korkut, A.Y., Kop, A., Demirtaş, N. ve Cihaner, A., 2007. Balık beslemede gelişim performansının izlenme yöntemleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 24 (1-2), 201-205.
- Köprücü, K. ve Özdemir, Y., 2003. *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın Keban baraj gölü ve Hazar gölü (Elazığ)'nde yaşayan popülasyonlarının et verimi ve bazı büyüme özelliklerinin karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20 (3-4), 337-343.
- Köse, E., 2007. Enne Barajı'nda yaşayan balıklarda ağır metal birikiminin araştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya*.
- Krishna, G. and Hayashi, M., 2000. *In vivo* rodent micronucleus assay: protocol, conduct and data interpretation. *Mutation Research*, 455 (1-2), 155-66.
- Kruger, T., 2002. Effects of Zinc, Copper and Cadmium on *Oreochromis Mossambicus* Freeembryos and Randomly Selected Mosquito Larvae as Biological Indicators During Acute Toxicity Testing. MSc thesis, Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A.
- Ku, S.K., Lee, J.H. and Lee, H.S., 2004. Immunohistochemical study on the endocrine cells in the gut of the stomachless teleost, *Zacco platypus* (Cyprinidae), *Anatomia Histologia Embryologia*, 33: 212-219.
- Kumar, P., 2017. A short course in Ecology and environment. Pathfinder Publication, 152 s, New Delhi, India.
- La Via, M.F. and Hill Jr., R.B., 1971. Principles of Pathobiology, Oxford University Pres, New York.
- Laurent, P. and Perry, S.F., 1990. Effects of cortisol on gill chloride cell morphology and ionic uptake in the freshwater trout, *Salmo gairdneri*. *Cell Tissue Res*, 259, 429-442.

- Lawrence, A.J. and Hemingway, K.L., 2003. Effects of Pollution on Fish. UK. 144-153.
- Lease, H.M., Hansen, J.A., Bergman, H.L. and Meyer, J.S. 2003. Structural changes in gills of Lost River suckers exposed to elevated pH and ammonia concentrations. *Comp. Biochem Phys. C*, 134, 491-500.
- Legorburu, I., Canton, L., Millan, E. and Casado, A., 1988. Trace Metal Levels in Fish from Unda River Anguillidae, Mugillidae and Salmonidae. *Environmental Technology Letter*, 9, 1373-1378.
- Lenhardt, M., Jarić, I., Cakić, P., Cvijanović, G. and Gagić, Z., 2009. Seasonal changes in condition, hepatosomatic index and parasitism in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 33 (3), 209-214.
- Leonard, S.S., Haris, G.K. and Shi, X.L., 2004. Metal-induced oxidative stress and signal transduction. *Free Radical Biology & Medicine*, 37, 1921-1942.
- Loganathan, K., Velmurugan, B., Howrelia, J.H., Selvanayagam, M. and Patnaik, B.B., 2006. Zinc induced histological changes in brain and liver of *Labeo rohita* (Ham.). *Journal of Environmental Biology*, 27(1), 107-110.
- Lotito, S.B. and Frei, F., 2004. Relevance of apple polyphenols as antioxidants in human plasma: contrasting *in vitro* and *in vivo* effects. *Free Radical Biology & Medicine*, 36 (2), 201-211.
- Louiz, I., Ben-Attia M. and Ben- Hassine O.K., 2009. Gonadosomatic index and gonad histopathology of *Gobius niger* (Gobiidea, Teleost) from Bizerta lagoon (Tunisia): Evidence of reproduction disturbance. *Fisheries Research*, 100 (2009), 266-273.
- Mallatt, J., 1985. Fish gill structural changes induced by toxicant and other irritants: A statistical review. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 630-648.
- Marchand, M.J., Dyk, J.C., Pieterse, G.M., Barnhoorn, E.J. and Bomman, M.S., 2008. Histopathological Alterations in the Liver of the Sharptooth Catfish *Clarias gariepinus* from polluted aquatic systems in South Africa. *Environmental Toxicology*, 24, 133-147.
- Marcon, A.E., Ferreira, D.D.M. and Moura, M.F.V., 2010. Genotoxic analysis in aquatic environment under influence of cyanobacteria, metal and radioactivity. *Chemosphere*, 81 (6), 773-780.
- Martinez, C.B., Nagae, M.Y., Zaia, C.T.B. and Zaia, D.M.A., 2004. Morphological and physiological acute effects of lead in the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Brazilian Journal of Biology*, 64, 797-807.
- Matough, F.A., Budin, S.B., Hamid, Z.A., Alwahaibi, N. and Mohamed, J., 2012. The role of oxidative stress and antioxidants in diabetic complications. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 12 (1), 5.
- Matsumoto, S.T., Mantovani, M.S., Malagutti, M.I.A., Dias, A.L., Fonseca, I.C. and Marin Morales, M.A., 2006. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root tips. *Genetics and Molecular Biology*, 29 (1), 148-158.
- Meletti, P.C., Rocha, O. and Martinez, C.B.R., 2003. Avaliação da degradação ambiental na bacia do rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes. In *Limnologia Fluvial: Um*

- Estudo No Rio Mogi-Guaçu; Brigante, J.; Espíndola, E.L.G., Eds.; São Paulo: São Carlos, Brasil, 149–180.
- Mercan, U., 2004. Toksikolojide Serbest Radikallerin Önemi. YYU Veteriner Fakültesi Dergisi, 15 (1-2), 91-96.
- Meyer, M., 1958. Neuropathology ed. Greenfield, J.G. Edward Arnold, London, 1401-1427.
- Meyers, T.R. and Hendricks J.D., 1985. Histopathology, in Fundamentals of Aquatic Toxicology. Methods and Applications, Rand, G.M. and Petrocelli, S.R., Eds., Hemisphere Publishing Corp., Washington, DC.
- Mishra, A. and Devi, Y., 2014. Histopathological alterations in the brain (optic tectum) of the fresh water teleost *Channa punctatus* in response to acute and subchronic exposure to the pesticide Chlorpyrifos. Science Direct Acta Histochemica Journal, 116, 176–181.
- Moraes, M.F., Freitas-Barbola, I., Duboc, L.F., 2004. Feeding habits and morphometry of digestive tracts of *Geophagus brasiliensis* (Osteichthyes, Cichlidae), in a lagoon of high tibiagi river, Parana State, Brazil. Publ. UEPG Biol. Health Sci., Ponta Grossa, 10, 37-45.
- Morales-Nin, B. 1991. “Parametros biológicos del salmónete de roca *Mullus surmuletus* (L., 1758), en Mallorca.” Boletim do Instituto Oceanográfico, 7(2), 139-147.
- Morina, A., Morina, F., Djilanovic, V. Spasic S., Krpo-Cerkovic, J., Kostic, B., Lenhardt, M., 2016. Common barbel (*Barbus barbus*) as a bioindicator of surface river sediment pollution with Cu and Zn in three rivers of the Danube River Basin in Serbia. Environmental Science and Pollution Research, 23 (7), 6723-6734.
- Mumford, S., Heidel, J., Smith, C., Morrison, J., MacConnell, B. and Blazer, V., 2007. Fish histology and histopathology. U.S. Fish & Wildlife Service, National Conservation Training Center, 4 th., 357p.
- Nackerdien, Z., Kasprzak, K. S., Rao, G., Halliwell, B. and Dizdaroglu, M., 1991. Nickel(II)- dependent and cobalt(II)-dependent damage by hydrogen-peroxide to the DNA bases in isolated human chromatin. Cancer Research, 51, 5837–5842.
- Naeemi, A., Jamili, S., Shabanipour, N., Mashinchian, A. and Feizabadi, S., 2013. Histopathological changes of gill, liver and kidney in Caspian kutum exposed to Linear Alkylbenzene Sulfonate. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 12 (4), 887-897.
- Nagahama, Y., 1983. The functional morphology of teleost gonads. In fish physiology (w.S. Hoar, D.J. Randall and E.M. Donaldson, eds.), Vol. IXA, Academic Press, 223-275.
- Nascimento, A.A., Araújo, F.G., Gomes, I.D., Mendes, R.M.M. and Sales, A., 2012. Fish gills alterations as potential biomarkers of environmental quality in a eutrophized tropical river in south-eastern Brazil. Anatomia Histologia Embryologia, 41, 209–216.
- Ni, D.S. and Hong, X.F., 1963. Histology of the digestive tract of the grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. Acta Hydrobiol. Sin., 3, 1–25.
- Nikinmaa, M., 1992. How does environmental pollution effect red cell function in fish. Aquatic Toxicology, 22, 227-238.

- Nikolsky, G.V., 1969. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Oliver and Boyd Ltd. Edinburg, 323.
- Nunes, D.M. and Hartz, M.S., 2001. Feeding Dynamics and Ecomorphology of *Oligosarcus jenynsii* (Gunther, 1864) and *Oligosarcus robustus* (Menezes, 1969) in the Lagoa Fortaleza, Southern Brazil. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, Brazilian Journal of Biology, 1-13.
- Omar, W.A., Zaghloul, K.H., Abdel-Khaleka, A.A. and Abo-Hegab, S., 2012. Genotoxic effects of metal pollution in two fish species, *Oreochromis niloticus* and *Mugil cephalus*, from highly degraded aquatic habitats. Mutation Research, Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 746 (1), 7– 14.
- Onat, T., Emerk, K. ve Sözmen E. T., 2002. İnsan Biyokimyası. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Osman, A.G.M., 2012. Biomarkers in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus niloticus* (Linnaeus, 1758) to Assess the Impacts of River Nile Pollution: Bioaccumulation, Biochemical and Tissues Biomarkers. Journal of Environmental Protection, 3, 966-977.
- Oymak, S.A., 2000. Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un büyüme özellikleri. Turkish Journal of Zoology, 24, 41-50.
- Önen, Ö., Gündüz, Ö. ve Üçüncü, S.İ., 2011. Ham petrolün suda çözünebilir kısımlarının *Pelvicachromis pulcher* (Boulenger, 1901) (Cichlidae, Teleostei) bağırsak ve karaciğeri üzerindeki etkileri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 17, 105-110.
- Özdemir, N., 1982. Fırat Nehri'nde bulunan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un uzunluk ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü üzerine bir araştırma, Fırat Üniversitesi Fen Fak. Dergisi, 1, 22-26.
- Özden, Y., 2008. Enne ve Porsuk Barajı sedimentine bağlı ağır metallerin *Cyprinus Carpio*' nun değişik dokularına biyoakümüülasyonunun araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Özen, A.S. ve Korkmaz, Ö., 2005. Yedigöller (Kütahya) Ekosisteminde Biyolojik Çeşitlilik ve Kirlilik Üzerine Bir Araştırma. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (9), 15-26.
- Özözen, G., 2005. Demirköprü ve Avşar Barajlarından alınan balık, su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa.
- Özyürek, F., 2016. Nevşehir'de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (cd, cr, cu, fe, ni, pb, zn) birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Pacheco, M. and Santos, M.A., 2002. Biotransformation, genotoxic and histopathological effects of environmental contaminants in European eel (*Anguilla anguilla* L.). Ecotoxicology and Environmental Safety, 53, 331-347.
- Pajuelo, J.G, Lorenzo, J.M., Ramos, A.G. and Villamil, M., 1997. Biology of the red mullet *Mullus surmuletus* (Mullidae) off the Canary Islands, Central-East Atlantic. South African Journal of Marine Science, 18, 265-272.

- Pantaleao, S., Alcantara, A.V., Alves, J. and Spano, M.A., 2006. The PiscineMicronucleus Test to Assess the Impact of Pollution on the Japarutuba River in Brazil. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 47, 219-224.
- Parlak, H., Çakal Arslan, Ö., Boyacıoğlu, M. ve Karaaslan, M.A., 2013. Ekotoksikoloji, 2. Baskı. Ege Üniversitesi Basımevi, 339 s.
- Parvathi, A., Sivakumari P. and Sarasu, C., 2011. "Effect of Chromium on Histological Alteration of Gill, Liver and Kindey of Freshwater Teleost, *Cyprinus caprio* (L.)," *Journal of Fisheries International*, 6 (1), 1-5.
- Parvez, S., Pandey, S., Ali, M. and Raisuddin, S., 2006. Biomarkers of oxidative stress in *Wallago attu* during and after a fish-kill episode at Panipat, India. *The Science of the Total Environment*, 368, 627-636.
- Patel, R.P., McAndrew, J., Sellak, H., White, C. R., Jo, H., Freeman, B. A. and Darley-Usmar, V. M., 1999. Biological aspects of reactive nitrogen species. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1411 (2-3), 385-400.
- Patnaik, B.B., Howrelia, H.J., Mathews, T. and Selvanayagam, M., 2011. Histopathology of gill, liver, muscle and brain of *Cyprinus carpio communis* L. exposed to sublethal concentration of lead and cadmium. *African Journal of Biotechnology*, 10(57), 12218-12223.
- Pehlivan, H., 2017. Marmara Denizi Güneyi (Kocasu Deltası) Sedimentlerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Ankara.
- Pentschow, A., 1958. *Handbook der Speziellan Pathologischen Anatomic and Histologie*. Springer-Verlag, Berlin, 13, 175-184.
- Pereira, B.F., Alves, R.M.S., Pitol, D. L., Senhorini J.A., Rocha R.C.G.A. and Caetano F.H., 2012. Morphological Gill Analysis of Fish Species *Prochilodus Lineatus* after Exposure to Pollutants. *Journal of Environment Analytical Toxicology*, 2 (3).
- Pereira, D.P., Santos, D.M.S., CarvalhoNeta, A.V., Cruz, C.F. and CarvalhoNeta, R.N.F., 2014. Alterações morfológicas em brânquias de *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) como biomarcadores de poluição aquática na Laguna da Jansen, São Luís, MA (Brasil). *Bioscience Journal*, 30, 1213–1221.
- Perry, S.F. and Laurent, P., 1991. Environmental effects on fish gill structure and function, in: Rankin JC and Jensen FB, editors. *Fish Ecophysiology*. Chapman and Hall, London, 231-264.
- Peters, N., Köhler, A. and Kranz, H., 1987. Liver pathology in fishes from the lower Elbe as a consequence of pollution. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2, 87-97.
- Poleksic, V. and Mitrovic-Tutundzic, V., 1994. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: R. Müller and R. Lloyd, Editors, *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 339–352p.
- Privezentsev, K.V., Sirota, N.P. and Gaziev, A.I., 1996. The genotoxic effects of cadmium studied *in vivo*. *Journal Cytology and Genetics*. 30 (3), 45–51.
- Pyle, G.G., Rajotte, J.W. and Couture, P., 2005. Effects of Industrial Metals on Wild Fish Popultions Along a Metal Contamination Gradient. *Ecotoxicology an Environmental Safety*, 61, 287-312.
- Rainbow, P.S., 1995, Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31, 4-12, 183- 192.

- Rebok, K., Jordanova, M., Slavevska-Stamenkovic, V., Ivonova, L., Kostov, U., Stafilov, T. and Rocha, E., 2017. Frequencies of erythrocyte nuclear abnormalities and of leucocytes in the fish *Barbus pelopannesi* correlate with a pollution gradient in the River Bregahica (Macedonia). *Environmental Science and Pollution Research*, 24 (11), 10493-10509.
- Rebok, K., Jordanova, M., Slavevska-Stamenkovic, V., Ivanova, L., Kostov, V., Stafilov, T., Rocha, E., 2017. Frequencies of erythrocyte nuclear abnormalities and of leucocytes in the fish *Barbus pelopannesi* correlate with a pollution gradient in the River Bregalnica (Macedonia). *Environmental Science and Pollution Research*, 24 (11), 10493-10509.
- Reñones, O., Massuti, E. and Morales-Nin., B., 1995. Life history of the red mullet *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (North- West Mediterranean). *Marine Biology*, 123, 411-419.
- Rether, A., 2002. Entwicklung und Charakterisierung Wasserlöslicher Benzoylthioharnstoff-funktionalisierter Polymere zur Selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen. Doktora Tezi. Münih Teknik Üniversitesi, Almanya.
- Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, M.J. and Montero, D., 1998. Increase of The Dietary n-3/n-6 Fatty Acid Ratio and Addition of Phosphorus Improves Liver Histological Alterations Induced by Feeding Diets Containing Soybean Meal to Gilthead Seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 161, 281-293.
- Robbins, S.L. and Kumar, V., 2010. Robbins and Cotran pathologic basis of disease. 8th ed. Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier. xiv, 1450 p.
- Roberts, R.J., 2001. *Fish Pathology*, 3rd edition., London, 467.
- Roberts, S.D. and Powell, M.D., 2003. Comparative ionic flux and gill mucous cell histochemistry: effects of salinity and disease status in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Comp. Biochem. Physiol. Part A*, 134, 525-537.
- Romeo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z. and Gnassia-Barelli, M., 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *The Science of the Total Environment*, 232, 169-175.
- Rosseland, B.O., Rognerund, S., Collen, P., Grimalt, J.O., Vives, I. and Massabau, J.C., 2007. Brown trout in Lochnagar: population and contamination by metals and organic micropollutants. *Lochnagar. The Natural History of a Mountain Lake Developments in Paleoenvironmental Research*, 253-285.
- Sadekarpawar, S. and Parikh, P., 2013. Gonadosomatic and hepatosomatic indices of Freshwater Fish *Oreochromis mossambicus* in response to a plant nutrient. *World Journal of Zoology* 8 (1), 110-118.
- Saeed, S.M. and Shaker, I.M., 2008. Assessment of heavy metals pollution in water and sediment and their effect on *Oreochromis niloticus* in the Northern Delta Lakes, Egypt. 8. International Symposium on Tilapia in Aquaculture.
- Santos, M.A., Pacheco, M. and Ahmad, I., 2004. *Anguilla anguilla* L. antioxidants responses to *in situ* bleached kraft pulp mill effluent outlet exposure. *Environment International*, 30, 301-308.
- Satılmış, H.H., Erdem, Y., Özdemir, S. ve Sümer, Ç., 2010. Hamsinin (*Engraulis encrasicolus ponticus*) kondisyon faktörü ve gonadosomatik indeksinin aylık

- değişimi ile fekonditesi. 1. Ulusal Hamsi Çalıştay: Sürdürülebilir Balıkçılık, Trabzon.
- Sauer, G.R. and Watabe, N., 1989. Temporal and metal-specific patterns in the accumulation of heavy metals by the scales of *Fundulus heteroclitus*. *Aquatic Toxicology*, 14, 233-248.
- Saylar, Ö. and Yılmaz, S., 2014. Some of the biological features of the brood-snout (*Chondrostoma regium*, Heckel, 1843) living in Lake Ladik (Samsun, Turkey). *Anakara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 61, 141-146.
- Schreck, C.B. and Moley, P.B., 1990. *Methods for Fish Biology*. Oregon Cooperative Fishery Reserach Unit U.S. Fish and Wildlife Service Oregon State University. American Fisheries Society. Mayland. USA.
- Siah, C. W., Trinder, D. and Olynyk, J. K., 2005. Iron overload. *Clinica Chimica Acta*, 358, 24–36.
- Singh, R.N., 2014. Effects of Dimethoate (EC 30%) on gill morphology, oxygen consumption and serum electrolyte levels of common carp, *Cyprinus carpio* (Linn). *International Journal of Scientific Research Environmental Science*, 2(6), 192- 198.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. Resmi Gazete, 31 Aralık 2004. Sayı:25687, 51 s.
- Sobolev, K.D., 2005. Toxicological Peculiarities of Accumulation of Heavy Metal Ions in Natural and Artificial Fish Food under Conditions of Electric Power Stations'warm waste waters. *Sbornik trudov Federal'nogo gosudarstvennogonauchno-issledovatel'skogo institute ozernogo irechnogo rybnogo hozyaistva* (Collection of Papers of Federa l State Scientific institute GOSNIORkh, 333, 362–373.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O. ve Yanık, T., 2012. Karasu Irmağı'nda ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43 (1), 69-77.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. ve Aras, M.S., 2008. *Sular Bilgisi*. Nobel Yayın Dağıtım A.Ş. Ankara.
- Sönmez, A.Y., Yağanoğlu, A.M., Arslan, G. and Hisar, O., 2012. Metals in two species of fish in Karasu River. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 89, 1190–1195.
- Sparks, A.K., 1972. *Invertebrate Pathology. Noncommunicable Diseases*, Academic Press, Inc., New York, 1972
- Sreenivasa, R.J., Vasudeva, R.Y., Devindra, S. and Longvah, T., 2014. Analysis of Heavy Metal Concentrations in Indian marine fish using ICP-MS after closed vessel micro wave digestion method. *International Journal of Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 4 (3), 67-73.
- Stentiford, G.D., Longshaw, M., Lyons B.P., Jones G., Green M. and Feist, S.W., 2003. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. *Mar. Environ. Res.*, 55, 137-159.
- Stoyanova, S., Yancheva, V.S., Velcheva, I., Uchikova, E. and Georgieva, E., 2015. Histological alterations in Common Carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) gills as potential biomarkers for Fungicide contamination. *Brazilian Archives of Biology and Technology an International Journal*, 58, (5), 757-764.
- Subaşı, H., 2010. Yapay Sinir Ağı İle Atıksu Arıtma Performansının Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Suiçmez, M., Yılmaz, S. and Şeherli, T., 2011. Age and growth features of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) from Almus Dam Lake, Turkey. *Suleyman Demirel University Journal of Science*, 6 (2), 82-90.
- Summak, Ş., Aydemir, N., Vatan, Ö., Yılmaz, D., Zorlu, T. and Bilaloğlu, R., 2010. Evaluation of genotoxicity from Nilufer Stream (Bursa/Turkey) water using piscine micronucleus test. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (8-9), 2443-2447.
- Şahin, T. and Genç, Y. 1999. Some biological characteristics of picarel (*Spicara smaris*, Linnaeus 1758) in the Eastern Black Sea Coast of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 23, 149-155.
- Şanlı S., 1998. Hirfanlı Baraj Gölü'nde yaşayan *Tinca tinca*'da (L., 1758) büyüme özellikleri ve sindirim kanalı muhteviyatının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Şen, D., Özdemir, Y. ve Köksal, M., 1992. Keban Baraj Gölü'nde Yaşayan *Chondrostoma regium* (Heckel,1843)'da Büyüme Özellikleri, Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Bilimleri Dergisi, 6 (1-2), 135-144.
- Şevik, R., 1997. Atatürk Baraj-Suriye Sınırı Arasındaki Sular (Fırat)'ta Yaşayan *Chondrostoma regium*'un Büyüme özellikleri üzerine Bir Araştırma, Akdeniz Balıkçılık Kongresi, 555-562, İzmir.
- Şimşek, H., 2011. Sazlıdere Baraj Gölü'nün mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik düzeyinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şişman, T., 2007. Poliklorlu Bifenil Bileşiklerinin *Danio rerio*'nun (Zebra Balığı) Gelişimi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Şişman, T., Aşkın, H., Türkez, H., Özkan, H., İncekara, Ü. and Çolak, S., 2015. Determination of nuclear abnormalities in peripheral erythrocytes of the frog *Pelophylax ridibundus* (Anura: Ranidae) sampled from Karasu River Basin (Turkey) for pollution impacts. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*. 1 (2), 75-81.
- Tanyolaç, J., 1993. Göç sularında kirlenme, Limnoloji. Hatiboğlu Yayınevi, 263 s, Ankara.
- Tanyolaç, J., Erdem, Ü., Akpınar, M.A. ve Bardakçı, F., 1994. Sivas İli İçsularında Yaşayan Ekonomik Balık Türlerinin İncelenmesi. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 6-8 Temmuz, Edirne, 53-63.
- Tejeda-Vera, R., Lopez-Lopez, E. and Seden-Diaz, J.,E., 2007. Biomarkers and Bioindicators of the Health Condition of *Ameca splendens* and *Goodea atripinnis* (Pisces: Goodeidae) in the Ameca River, Mexico. *Environmental International*, 33, 521-531.
- Tekin-Özan, S., Kır, İ. ve Barlas, M., 2004. Balıklarda ağır metal birikimi ve etkileri. *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 38 (1), 23-33.
- Timur, G., 2008. Balık anatomisi. Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No:1332. 184s, Ankara.
- Timur, G., 2013. Balık histolojisi ve embriyolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayın No:15., 275s, İstanbul.
- Timur, M., 2011. Balık fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No:957, Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi:34. Ankara, 188s.

- Tkacheva, V., Hyvärinen, H., Kukkonen, J., Ryzhkov, LP. and Holopainen, IJ., 2004. Toxic effects of mining effluents on fish gills in a subarctic lake system in NW Russia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57, 278-289.
- Topal, A., Atamanalp, M., Alak, G., Oruç, E. ve Kocaman, E.M., 2014. Kadmiyum uygulanmış Kahverengi alabalıkların beyin dokularında histopatolojik değişikliklerin incelenmesi. 5. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, Elazığ.
- Topal, A., Atamanalp, M., Oruç, E., Halıcı, M.B., Şişecioğlu, M., Erol, H.S., Gergit, A. and Yılmaz, B., 2015. Neurotoxic effects of nickel chloride in the rainbow trout brain: Assessment of c-Fos activity, antioxidant responses, acetylcholinesterase activity, and histopathological changes. *Fish Physiol. Biochem.*, 41(3) 625-34.
- Tosunoğlu, V., Boncukoğlu, R., Anapalı, Ö. ve Şahin, Ü. 1999. Eysel ve endüstriyel atıkların karasu'da neden olduğu kirlenme. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30 (2), 169-176.
- TSE, 2005. Türk Standardı. TS No:TS 266. Sular- İnsani Tüketim Amaçlı Sular. 29.04.2005. Türk Standartları Enstitüsü, syf 20.
- Tumantozlu, H., 2010. Karacaören II Baraj Gölü'ndeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) örneklerinde bazı ağır metal birikiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nde Yaşayan İstakozlarda (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Turan C., Karcioğlu, M., Hazar, D. ve Seventen, S., 2004. Asi Nehri'nde (Hatay) yaşayan *Barbus* (Cyprinidae) türlerinin sitogenetik analizi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3 (4), 579-583.
- Turgut, C., 2013. Ekotoksikoloji'nin Temel İlkeleri. (Çeviri) Palme Yayınları, 541 s, Ankara.
- Tuurala, H. and Soivio, A., Soivio, 1982. Structural and circulatory changes in the secondary lamellae of *Salmo gairdneri* gills after sublethal exposures to dehydroabietic acid and zinc. *Aquat. Toxicol.*, 2, 21-29.
- Türk Gıda Kodeksi, 2002. 23 Eylül 2002
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/09/20020923.htm>
- Türkez, H., 2007. Bazı bor bileşiklerinin *in vitro* şartlarda periferel insan kanı üzerine genetik ve biyokimyasal etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Türkez, H., Şişman, T., İncekara, Ü., Geyikoğlu F., Tatar, A., and Keleş, M.S., 2009. The genotoxic and biochemical effects of wastewater samples from a fat plant in Erzurum The genotoxic and biochemical effects of wastewater samples from a fat plant in Erzurum. *BAÜ FBE Dergisi*, 11 (2), 55-63.
- Türkmen, M., Başusta, N. ve Demirhan, A.S., 2005. Balıklarda yaş tayini. Balık biyolojisi araştırma yöntemleri kitabı. Nobel Yayınları, Ankara, 121-147.
- Türkoğlu, M., 2008. Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Tyler, A.V. and Dunn, R.S., 1976. Ration, growth, and measures of somatic and organ condition in relation to meal frequency in winter flounder, *Pseudopleuronectes*

- americanus, with hypotheses regarding population homeostasis. Journal of Fisheries Research Board of Canada, 23, 63-75.
- Ullen, H., Augustsson, K., Gustavsson, C. and Steineck, G., 1997. Supplementary iron intake and risk of cancer: reversed causality, Cancer Letter, 114, 215–216.
- Urso, M.L. and Clarkson, P.M., 2003. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicology, 189, 41-54.
- Uslu, H., Atila, G., Ersan Y. ve Özden, Z., 2016. İsrail Sazanı (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) Balıklarına Uygulanan Cypermethrin'in Oksidatif Stres Parametreleri Üzerine Etkileri. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (1), 41-46.
- Üçüncü, S.İ., Ergen, G., Önen, Ö., Tekkan, B.K., Üreten, M., Boz, E., Seferoğlu, K. ve Gökçe, B., 2010a. Dioktil Adipat'ın (DOA) *Labidochromis caeruleus* Fryer, 1956 (Cichlidae, Teleostei) karaciğer histolojisi üzerindeki etkileri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16, 197-203.
- Üçüncü, S.İ., Önen, Ö., Ergen, G., Üreten, M., Boz, E., Seferoğlu, K. ve Gökçe, B., 2010b. Dioktil Adipat'ın (DOA) *Labidochromis caeruleus*'un Fryer, 1956 (Cichlidae, Teleostei) Solungaç Histolojisi Üzerine Etkileri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16 (2), 343-346.
- Ünal, G., Çetinkaya, O. ve Elp, M., 1999. İnci Kefalinde (*Chalcalburnus tarichi*, P., 1811) Gonad Gelişiminin Histolojik Olarak incelenmesi. Turkish Journal of Zoology, 23 (1), 329-338.
- Ünal, Ö.F., 2010. Yeşilirmak Nehri'nden Toplanan Balık ve Sediment Örneklerinde Eser Element Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye.
- Ünlü, E., Balcı, K. ve Akbayın, H., 1990. Savur Çayı'nda Yaşayan Bazı Cyprinidae (Pisces) Türlerinin Büyüme Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, X. Ulusal Biyoloji Kongresi, 283-293, Erzurum.
- Üstün, F., 2010. Kuzey Ege Denizi, Edremit Körfezi Tekir balığı (*Mullus surmuletus* L., 1758) popülasyonunun biyolojik özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Van Der Oost, R., Beyer, J. and Vermeulen, N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. Environmental Toxicology and Pharmacology, 13, 57-149.
- Van Dyk, J.C., Cochrane, M.J. and Wagenaar, G.M., 2012. Liver histopathology of the sharptooth catfish *Clarias gariepinus* as a biomarker of aquatic pollution. Chemosphere, 87, 301–311.
- Vassilopoulou, V. and Papaconstantinou, C. 1992. Preliminary biological data of striped mullet (*Mullus surmuletus*) in the Aegean Sea. FAO Fisheries Reports, 477, 85-96.
- Vural S., 2011. Azotlu Gübrenin *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstlead 1772)'nın Karaciğer, Bağırsak, Solungaç, Böbrek Histopatolojisi ve Serum Proteinleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Ward-Campbell, B.M.S., Beamish, F.W.H., Kongchaiya, C., 2005. Morphological characteristics in relation to diet in five coexisting Thai fish species. Journal of Fish Biology, 67 (5), 1266-1279.

- White, P.A. and Rasmussen, J.B., 1998. The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. *Mutation Research*, 410 (3), 223-236.
- WHO, 2006. World Health Organization. Guidelines for Drinking Water Quality. 595 p. <https://who.int/water-sanitation-health/dwg/gdwg0506.pdf>. Access Date (26.10.2018).
- Widel, M., Kolosza, Z., Jedrus, S., Lukaszczyk, B., Raczek-Zwierzycka, K. and Swierniak, A., 2001. Micronucleus assay *in vivo* provides significant prognostic information in human cervical carcinoma: The updated analysis. *International Journal of Radiation Biology*, 77 (5), 631-6.
- Williams, J.E., 2000. The coefficient of condition of fish. In: *Manual of Fisheries Survey Methods II: With Periodic Updates* (Schneider, J. C., Ed.), pp. 1-2, Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor.
- Winkaler, E.U., Silva, A.G., Galindo, H.C. and Martinez, C.B.R., 2001. Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de ribeirões de Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 23, 507-514.
- Wu, D., Zhai, Q. and Shi, X., 2006. Alcohol-induced oxidative stress and cell responses. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 21 (3), 26-29.
- Yalçın, A., Davraz, A. and Özçelik, M., 2004. Yeraltısularının Kirilenmesinde Litoloji ve Yerleşim Alanlarının Etkisi: Ulupınar Kaynağı, Sorkuncak-Eğirdir-Isparta. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 28(2): 21-29.
- Yamanaka, K., Takabayashi, F., Mizoi, M., An, Y., Hasegawa, A. and Okada, S., 2001. Oral exposure of dimethylarsinic acid, a main metabolite of inorganic arsenic, in mice leads to an increase in 8-oxo-2'-deoxyguanosine level, specifically in the target organs for arsenic carcinogenesis, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 287, 66-70.
- Yandı, I., Kayis, S. and Er, A., 2017. Histopathological Effects Of Etiological And Non-Etiological Agents In Some Fish Gills. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (1), 995-1000.
- Yaramaz, Ö., 1992. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova, Ders Kitabı, 105 s, İzmir.
- Yarmaz, A., 2009. Edremit Körfezi ve civarında yaşayan kıkırdaklı balıklar ve bazı türlerin biyolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Yazıcı, Z. and Şişman, T., 2014. Genotoxic effect of water pollution on two fish species living in Karasu River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 8007-8016.
- Yazıcı, Z. ve Şişman, T., 2015. Karasu Nehri'ndeki su kirliliğinin *Barbus plebejus*'daki genotoksik etkileri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 9-16.
- Yazıcı, Z., 2012. Karasu Nehri'nde (Erzurum) yaşayan bazı balık türleri üzerine su kirliliğinin sitogenetik etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yazıcıoğlu, O., Yılmaz, S., Yazıcı, R. ve Polat, N., 2013. Ladik Gölü (Samsun, Türkiye)'nde yaşayan havuz balığı, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)'nın kondisyon faktörü, boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (9), 72-80.

- Yeldan, H., Avşar, D., Özütok, M. ve Çiçek, E., 2003. Babadillimanı Koyu'ndaki (Silifke-İçel) İzmarit balıklarının *Spicara smarıs* (L., 1758) büyüme ve üreme özellikleri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 20 (1-2), 35-42.
- Yılmaz, M., Ersan, Y., Koç, E., Özen, H. and Karaman, M., 2011. Toxic effects of Cadmium sulphate on tissue histopathology and serum protein expression in European chub, *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758). Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 17, 131-135.
- Yılmaz, M., Gül, A. ve Saylar, Ö., 2007. Hirfanlı Baraj Gölü (Kırşehir)'nde yaşayan *Cyprinus carpio* L., 1758'nun büyüme özellikleri, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27 (1), 37-57.
- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Yılmaz, M. and Polat, N., 2010. Hirfanlı Baraj Gölü'nde Yaşayan *Cyprinus carpio* L., 1758 ve *Tinca tinca* (L., 1758)'nin Boy-Ağırlık ve Boy-Boy İlişkileri ile Mevsimsel Kondisyon Faktörleri. Süleyman Demirel University Journal of Science, 5 (2), 154-162.
- Yırtıcı, Ü., 2007. Tartrazinin *Cyprinus carpio*'daki genotoksik etkisinin MN yöntemi ile araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Younis, S.M., Abdel-Warith, A.A., Al-Asgah, N.A., Ebaid, H. and Mubarak, M., 2013. Histological Changes in the Liver and Intestine of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Exposed to Sublethal Concentrations of Cadmium. Pakistan Journal of Zoology, 45(3), 833-841.
- Yön, N.D. and Akbulut, C., 2014. Histological changes in Zebrafish (*Danio rerio*) Ovaries Following Administration of Bisfenol A. Pakistan Journal of Zoology, 46 (4), 1153-1159.
- Yüce, S., Gündüz F., Demirel, F., Çelik, B., Alpaslan, K., Çoban, M.Z., Aydın R. ve Şen, D., 2016. Atatürk Baraj Gölü'nde Yaşayan Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'in Bazı Populasyon Parametreleri. Limnofish-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 2(1), 31-42.
- Zapata, A., 1979. Ultrastructural study of the teleost fish kidney. Developmental and Comparative Immunology, (3), 55-65.

ÖZGEÇMİŞ

22.08.1987 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmeliği'nden 2010 yılında mezun oldu ve aynı yıl Yüksek Lisans yapma hakkını kazanarak Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde öğrenimine başladı. 2012 yılında Genel Biyoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansını tamamlayarak aynı yıl doktora eğitimine başladı, doktora eğitimini 2018 yılında tamamladı.

