

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

KIRMIR ÇAYI SU, SEDİMENT VE BALIK (*Squalius pursakensis*, *Capoeta baliki*)
ÖRNEKLERİNDE BAZI ANTROPOJENİK KİRLETİCİLERİN TESPİTİ VE
EKOTOKSİKOLOJİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Pınar ARSLAN

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Pınar ARSLAN tarafından hazırlanan “Kirmir Çayı Su, Sediment ve Balık (*Squalius pursakensis*, *Capoeta baliki*) Örneklerinde Bazı Antropojenik Kirleticilerin Tespiti ve Ekotoksikolojik Etkilerinin Araştırılması” adlı tez çalışması 27/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doktor Öğretim Üyesi Saniye Cevher ÖZEREN
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Sibel ATASAGUN
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Aysel Çağlan GÜNAL
Gazi Üniversitesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Begüm YURDAKÖK DİKMEN
Ankara Üniversitesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Belda ERKMEN
Aksaray Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye: Doktor Öğretim Üyesi Saniye Cevher ÖZEREN
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

19/09/2019


Pınar ARSLAN

ÖZET

Doktora Tezi

KİRMİR ÇAYI SU, SEDİMENT VE BALIK (*Squalius pursakensis*, *Capoeta baliki*) ÖRNEKLERİNDE BAZI ANTROPOJENİK KİRLETİCİLERİN TESPİTİ VE EKOTOKSİKOLOJİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Pınar ARSLAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doktor Öğretim Üyesi Saniye Cevher ÖZEREN

Doktora tezi kapsamında Kirmir Çayı'nda belirlenen altı istasyondan alınan su, sediment ve balık (*Capoeta baliki*, *Squalius pursakensis*) örneklerinde; kalıcı organik kirletici (poliklorlu bifeniller-PCB, polibromludifenileterler-PBDE, organik klorlu pestisitler-OK) varlığı GC-MS cihazı kullanılarak araştırılmış ve kirleticilerin ekotoksikolojik etkileri, toplanan balık örneklerindeki histopatolojik değişiklikler, kondisyon faktörü, yaş-eşey durumu arasındaki ilişki yönünden değerlendirilmiştir. Su, sediment ve balık örneklerinden kalıntı analizi sonucunda elde edilen değerler toplam olarak incelendiğinde %78.14 oranında PAH, %17.67 oranında OK, %2.79 oranında PCB ve %1.40 oranında PBDE maddelerine rastlanılmıştır. Histopatolojik incelemeler sonucunda her iki balık türünde karaciğer, solungaç ve beyin dokularında hiperemi bulgusu, solungaçta sekonder lamellerde epitel hiperplazi, karaciğerde hidropik dejenerasyon, böbrekte tübüler dejenerasyon oluşumlarında rastlanılmıştır. Kalıntı analizi, balık biyolojik özellikleri karşılaştırıldığında yaş, eşey ve kondisyon faktörüne bağlı bir fark gözlenmezken ($p>0.05$), histopatolojik oluşumlar ile karşılaştırıldığında *Squalius pursakensis*'in karaciğer ve solungaç bulgularında fark gözlenmiştir ($p<0.05$).

Eylül 2019, 177 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kirmir Çayı, su, sediment, kirletici, *Squalius pursakensis*, *Capoeta baliki*.

ABSTRACT

PhD. Thesis

DETECTION OF SOME ANTHROPOGENIC POLLUTANTS IN WATER,
SEDIMENT AND SELECTED FISH (*Squalius pursakensis*, *Capoeta baliki*)
SAMPLES FROM KIRMIR CREEK AND EVALUATION OF THE POTENTIAL
ECOTOXICOLOGICAL EFFECTS

Pınar ARSLAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Saniye Cevher ÖZEREN

In the scope of this Ph.D. thesis, it was investigated that water, sediment and fish species (*Capoeta baliki*, *Squalius pursakensis*) samples taken from Kirmir Creek persistent organic pollutants by GC/MS and the relationship between histopathological changes in gill, brain, liver and kidney tissues of fish and condition factor, one of the growth factor fish, and age and sex, fish biological characteristics were investigated in terms of ecotoxicological point of view. The residue of water, sediment, and fish tissues analysis were found as a frequency for PAHs 78.14%, for OCs 17.67%, for PCBs 2.79% and for PBDEs 1.40%. Histopathological examination revealed hyperemia in liver, gill and brain tissues, epithelial hyperplasia in the secondary lamelle of gill, hydropic degeneration in the liver and tubular degeneration in kidney tissue. Compared to fish biological characters, age, sex and condition factor with residual analysis was shown no difference ($p>0.05$), but there was a significant difference in liver and gill findings of *Squalius pursakensis* ($p<0.05$).

September 2019, 177 pages

Key Words: Kirmir Creek, water, sediment, contaminant, *Squalius pursakensis*, *Capoeta baliki*.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimden itibaren başlayan süreçte bana her türlü desteği gösteren, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan sevgili danışman hocam Doktor Öğretim Üyesi Saniye Cevher ÖZEREN (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı)'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimim boyunca kendimi bilimsel açıdan her daim geliştirmem için bana yardımcı olan sevgili hocam Prof. Dr. Figen ERKOÇ (Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi)'a teşekkürlerimi sunarım.

Lisans yıllarımdan itibaren tanımakta olduğum ve doktora tez çalışmalarım boyunca bana destek olan sevgili hocam Prof. Dr. Aysel Çağlan GÜNAL (Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi)'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim sürecinde tanımış olduğum, tez çalışmalarım boyunca bana destek olup ve bilimsel açıdan kendimi geliştirmemde katkıları olan sevgili hocalarım Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ (Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi)'ye, Doç. Dr. Begüm YURDAKÖK-DİKMEN (Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi)'ne ve Doktor Öğretim Üyesi Özgür KUZUKIRAN (Çankırı Üniversitesi Eldivan Sağlık Meslek Yüksekokulu)'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez İzleme Komitesi'nde yer alan, bilgi ve birikimleri ile beni yönlendiren sevgili hocam Sibel ATASAGUN (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı)'a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmalarım süresince laboratuvar olanaklarından faydalanmamı sağlayan ve beni bölümün diğer lisansüstü öğrencilerinden ayırt etmeyen Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım sırasında yardımcı olan T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü IX. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca arazi çalışmalarımda yardımcı olan İbrahim ARSLAN'a ve Cemil TARTAN'a yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitim hayatımda tanımış olduğum ve bana manevi açıdan her daim destek olan sevgili arkadaşlarım Bilim Uzmanı Gülsüm BATMAZ'a, Veteriner Hekim Sinem Pehlivan'a ve Bilim Uzmanı Elif PAÇAL'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimi bitirmeme yakın bir süreçte tanımış olduğum, manevi açıdan birbirimize hep destek olduğumuz sevgili arkadaşlarım Bilim Uzmanı Ahmetcan SERBESTOĞLU'na, Bilim Uzmanı Eda AKDAĞ'a, Bilim Uzmanı Danial Nassouhi ve Barış Eren YÜCE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Ve ailem... Sevgisini, inancını ve güvenini her zaman bir dayanak olarak gördüğüm ve kalbimde hissettiğim annem Fadime ARSLAN'a, babam Nurettin ARSLAN'a ve kardeşim Onur Cem ARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bana dualarıyla sürekli destek olan sevgili anneannem ve dedeme sevgilerimi sunarım

Doktora eğitimim boyunca 2228-B Yüksek Lisans Öğrencileri İçin Doktora Burs Programı 2015/1 tarafından desteklendiğim TÜBİTAK'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Pınar ARSLAN
Ankara, Eylül 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELERVE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 PAH İle İlgili Bilgiler	5
2.2 PCB İle İlgili Bilgiler.....	17
2.3 OK İle İlgili Bilgiler	22
2.4 PBDE İle İlgili Bilgiler	27
2.5 Ülkemizde Kalıcı Organik Kirleticiler Hakkında Bilgiler	33
2.6 Çalışmada Kullanılan Balık Türleri.....	37
2.7 Balık Büyüme Biyolojisi	39
2.8 Balık Histopatolojisi Hakkında Bilgiler	40
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	46
3.1 Araştırma Yerinin Tanımı	46
3.2 Araştırma Örneklem Dönemi	50
3.3 Araştırma Materyallerinin Toplanması ve Laboratuvara Getirilmesi.....	51
3.4 Araziden Toplanan Örneklerde Yapılan İşlemler	54
3.4.1 Balıkların büyüme özellikleri ile ilgili yapılan işlemler	54
3.4.2 Balıklarda histopatolojik incelemelerde kullanılan çözeltiler	55
3.4.3 Balıklarda histopatolojik çalışmalar ile ilgili yapılan işlemler	57
3.4.4 Kalıntı analizinde kullanılan kimyasal maddeler	58
3.4.5 Su örneklerinde kalıntı analizi ile ilgili yapılan işlemler	58
3.4.6 Sediment örneklerinde kalıntı analizi ile ilgili yapılan işlemler	59
3.4.7 Balık örneklerinde kalıntı analizi ile ilgili yapılan işlemler	60
3.4.8 GC/MS cihaz metodu	61
3.5 İstatistiksel Değerlendirme.....	61
4. BULGULAR.....	62
4.1 Su Ölçüm Parametrelerinden Elde Edilen Verilere Ait Bulgular	62
4.2 Balık Büyüme Parametrelerine İlişkin Bulgular	66
4.2.1 <i>Capoeta baliki</i> balıklarına ilişkin bulgular.....	66
4.2.1.1 Büyüme parametrelerine ilişkin bulgular.....	68

4.2.2 <i>Squalius pursakensis</i> 'e ilişkin bulgular	70
4.2.2.1 Büyüme parametrelerine ilişkin bulgular.....	71
4.3 Balık Histopatolojisine İlişkin Bulgular.....	74
4.3.1 <i>Capoeta baliki</i> 'ye ilişkin bulgular.....	74
4.3.1.1 Solungaç dokusuna ilişkin bulgular	74
4.3.1.2 Karaciğer dokusuna ilişkin bulgular.....	78
4.3.1.3 Böbrek dokusuna ilişkin bulgular	81
4.3.1.4 Beyin dokusuna ilişkin bulgular	82
4.3.2 <i>Squalius pursakensis</i> 'e ilişkin bulgular	84
4.3.2.1 Solungaç dokusuna ilişkin bulgular	84
4.3.2.2 Karaciğer dokusuna ilişkin bulgular.....	87
4.3.2.3 Böbrek dokusuna ilişkin bulgular	90
4.3.2.4 Beyin dokusuna ilişkin bulgular	91
4.4 Su Kalıntı Analizi	93
4.4.1 PAH kalıntı analizi.....	93
4.4.2 PCB kalıntı analizi	102
4.4.3 OK kalıntı analizi	104
4.4.4 PBDE kalıntı analizi.....	106
4.5 Sediment Numunelerinde Kalıntı Analizi.....	107
4.5.1 PAH kalıntı analizi.....	107
4.5.2 PCB kalıntı analizi	118
4.5.3 OK kalıntı analizi	120
4.5.4 PBDE kalıntı analizi.....	122
4.6 Balık Numunelerinde Kalıntı Analizi.....	123
4.6.1 PAH kalıntı analizi.....	123
4.6.2 PCB kalıntı analizi	132
4.6.3 OK kalıntı analizi	135
4.6.4 PBDE kalıntı analizi.....	138
5. TARTIŞMA	140
6. SONUÇ.....	157
KAYNAKLAR	159
ÖZGEÇMİŞ.....	172

SİMGELER DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
An	Antrasen
Ane	Asenaftilen
Anp	Asenaften
BaA	Benzo[a]Antrasen
BaP	Benzo[a]Piren
BbF	Benzo[b]Fulorenten
BDE	Bromludifenil eterler
BkF	Benzo[k]Fulorenten
BghiPy	Benzo[ghi]Perilen
C18	Bondesil karbon 18
DahA	Dibenz[a,h]Antrasen
DDT	Diklorodifeniltrikloroetan
EU	Avrupa Birliği
Flr	Fuloren
Flu	Fulorenten
GC/MS	Gaz kromatografi/Kütle spektrometrisi
HCH	Heksakloroheksan
IcdP	Indeno[1,2,3-cd]Piren
KOK	Kalıcı organik kirletici
MgSO ₄	Magnezyum sülfat
NaCl	Sodyum klorür
Np	Naftalen
OK	Organoklorlu pestisitler
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
PBDE	Polibromludifenil eterler
PBDE 28	2,4-Dibromo-1-(4-bromofenoksi)benzen
PBDE 47	2,2',4,4'-Tetrabromodifenil-eter
PBDE 99	2,2',4,4',5-Pentabromodifenil-eter
PBDE 100	1,3,5-Tribromo-2-(2,4-dibromofenoksi)benzen
PBDE 153	2,2',4,4',5,5'-Hekzabromodifenil-eter
PBDE 154	2,2',4,4',5,6'-Hekzabromodifenil-eter
PCB	Poliklorlu bifeniller
PCB 28	2,4,4'-Triklorobifenil

PCB 52	2,2',5,5'-Tetraklorobifenil
PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil
PCB 138	2,2',3',4,4',5-Hekzaklorobifenil
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hekzaklorobifenil
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil
PCB 118	2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil
Phe	Fenantren
PSA	Primer sekonder amin
Py	Piren
US EPA	United States Environmental Protection Agency
SCF EU	Scientific Committee for Food (Avrupa Birliği Gıda Bilimsel Komitesi)
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık örgütü)

Kısaltmalar

<	Küçük
>	Büyük
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
Σ	Toplam
μ	Mikro
cm	Santimetre
g	Gram
kg	Kilogram
L	Litre
LogP	Oktanol/Su Partisyon Katsayısı
M	Molar
m	Metre
m ³	Metreküp
mL	Mililitre
mol	Mol
ng	Nanogram
pg	Pikogram
ppb	Milyarda bir kısım
S	Siemens

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 PAH'ların sucul ekosisteme karışma yolları (Behera vd. 2018).....	6
Şekil 2.2 <i>Capoeta baliki</i>	38
Şekil 2.3 <i>Squalius pursakensis</i>	39
Şekil 2.4 Sağlıklı balıkta solungaç yapısı (Mokhtar 2017)	41
Şekil 2.5 Sağlıklı balıkta karaciğer yapısı (Mokhtar 2017)	42
Şekil 2.6 Sağlıklı balıkta böbrek yapısı (Mokhtar 2017)	43
Şekil 2.7 Sağlıklı balıkta beyin yapısı (Morrison 2007)	43
Şekil 3.1 Kirmir Çayı'nın Google Maps'te görüntüsü ve istasyonlar (A. Karacaören (köy girişi), B. Özdere C. Hamam Çayı-Çeltikçi, D. Yeşilöz Mevkii, E. Süvari Deresi, F. Gömleksiz Köprüsü).....	47
Şekil 3.2 Özdere istasyonunun mevsimlere göre durumu.....	47
Şekil 3.3 Karacaören (köy girişi) istasyonunun mevsimlere göre durumu.....	48
Şekil 3.4 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunun mevsimlere göre durumu	48
Şekil 3.5 Yeşilöz Mevkii istasyonunun mevsimlere göre durumu	49
Şekil 3.6 Süvari Deresi istasyonunun mevsimlere göre durumu	49
Şekil 3.7 Gömleksiz Köprüsü istasyonunun mevsimlere göre durumu	50
Şekil 3.8 Balık örnekleme yapılmaması.....	51
Şekil 3.9 Su parametrelerinin oksijenmetre ile ölçülmesi.....	53
Şekil 3.10 Su örneklerinin alınması	53
Şekil 3.11 Sediment örneklerinin alınması	54
Şekil 3.12 Balık örnekleri ile yapılan işlemler	55
Şekil 3.13 Su örneklerinde kalıntı analizi	59
Şekil 4.1 İstasyonların mevsimsel pH değerleri.....	63
Şekil 4.2 İstasyonların mevsimsel su sıcaklığı değerleri	64
Şekil 4.3 İstasyonların mevsimsel doymuş oksijen ölçüm değerleri	65
Şekil 4.4 İstasyonların mevsimsel iletkenlik ölçüm değerleri	66
Şekil 4.5 <i>Capoeta baliki</i> 'nin total boy ve ağırlık dağılımı.....	68
Şekil 4.6 <i>Squalius pursakensis</i> 'in bütün bireylerde total boy ve ağırlık dağılımı	72
Şekil 4.7 <i>Capoeta baliki</i> solungaç dokusunda hiperemi	75
Şekil 4.8 <i>Capoeta baliki</i> solungaç dokusu, epitel hiperplazi (siyah ok),	75
Şekil 4.9 <i>Capoeta baliki</i> solungaç dokusu, füzyon	76

Şekil 4.10 <i>Capoeta baliki</i> karaciğer dokusu, hiperemi (kırmızı oklar) ve hidropik dejenerasyon (siyah ok),.....	78
Şekil 4.11 <i>Capoeta baliki</i> karaciğer dokusunda yağlanma	79
Şekil 4.12 <i>Capoeta baliki</i> böbrek dokusu, tübüler dejenerasyon.....	81
Şekil 4.13 <i>Capoeta baliki</i> beyin dokusu, hiperemi	83
Şekil 4.14 <i>Squalius pursakensis</i> solungaç dokusu, füzyon	85
Şekil 4.15 <i>Squalius pursakensis</i> solungaç dokusu, epitel hiperplazi	85
Şekil 4.16 <i>Squalius pursakensis</i> karaciğer dokusu, hiperemi	87
Şekil 4.17 <i>Squalius pursakensis</i> karaciğer dokusu, hidropik dejenerasyon.....	88
Şekil 4.18 <i>Squalius pursakensis</i> böbrek dokusu, tübüler dejenerasyon.....	90
Şekil 4.19 <i>Squalius pursakensis</i> beyin dokusu, hiperemi	92
Şekil 4.20 Karacaören (köy girişi) istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	95
Şekil 4.21 Özdere istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı	97
Şekil 4.22 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	98
Şekil 4.23 Yeşilöz Mevkii istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	99
Şekil 4.24 Süvari Deresi istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	100
Şekil 4.25 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	101
Şekil 4.26 Karacaören (köy girişi) istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	110
Şekil 4.27 Özdere istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı ...	111
Şekil 4.28 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	113
Şekil 4.29 Yeşilöz Mevkii istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	114
Şekil 4.30 Süvari Deresi istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	116
Şekil 4.31 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	117
Şekil 4.32 Özdere istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	125
Şekil 4.33 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı.....	127

Şekil 4.34 Yeşilöz Mevkii istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı	128
Şekil 4.35 Süvari Deresi istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı	130
Şekil 4.36 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı	131
Şekil 5.1 Su ve sediment örneklerinden elde edilen PAH analitlerinin halka sayısı	151
Şekil 5.2 Balık örneklerinde elde edilen PAH analitlerinin halka sayısı oranı	152



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 PAH'ların adları ve AB Gıda Bilimsel Komitesi (SCF), Avrupa Birliği (AB) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından hazırlanan yönetmeliklerde bulunma durumu	7
Çizelge 2.2 Öncelikli 16 adet PAH bileşiği yapısı ve özellikleri.....	11
Çizelge 2.3 Çalışmada kullanılan PCB'lerin özellikleri	19
Çizelge 2.4 Çalışmada kullanılan OK'ların özellikleri	24
Çizelge 2.5 Çalışmada kullanılan PBDE'lerin özellikleri	30
Çizelge 3.1 Araştırma istasyonları adı ve koordinatları.....	46
Çizelge 3.2 Araştırma örnekleme dönemleri	51
Çizelge 3.3 Araştırma kapsamında yakalan balık örnekleri.....	52
Çizelge 4.1 İstasyonların mevsimsel pH ölçüm değerleri.....	62
Çizelge 4.2 İstasyonların mevsimsel su sıcaklığı ölçüm değerleri	63
Çizelge 4.3 İstasyonların mevsimsel doymuş oksijen ölçüm değerleri	64
Çizelge 4.4 İstasyonların mevsimsel iletkenlik ölçüm değerleri	65
Çizelge 4.5 İstasyonlara ve mevsimlere göre toplanan <i>Capoeta baliki</i> sayısı	67
Çizelge 4.6 İstasyonlara göre <i>Capoeta baliki</i> 'nin yaş dağılımı	67
Çizelge 4.7 <i>Capoeta baliki</i> 'nin istasyonlara göre ortalama total boy ve ağırlık verileri	68
Çizelge 4.8 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Capoeta baliki</i> 'nin kondisyon faktörü dağılımı.....	69
Çizelge 4.9 Yaşa göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı	70
Çizelge 4.10 Eşeye göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı	70
Çizelge 4.11 İstasyonlara ve mevsimlere göre toplanan <i>Squalius pursakensis</i> sayısı ..	70
Çizelge 4.12 İstasyonlara göre <i>Squalius pursakensis</i> 'nin yaş dağılımı	71
Çizelge 4.13 <i>Squalius pursakensis</i> türünün istasyonlara göre ortalama total boy ve ağırlık verileri	72
Çizelge 4.14 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Squalius pursakensis</i> 'in kondisyon faktörü dağılımı.....	73
Çizelge 4.15 Yaşa göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı	73
Çizelge 4.16 Eşeye göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı	73
Çizelge 4.17 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Capoeta baliki</i> 'nin solungaç dokularında görülen histopatolojik bulgular	77
Çizelge 4.18 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Capoeta baliki</i> 'nin karaciğer dokularında görülen histopatolojik bulgular	80

Çizelge 4.19 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Capoeta baliki</i> 'nin böbrek dokularında görülen histopatolojik bulgular	82
Çizelge 4.20 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Capoeta baliki</i> 'nin beyin dokularında görülen histopatolojik bulgular	83
Çizelge 4.21 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Squalius pursakensis</i> 'in solungaç dokularında görülen histopatolojik bulgular	86
Çizelge 4.22 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Squalius pursakensis</i> 'in karaciğer dokularında görülen histopatolojik bulgular	89
Çizelge 4.23 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Squalius pursakensis</i> 'in beyin dokularında görülen histopatolojik bulgular	91
Çizelge 4.24 İstasyonlara ve mevsimlere göre <i>Squalius pursakensis</i> 'in beyin dokularında görülen histopatolojik bulgular	92
Çizelge 4.25 Su için PAH analitleri LOD ve LOQ değerleri	93
Çizelge 4.26 Mevsimlere göre su numunelerinde toplam PAH miktarları	94
Çizelge 4.27 Karacaören (köy girişi) istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	95
Çizelge 4.28 Özdere istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	96
Çizelge 4.29 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları ...	97
Çizelge 4.30 Yeşilöz Mevkii istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	98
Çizelge 4.31 Süvari Deresi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	99
Çizelge 4.32 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	100
Çizelge 4.33 PCB analitleri LOD ve LOQ değerleri	102
Çizelge 4.34 Su numunelerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları	103
Çizelge 4.35 OK analitleri LOD ve LOQ değerleri	104
Çizelge 4.36 Su numunelerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları	105
Çizelge 4.37 PBDE analitleri LOD ve LOQ değerleri	106
Çizelge 4.38 Su numunelerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları	107
Çizelge 4.39 Sediment için PAH analitleri LOD ve LOQ değerleri	108
Çizelge 4.40 Mevsimlere göre sediment örneklerinde toplam PAH miktarları	109
Çizelge 4.41 Karacaören (köy girişi) istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	110
Çizelge 4.42 Özdere istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	111
Çizelge 4.43 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları .	112
Çizelge 4.44 Yeşilöz Mevkii istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	113
Çizelge 4.45 Süvari Deresi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	115
Çizelge 4.46 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları	116

Çizelge 4.47 Sediment numunelerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları	119
Çizelge 4.48 Sediment numunelerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları	121
Çizelge 4.49 Sediment numunelerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları.....	122
Çizelge 4.50 İstasyonlara ve mevsimlere göre balık sayısı	123
Çizelge 4.51 İstasyonlara ve mevsimlere göre balık örneklerinde toplam PAH miktarları.....	124
Çizelge 4.52 Özdere istasyonunda balıklar için tespit edilen PAH analit miktarları....	125
Çizelge 4.53 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda balıklar için PAH analit miktarları.	126
Çizelge 4.54 Yeşilöz Mevkii istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları.	127
Çizelge 4.55 Süvari Deresi istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları ...	129
Çizelge 4.56 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları.....	130
Çizelge 4.57 <i>Capoeta baliki</i> örneklerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları...	133
Çizelge 4.58 <i>Squalius pursakensis</i> örneklerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları.....	134
Çizelge 4.59 <i>Capoeta baliki</i> örneklerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları ...	136
Çizelge 4.60 <i>Squalius pursakensis</i> örneklerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları.....	137
Çizelge 4.61 <i>Capoeta baliki</i> örneklerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları.....	138
Çizelge 4.62 <i>Squalius pursakensis</i> örneklerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları.....	139

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasının en önemli çevre sorunlarından biri sucul ekosistem kirliliğidir. Dünya'nın dörtte üçünün su ile kaplı olduğu düşünülürse sucul ekosistemlerde meydana gelen değişim birçok açıdan önem teşkil eder. Su miktarının %97'sini tuzlu su kaynakları (denizler ve okyanuslar) ve %3'ünü tatlısu kaynakları (buzullar, yeraltı suları, göller ve nehirler) oluşturmalarına rağmen tatlısu kaynaklarının çok küçük bir kısmı (tatlısu kaynaklarının %0.3'ü) canlılar tarafından içme suyu olarak kullanılmaktadır (Muluk vd. 2013).

Su Çerçeve Direktifi 2000/60/EC kapsamında sucul ekosistemlerin su kaynaklarının korunması, su kalite değerlerinin geliştirilmesi ve sucul organizmaların biyoçeşitliliğinin korunması amaçlanmaktadır. Bu nedenle sucul ekosistemlerde düzenli olarak izleme çalışmaları yapılmaktadır. Sucul ekosistemlerde meydana gelen herhangi bir kirlenme sonucunda su kalite değerleri değişmekte buna bağlı olarak suda yaşayan veya su ile ilişkili olan canlılar doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir (Directive 2000).

Yirminci yüzyılda sanayileşme hızının artmasıyla birlikte çevreye salınması artan ksenobiyotik maddeler (yabancı kimyasal maddeler) sucul ekosistemlerin kirlenmesine neden olan en önemli etmenlerden biridir. Ksenobiyotik maddelere polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), organoklorlu pestisitler (OK), poliklorlu bifeniller (PCB) ve polibromludifenil eterler (PBDE) gibi grupları içeren kalıcı organik kirleticiler (KOK) madde grubu örnek verilebilir. KOK'lar kimyasal yapıları nedeniyle suda çözünmezler, doğal ortamda bozunmaları zor olması nedeniyle kalıcı bileşiklerdir, sedimentte ve canlıların yağ (adipöz) dokularında biyoakümüle olarak besin ağında üst basamaklara doğru birikim gösterirler (Baptista vd. 2013, Net vd. 2015, Wang vd. 2018).

KOK'ların biyosferde meydana getirdiği etkilerin anlaşılmasıyla birlikte ulusal ve uluslararası politikalarda bu maddelerin üretimi, kullanımı ve dağıtımına ilişkin düzenlemeler getirilmiştir. Bu düzenlemelerin en önemlilerinden biri Mayıs 2001 tarihinde düzenlenen Stokholm Sözleşmesi'dir. Bu sözleşme, uluslararası alanda

KOK'ların insan ve çevre sağlığı üzerinde etkisini önlemeyi, düzenlemeyi ve korumayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede insan ve çevre sağlığı üzerinde tehlikeli etkiye sahip 21 adet maddenin üretimi, kullanımı ve yayılmasını yasaklar. Bu çerçevede endrin, oksafen, alfaheksaklorosikloheksan, betaheksaklorosikloheksan, klordekon, heksabromobifenil ve pentaklorobenzen maddelerinin üretimi ve kullanımı yasaklanmıştır. Aldrin, klordan, dieldrin, heptaklor, heksaklorobenzen ve mireks maddelerinin üretimi ve kullanımı 2009'dan itibaren yasaklanmıştır. Stokholm Sözleşmesi'ni imzalayan ülkelerde PCB üretimini yasaklamasına rağmen bu PCB içeren ekipmanların kullanımını 2025 yılına kadar azaltmasını gerektiği belirtilmiştir. Bu sözleşme ayrıca lindan, tetrabromodifenil eter, pentabromodifenil eter, heksabromodifenil eter ve heptabromodifenil eter grubundaki maddelerin üretilmesini de yasaklar fakat çok sıkı çerçevede kullanımına izin verir (UNEP 2009, UNEP 2010). Ülkemizde, 14/07/2009 tarihinde "Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi" Bakanlar Kurulu kararı gereği onaylanmıştır (Resmi Gazete 2009).

Ülkemiz su havzalarından biri olan Sakarya Nehri Havzası, İç Anadolu ve Marmara Bölgeleri sınırları içinde yer alan Sakarya, Bolu, Ankara, Eskişehir, Bilecik, Bursa, Kütahya, Konya ve Afyon illerinden geçmekte olup, gerek sanayii gerekse tarımsal açıdan yoğun faaliyetler ile kirlenme tehdidi altındadır. Kirmir Çayı, Ankara ili sınırları içerisinde yer alan Sakarya Nehri Havzası'na ait bir koldur (Tunç Dede vd. 2013).

KOK maddelerinin sucul ekosistemlerde meydana getirdiği kirlenmenin yanı sıra sucul organizmalar üzerindeki potansiyel etkilerinin anlaşılması sucul ekosistemi korumak için gerekli bilgileri sağlamaktadır. Bu çevresel izleme çalışmasında, Kirmir Çayı'nın altı farklı bölgesinden mevsimsel olarak toplanan su, sediment ve balık (*Squalius pursakensis*, *Capoeta baliki*) örneklerinde çalışma alanında çeşitli KOK'ların (organoklorlu pestisit, PCB, PAH ve PBDE'ler); örnekler bazında, bölgesel/ mevsimsel karşılaştırma yapılarak araştırılması ve balıklar üzerindeki etkinin histopatolojik ve büyüme parametreleri yönüyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Böylece bölgedeki KOK kirleticilerinin etkilerinin ekotoksikolojik yönüyle değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kalıcı organik kirleticiler (KOK), kimyasal, biyolojik ve fotolitik süreçlerle bozulmaya dirençli, canlı organizmaların dokularında biyoakümülyasyon ve biyomagnifikasyon yolu ile birikimi olması nedeniyle insan ve çevre sağlığı üzerinde potansiyel toksik etki gösteren organik birleşiklerdir (UNEP 2009, UNEP 2010). Besin zincirinde biyoakümülyasyon ile canlılarda birikim gösteren bu maddeler, besin ağı içerisinde ise biyomagnifikasyon ile artan bir konsantrasyon göstererek üst seviyedeki canlılara aktarılır. Bu nedenle de ekosistemdeki bütün canlılar için tehlike göstermektedir (Figueiredo vd. 2017). Ayrıca, kalıcılık özelliği göstermelerinden ötürü hava, su ve organizmalar yoluyla uzun mesafelere taşınarak başka bölgelerdeki ekosistemi de etkileyebilen maddelerdir (UNEP 2009, UNEP 2010).

Günümüzde birçok ülkede üretimi, kullanımı ve dağıtımı yasaklanmış olmasına rağmen bu kimyasal maddeler dünya çapında halen ekosistemin toprak, hava, su ve sedimentten oluşan abiyotik kısımlarında bulunduğu gibi algler, zooplanktonlar, balıklar, kuşlar ve memeliler gibi çok çeşitli canlı organizma gruplarını içeren biyotik kısımlarında da bulunmaktadır (Alonso-Hernandez vd. 2014, Rabodonirina vd. 2015). Canlıların bu maddelere maruz kalmasıyla karsinojenik, mutajenik, teratojenik, immünolojik ve üreme bozukluğu gibi birçok olumsuz sonuçlar ortaya çıkar (Eqani vd. 2013).

KOK'lar, biyoakümülyasyon potansiyeli, kalıcılık özelliği, canlılar üzerinde toksik etkili olması, hidrofobik ve lipofilik karakter göstermesi nedeniyle sucul ekosistemler için endişe kaynağı yaratan kimyasal maddelerdir (Çonka vd. 2014, Rabodonirina vd. 2015, Fair vd. 2018). Sucul ekosistemde kirletici madde izlenmesi o ekosistemde bulunan su, sediment ve sucul canlı gruplarının incelenmesi ile olur. Bu kirletici maddeler sucul ekosistemlerde su kalitesinde hızlı bir değişime neden olur. Ancak suyun hareketli bir öge olması nedeniyle asıl kalıcılık ve biyoakümüle olma özelliğini sediment ve sucul canlılar üzerinde gösterir (Schäfer vd. 2015). Sediment birçok sucul canlıının habitatının olmasının yanı sıra organik kirletici maddelerin depo görevini gören bir ögedir (Çonka vd. 2014, Schäfer vd. 2015, Bettinetti vd. 2016). Sedimentte yaşayan sucul canlılarda yağ (adipöz) bakımından zengin olan dokularda birikim göstererek besin zinciri yoluyla

diğer canlılara biyoakümüle olmaktadırlar (Romanić vd. 2018). Bu biyolojik birikimin gözlendiği sucul canlılardan biri olan balıklarda ise KOK biyoakümüleyasyonu biyolojik karakterler (boy, ağırlık, lipid oranı, yaş), habitat tercihleri (bentik, pelajik gibi), beslenme davranışı, fiziksel faktörler (bazal kontaminasyon seviyesi) ve çevresel faktörler (tür içi, türler arası, mevsimler ve ekosistemler arası) tarafından etkilenir (Lopes vd. 2012, Eqani vd. 2013).

Bu çalışmada incelenmesi hedeflenen KOK gruplarından polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), poliklorlu bifeniller (PCB), organoklorlu pestisitler (OK) ve polibromludifenil eterler (PBDE) küresel anlamda en önemli KOK grupları olarak kabul edilirler (Verweij vd. 2004). Bu bileşiklerin kimyasal ve fiziksel özellikleri moleküler yapılarına bağlıdır. Bu özellikler de çevresel karakterlerle birlikte kirleticilerin canlı organizmadaki toksik etkilerini belirler (Çonka vd. 2014).

PAH'lar petrol, orman yangınları ve volkan patlaması gibi doğal olarak ortaya çıkan bileşikler olduğu gibi kömür yanması, araç egzosu gibi olaylar sonucu oluşan antropojenik kaynaklı bileşiklerdir (Net vd. 2015, Rabodonirina vd. 2015). PAH grubundaki maddeler yüksek oranda lipofilik maddelerdir ve sucul ekosistemlerde biyoakümüle olurlar. Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency, US. EPA) toksik, karsinogenik ve mutajenik etkileri göstermeleri nedeniyle 16 adet PAH bileşiğini birincil kirleticiler listesine almıştır (Net vd. 2015).

PCB'ler 1979 yılından beri üretimi durdurulmuş olan ancak halen boya maddelerinde, mürekkepte ve birçok pestisit maddesi içerisinde bulunan bir gruptur (Net vd. 2015, Rabodonirina vd. 2015). Ayrıca toksik, kronik dayanıklılık ve biyoakümüle olma özellikleri nedeniyle, yasaklanma veya kullanımında kısıtlamalara gidilme ve bazı bileşikleri birçok ülkede birincil kirleticiler listesinde yer alan bir madde grubudur (Okay vd. 2009, Net vd. 2015, Kim vd. 2018).

OK grubu maddelerin büyük bir çoğunluğu (DDT gibi) 1970'lerde ABD'de yasaklanmasıyla birlikte diğer ülkelerde de üretimi ve kullanımı yasaklanan bu

maddelerin varlığı halen yapılan çalışmalarda ortaya çıkmaktadır (Sapozhnikova vd. 2004).

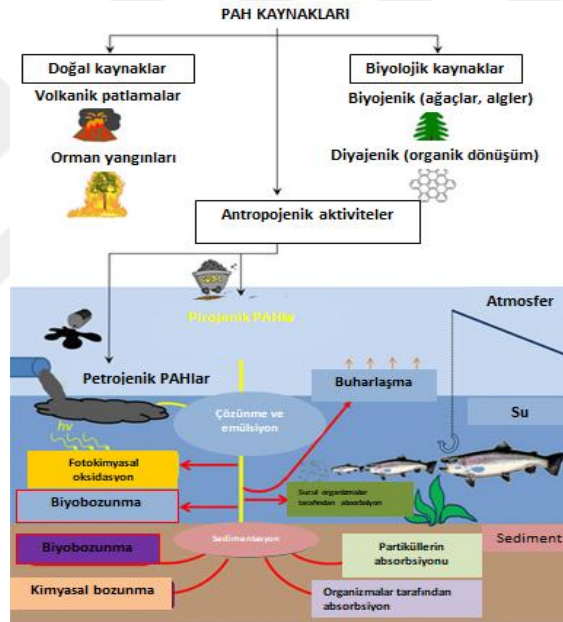
PBDE'ler alev önleyici maddeler olarak plastikler, boyalar, tekstil sanayi ve bina yapım malzemeleri içinde kullanılan maddelerdir (Ameur vd. 2011). Kullanım alanlarının çok geniş olması nedeniyle 1970'lerde hızlı bir taleple küresel çapta üretimi artan bu maddelerin birçok grubunun nörotoksik olmasından ötürü Avrupa Birliği (EU) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) tarafından yasaklanmıştır (Wang vd. 2007). Bu çalışmada incelenen madde gruplarının ve maddelerin genel özellikleri ve sucul ekosistem üzerine yapılan çalışmalardaki etkileri PAH için bölüm 2.1'de, PCB için Bölüm 2.2'de, OK için Bölüm 2.3'de ve PBDE için Bölüm 2.4'te anlatılmıştır. Ülkemizde küresel anlamda büyük bir ilgi gören ve endişe duyulan etkilere sahip olan bu madde grupları ile ilgili çalışmalar, Türkiye'nin Stockholm Sözleşmesini 02/04/2009 tarihinde 5871 sayılı Kanun ile Bakanlar Kurulu tarafından kabul edilmesinden sonra artmaya başlamıştır. Ülkemizde bu açıdan yapılan çalışmalar ile ilgili bilgiler Bölüm 2.5'da verilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen balık türleri ile ilgili bilgiler ise Bölüm 2.6'da anlatılmıştır.

2.1 PAH İle İlgili Bilgiler

Çevresel kirleticilerin en önemli gruplarından biri olan PAH'lar canlılar üzerinde kanserojen, endokrin bozucu ve immünotoksik etkiler gösterirler. Lipofilik ve kalıcılık gibi fizikokimyasal özellikleri sayesinde besin zincirinde ve besin ağında biyoakümülyasyon ve biyomagnifikasyon ile birikimi artarak insan ve vahşi yaşam sağlığı üzerinde istenmeyen etkilere sahip olabilir (Ilyas vd. 2011).

PAH grubundaki maddeler biyojenik, jeojenik, petrojenik ve pirolitik (organik maddelerin ve fosil yakıtların yıkılması) olmak üzere doğal ve antropojenik olarak dört farklı kaynaktan oluşmaktadır (Kim vd. 2018). Bazı kaynaklarda petrojenik ve pirolitik kaynaklar antropojenik etkiler altında toplanmaktadır (Behera vd. 2018).

Bu gruptaki maddeler sucul ekosistemlere çok çeşitli yollardan karışmaktadır. Orman yangınları ve volkanik patlamalar sonucu atmosferik toz parçacıklarının içine karışan tanecikler su yüzeyi tarafından adsorbe edilerek suya karışır ve zamanla sedimente çöker. Petrol sızıntısı ve kömür faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların su kaynaklarına karışması ise bir başka yoldur (Wolska vd. 2014, Behera vd. 2018) Yüksek oranda hidrofobik olmaları nedeniyle PAH'ların yıkılması zordur ve özellikle de su ortamlarında, partikül maddelerde absorbe olma eğilimindedir ve uzun süre absorbe edilmeye devam ederler. Ayrıca suda yaşayan canlılar tarafından da absorpsiyonları gerçekleşmekte bu şekilde besin zinciri ve ağı yolu ile diğer canlılarda birikim göstermektedir (Behera vd. 2018) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 PAH'ların sucul ekosisteme karışma yolları (Behera vd. 2018)

PAH'lar kimyasal yapısında iki veya üç benzen halkası içerenler, dört benzen halkası içerenler, beş veya altı benzen halkası içerenler olmak üzere sırasıyla düşük, orta ve yüksek moleküler ağırlığa sahip maddelerdir (Botwe vd. 2017). İçerdikleri benzen halkası sayısına göre PAH kaynakları hakkında petrojenik veya pirojenik olduğuna dair bilgi edinilebilir (Wolska vd. 2014, Tongo vd. 2017).

PAH grubu maddeleri yüzlerce çeşitten oluşmasına rağmen US EPA tarafından birincil kirlenici maddeler listesinde 16 adet PAH maddesi yer almaktadır (Botwe vd. 2017). Bu listede yer alan maddelerden bazıları Avrupa Birliği Gıda Bilimsel Komitesi (EU Scientific Committee for Food, SCF) ve Avrupa Birliği (EU) yönetmeliklerinde yer almaktadır (Lerda 2011). Ayrıca Benzo(a)Piren, Benzo[b]Fulorenten, Benzo[k]Fulorenten, Benzo[ghi]Perilen, Indeno[1,2,3-cd]Piren 2455/2001/EC karar numaralı Avrupa Birliği Parlamentosu ve Konseyi yönetmeliğine göre sularda izlemesi yapılan PAH maddelerindendir (Lerda 2011). Çizelge 2.1’de bu maddelerin adları ve bulundukları yönetmelikler gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 PAH’ların adları ve AB Gıda Bilimsel Komitesi (SCF), Avrupa Birliği (AB) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından hazırlanan yönetmeliklerde bulunma durumu

PAH grubu	madde	Yönetmelikler	PAH madde grubu	Yönetmelikler
Naftalen (Np)		EPA	Benzo[a]Antrasen (BaA)	EPA, SCF, EU
Asenaften (Anp)		EPA, SCF, EU	Krisen (Chr)	EPA, SCF, EU
Asenaftalen (Ane)		EPA, SCF, EU	Benzo[b]Fulorenten (BbF)	EPA, SCF, EU
Fuloren (Flr)		EPA	Benzo[k]Fulorenten (BkF)	EPA, SCF, EU
Fenantren (Phe)		EPA	Benzo[a]Piren (BaP)	EPA, SCF, EU
Antrasen (An)		EPA, SCF, EU	Indeno[1,2,3-cd]Piren (IcdP)	EPA, SCF, EU
Fulorenten (Flu)		EPA	Dibenz[a,h]Antrasen (DahA)	EPA, SCF, EU
Piren (Py)		EPA	Benzo[ghi]Perilen (BghiPy)	EPA, SCF, EU

Öncelikli olarak listelenen bu 16 adet PAH maddesi hakkında kısa bir bilgi aşağıda maddeler halinde verilmiş olup, bileşiklerin kimyasal ve fiziksel özellikleri çizelge 2.2’de sunulmuştur.

- Naftalen iki benzen halkalı, beyaz, uçucu ve katı bir maddedir. Kömür katranı ve petrol damıtmasından elde edilir. Öncelikli olarak endüstride fitalatik anhidrit üretmek için kullanılırken gündelik yaşamda evlerde güve koruyucu olarak da kullanılır. Naftalen maruziyeti hemolitik anemi, karaciğer ve nörolojik sisteme hasar, katarakt ve retina kanaması ile ilişkilidir. Naftalenin insan kanserojen olacağı makul olarak öngörülmektedir. Larenks ve kolorektal kanser geliştirme riskinin artmasıyla ilişkili olabilir (Anonymous 1).

- Asenaften üç benzen halkalı, beyaz renkli bir madde olup sıcak alkolde çözünür. Cildi ve mukoza zarlarını tahriş eder. Ayrışmaya kadar ısıtıldığında, yanmış duman ve tahriş edici dumanlar yayar. Kömür katranından türetilmiş olup ve boya, ilaç, böcek ilacı, mantar ilacı ve plastik yapımında kullanılır (Anonymous 2).

- Asenaftalen üç benzen halkaya sahip renksiz bir kristal katıdır. Boya sentezinde, böcek ilaçlarında, mantar ilaçlarında ve plastik üretiminde kullanılır (Anonymous 3).

- Fenantren, adını ‘fenil’ ve ‘antrasen’ terimlerinden alan üç kaynaşık benzen halkasından oluşan polisiklik bir aromatik hidrokarbondur. Çevresel kirlenici ve fare metaboliti olarak bir rolü vardır. Bir orto kaynaşmış polisiklik aren, bir orto kaynaşmış trisiklik hidrokarbon ve bir fenantren üyesidir (Anonymous 4).

- Floren, fosil yakıtların ve bunların türevlerinin ana bileşeni olan orto kaynaşmış bir trisiklik hidrokarbondur (Anonymous 5).

- Paranaftalen veya yeşil yağ olarak da adlandırılan antrasen, fosil yakıtların eksik yanmasının bir ürünü olarak ortaya çıkan üç benzen halkalı bir maddedir. Yüzey ve içme suyu, ortam havası, egzoz emisyonları, sigara ve duman ile tutsülenmiş gıdalar ve yenilebilir sucul organizmalar gibi çok çeşitli yerlerde bulunur. Öncelikle boyaların, duman filtrelerinin, parıldama karşıtı kristallerinin üretiminde ve organik yarı iletken araştırmalarında ara madde olarak kullanılır (Anonymous 6).

- Benz [a] Antrasen, organik maddenin eksik yanması ile üretilen, dört kaynaşık benzen halkasından oluşan kristalli, aromatik bir hidrokarbondur. Temel olarak benzinli ve dizel egzoz, tütün ve sigara dumanı; kreozot, asfalt, kömür katranı ve kömür katranı ziftinde; kömür yanma emisyonlarında; amino asitler, yağ asitleri, mineral yağlar ve karbonhidrat piroliz ürünlerinde; odun ve kurum dumanında bulunur. Bu madde sadece araştırma amaçlı kullanılmaktadır. İnsanda kanserojen olacağı tahmin edilmektedir (Anonymous 7).

- Krisen, kömür katranında bulunan orto ile kaynaşmış bir polisiklik arendir. Sudan daha yoğun olmakla birlikte suda çözünme oranı çok düşüktür. Bitki metaboliti olarak bir rolü olmasına karşın çevre için oldukça toksik bir maddedir (Anonymous 8).

- Piren, renksiz bir katıdır ve solüsyonları hafif mavi bir floresana sahiptir. Biyokimyasal araştırmalarda kullanılır (Anonymous 9).

- Fulorenten, beş üyeli bir halka ile bağlanmış bir naftalen ve benzen ünitesinden oluşan orto ve peri füzyonlu bir polisiklik arendir (Anonymous 10).

- Benzo[b]Fulorenten, beş benzen halkasından oluşan ve organik maddenin eksik yanması sonucu oluşan renksiz, aromatik bir hidrokarbondur. Benzin egzozu, tütün ve sigara dumanı, kömür katranı, kurum, amino asitler ve yağ asidi piroliz ürünlerinde bulunur. Bu madde sadece araştırma amaçlı kullanılmaktadır. İnsan kanserojen olduğu tahmin edilmektedir (Anonymous 11).

- Benzo[k]Fulorenten, beş benzen halkasından oluşan soluk sarı bir aromatik hidrokarbondur ve organik maddenin eksik yanması ile üretilir. Benzin egzozu, sigara dumanı, kömür katranı, kömür ve yağ yanma emisyonları, yağlama yağları, kullanılmış motor yağları ve ham yağlarda bulunur. Bu madde sadece araştırma amaçlı kullanılmaktadır. İnsan kanserojen olduğu tahmin edilmektedir (Anonymous 12).

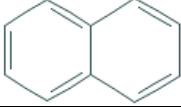
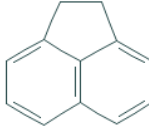
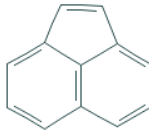
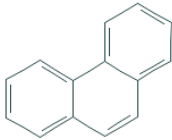
- Benzo[a]Piren bir sıvı madde olup beş benzen halkasından oluşan ve organik maddenin eksik yanması sırasında oluşan, kristalli, aromatik bir hidrokarbondur. Öncelikle benzin ve dizel egzoz, sigara dumanı, kömür katranı ve kömür katranı ziftinde, kömür ızgarası gıdalarda ve diğer bazı gıdalarda, amino asitler, yağ asitleri ve karbonhidrat piroliz ürünleri, kurum dumanı, kreozot yağı, petrol ürünlerinde bulunur. Toprağa kolayca nüfuz eder ve yeraltı sularını veya yakındaki su yollarını kirletir. Bu nedenle çevre için büyük bir tehdit oluşturur. Güçlü bir mutajen ve kanserojendir. Bu nedenle araştırması en çok yapılan PAH'lardan biridir (Anonymous 13).

- Indeno[1,2,3-cd]Piren, altı benzen halkasından oluşan ve organik maddenin eksik yanması ile üretilen sarımsı, aromatik bir hidrokarbondur. Temel olarak bazı gıdalarda, benzinli ve dizel egzoz, sigara dumanı, kömür katranı ve kömür katranı dumanı, kurum ve petrol asfaltında bulunur. İnsan kanserojen olduğu tahmin edilmektedir (Anonymous 14).

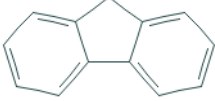
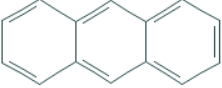
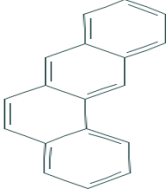
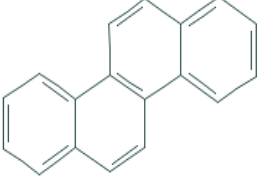
- Dibenzo[a,h]Antrasen, organik maddenin eksik yanması ile üretilen beş kaynaşık benzen halkasından oluşan kristalimsi, kanserojen bir aromatik hidrokarbondur. Öncelikle benzinli egzoz, tütün dumanı, kömür katranı, kurum ve bazı gıda ürünlerinde, özellikle tütülenmiş ve mangalda bulunan yiyeceklerde bulunur. Mutajen bir madde olup insanlar için karsinojen etkiye sahip olduğu gözlenmiştir (Anonymous 15).

- Benzo[g,h,i]Perilen altı benzen halkasından oluşan beyaz kristal katıdır. Suda çözünmez (Anonymous 16).

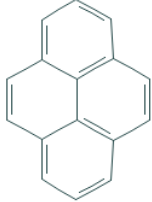
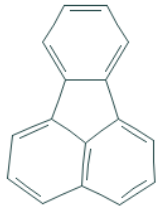
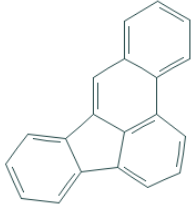
Çizelge 2.2 Öncelikli 16 adet PAH bileşiği yapısı ve özellikleri

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Erime Noktası (°C)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanol/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
Naftalen		C ₁₀ H ₈	128.174	217.9	80.2	2.42x10 ⁻⁴	3.30
Asenaften		C ₁₂ H ₁₀	154.212	279.0	93.4	2.53x10 ⁻⁵	3.92
Asenaften		C ₁₂ H ₈	152.196	280.0	92.5	1.06x10 ⁻⁴	3.93
Fenantren		C ₁₄ H ₁₀	178.234	340.0	99.2	6.45x10 ⁻⁶	4.46

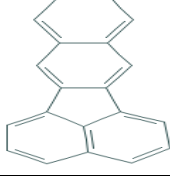
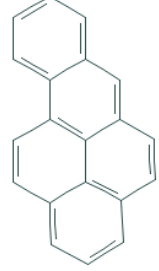
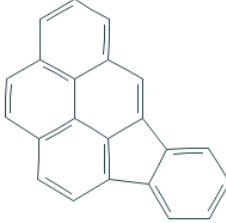
Çizelge 2.2 Öncelikli 16 adet PAH bileşiği yapısı ve özellikleri (devam)

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Erime Noktası (°C)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanöl/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
Fuloren		C ₁₃ H ₁₀	166.223	295.0	114.8	1.14x10 ⁻⁵	4.18
Antrasen		C ₁₄ H ₁₀	178.234	339.9	215.0	2.44x10 ⁻⁷	4.45
Benzo [a] antrasen		C ₁₈ H ₁₂	228.294	437.6	155-157 arası	4.12x10 ⁻⁸	5.76
Krisen		C ₁₈ H ₁₂	228.294	448.0	258.2	8.76x10 ⁻⁹	5.73

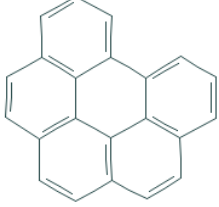
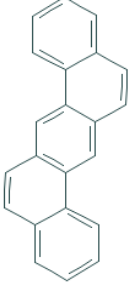
Çizelge 2.2 Öncelikli 16 adet PAH bileşiği yapısı ve özellikleri (devam)

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Erime Noktası (°C)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanöl/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
Piren		C ₁₆ H ₁₂	202.256	404.0	151.2	6.67x10 ⁻⁷	4.88
Fluorenten		C ₁₆ H ₁₀	202.256	384.0	107.8	1.14x10 ⁻⁶	5.16
Benzo[b]fluorenten		C ₂₀ H ₁₂	252.316	481.0	168.0	5.94x10 ⁻⁹	5.78

Çizelge 2.2 Öncelikli 16 adet PAH bileşiği yapısı ve özellikleri (devam)

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Erime Noktası (°C)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanöl/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
Benzo[k]fluorenten		C ₂₀ H ₁₂	252.316	480.0	217.0	3.17x10 ⁻⁹	6.11
Benzo[a]piren		C ₂₀ H ₁₂	252.316	495.0	176.5	6.42x10 ⁻⁹	6.13
İndeno[1,2,3-cd]piren		C ₂₂ H ₁₂	276.338	536.0	163.6	6.88x10 ⁻¹⁰	6.70

Çizelge 2.2 Öncelikli 16 adet PAH bileşiği yapısı ve özellikleri (devam)

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Erime Noktası (°C)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanöl/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
Benzo[ghi]perilen		C ₂₂ H ₁₂	276.338	550.0	278.3	9.41x10 ⁻¹⁰	6.63
Dibenz[a,h]antrasen		C ₂₂ H ₁₄	278.354	524.0	269.5	2.49x10 ⁻³	6.75

PAH analitleri ile ilgili sucul ekosistemlerde yapılan bazı uluslararası çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Law vd. 1997 yılında yayınladığı bir çalışmada İngiltere ve Galler Bölgelerinde bulunan 177 istasyondan 1993-1995 yılları arasında toplanan östarin, kıyı ve açık deniz yüzey sularında Np, Ane, Flu, Phe, An, Flr, Py, BaA, Chr, BbF, BkF, Benzo(e)Piren (BeP), BaP, DahA ve BghiPy olmak üzere 15 adet PAH maddesini araştırmıştır. Açık deniz bölgesine ait yüzey sularında toplam PAH miktarının çok düşük ve bazı istasyonlarda tespit limiti altında kaldığını; iki ve üç benzen halkası içeren PAH maddelerinin çelik fabrikasına yakın kalan istasyonlarda tespit edildiği; birçok östarin ve kıyı bölgesi yüzey sularında toplam PAH konsantrasyonunun maksimum 10.7 µg/L'ye kadar değişen aralıklarda olduğunu bulmuşlardır.

Çin'de Three Gorges Reservoir olarak adlandırılan bölgede yapılan bir çalışmada su örneklerinde US EPA tarafından belirlenen 16 adet PAH maddesinin toplam konsantrasyonunun 13.8-97.2 ng/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (Wang vd. 2009).

İtalya'nın Tiber Nehri'nde su, askıdaki madde, sediment ve yılan balıklarında (*Anguilla anguilla*) bulunan Flu, BbF, BkF, BaP, BghiPy ve IcdP maddelerinin varlığının araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre askıda kalan maddelerde toplam PAH miktarı 1663.1-15472.9 ng/g arasında değişmekte olup toplanan örnekler arasında en yüksek oranda olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışmada sediment örneklerinde 157.8-271.6 ng/g, su örneklerinde 23.9-72 ng/L ve yılan balıkları kas dokusu örneklerinde ise 0.8-7 ng/g arasında toplam PAH miktarları bulunmuştur (Patrolecco vd. 2010).

Kolombiya'da bulunan Cauca Nehri'nde 2010-2011 yılları arasında 8 istasyondan 3 dönemlik (aşırı yağmur yağışlardan önce, sonra ve yağışlar sırasında) toplanan su ve sediment örneklerinde Anp, Flu, Phe, Py, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, IcdP ve BeP analitlerinin varlığı ile ilgili yapılan bir çalışmada toplam PAH miktarını su örneklerinde 4476.5 ng/L ve sediment örneklerinde 1528 ng/L olarak bulmuşlardır.

Sediment örneklerinde en çok bulunan PAH'lar BbF, BkF ve Py iken suda Flu, Ace ve An olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yağışlar sonrasında elde edilen toplam PAH miktarlarının diğer dönemlerden önemli derecede farklılık gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır (Sarria-Villa vd. 2016).

Güney Nijerya'nın Ovia Nehri'nde yüzey suları, sediment ve *Claria gariepinus* balık türü ile yapılan çalışmada Np, 2-metilnaftalen (2-MNp), Anp, Ane, Flr, Phe, An, Flu, Py, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, IcdP ve DahA analitlerinden oluşan toplam PAH miktarlarının yüzey sularında 2.33-25.83 µg/L; sedimentte 5.25-573.33 µg/kg ve balık örneklerinde 10-914.17 µg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir. Bütün örneklerde iki ve üç halkalı PAH analitlerinin bulunduğunu, sediment örneklerinde petrojenik kaynaklı PAH analitlerinin olduğu, su örneklerindeki miktarın Dünya Sağlık Örgütü'nün (World Health Organisation, WHO) içme suyu yönetmeliklerine göre kabul edilen toplam PAH sınırında (0.05 µg/L) çok üstünde olmasından kaynaklı kirliliğin üst düzeyde olduğunu belirlemişlerdir (Tongo vd. 2017).

2.2 PCB İle İlgili Bilgiler

PCB'ler kalıcılık özelliğini göstermesi, uzun yarı ömre sahip olması, yüksek hidrofobik ve lipofilik karaktere sahip olması, uzun mesafede taşınmasının gerçekleşmesi, biyoakümülyasyon ve biyomagnifikasyon oluşturmaları, sediment ortamında birikmesi gibi özelliklere sahip olması nedeniyle özellikle bentik organizmalar ve balıklar gibi sucül organizmalar için yüksek toksisite göstermekte olup daha yüksek yapıllı organizmalarda kanserojen etkiye sahip olan maddelerdir (Ssebugere vd. 2014, Neira vd. 2018).

PCB'ler trafolar ve kapasitörler bulunan soğutucu ve yağlayıcı maddelerde, elektrikli aletlerde, mürekkep ve boya içeriklerinde, karbonsuz kopya kağıtlarında kullanılan sentetik organik birleşiklerdir (Syracuse Research Corporation 2000, Okay vd. 2009, İlyas vd. 2011, Anim vd. 2017).

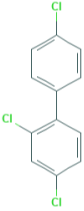
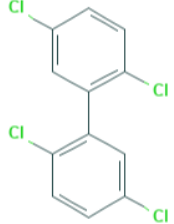
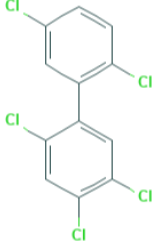
Bu maddenin ekosisteme kirletici olarak bulaşma yollarından ilki geri dönüşüm bölgeleri dahil olmak üzere kirli bölgelerden buharlaşma şeklindedir. Bu yolla küresel çapta kirliliğe yol açması ile Kutup Bölgeleri ve Antartika kıtası gibi yerleşim yerlerinden uzak bölgelere atmosferik yollarla taşınmaktadır (Ilyas vd. 2011). Sucul ekosistemlere giriş yolu ise atmosferik taşınım ve birikim, belediye ve endüstriyel atık sular yolu ile olmaktadır (Zhang vd. 2014).

PCB, endüstriyel olarak üretimi ve kullanımının ABD Kongresi tarafından 1979 yılında yasaklanmasının ardından (Kim vd. 2018), Stokholm Sözleşmesi altında 2004 yılında yayınlanan 12 Kirletici Madde (Dirty Dozens) listesinde yer alan madde gruplarından biri olup (Ilyas vd. 2011, Tombesi vd. 2017), Stokholm Sözleşmesinde yer alan Kalıcı Organik Kirletici Maddeler listesine dahil edilmiştir (Kim vd. 2018). Birçok ülkede yasaklanmasının ardından, kalıcı olması ve özellikle üçüncü dünya ülkelerinde kullanımının devam etmesi açısından çevre ve insan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır (Piersanti vd. 2012).

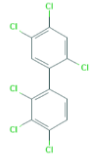
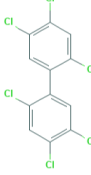
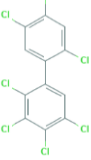
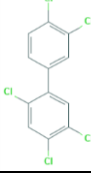
PCB'ler yapısal olarak bifenil molekülüne klor atomlarının bağlanması sonucunda oluşan maddelerdir. 209 kongener çeşidinin bulunmasının yanı sıra 1930'lu yıllarda ABD endüstri sanayiisinde bu kongenerlerin birleşik oluşturmasıyla yapılan Aroklor adı verilen türevleri de oluşturulmuştur (Syracuse Research Corporation 2000, Balasubrami ve Rifai 2018). Aroklor 1254 olarak adlandırılan madde dönüştürücü ve akülerde yağlayıcı madde olarak, mürekkeplerde pestisit içeriğinde, plastikleştirici maddelerde olmak üzere geniş bir alanda PCB kullanımının en çok yapıldığı maddedir (Leroy vd. 2010, Ming-ch'eng Adams vd. 2016, Kaya vd. 2018).

Bu çalışma kapsamında incelenen PCB maddelerin özellikleri çizelge 2.3'te verilmiştir. GSH Hazard Statements kategorilerine göre PCB 28 ve PCB 52 sucul yaşam için oldukça toksik olup etkileri uzun sürede devam etmektedir (Anonymous 17, Anonymous 18).

Çizelge 2.3 Çalışmada kullanılan PCB'lerin özellikleri

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanöl/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
PCB 28 (2,4,4'-Triklorobifenil)		C ₁₂ H ₇ Cl ₃	257.538	1.05x10 ⁻⁶	5.62
PCB 52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)		C ₁₂ H ₆ Cl ₄	291.98	5.24x10 ⁻⁸	6.09
PCB 101(2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)		C ₁₂ H ₅ Cl ₅	326.422	4.72x10 ⁻⁸	5.68

Çizelge 2.3 Çalışmada kullanılan PCB'lerin özellikleri (devam)

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanol/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
PCB 138 (2,2',3',4,4',5-Hekzaklorobifenil)		C ₁₂ H ₄ Cl ₆	360.88	0.0159	6.83
PCB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hekzaklorobifenil)		C ₁₂ H ₄ Cl ₆	360.864	2.63x10 ⁻⁹	6.34
PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)		C ₁₂ H ₃ Cl ₇	395.306	9.74x10 ⁻⁹	7.72
PCB 118 (2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil)		C ₁₂ H ₅ Cl ₅	326.422	4.10x10 ⁻⁸	7.12

PCB maddeleri ile ilgili sucul ekosistemlerde yapılan bazı uluslararası çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Çin’de Three Gorges Reservoir olarak adlandırılan bölgede yapılan bir çalışmada PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 105, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 126, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 157, PCB 167, PCB 169, PCB 180 ve PCB 189 maddelerinin toplam konsantrasyonu su örneklerinde 0.08-0.51 ng/L arasında bulunmuştur (Wang vd. 2009).

Pakistan’daki Chenab Nehri’nde bulunan farklı beslenme özelliklerine sahip balıkların (omnivor balıklardan *Cyprinus carpio*, *Cirrhinus mrigale*, *Cirrhinus reba*, *Catla catla*, *Labeo calbasu* ve karnivor balıklardan *Mastacembalus aramtus*, *Rita rita*, *Clupisoma naziri*, *Securicola gora*, *Gudusia chapra* *Clupisoma garua*) kas dokularında PCB grubundaki maddelerin (3 karbonlu PCB 28, PCB 37; 4 karbonlu PCB 44, PCB 49, PCB 60, PCB 66, PCB 70, PCB 74; 5 karbonlu PCB 82, PCB 87, PCB 99, PCB 101; 6 karbonlu PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 158, PCB 166; 7 karbonlu PCB 170, PCB 179, PCB 180, PCB 183, PCB 187, PCB 189, ve 8 karbonlu PCB 198) araştırılmasında karnivor balıklardan elde ettikleri sonuçların herbivor balıklardan daha yüksek olduğunu, 5 karbonlu, 6 karbonlu, 7 karbonlu ve 8 karbonlu PCB maddelerine rastlanıldığını bulmuşlardır (Eqani vd. 2013).

Bothnia Körfezi’nde PCB kalıntı analizinin incelendiği çalışmada WHO’nun belirlediği 12 adet PCB (PCB 77, PCB 81, PCB 105, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 126, PCB 156, PCB 157, PCB 167, PCB 169 ve PCB 189) ile altı adet indikatör PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 ve PCB 180) olmak üzere toplam 18 PCB maddesinin araştırıldığı bir çalışmada toplam PCB miktarı sediment örneklerinde 800 - 19000 pg/g ve su örneklerinde 0.13 – 1.1 pg/m³ arasında tespit edilmiştir (Sobek vd. 2014).

Arjantin’de Bahia Blanca şehrindeki östarin bölgenin sedimentinde ve bu bölge çevresindeki topraklarda yapılan PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 ve PCB 180 maddelerinin kalıntı analizi çalışmasında sediment örneklerinde

toplam PCB miktarını 0.61-17.6 ng/g; toprak örneklerinde ise 0.04-1.67 ng/g olduğunu belirlemişlerdir (Tombesi vd. 2017).

Renieri vd. 2019 yılında yaptıkları bir çalışmada kültür balıkları ile açık denizden yakalanarak pazarda satılan mercan ve levrek balıklarında PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 ve PCB 180 maddelerinin kalıntı analizini incelemişlerdir. Buna göre elde edilen PCB konsantrasyon sırasını kültür balıklarından mercan balıklarında PCB 118>138>153>52>101>180>28; levrek balıklarında PCB 118>138>153>52>101>28>180 ve denizden yakalanan mercan balıklarında PCB 138>153>118>101>52>180>28 ve levrek balıklarında PCB 138>118>153>101>52>180>28 olarak elde etmişlerdir. Kültür balıklarından ve denizde yakalanan balıklardan elde edilen sonuçları kendi aralarında karşılaştırdığında birbirine benzer olduğunu gözlemlemişlerdir.

2.3 OK İle İlgili Bilgiler

Tarımsal faaliyetlerin üretimi, tüketimi ve depolanmaları sırasında, elde edilen ürünlere zarar veren böcek, mikroorganizma veya zararlı diğer pestleri ortamdan uzaklaştırmak veya yok etmek için kullanılan maddelere pestisitler denir. Pestisitler öldürdüğü canlı grubuna göre adlandırılır: herbisit (yabani otlara karşı), insektisit (böceklerle karşı), bakterisit (bakterilere karşı), fungusit (mantarlara karşı), rodentisit (ratlara karşı) gibi (Vural 2005, Jayaraj vd. 2016).

Tarımsal faaliyetlerde yüzyıllardan beri kullanılan pestisitler kimya endüstrisinin gelişmesi ile birlikte kullanımı, üretimi ve kolay elde edilebilirliğinin artması sonucu yaygın bir şekilde dünya çapında kullanılmaktadır. II. Dünya savaşı sırasında geliştirilen diklorodifeniltri-kloroetan (DDT) gibi pestisitler ise savaş sonunda bütün dünyada kullanılan tarım ilaçlarının başında ilk sırayı almıştır (Vural 2005).

Yılda 2 milyon ton seviyesinde bir kullanıma sahip olan pestisitler, her yıl tarım ürünlerinin 1/3'ünün yok olmasından sorumlu olan pestlere karşı yetersiz kalmaktadır.

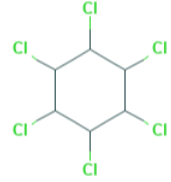
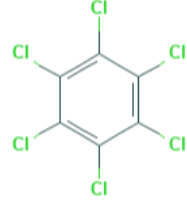
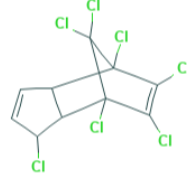
Bu şekilde yoğun bir kullanımı gerçekleştirilmesine bağlı olarak hava, su ve toprak gibi ekosistem bölümlerinde pestisit kalıntılarına rastlanılmaktadır. Yüksek oranda lipofilik bir karaktere sahip olan pestisitler, biyoakümülasyon, yarı ömrünün uzun olması ve uzun mesafelerde hava, su veya toprak ile taşınmasına bağlı olarak kullanımı çok önceden olmasına rağmen halen bulunmaktadır (Jayaraj vd. 2016).

Organoklorlu pestisitler, klorlu gruplar içeren bir grup kimyasal pestisit sınıfıdır. Başlarda sıtma ve verem gibi hastalıklara karşı savunmada başarılı sonuçlar elde edilmesine rağmen zamanla hedef olmayan organizmalar üzerinde istenmeyen etkiler gösterilmesine bağlı olarak gelişmiş birçok ülkede kullanımı yasaklanmıştır (Jayaraj vd. 2016). Ancak düşük fiyatıta olması ve birçok farklı peste karşı kullanılan DDT, heksaklorohekzan (HCH), aldrin ve dieldrin gibi önemli OK pestisitler halen gelişmekte olan ülkelerde kullanılmaktadır (Gupta 2004).

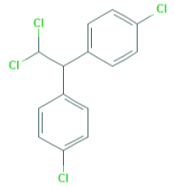
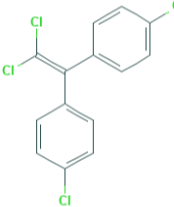
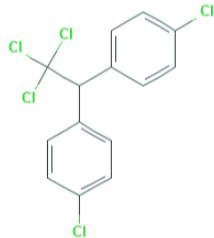
OK insektisitler içerisinde üretimi en yüksek oranda ve kullanımı yaygın şekilde olan tarımsal üretimler sırasında ve sıtma gibi hastalıklara karşı uygulanan DDT (Li ve Macdonald 2005), toksik olması, kalıcı olması ve yarı ömrünün 2-15 yıl arasında olması (Jayaraj vd. 2016) nedeniyle 1995 yılında 59 ülkede yasaklanmış (Li ve Macdonald 2005) ardından Stokholm Sözleşmesi kapsamında kullanımı, üretimi ve dağıtımı yasaklanan maddeler arasına girmiştir. Ancak halen yasadışı olarak gelişmekte olan ülkelerde kullanımı olan bir maddedir (Jayaraj vd. 2016).

OK insektisitlerden bir diğeri olan HCH, teknik HCH ve linden olmak üzere iki formülasyona sahiptir. Linden gama HCH'den oluşmasına rağmen teknik HCH alfa, beta, gama içeren 8 adet HCH izomerinden oluşmaktadır. Teknik HCH'nin kullanımı olmamasına rağmen linden halen kullanılmaktadır (Li ve Macdonald 2005). Çalışma kapsamında araştırılan maddelere ilişkin özellikler izelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 Çalışmada kullanılan OK'ların özellikleri

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanol/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
Lindan (Alfa-hekzaklorosikloheksan ve Gama-hekzaklorosikloheksan)		C ₆ H ₆ Cl ₆	290.814	9.42x10 ⁻⁶	3.72
Hekzaklorobenzen		C ₆ Cl ₆	284.766	2.18x10 ⁻⁸	5.73
Heptaklor		C ₁₀ H ₅ Cl ₇	373.3	4.82x10 ⁻⁷	6.1

Çizelge 2.4 Çalışmada kullanılan OK'ların özellikleri (devam)

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Suda Çözünürlük (M)	Oktanol/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
<i>p,p'</i>-diklorodifenildikloretan (4-4-DDD)		C ₁₄ H ₁₀ Cl ₄	320.034	2.81x10 ⁻⁷	6.02
<i>p,p'</i>-diklorodifenildikloro etilen (4-4-DDE)		C ₁₄ H ₈ Cl ₄	318.018	1.26x10 ⁻⁷	6.51
<i>p,p'</i>-diklorodifenil trikloretan (4-4-DDT)		C ₁₄ H ₉ Cl ₅	354.476	1.55x10 ⁻⁸	6.91

OK maddeleri ile ilgili sucul ekosistemlerde yapılan bazı uluslararası çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Çin’de Three Gorges Reservoir olarak adlandırılan bölgede yapılan bir çalışmada OK maddelerinin (pentaklorbenzen, alfaHCH, gamaHCH, betaHCH, deltaHCH, heptaklor, aldrin, endosülfan, dieldrin, pentakloranisol, heksaklorobenzen, 4-4-DDD, 4-4-DDT, 2-4-DDT ve mireks) toplam konsantrasyonunu 2.33-3.60 g/L arasında bulmuşlardır (Wang vd. 2009).

Pakistan’daki Chenab Nehri’nde bulunan farklı beslenme özelliklerine sahip balıkların (omnivor balıklardan *Cyprinus carpio*, *Cirrhinus mrigale*, *Cirrhinus reba*, *Catla catla*, *Labeo calbasu* ve karnivor balıklardan *Mastacembalis aramtus*, *Rita rita*, *Clupisoma naziri*, *Securicola gora*, *Gudusia chapra*, *Clupisoma garua*) kas dokularında OK grubundaki maddelerden DDT türevleri (o, p’-DDE, p, p’-DDE, o, p’-DDD, p, p’-DDD, o, p’-DDT, p, p’-DDT), HCH türevleri (alfa, gama, beta ve delta), heptaklor, dieldrin, cis-klordan, trans-klordan ve trans-nonaklardan maddelerinin balık kas dokusunda araştırıldığı çalışmada herbivor balık türlerinde DDT türevlerinin 4.6-88.5 ng/g arasında değiştiği, karnivor türlerde ise 17.8-309 ng/g arasında olduğu saptanmıştır. Toplanan balıklardan elde edilen sonuçlara göre ise DDT türevlerinin elde edilme sırasını p, p’-DDE (% 68)>p, p’-DDT (% 12)>p, p’-DDD (% 10)>o, p’-DDT (% 3)>o, p’-DDE (% 3)>o, p’-DDD (% 2); HCH türevlerinin elde edilme sırasını α -HCH (% 55–80), β -HCH (% 5–14), γ -HCH (% 8–15) ve δ -HCH (% 2–16) oranlarında bulmuşlardır (Eqani vd. 2013).

Çin’de Yangzonghai Gölü sedimentinde OK pestisitlerinin kalıntı analizi çalışmasında alfa-HCH, beta-HCH, gama-HCH ve delta-HCH, DDT türevleri (p,p’-DDD ve p,p’-DDT), dieldrin ve endrin keton maddelerine rastlanılmıştır. Toplam OK konsantrasyonunu 0.3-4.5 ng/g; HCH izomerlerinin toplamını maksimum 3.5 ng/g; DDT türevlerinin toplamını 0.1-1.4 ng/g arasında değiştiğini; sedimentten elde edilen OK maddelerinin arasında ise HCH ve DDT türevlerinin %85 oranında dominant olduğunu; diğer maddelerle karşılaştırılmasında ise HCH türevleri>DDT

türevleri>dielddrin>endrin keton sıralaması gösterdiğini tespit etmişlerdir (Yuan vd. 2017).

2.4 PBDE İle İlgili Bilgiler

Alev geciktiriciler (Flame Retardants, FRs), birçok ülke tarafından kabul edilen yangın güvenliği standartlarına ulaşmak için farklı malzemelere uygulanan bir grup kimyasaldır. Brom (örneğin, yüksek bromlu aromatik ve sikloalifatik bileşikler), klorin (örneğin, klor-oparafinler, dekloran artı), fosfor (örneğin fosfat-esterler, fosfonatlar ve fosfinatlar, amonyum fosfat), nitrojen (örneğin melamin bazlı çeşitli organik ve organik bileşikler ve melamin türevleri), bor (örneğin sodyum borat, boraks ve çinko boratlar) ve metalik hidroksitler bu amaç için kullanılır. Uygun alev geciktiricinin seçimi veya bunların kombinasyonu, tip malzemeye ve nihai ürün için istenen performansa bağlıdır. Geçmişte kullanılmış ya da günümüzde kullanılmakta olan bazı alev geciktirici madde aileleri, insanlara ve çevreye toksisiteleri nedeniyle endişe vericidir (Cristale vd. 2016).

Polibromlu difenil eter (PBDE) içeren alev geciktirici formülasyonlar, 1970'lerden sonra hem endüstriyel hem tüketici sektörlerinde poliüretanlar, plastik, paketlenme, tekstil, mobilya, elektronik ve inşaat malzemelerinde yaygın olarak uygulanmıştır (Montory ve Barra 2006, Cristale vd. 2016, Shang vd. 2016, Anim vd. 2017). Son yirmi yılda potansiyel çevresel riskleri nedeniyle artan ilgi görmüştür (Bientinesi ve Petarca 2009).

PBDE'leri içeren maddelerin üretimi ve uygulama işlemleri sırasında sızıntı veya kullanım ve imha sırasında uçma ve sızıntı yolu ile çevreye karışabilirler (Binelli vd. 2008). Kalıcı olması, endokrin bozucu bir madde etkisine sahip olması ve canlı organizmalarda biyolojik olarak birikmesi yani biyoakümüle olması ve uzun mesafede taşınması nedenleriyle çevre sağlığı açısından incelenmesi takip edilmesi gereken madde gruplarından biridir (Moon vd. 2007, Ben Ameer vd. 2011). Çeşitli kaynaklardan salınan PBDE'ler nehir deşarjları ve atmosferik birikim yolu ile kıyı çevresinde birikme gösterirler. Lipofilik ve hidrofobik özelliklerinden ötürü canlıda yağ dokuda birikim gösterir ve biyoakümüle olurlar. Çevrede su, sediment, toprak ve

atmosfer gibi abiyotik matrikslerde gözlenmesinin yanı sıra deniz omurgasızları, balık, kuş yumurtası ve insan gibi farklı biyolojik matrikslerde de bulunur (Moon vd. 2007, Ben Ameer vd. 2011, Baron vd. 2014).

PBDE'ler yapısal olarak 1-10 bromun bir eter bağı ile bağlanmış iki benzen halkası üzerinde olan bir yapıya sahiptir. Brom sayılarına ve yerlerine göre teorik olarak 209 kongener vardır (Ben Ameer vd. 2011). Ticari alanda kullanılan 3 tip PBDE formülasyonu vardır: penta-BDE, okta-BDE ve deka-BDE. Penta-BDE ve okta-BDE çeşitli türdeşlerin karışımından oluşurken deka-BDE'nin hemen hemen hepsi BDE 209 türevlerinden oluşur (Montory ve Barra 2006). Esas olarak poliüretan köpükler ve tekstil ürünlerinde kullanılan ve bromkal-70 veya DE-71 ticari markaları altında pazarlanan penta-BDE'ler ağırlıklı olarak BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 ve BDE 154 türevlerini içerir. Esas olarak BDE 183 ve BDE 153'ten oluşan okta-BDE'ler ise polikarbonatlar ve termosetlerde kullanılır. Dek-BDE'ler ise tekstil ve elektronik eşya da dahil birçok sentetik malzemede kullanılmaktadır (Ben Ameer vd. 2011).

Stokholm Sözleşmesi uyarınca penta-BDE ve okta-BDE ticari formüllerinin kalıcı organik kirleticiler listesinde yer almasının ardından 2001'de Japonya, 2009'da Avrupa ve 2013'de Kuzey Amerika pazarlarında bu kimyasallarda yasaklama ve kısıtlamalarına gidilmiştir. Dek-BDE'ler henüz Stokholm Sözleşmesi altında listelenmemiş olmasına rağmen hem yasaklı hem de kısıtlamalı listeye dahil edilmesi için çalışmalar devam etmektedir (Anim vd. 2017). 2001 yılında Avrupa Topluluğu tarafından yayınlanan bir risk değerlendirme raporunda standart testlerde görülen biyolojik bozulma eksikliği ve yüksek biyolojik konsantrasyon faktörleri nedeniyle suda yaşayan canlılar için çok toksik olarak sınıflandırılması 2000/60/EC sayılı Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'nin 2008/105/EC[3] sayılı değiştirilmiş halinde PBDE'ler öncelikli maddeler listesine dahil edilmiştir (Swart vd. 2016).

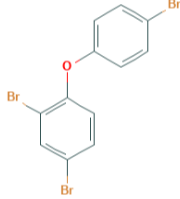
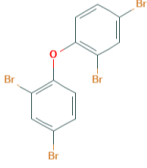
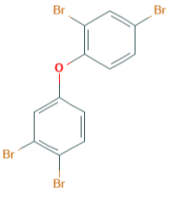
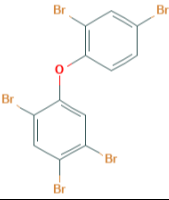
PBDE'lere maruz kalan canlılarda tiroid hormonlarında değişme (Shang vd. 2016), östrojen hormonlarında değişim ve yumurtalık gelişiminde azalma (Swart vd. 2016), nörobiyolojik gelişim ve fetal toksisite/teratojenite (Baron vd. 2015) gibi etkiler yaptığı

gözenmiştir. Ayrıca düşük bromlu kongenerlerin yüksek bromlulara göre daha toksik etkisi olduğu gözlenmiştir (Shang vd. 2016).

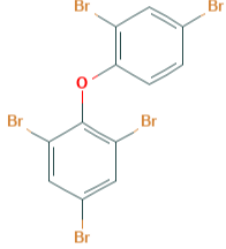
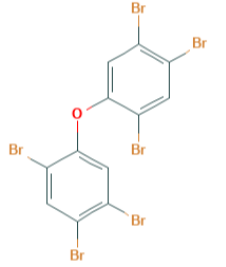
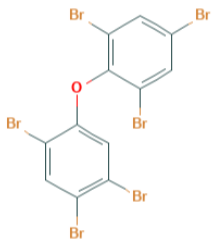
Bu çalışmada araştırılan PBDE'ler PBDE 28, PBDE 47, PBDE 66, PBDE 99, PBDE 100, PBDE 153 ve PBDE 154'tür. Bu maddelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerine dair bilgiler çizelge 2.5'te sunulmuştur.



Çizelge 2.5 Çalışmada kullanılan PBDE'lerin özellikleri

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Oktanöl/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
PBDE 28 (2,4-Dibromo-1-(4-bromofenoksi)benzen)		$C_{12}H_7Br_3O$	406.899	5.94
PBDE 47 (2,2',4,4'-Tetrabromodifenil eter)		$C_{12}H_6Br_4O$	485.795	6.81
PBDE 66 (2,3',4,4'- Tetrabromodifenil eter)		$C_{12}H_6Br_4O$	485.795	6.80
PBDE 99 (2,2',4,4',5- Tetrabromodifenil eter)		$C_{12}H_5Br_5O$	564.691	7.32

Çizelge 2.5 Çalışmada kullanılan PBDE'lerin özellikleri (devam)

Analit adı	Yapısı	Molekül formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Oktanöl/Su Partisyon Katsayısı (LogP)
PBDE 100 (1,3,5-Tribromo-2-(2,4-dibromofenoksi)benzen)		$C_{12}H_5Br_5O$	564.691	7.24
PBDE 153 (2,2',4,4',5,5'-Hekzabromodifenil eter)		$C_{12}H_4Br_6O$	643.587	7.9
PBDE 154 (2,2',4,4',5,6'-Hekzabromodifenil eter)		$C_{12}H_4Br_6O$	643.587	7.82

PBDE'ler ile ilgili uluslararası literatürde yapılan çalışmalardan birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

Çin'in Deep Körfezinde yapılan bir çalışmada sedimentte PBDE 17, PBDE 28, PBDE 32, PBDE 35, PBDE 37, PBDE 47, PBDE 49, PBDE 66, PBDE 71, PBDE 75, PBDE 77, PBDE 85, PBDE 99, PBDE 100, PBDE 119, PBDE 138, PBDE 153, PBDE 154, PBDE 166, PBDE 181, PBDE 183 ve PBDE 190 ile farklı beslenme özelliklerine sahip balıklarda (planktivor *Clupanodon thrissa*, *C. punctatus*, *Mugil cephalus*; küçük karnivor *Sillago japonica*, *Thrissa dussumieri*, *Leiognathus bindus*, *L. ruconius*, *Ilisha elongate*; karnivor *Inimicus cuvieri*, *Dasyatis zugei*, *Platycephalus indicus*; bentik *Collichthys lucidus*, *Nibea acuta*, *Cynoglossus robustus*; omnivor *Polynemus sectarius*, *Trypauchen vagina*, *Glossogobius giuris*, *Penaeus orientalis*, *Portunus pubescens*) PBDE 3, PBDE 15, PBDE 28, PBDE 47, PBDE 60, PBDE 85, PBDE 99, PBDE 100, PBDE 138, PBDE 153, PBDE 154, PBDE 183, PBDE 197, PBDE 207 ve PBDE 209 kalıntı miktarları araştırılmıştır. Balıklarda ortalama PBDE konsantrasyonu 2 ng/g olarak bulunmuştur. Toplam PBDE konsantrasyonunun bentik ve karnivor balık türlerinde daha yüksek olduğu plankton ile beslenen türlerde ise düşük bulunduğunu saptamışlardır. Sedimentte elde edilen toplam PBDE konsantrasyonu ise 3.31 ng/g olarak bulunmuştur (Qui vd 2010).

İspanya'nın Llobregat ve Ebro nehirlerinde yapılan bir çalışmada su ve sediment örneklerinde PBDE 47, PBDE 99, PBDE 100, PBDE 153, PBDE 154, PBDE 183 ve PBDE 209 araştırılmıştır. BDE 209 atık çamuru (150-319 ng/g) ve sediment (0.22-43.6 ng/g) örneklerinde en çok rastlanılan tür olmuştur (Baron vd. 2014).

Arjantin'de Bahia Blanca şehrindeki östarin bölgenin sedimentinde ve bu bölge çevresindeki topraklarda yapılan PBDE 28, PBDE 47, PBDE 66, PBDE 99, PBDE 100, PBDE 85, PBDE 154, PBDE 153, PBDE 183 ve PBDE 209 maddelerinin kalıntı analizi çalışmasında sediment örneklerinde toplam PBDE miktarını 0.16-2.02 ng/g; toprak örneklerinde ise 0.04-10.7 ng/g olduğu bulunmuştur (Tombesi vd. 2017).

2.5 Ülkemizde Kalıcı Organik Kirleticiler Hakkında Bilgiler

Kalıcı organik kirleticilerden PCB ve PBDE grubu olan maddelerin üretimi ülkemiz sınırları içinde hiçbir zaman gerçekleştirilmemiştir. Ancak dönüştürücüler, kondansatör ve alev önleyici tüketici malzemelerinde bu maddelere rastlanılmıştır. Biyoçeşitliliği yüksek olan ülkemizde yapılan yoğun tarımsal faaliyetlerde ise OK grubu pestisitler içeren ürünler yasaklanana kadar kullanılmıştır. Ayrıca, Türkiye jeopolitik konumu gereği Avrupa, Rusya, Arap yarımadası ve Kuzey Afrika bölgelerinden hava akımlarının etkisi altında kalması ile atmosferde taşınan kalıcı organik kirletici maddelere maruz kalmaktadır (Kurt-Karakuş vd. 2018).

Uluslararası çerçevede çeşitli ülkelerce imzalanan Stockholm Sözleşmesinin ardından ülkemizde bu sözleşme "Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stockholm Sözleşmesi" adı altında 14/07/2009 tarihinde imzalanması kararlaştırılmış ve alınan karar 30/07/2009 tarih 27304 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Alınan kararlar doğrultusunda aldrin, klordan, dieldrin, endrin, heptaklor, heksaklorobenzen, mireks, toksafen ve poliklor bifenillerin üretimi yasaklanmıştır. Kullanım alanları ise aldrin ve klordan için yerel ektoparazit öldürücü olarak, dieldrin için ziraii alanda, heptaklor ve mirkes için termit öldürücü olarak, heksaklorobenzen için pestisitlerde çözücü olarak sınırlandırılmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tarafından 14 Kasım 2018 tarih 30595 sayılı Resmi Gazete’de "Kalıcı Organik Kirleticiler Hakkında Yönetmelik" yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre çeşitli kalıcı organik maddeler yasaklanmış, kısıtlanmış ve emisyon azaltma hükümlerine tabii tutulmuştur. Bunlar şu şekildedir:

- Yasaklanan maddeler DDT, klordan, lindan dahil heksaklorosikloheksanlar, dieldrin, endrin, heptaklor, endosulfan, heksaklorobenzen, klordekon, aldrin, pentaklorobenzen, mireks, toksafen, heksabromobifenil ve dikofoldur.

- Kısıtlamaya tabi maddeler ise tetrabromodifenil eter, pentabromodifenil eter, heksabromodifenil eter, heptabromodifenil eter, dekabromodifenil eter, perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS), poliklorlu bifeniller (PCB), heksabromosiklododekan (HBCDD), hekaklorobutadin, poliklorlu naftalinler, alkanlar, pentaklorofenol, tuzları ve esterleridir.

- Emisyon azaltma hükümlerine tabi maddeler poliklorlu dibenzo-p-dioksin ve dibenzofuranlar (PCDD/PCDF), heksaklorobenzen, poliklorlu bifeniller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (benzo(a)piren, benzo(b)fluranten, benzo(k)fluranten ve indeno (1,2,3-cd)piren), pentaklorobenzen, heksabromosiklododekan ve poliklorlu naftalinlerdir.

Ülkemiz literatür çalışmalarında kalıcı organik maddelerin araştırıldığı çeşitli tezler ve yayınlar üretilmiştir. Yapılan bu tez doğrultusunda benzer olan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Erkmen ve Kolonkaya tarafından 2007 yılında yayınlanan bir çalışmada Meriç Delta'sı su, sediment ve *Cyprinus carpio* örneklerinde OK madde grubunun kalıntı analizi düzeyleri saptanmıştır. Su örneklerinde 0.466-1.127 µg/L aralığında ΣHCH; Σheptaklor konsantrasyon aralığını tespit limiti altında (<LOQ)- 0.527 µg/L arasında; aldrin konsantrasyon aralığını tespit limiti altında (<LOQ)-0.04 µg/L arasında; klordan konsantrasyon aralığını tespit limiti altında (<LOQ)-0.2 µg/L arasında; 0.091-1.66 µg/L aralığında Σendosülfan; DDT konsantrasyon aralığını tespit limiti altında (<LOQ)-0.01 µg/L arasında ve 0.047-0.617 µg/L aralığında Σendrin maddeleri tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde 0.406-3.243 ng/g aralığında ΣHCH; Σheptaklor konsantrasyon aralığını 0.113–2.033 ng/g arasında; aldrin konsantrasyon aralığını tespit limiti altında (<LOQ)-1.473 ng/g arasında; klordan konsantrasyon aralığını tespit limiti altında (<LOQ)-1.103 ng/g arasında; 0.87-2.667 ng/g aralığında Σendosülfan; 0.524-2.837 ng/g aralığında DDT; dieldrin konsantrasyon aralığını tespit limiti altında (<LOQ)-0.650 ng/g arasında ve 0.597-2.127 ng/g aralığında Σendrin maddeleri tespit edilmiştir. *Cyprinus carpio* örneklerinde 725.57-1470.06 ng/g aralığında ΣHCH; 3.04-5.4 ng/g aralığında Σheptaklor; 1.85-43.81 ng/g aralığında klordan; 28.34-86.02 ng/g aralığında

Σendosülfan; 6.14-62.25 ng/g aralığında DDT; 1.35-17.78 ng/g aralığında dieldrin; 29.5-126.98 ng/g aralığında Σendrin ve 5.79-50.93 ng/g aralığında maddelerinin olduğu saptanmıştır.

Köseler tarafından 2008’de yapılan yüksek lisans tezinde Büyükçekmece Gölü’ndeki PAH konsantrasyonları kış mevsiminde su örnekleri için 18-3930 ng/L, askıda kalan madde için 0.5-21 µg/g ve sediment örnekleri için 28.03-1225.50 µg/kg; ilkbahar mevsiminde su örnekleri için 265-2431 ng/L, askıda kalan madde için 9.98-12124.90 µg/g ve sediment örnekleri için 43.20-2802.83 µg/kg olarak bulunmuştur.

Kilercioğlu vd. 2015 yılında yayınladıkları bir çalışmada Doğu Akdeniz Bölgesi’nden yakalanan levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve yayın (*Silurus glanis*) balıklarının kas dokusunda DDT, GCB, BHB, PCB birikimin düzeylerinin araştırmasında ΣDDT konsantrasyonunun levrek balıklarında 5.76 -568.42 ppb, yayın balıklarında 22.37-557.77 ppb arasında değiştiğini bulmuştur. HCB, PCB 138, PCB 153 ve PCB 180 maddeleri ise birkaç örnek dışında tespit edilememiştir.

Çetin vd. 2016’da İzmir’de yağmur sularının toplanması ile yaptığı çalışmada KOK madde gruplarından PAH, PCB, OK ve PBDE maddelerinin analizini yapmışlardır. 16 adet öncelikli PAH maddesinin toplam konsantrasyonunu 785 ng/L olarak bulmuşlar ve düşük ağırlıklı analitlerin (Phe, Ane, Flr) diğer analitlere göre daha dominant olduğu sonucuna rastlamışlardır. PBDE 28, PBDE 47, PBDE 100, PBDE 99, PBDE 154, PBDE 153 ve PBDE 209 maddelerinin toplam konsantrasyonunun 29.6 ng/L olduğu ve PBDE 209, PBDE 99 ile PBDE 47’nin en çok rastlanılan analit olduğunu saptamışlardır. PCB 18, PCB 17, PCB 31, PCB 28, PCB 33, PCB 52, PCB 49, PCB 44, PCB 70, PCB 95, PCB 101, PCB 99, PCB 87, PCB 110, 151, PCB 149, PCB 153 ve PCB 187 maddelerinin toplam konsantrasyonunu 19.2 ng/L olarak bulmuşlardır. OK grubundan HCH (alfa ve gama), heptaklor, aldrin, klorprifos, heptaklor, endosülfan, alfaklordan, gamaklordan, transnonaklor, cis-nanoklor, p,p’-DDT, p,p’-DDD, p,p’-DDE maddelerinin toplam konsantrasyonunu 50.5 ng/L ve en çok klorprifos maddesinin gözleendiğini ancak DDT maddelerinin de % 65-80 arasında gözleendiğini tespit etmişlerdir.

Şimşek tarafından 2018’de yapılan doktora tezinde Kızılırmak Nehri’nin Kırıkkale ili sınırları içerisinde bulunan istasyonlardan bir yıl boyunca alınan 120 su örneğinde ve sediment örneklerinin PAH analizinde su örneklerinde Anp, Ane, BbF, BaP, IcdP, DahA analitlerine rastlanılmadığı, 86 su örneğinde toplam PAH miktarının 0.04-1.62 µg/mL aralığında olduğu tespit edilmişken sediment örneğinde 43.13-386.34 µg/kg arasında olduğu bulunmuştur.

Kurt-Karakuş vd. 2018 tarafından Kırklareli, İstanbul, Kastamonu, Çankırı, Kars, Kırıkkale, Aksaray, İzmir, Uşak, Antalya, Konya, Mersin, Kayseri, Malatya, Elazığ ve Van şehirlerinin atmosferik olarak incelenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada OK, PBDE ve PCB grubu KOK maddeleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre şehirlerde toplam HCH miktarı 865 pg/m³, toplam DDT miktarı 690 pg/m³, toplam PBDE miktarı 640 pg/m³ olarak tespit edilmişken kırsal kesimlerde sırasıyla 135 pg/m³, 485 pg/m³ ve 442 pg/m³ olarak bulunmuştur.

Ankara Çayı’nda yapılan bir çalışmada bir yıl boyunca toplanan su ve sediment örneklerinde PCB (PCB 28, PCB 30, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 ve PCB 209), OK (alfa HCH, gama HCH, heksaklorobenzen, heptaklor, p, p’-DDD, p, p’- DDE ve p, p’- DDT) ve PBDE (PBDE 17, PBDE 47, PBDE 66, PBDE 100, PBDE 153 ve PBDE 183) madde gruplarının kalıntı analizi tespiti yapılmıştır. Bazı istasyonlarda 0.16–1.54 ppb konsantrasyon aralığında DDE; 0.87–1.04 ppb konsantrasyon aralığında DDT; 0.17 ppb konsantrasyonunda PBDE 17 ve 0.46–0.87 ppb konsantrasyon aralığında PBDE 100 su örneklerinde tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde ise 0.38-1.09 ppb konsantrasyon aralığında PCB 28; 0.76 ppb konsantrasyonunda PCB 138; 0.37-6.31 ppb konsantrasyon aralığında PCB 101; 0.68-0.70 ppb konsantrasyon aralığında PCB 153; 0.63-2.7 ppb konsantrasyon aralığında gama HCH; 0.28-1.16 ppb konsantrasyon aralığında DDE ve 1.0-6.94 ppb konsantrasyon aralığında PBDE 66 maddeleri tespit edilmiştir (Sevin vd. 2018).

Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde sucul ekosistemin farklı ögeleri arasındaki kalıntı analizi miktarı inceleme çalışmalarının ve KOK madde gruplarının çeşitliliğinin az sayıda olduğu gözlenmiştir. Bu bakımdan yapılan bu tez çalışmasının su, sediment ve

iki farklı balık türünde KOK madde gruplarından PAH, PCB, OK, PBDE maddelerinin kalıntı analizinin istasyonlar ve mevsimler açısından incelenmesi bakımından kapsamlı bir çalışma olduğu görülmektedir.

2.6 Çalışmada Kullanılan Balık Türleri

Kirmir Çayı'nda ihtiyofauna Cyprinidae, Cobitidae ve Nemacheilidae olmak üzere 3 familya ile temsil edilmektedir. Cyprinidae balık familyasından *Squalius pursakensis*, *Barbus escherichii*, *Capoeta baliki*, *Alburnoides bipunctatus*, *Chondrostoma angorense*, *Alburnoides kosswigi*; Cobitidae familyasından *Cobitis simplicispina* ve Nemacheilidae familyasından *Oxynemacheilus angorae* balık türleri dağılım göstermektedir. Çalışma kapsamında belirlenen istasyonlardan tespit edilen balık türleri incelendiğinde *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* balık türlerinin balık örnekleme yapılabilen bütün istasyonlarda tespit edildiği belirlenmiştir. Ayrıca bu iki balık türünün habitat tercihlerinin (bentik ve pelajik) ve beslenme özelliklerinin (omnivor ve omnivor/karnivor) farklı olmasından dolayı bu çalışmada incelenmesi uygun görülmüştür.

Capoeta baliki (siraz)'nin sistematik olarak sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem	Animalia (Hayvanlar)
Şube	Chordata (Kordalılar)
Altşube	Vertebrata (Omurgalılar)
Üst sınıf	Pisces (Balıklar)
Sınıf	Actinopterygii (Işınsal Yüzgeçliler)
Takım	Cypriniformes
Aile	Cyprinidae (Sazangiller)
Cins	<i>Capoeta</i>
Tür	<i>Capoeta baliki</i> (Turan, Kottelat, Ekmekçi & Imamoglu, 2006) (Şekil 2.2)

Capoeta baliki Sakarya ve Kızılırmak Nehri havzalarında dağılım gösteren tatlısu bentik balık türlerinden biridir (Turan vd. 2006).

Capoeta baliki, cinsinin diğer türlerinden iki bıyıklı olması, burun kısmının yuvarlak bir yapıya sahip olması, line lateral pul sayısının 72-86 arasında olması dorsal yüzgeç ile line lateral arasında 14-17 ve anal yüzgeç ile line lateral arasında 10-11 sayılarında değişen sırada pul sırası içermesi ile ayrılır (Turan vd. 2006).

Capoeta baliki, cinsinin diğer türlerinde olduğu gibi alt çeneleri ile kaya veya çakıl taşları üzerinde bulunan algleri kazıyarak beslenme özelliği göstermesinden ötürü omnivor bir türdür (Levin vd. 2012).

Habitat olarak yavaş akan akıntılı suları tercih etmektedirler. Üreme dönemi Haziran ve Temmuz ayları arasında olup, erkeklerde 2 yaşında dişilerde ise 3 yaşında eşeyssel olgunluğa erişmektedir (Turan vd. 2006).



Şekil 2.2 *Capoeta baliki*

Squalius pursakensis (Sakarya tatlısu kefalı)'in sistematik olarak sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem	Animalia (Hayvanlar)
Şube	Chordata (Kordalılar)
Altşube	Vertebrata (Omurgalılar)
Üstsinif	Pisces (Balıklar)
Sınıf	Actinopterygii (Işınsal Yüzgeçliler)
Takım	Cypriniformes
Aile	Cyprinidae (Sazangiller)
Cins	<i>Squalius</i>
Tür	<i>Squalius pursakensis</i> (Hanko, 1925) (Şekil 2.3)

Squalius pursakensis Sakarya Nehri Havzası ve Porsuk Çayı'nda dağılım gösteren endemik ve pelajik balıklardan biridir (Sülün vd. 2014). Ancak Sakarya Nehri Havzası içerisinde daha yoğun olarak rastlanılmaktadır (Sülün 2014).

Türün vücut yapısı ince, uzun ve basık olup burun kısmı sivridir (Sülün 2014). Ağız yapısı cinsin diğer türlerinde olduğu gibi terminal yapıdadır (Tekatlı 2011).

Beslenme tercihi olarak genç bireyler bitkisel besin ve parçaları ile beslenerek omnivor özellik göstermekte iken yaşlandıkça balık yumurtaları ve yavru balıklar ile beslenerek karnivor özellik göstermektedirler (Tekatlı 2011).

Habitat tercihleri hızlı akan nehir suları olabildiği gibi acı su ve göllerde de dağılım göstermektedirler (Sülün 2014).



Şekil 2.3 *Squalius pursakensis*

2.7 Balık Büyüme Biyolojisi

Balık büyüme parametrelerinden biri olan kondisyon faktörü, 20. yüzyılın başlarından itibaren balıkçılık alanında balıkların sağlık durumlarının göstergesi olarak kullanılmaktadır (Ighwela vd. 2011). Ayrıca balıkların üreme döngüsü, beslenme durumu gibi fiziksel faktörlerine ve bulunduğu çevresel koşullar (kirlilik gibi stres faktörleri) gibi ortam faktörlerine duyarlılıklarını değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden biridir (Ndinelago vd. 2019).

Düşük kondisyon faktörü balıkların çevresel koşullardan etkilendiği, zayıf bir beslenme durumu gösterdiği veya parazitik bir enfeksiyona sahip olması şeklinde açıklanabilir (Giltrap vd. 2017).

Sucul ekosistemde bulunan KOK maddelerine maruz kalan balıkların biyolojik özellikleri (yaş, eşey gibi) ve büyüme parametreleri (kondisyon faktörü gibi) değerlerinin kirletici konsantrasyonu ile arasındaki ilişkinin yapıldığı çalışma sayısı azdır (Rios vd. 2017). Balıkların ksenobiyotik maddelere uzun süreli maruz kalma durumunda, boy veya ağırlık değerlerinde değişim olabileceği belirtilmiştir (Tricklebank vd. 2002). Ayrıca çevresel durumun en iyi göstergelerinden biri olan kondisyon faktöründe meydana gelen değişim, birey ile kirletici madde düzeyi arasındaki ilişkinin araştırılmasında önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır (Gewurtz vd. 2011). Bu nedenle yapılan bu çalışma, balık biyolojik özelliklerinden yaş ve eşey; balık büyüme parametrelerinden kondisyon faktörü değerleri kullanılarak kalıntı analizi ile histopatolojik bulgular arasındaki ilişkinin tespit edilmesi açısından özgündür.

2.8 Balık Histopatolojisi Hakkında Bilgiler

Sucul ekosistemlerin incelenmesi için indikatör olarak kullanılan canlı gruplarından biri olan balıklar, sudaki kirlenmeye karşı çok hassastır. Çünkü kirletici maddeye solungaç, deri, besin veya su tüketimi yolu ile sürekli maruz kalmaktadırlar (Hermenean vd. 2015).

Canlılarda kirletici kaynaklı meydana gelen etkiler genellikle biyokimyasal ve moleküler biyobelirteçler kullanılarak araştırılmaktadır. Ancak kirletici maddelerin etkilerinin belirlenmesi kapsamında histopatolojik incelemeler göz ardı edilmemelidir. Çünkü organizmanın kirletici maddelere maruz kalması durumunda organlarda meydana gelen lezyon oluşumu, tanımlanması ve dokulardaki patolojik değişimlerin incelenmesi bakımından kapsamlı ve hızlı bir tespit metodu olduğu için histopatolojik incelemeler de birer biyobelirteç olarak kullanılabilir (Barisic vd. 2015). Bu nedenle

yapılan bu tez çalışmasında kirletici maddelerin balık dokularında meydana getireceği etkiler histopatolojik incelemeler ile araştırılmıştır.

Kirletici maddeler, organizma üzerindeki ilk etkilerini hücre ve dokularda meydana getirdikten sonra organizma görünümü ve davranışında ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle histopatolojik analizler çok duyarlı parametreler olup organlarda meydana gelen hücre ve doku seviyesindeki değişimlerin belirlenmesinde gereklidir (Uçar ve Atamanalp 2009).

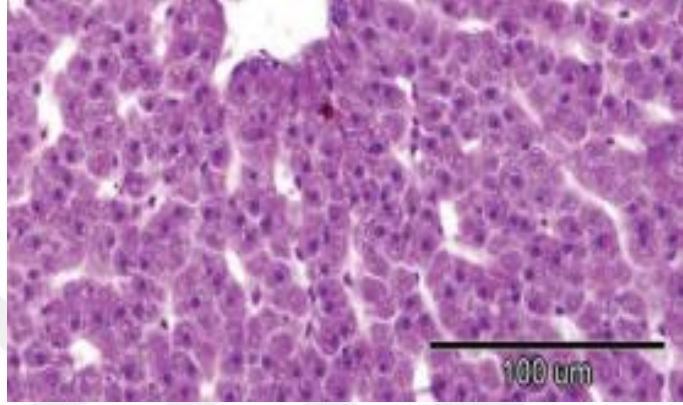
Balıklarda solunumu sağlayan solungaçlar su ve tuz değişiminden sorumlu olup azotlu atık ürünlerin atılmasında önemli bir role sahiptir (Mokhtar 2017). Sağlıklı bir solungaç yapısında solungaç lamelleri, solungaç kemeri ve solungaç dikenleri oluşumu görülmektedir (Uçar ve Atamanalp 2009) (Şekil 2.4). Solungaçlarda meydana gelebilecek en küçük bir hasar bile solunum zorluklarına ve osmoregülasyonda bozulma durumlarına neden olacağı için ölüme kadar ciddi zararlar verebilmektedir (Mokhtar 2017). Kirletici maddelerin solungaçlarda oluşturduğu histopatolojik bulgular solungaç epitellerinde hiperplazi; mukus ve klorid hücrelerinde değişimler; kan damarlarında değişimler ve sinir uçlarındaki hasar şeklindedir (Poleksic ve Mitrović-Tutundzic 1994).



Şekil 2.4 Sağlıklı balıkta solungaç yapısı (Mokhtar 2017)

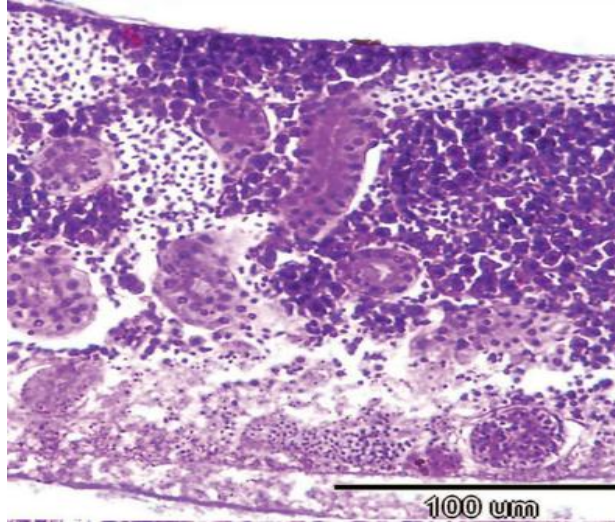
Balıklarda karaciğer, parenkimal hücreler ve fibrillerden oluşan bir sindirim sistemi organıdır. Hepatosit hücreleri parenkimal hücre tipi olup merkezi kan damarı etrafında sıralanmıştır (Mokhtar 2017) (Şekil 2.5). Makroskopik karaciğer neoplazmaları ve

dışardan görülebilen balık hastalıkları ile birlikte karaciğer histopatolojisi birkaç ulusal ve uluslararası izleme programlarına biyobelirteçler olarak dahil edilmişlerdir. Bunun en önemli nedeni karaciğerin ksenobiyotiklerin ve eşey hormonların metabolizmasından sorumlu olması, besinlerin sindirilmesi sonrası gerçekleşen temel işlevlerde yer alması ve birçok kalıcı organik kirletici maddenin akümüle olmasıdır (Dabrowska vd. 2012).



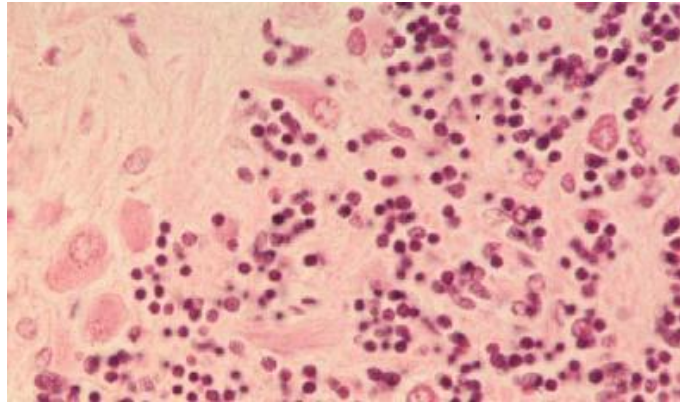
Şekil 2.5 Sağlıklı balıkta karaciğer yapısı (Mokhtar 2017)

Balıklarda böbreklerin hematopoetik, retiküloendotelyal, endokrin ve boşaltım görevleri vardır. Böbreğin birincil işlevi su ve tuzların osmotik düzenlemesini sağlamaktır. Tatlısularda, böbrekler tuzu korurken suyun fazlasını gidermektedir. Bu da yüksek oranda glomerular filtrasyon ve proksimal tübüllerde tuzların emilmesi ile olmaktadır (Morrison 2007). Böbrek dokusunda proksimal tüp, distal tüp, bağlayıcı tübüller ve toplama kanalı vardır (Sakai 1985) (Şekil 2.6). Böbrekte histopatolojik bulgular olarak bu tübüler dokularda dejenerasyon şeklinde olmaktadır (Gül vd. 2014)



Şekil 2.6 Sağlıklı balıkta böbrek yapısı (Mokhtar 2017)

Balıklarda merkezi sinir sistemi nöron ve nöroglia hücrelerinden meydana gelmektedir (Şekil 2.7). Nöronlar sinir iletiminde rol alırken nöroglia hücrelerinin nöronları destekleyici rolü vardır. Beyin ise telensefalon, diensefalon, mezensefalon, metensefalon ve medulla oblongata olmak üzere beş kısımdan oluşmaktadır (Morrison 2007). Beyinde vaküolleşme, glial hücrelerin ve nöron hücrelerinin ölümü (Tabassum vd. 2016), nöron hücrelerinde küçülme (Baldissera vd. 2018) gibi histopatolojik bulgular gözlenmiştir.



Şekil 2.7 Sağlıklı balıkta beyin yapısı (Morrison 2007)

Balıklarda yapılan histopatolojik çalışmalarla ilgili literatür örnekleri aşağıda verilmiştir.

Kızılırmak Nehri kollarından Acı ve Terme Dereleri'nde dağılım gösteren *Capoeta tinca*'nın solungaç dokuları ile su kalitesi parametreleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Su kalite parametreleri bakımından tuzluluk oranının daha yüksek olduğu Acı Dere'sinden elde edilen balıklarda solungaç dokularında klorit hücre oluşumunun yüksek oranda olduğu gözlenmiştir. Ayrıca solungaç dokularında lamellerde füzyon ve hiperplazi oluşumu da saptanmıştır (Erkmen ve Kolankaya 2000).

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) balıkları üzerinde sublethal amonyak konsantrasyonlarının incelendiği bir çalışmada tilapia balıklarının solungaç dokularında klorit hücre hiperplazisi, sekonder lamellada füzyon ve telangiektazi; sazan balıklarının solungaç dokularında hiperemi, klorit hücre hiperplazisi, sekonder lamellada füzyon ve telangiektazi; tilapia ve sazan balıklarının karaciğer dokularında pasif hiperemi, albumin ve hidropik dejenerasyon; tilapia balıklarının böbrek dokularında hiperemi ve glomerulonefritis; sazan balıklarının böbrek dokularında hiperemi, glomerulonefritis, kanama ve böbrek epitellerinde dejenerasyon bulguları saptanmıştır (Karasu Benli 2006).

Farklı tuzluluk koşullarına (%2, %5, %8 ve %11) maruz bırakılan *Lepistes reticulatus*'un solungaç dokularından yapılan histopatolojik incelemelerde yüksek oranda tuzluluk oranına (%8 ve %11) maruz bırakılan balıklarda klorit hücre bulgusunun yoğun şekilde gözlemlendiği tespit edilmiştir (Erkmen ve Kolankaya 2009).

Organofosforlu bir pestisit olan fenitrothiyona maruz bırakılan tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarının solungaç dokularında hiperemi, epitel hücrelerinde hiperplazi, klorit hücrelerinde hiperplazi, sekonder lamellerde füzyon ve telangiektazi; karaciğer dokularında pasif hiperemi, lipid birikimi ve hidropik dejenerasyon; beyin dokularında ise hiperemi gözlenmiştir (Karasu Benli ve Özkul 2010).

Capoeta capoeta bireyleri üzerinde kobalt II kloridin toksik etkisinin araştırıldığı çalışmada karaciğer dokusunda yaygın nekroz alanları ve hidropik dejenerasyon; bağırsak dokusunda deskuomasyon ve hemoraji; villus epitelinde nekroz ve lamina propria dejenerasyon tespit edilmiştir (Yılmaz vd. 2010).

Capoeta aculeata'nın *Gyrodactylus* sp. paraziti ile enfekte olmuş bireylerinde solungaç dokularında sekonder lamellerinde epitel hiperplazi saptanmıştır (Raissy ve Ansari 2011).

Capoeta capoeta ve *Squalius cephalus* bireylerinin potasyum dikromata maruz kalmış bireylerinde karaciğer dokusunda nekroz ve hidropik dejenerasyon bulguları bireylerinde tespit edilmiştir (Koç vd. 2013).

KOK madde gruplarından fitalatlar içerisinde bulunan dibütil fitalat maddesine 1 mg/L konsantrasyonunda maruz bırakılan sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarının solungaç dokularında hiperemi, lamellerde füzyon, hiperplazi, ödem, telangiektazi; karaciğer dokularında pasif hiperemi ve hidropik dejenerasyon bulguları saptanmıştır (Agus vd. 2015).

Kuzey Makedonya Cumhuriyeti'nde yer alan maden faaliyetleri ve tarımsal kaynaklı girdilerin yüksek oranda olduğu Zletovska ve Kriva Nehirleri'nde dağılım gösteren *Squalius vardarensis* bireylerinde solungaç dokularında meydana gelen histopatolojik bulgular incelenmiştir. Maden faaliyetleri kaynaklı girdilerin yoğun olduğu Zletovska Nehri'ndeki bireylerde lezyon, epitel hücrelerinde incelme ve nekroz, klorit hücrelerinde nekroz saptanmıştır. Tarımsal kaynaklı girdilerin olduğu Kriva Nehri'ndeki bireylerde lamellerde füzyon ve klorit hücrelerinde hipertrofi bulguları saptanmıştır (Barisic vd. 2015).

Maden faaliyetlerinin yüksek oranda yapıldığı bir bölgeden toplanan *Squalius vardarensis* bireylerinde karaciğer dokusu hücrelerinden hepatositlerde yağ birikimi gözlenmiştir (Jordanova vd. 2016).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Araştırma Yerinin Tanımı

Kirmir Çayı, Ankara ilinin kuzeybatısında yer alır ve Işık Dağı'ndan iner (Munsuz ve Ünver 1983). Belen Deresi, Hamam Çayı, Kocaçay ve Süvari Çayı'nın birleşmesiyle oluşan Kirmir Çayı, Sakarya Nehri üzerinde kurulmuş olan Sarıyar Baraj Gölü'ne karışır. Kirmir Çayı'nın etrafında yoğun tarım alanları yer almaktadır.

Kirmir Çayı'nda ve çevresinde bulunan yerleşim yerleri, tarım alanları ve sanayi bölgesi göz önüne alınarak Özdere, Karacaören (köy girişi), Hamam Çayı-Çeltikçi, Gömleksiz Köprüsü, Yeşilöz Mevkii ve Süvari Deresi olmak üzere 6 istasyon belirlenmiştir (Çizelge 3.1, Şekil 3.1).

Çizelge 3.1 Araştırma istasyonları adı ve koordinatları

İstasyon adı	İstasyon Koordinatları	
Özdere	40°23' 43.5" N	32° 37' 45.3" E
Karacaören (köy girişi)	40°26' 10.2" N	32°38' 96.8" E
Hamam Çayı-Çeltikçi	40° 19' 22.3" N	32° 29' 38.8" E
Yeşilöz Mevkii	40° 14' 12.9" N	32° 15' 42.3" E
Süvari Deresi	40° 07' 35.3" N	32° 03' 53.1" E
Gömleksiz Köprüsü	40° 06' 15.7" N	32° 01' 44.2" E



Şekil 3.1 Kirmir Çayı'nın Google Maps'te görüntüsü ve istasyonlar (A. Karacaören (köy girişi), B. Özdere C. Hamam Çayı-Çeltikçi, D. Yeşilöz Mevkii, E. Süvari Deresi, F. Gömleksiz Köprüsü)

Özdere İstasyonu, istasyon öncesinde kum ocağının ve tarım alanlarının olması nedeniyle seçilmiştir. Çalışma dönemleri boyunca yapılan balık örneklemesinde *Alburnus escherichii*, *Alburnoides kosswigi*, *Cobitis simplicispina*, *Oxynoemacheilus angorae*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* tespit edilmiştir. Örnekleme mevsimlerinden sonbahar ve yaz mevsimlerinde suyun renginin aşırı bulanık olduğu (neredeyse siyaha yakın bir renk) ve bir koku olduğu not edilmiştir. Su kenarlarında belirli bölgelerde *Lemna minor* olduğu gözlemlenmiştir. Dip kısmı kumluk ve taşlıktır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Özdere istasyonunun mevsimlere göre durumu (A. sonbahar, B. kış, C. ilkbahar, D. yaz)

Karacaören (köy girişi) istasyonu, Kızılcahamam ilçesinin atık sularının Kirmir Çayı'na karıştığı ilk bölge olduğu için seçilmiştir. Bu nedenle örnekleme dönemleri boyunca su renginin bulanık olduğu ve bir koku olduğu gözlenmiştir. İstasyonda yapılan örneklemlerde balık türüne rastlanılmamıştır. Ayrıca su kenarlarında *Lemna minor* bulunduğu gözlemlenmiştir. Dip kısmı balçıktır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Karacaören (köy girişi) istasyonunun mevsimlere göre durumu (A. sonbahar, B. kış, C. ilkbahar, D. yaz)

Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonu, tarım alanlarının ve çevresinde büyükbaş hayvancılığın yapıldığı bir bölge olduğu için seçilmiştir. İstasyonda yapılan balık örneklemlerinde *Alburnus escherichii*, *Barbus escherichii*, *Cobitis simplicispina*, *Oxynoemacheilus angorae*, *Chondrostoma angorae*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* tespit edilmiştir. Dip kısmı taşlık ve kumul olmakla birlikte ilkbahar ve yaz mevsiminde su renginin bulanıklaştığı gözlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunun mevsimlere göre durumu (A. sonbahar, B. kış, C. ilkbahar, D. yaz)

Yeşilöz Mevkii istasyonu, Yeşilöz Köyü çıkışında olup evsel ve tarımsal atıklarla antropojenik kirlenmeye açık bir su sistemi olduğu için seçilmiştir. İstasyonda yapılan balık örneklemelerinde *Alburnus escherichii*, *Cobitis simplicispina*, *Oxynoemacheilus angorae*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* tespit edilmiştir. Dip kısmı çakıllı-taşlı olmakla birlikte kış ve yaz mevsiminde su renginin bulanıklaştığı gözlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Yeşilöz Mevkii istasyonunun mevsimlere göre durumu (A. sonbahar, B. kış, C. ilkbahar, D. yaz)

Süvari Deresi istasyonu seçiminde en önemli etken tarımsal ve evsel kaynaklı antropojenik girdilerden uzak olmasıdır. İstasyonda yapılan balık örneklemelerinde *Alburnus escherichii*, *Barbus escherichii*, *Cobitis simplicispina*, *Oxynoemacheilus angorae*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* tespit edilmiştir. Köprü'nün sol tarafında kalan kısım daha durgun bir su iken sağ tarafındaki kısım durgun ve hızlı akan su şeklindedir. Dip kısmı kumluk ve taşlıktır. Örnekleme mevsimleri boyunca suyun renginin berrak olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Süvari Deresi istasyonunun mevsimlere göre durumu (A. sonbahar, B. kış, C. ilkbahar, D. yaz)

Gömlüksiz Köprüsü istasyonu çevresinde tavuk çiftliği bulunması ve tarım alanlarının yoğun bir şekilde olması nedeniyle seçilmiştir. Yapılan balık örneklemelerinde *Alburnus escherichii*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* tespit edilmiştir. Bütün örneklem mevsimlerinde sazlıkların çok fazla olduğu, istasyon boyunca yoğun bir koku olduğu gözlemlenmiştir. Su renginin bulanık olduğu ve dip kısmının balçık olduğu not edilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Gömlüksiz Köprüsü istasyonunun mevsimlere göre durumu (A. sonbahar, B. kış, C. ilkbahar, D. yaz)

3.2 Araştırma Örneklem Dönemi

Belirlenen bu istasyonlardan Ekim 2017–Ağustos 2018 tarihleri arasında mevsimlik periyotlarla Sonbahar 2017, Kış 2018, İlkbahar 2018 ve Yaz 2018 dönemlerinde örneklemeler yapılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Araştırma örnekleme dönemleri

İstasyon adı	Sonbahar 2017	Kış 2018	İlkbahar 2018	Yaz 2018
Özdere	Su ve sediment	Su ve sediment	Su, sediment ve balık türleri	Su ve sediment
Karacaören (köy girişi)	Su ve sediment	Su ve sediment	Su, sediment	Su ve sediment
Hamam Çayı-Çeltikçi	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri
Yeşilöz Mevkii	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri
Süvari Deresi	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri
Gömleksiz Köprüsü	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri	Su, sediment ve balık türleri

3.3 Araştırma Materyallerinin Toplanması ve Laboratuvara Getirilmesi

3.3.1 Balık örneklerinin toplanması ve laboratuvara getirilmesi

İstasyonlardan balık örnekleri SAMUS 750 MP marka elektroşoker aletiyle yakalanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Balık örnekleme yapılması

Çalışma alanlarında tespit edilen toplam *Capoeta baliki* sayısı 70, toplam *Squalius pursakensis* sayısı 87'dir. Balıkların mevsimlere ve istasyonlara göre dağılımı çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Araştırma kapsamında yakalan balık örnekleri

İstasyon Adı	Mevsim	<i>Capoeta baliki</i>	<i>Squalius pursakensis</i>
Özdere	Sonbahar	0	0
	Kış	0	0
	İlkbahar	2	11
	Yaz	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	5	10
	Kış	5	5
	İlkbahar	5	7
	Yaz	3	6
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7	1
	Kış	4	5
	İlkbahar	6	5
	Yaz	5	5
Süvari Deresi	Sonbahar	8	5
	Kış	4	6
	İlkbahar	2	2
	Yaz	2	8
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	4	2
	Kış	4	3
	İlkbahar	2	3
	Yaz	2	3

3.3.2 Su ve sediment numunelerinin alınması ve laboratuvara getirilmesi

Örnekleme yapılan istasyonların bazı ekolojik özelliklerini belirlemek için, suyun pH'sı, çözülmüş oksijeni (CO_2), elektriksel iletkenliği (EC) ve sıcaklığı ölçülmüş, berraklığı ve bulanıklığı, dip yapısı, akıntı durumu ve kıyı durumu saptanmıştır. Suyun sıcaklığı (T) ($^{\circ}\text{C}$), pH'sı, çözülmüş oksijeni (mg/L), elektriksel iletkenliği (μS) Quality Management Meter cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 3.9). Diğer ekolojik özellikler gözlenerek belirlenmiştir.



Şekil 3.9 Su parametrelerinin oksijenmetre ile ölçülmesi

Su numuneleri 10.10.2009 tarih ve 27372 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği”ne göre toplanmıştır (Şekil 3.10) Su örnekleri amber cam kaplara, taban yüzeyinin 0-5 cm üzerinden alınmıştır.



Şekil 3.10 Su örneklerinin alınması

Sediment numuneleri ise “TS 9547 ISO 5667-12 Su Kalitesi- Numune Alma- Bölüm 12: Dip Sedimentlerinden Numune Alma Klavuzu”nda belirtilen yöntemle uygun şekilde yapılmıştır (Şekil 3.11). Sediment örnekleri ise amber renkli cam numune kaplarına konulmuştur. Su ve sediment numuneleri soğuk zincir altında laboratuvara ulaştırılarak, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ derin dondurucuya konulmuştur.

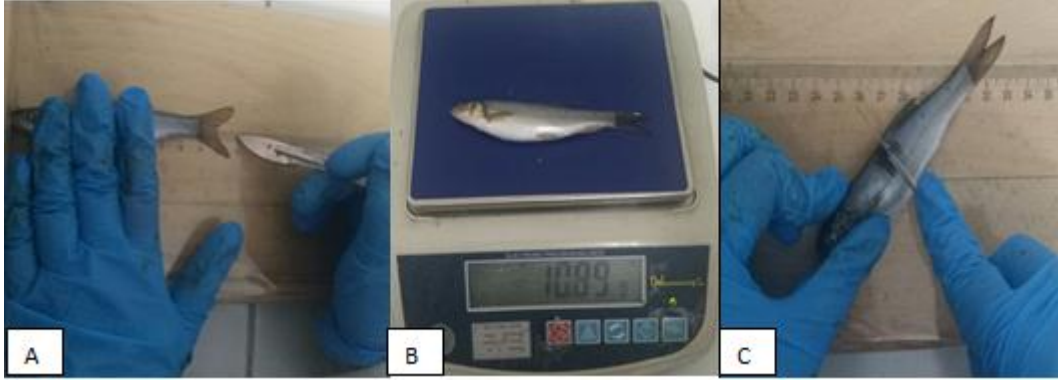


Şekil 3.11 Sediment örneklerinin alınması

3.4 Araziden Toplanan Örneklerde Yapılan İşlemler

3.4.1 Balıkların büyüme özellikleri ile ilgili yapılan işlemler

Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji laboratuvarı ortamına getirilen balıklar türlerine göre ayrılmıştır. Büyüme özelliklerini incelemek amacıyla örneklerin çatal boy ve total boyları milimetrik cetvel ile milimetre (mm) cinsinden ölçülmüştür. Ağırlıkları ise Dikomson marka 0.01 gram hassasiyetli elektrikli terazi ile tartılmıştır. Örneklerin yaşlarının saptanması pratikliği, sağlıklı sonuç vermesi ve uzun süre saklanabilmesi nedeniyle pullar ile yapılmıştır. Pullar yanıl çizgi üzerinden, baş ile dorsal yüzgeç arasındaki bölgeden alınmıştır (Şekil 3.12). Alınan pullar önce üzerinde tarih, istasyon adı ve balık numarası yazılı olan zarflar içerisine konulmuş, daha sonra her bir balığa ait pul örnekleri, önce % 4'lük potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi içinde 15 – 20 dakika bekletilmiş, sonra çeşme suyu ile yıkanmış, suyun alınması için birkaç saniye % 70'lik alkole batırılıp çıkarılmış ve preparat haline getirilmek üzere en az 20 tane olacak şekilde iki lam arasına dizilmiştir (Lagler 1966). Yaş tayini için preparat haline getirilen pul örnekleri 2x10 ve 4x10 büyütme, alttan ve üstten aydınlatmalı SOIF marka binoküler mikroskop ile yapılmıştır.



Şekil 3.12 Balık örnekleri ile yapılan işlemler (A. boy ölçümü, B. ağırlık ölçümü, C. pul alınması)

Balıkların pulunun alınmasının ardından balıklar diseksiyon yapılarak eşeyleri not edilmiştir.

Balık büyüme analizlerinden kondisyon faktörü aşağıda belirtilen formül kullanılarak hesaplanmıştır (Lagler 1966).

$$K=(W/L^3)\times 100$$

W: Balığın ağırlığı (g)

L: Balığın total boy uzunluğu (cm) (Lagler 1966)

3.4.2 Balıklarda histopatolojik incelemelerde kullanılan çözeltiler

Kirletici maddelerin en çok etkilediği hedef organlar olan solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokuları ile eşey tayininin tam olarak yapılabilmesi için gonad dokuları da alınarak doku kasetleri içine konulmuştur. Doku kasetleri nötral buffer ile tamponlanmış %10 formalin solüsyonu (pH 7.2-7.4) ile 1 hafta süreyle tespit edilmiştir.

Histopatolojik incelemeler için nötral buffer ile tamponlanmış %10 formalin, Bouin solüsyonu, Harris Alum Hematoksilen ve Eosin-Phloxine Solüsyonu aşağıda belirtilen şekilde hazırlanmıştır.

- Nötral buffer ile tamponlanmış %10 formalin (Pressnell ve Schreibman 1997)

%37-40 formaldehit (Merck)	100 mL
Çeşme suyu	900 mL
NaH ₂ PO ₄ H ₂ O	4 g
Na ₂ HPO ₄	6 g

- Bouin Solüsyonu (Roberts 2001)

Doymuş pitrik asit solüsyonu	75 mL
Formalin (%37-40 formaldehit)	25 mL
Glasiyal asetik asit	5 mL

- Harris Alum Hematoksilen (Luna 1968)

Hematoksilen kristalleri	5 g
Absolut alkol	50 mL
Amonyum ve Potasyum Alum	100 g
Distile su	1000 mL
Merkürük oksit (kırmızı)	2.5 g
Glasiyal asetik asit	2-4 mL

Hazırlanışı: Hematoksilen alkol içinde, alum ise suda ısıtılarak çözülür. Alum çözeltisi ateş üstünden alınıp iki çözelti ile karıştırılır. Çözelti mümkün olduğunca çabuk kaynatılıp yavaşça merkürük oksit eklenir. Solüsyon koyu mor renk alıncaya kadar kaynatıldıktan sonra kap hemen soğuk su içine konularak soğuyuncaya kadar bekletilir. Her 100 mL boya için 2-4 mL glasiyal asetik asit eklenir. Boya kullanılmadan önce Watmann filter kağıdı ile süzülür.

- Eosin-Phloxine Solüsyonu

Stok Eosin Solüsyonu

Eosin Y (suda çözünen)	1 g
Distile su	100 mL

Stok Phloxine Solüsyonu

Phloxine B	1 g
Distile su	100 mL

- Çalışma Solüsyonu

Stok Eosin Solüsyonu	25 mL
Stok Phloxine Solüsyonu	2.5 mL
%95 etil alkol	195 mL
Glasiyal asetik asit	1 mL

Hazırlanışı: tüm çözeltiler alkol ve glasiyal asetik asit ile karıştırılır.

3.4.3 Balıklarda histopatolojik çalışmalar ile ilgili yapılan işlemler

Doku preparatları Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Bölümü'nde yapılmıştır.

Bir hafta sonunda formalin solüsyonu ile tespit edilen dokular % 70'lik etil alkol içinde 24 saat bekletilmesinin ardından 6-8 saat süreyle çeşme suyu altında yıkanmıştır. Sonra herbirinde ikişer saat olacak şekilde %50, %60, %70, %80, %90, %96 ve absolut etil alkol serilerinde bekletilmiştir. Bouin solüsyonu kullanılarak dokular yıkanmadan %70'lik etil alkole alınmış ve bunu takip eden alkol serilerinden (%80, %90, %96 ve absolut etil alkol) geçirilmiştir. Daha sonra dokular alınarak 2 saat süre ile ksilolde bekletilerek 56-58 °C'de ksilollü parafin ve parafin içine gömülmüşlerdir. Parafin bloklardan 5-6 µm kalınlığında Leica marka mikrotomdan alınan kesitler su banyosunda lam üzerine yerleştirilmiş ve etüvde kurumaya bırakılmıştır (Presnell ve Schreibman 1997). Doku kesitleri Harris'in Hematoksilen-Eozin boyama yöntemine göre boyanarak sabit preparat haline getirilmiştir (Luna 1968). Preparatların incelenmesi Zeiss marka ışık mikroskobu ile yapılmıştır. İnceleme sonucunda balık dokularında meydana gelen histopatolojik değişiklikler kayıt altına alınmıştır.

3.4.4 Kalıntı analizinde kullanılan kimyasal maddeler

Çalışma kullanılan PAH analitleri standartları (Np, Anp, Ane, Flr, Phe, An, Flu, Py, BaA, Chr, BbF, BaP, IcdP, DahA, BghiPy) her biri % 99.5 saflıkta asetonitrilde hazırlanmış 10 µg/mL derişimde (Dr. Ehrenstorfer-Augsburg, Almanya), PCB maddeleri standartları (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 180 ve dioksin benzeri PCB 118) her biri % 99.5 saflıkta izooktanda hazırlanmış 10 µg/mL derişimde (Dr. Ehrenstorfer-Augsburg, Almanya), OK maddeleri standartları (lindan, HCH, heptaklor, 4-4-DDT, 4-4-DDD, 4-4-DDE) karışım halinde % 99.5 saflıkta asetonitrilde hazırlanmış 10 µg/mL derişimde (Dr. Ehrenstorfer-Augsburg, Almanya), PBDE maddelerinin standartları (PBDE 28, PBDE 47, PBDE 66, PBDE 99, PBDE 100, PBDE 153 ve PBDE 154) karışım halinde % 99.5 saflıkta toluende hazırlanmış 2 µg/mL derişimde (Wellington Laboratories, Kanada) temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan diklorometan, aseton, asetonitril ve toluen HPLC saflığında Merck (Darmstadt, Almanya)'den temin edilmiştir. Kolon içerisine konulan kimyasal maddelerden Bondesil C18 ve Primer Sekonder Amin (PSA) Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA); susuz magnezyum sülfat (MgSO₄) Panreac Kimya (Panreac Quimica S.A.U., Barselona, İspanya) ve sodyum klorür Merck (Darmstadt, Almanya)'den temin edilmiştir.

3.4.5 Su örneklerinde kalıntı analizi ile ilgili yapılan işlemler

Su örneklerinde kalıntı analizi Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı'nda Kuzukıran vd. 2016a metoduna göre yapılmıştır.

Katı faz ekstraksiyonu kartuşları (SPE) içerisine 0.5 g bondesil C18 konulmuştur. Su numuneleri 0.2 µm filtreler kullanılarak 50 mL olacak şekilde filtrelenmiştir. Kolonlardan sırasıyla 5 mL diklorometan, 5 mL aseton ve 5 mL distile su geçirilmiştir. 10 dakika kurumaya bırakılan kolonlardan 50 mL su numuneleri geçirilmesinin ardından 20 µL internal standartlar eklenerek (PCB 153 C13, PCB 209 ve PAH internal

standartları) kolonlar 1 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.13). Ardından 3 mL aseton geçirilerek toplanan numuneler azot altında uçurularak 100 µm asetonitril ile toplanarak GC/MS cihazına verilmiştir.



Şekil 3.13 Su örneklerinde kalıntı analizi

3.4.6 Sediment örneklerinde kalıntı analizi ile ilgili yapılan işlemler

Sediment örneklerinde kalıntı analizi Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı'nda Kuzukıran vd. 2016b metoduna göre yapılmıştır.

Sediment numuneleri çalışmadan iki gün önce -20°C derin dondurucudan çıkartılıp karanlık ortamda kurutulmuş ve 2 g tartılarak cam tüpler içerisine konulmuştur. Cam tüpler içindeki sedimentler üzerine 20 µL internal standartlar eklenerek (PCB 153 C13, PCB 209 ve PAH internal standartları) 30 dakika karanlık ortamda bekletilmiştir. Tüplere 5 mL asetonitril konularak 10 dakika çalkalamalı vortekste bekletilmesinin ardından 0.5 gram NaCl eklenerek 5 dakika çalkalamalı vortekste bekletilmiştir. Tüpler içine 1 gram MgSO_4 eklenerek 5 dakika çalkalamalı vortekse konulmasının ardından tüpler sonra -20°C 'de 4000 rpm'de 15 dakika santrifüj yapılmıştır. Süpernatant kısmı alınarak azot altında 1 mL kalana kadar uçurulmuştur. Cam pastör pipet kolonları

içerisine 0.5 g C18, 0.4 g PSA, 0.1 g MgSO₄ tartılarak konulmuştur. Kolonlardan sırasıyla 5 mL asetonitril, 1 mL süpernatant geçirilerek 2 mL asetonitril ile toplanmıştır. Ardından azot altında uçurularak 100 µL asetonitril ile toplanıp GC/MS cihazında incelenmeye verilmiştir.

3.4.7 Balık örneklerinde kalıntı analizi ile ilgili yapılan işlemler

Balık kas dokusu en önemli gıda maddeleri arasından biri olduğu için çalışmada kas dokusu kalıntı analizi tespiti yapılacak doku olarak seçilmiştir. Diseksiyon edilen balıkların kas dokuları alınarak alüminyum folyo içerisine alınarak işlem yapılınca kadar -20 °C derin dondurucuda saklanmıştır.

Balık kas dokularında kalıntı analizi Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı'nda Kuzukıran vd. 2016b metoduna göre yapılmıştır.

Balık kas örnekleri 2 gram olarak tartılmış ve vidalı cam tüpler içerisine konulmuştur. Cam tüpler içine 20 µL internal standartlar eklenerek (PCB 153 C13, PCB 209 ve PAH internal standartları) 30 dakika karanlık ortamda bekletilmiştir. Tüplere 5 mL asetonitril konularak 10 dakika çalkalamalı vortekste bekletilmesinin ardından 0.5 gram NaCl eklenerek -20 °C'de 4000 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiştir. Tüplere 2 gram MgSO₄ eklenerek tekrar santrifüj edilmiştir. -80 °C'de 10 NaCl inkübe edildikten sonra tekrar santrifüj yapılmıştır. Süpernatant kısmı alınarak azot altında 1 mL kalana kadar uçurulmuştur. Önceden hazırlanan cam pastör pipet kolonlarından (kolon içeriği: 0.4 g C18, 0.4 g PSA, 0.1 g MgSO₄) 3 mL asetonitril geçirilmesinin ardından süpernatant geçirilerek 2 mL asetonitril ile kolon yıkanmıştır. Numuneler azot altında uçurularak 100 µL asetonitril ile toplanıp GC/MS cihazında incelenmeye verilmiştir.

3.4.8 GC/MS cihaz metodu

Hazırlanan su, sediment ve balık kas dokusu numuneleri içerdikleri KOK'ların belirlenmesi ve miktarlarının tespit edilebilmesi amacıyla Thermo Finnigan Polaris Q iyon trap-mass spektrometrik dedektörlü gaz kromatografisi ve kütle spektrometresi cihazına (Thermo Finnigan, San Joe, CA, USA; GC/MS) verilmiştir. Cihazın koşulları aşağıdaki gibidir.

Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	250 °C		
Dedektör sıcaklığı	300 °C		
Kolon fırını sıcaklık başlangıç	70 °C		2 dk
Kolon fırını sıcaklık rampa 1	25 °C/dk	150 °C	0 dk
Kolon fırını sıcaklık rampa 2	5 °C/dk	200 °C	5 dk
Kolon fırını sıcaklık rampa 3	5 °C/dk	270 °C	2 dk
Kolon fırını sıcaklık rampa 4	25 °C/dk	290 °C	7 dk
MS transfer kolonu	280 °C		
Taşıyıcı gaz (He) akış miktarı	3 µL		
Numune miktarı	1 µL		

3.5 İstatistiksel Değerlendirme

Balık büyüme parametrelerinden biri olan kondisyon faktörü ile balık biyolojik özelliklerinden elde edilen eşey ve yaş bulguları ile histopatolojik incelemeler ve kalıntı analizinden elde edilen veriler istasyonlar arası, mevsimler arası ve türler arası olarak karşılaştırılmıştır. Su, sediment ve balık kas dokusundan elde edilen kalıntı analizi verileri istasyonlar arası ve mevsimler arası olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilerin girişi ilk olarak Microsoft Excel programına yapılmıştır. Ardından verilerin IBM SPSS 20 programına aktarılması ile veriler normal dağılım göstermelerine göre testler yapılmıştır. Eğer veriler normal dağılım gösteriyor ise parametrik testlerden One-Way ANOVA; göstermiyorsa parametrik olmayan testler Kruskal-Wallis testi yapılmıştır.

4. BULGULAR

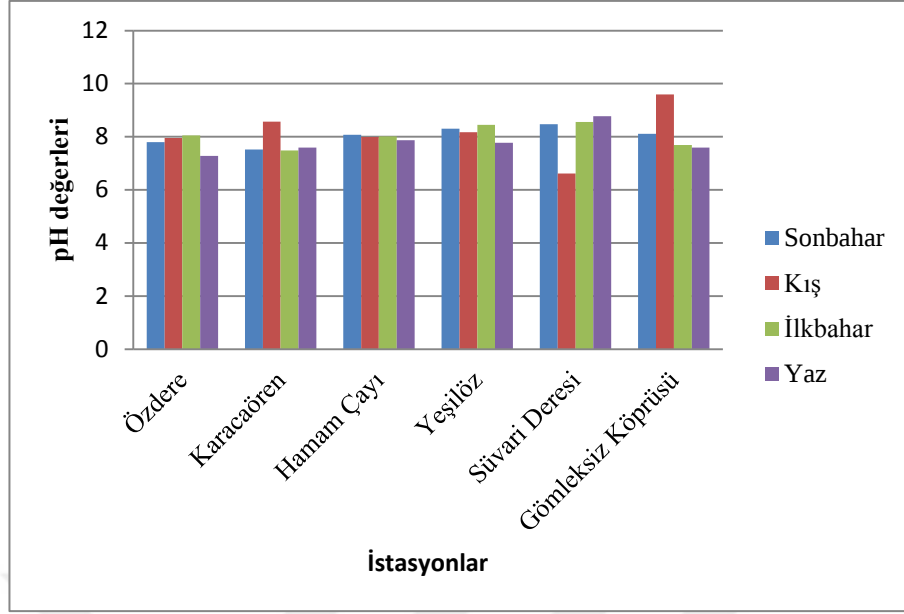
4.1 Su Ölçüm Parametrelerinden Elde Edilen Verilere Ait Bulgular

Arazi çalışmaları sırasında istasyonların pH, su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür.

Suyun fiziksel parametrelerinden pH ölçüm sonuçları istasyonlara ve mevsimlere göre çizelge 4.1 ve şekil 4.1’te gösterilmiştir. En düşük pH değeri kış mevsimi için Süvari Deresi istasyonunda 6.61 olarak bulunmuşken en yüksek değer 8.77 olarak aynı istasyonda yaz mevsiminde gözlenmiştir.

Çizelge 4.1 İstasyonların mevsimsel pH ölçüm değerleri

İstasyonlar	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Özdere	7.8	7.96	8.05	7.28
Karacaören (köy girişi)	7.52	8.57	7.48	7.59
Hamam Çayı- Çeltikçi	8.07	7.99	8.01	7.87
Yeşilöz Mevkii	8.3	8.17	8.45	7.77
Süvari Deresi	8.47	6.61	8.56	8.77
Gömleksiz Köprüsü	8.11	9.6	7.69	7.59

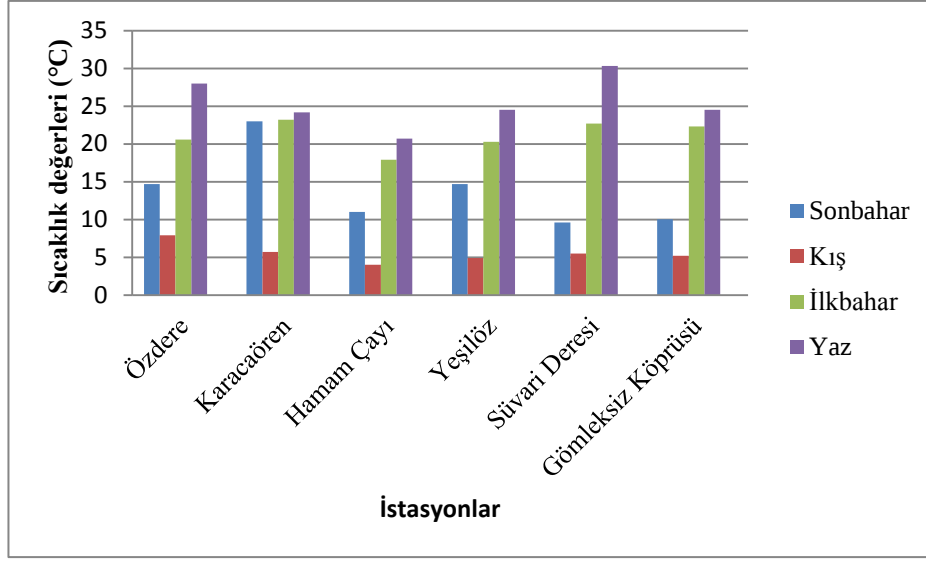


Şekil 4.1 İstasyonların mevsimsel pH değerleri

Suyun fiziksel parametrelerinden su sıcaklığı ölçüm sonuçları istasyonlara ve mevsimlere göre çizelge 4.2 ve şekil 4.2’de gösterilmiştir. Mevsim itibariyle en düşük sıcaklıklar kış mevsiminde gözlenmişken en yüksek değerler yaz mevsiminde elde edilmiştir.

Çizelge 4.2 İstasyonların mevsimsel su sıcaklığı ölçüm değerleri

İstasyonlar	Sonbahar (°C)	Kış (°C)	İlkbahar (°C)	Yaz(°C)
Özdere	14.7	7.9	20.6	28
Karacaören (köy girişi)	23	5.7	23.2	24.2
Hamam Çayı- Çeltikçi	11	4.02	17.9	20.7
Yeşilöz Mevkii	14.7	4.9	20.3	24.5
Süvari Deresi	9.6	5.5	22.7	30.3
Gömleksiz Köprüsü	10.05	5.2	22.3	24.5

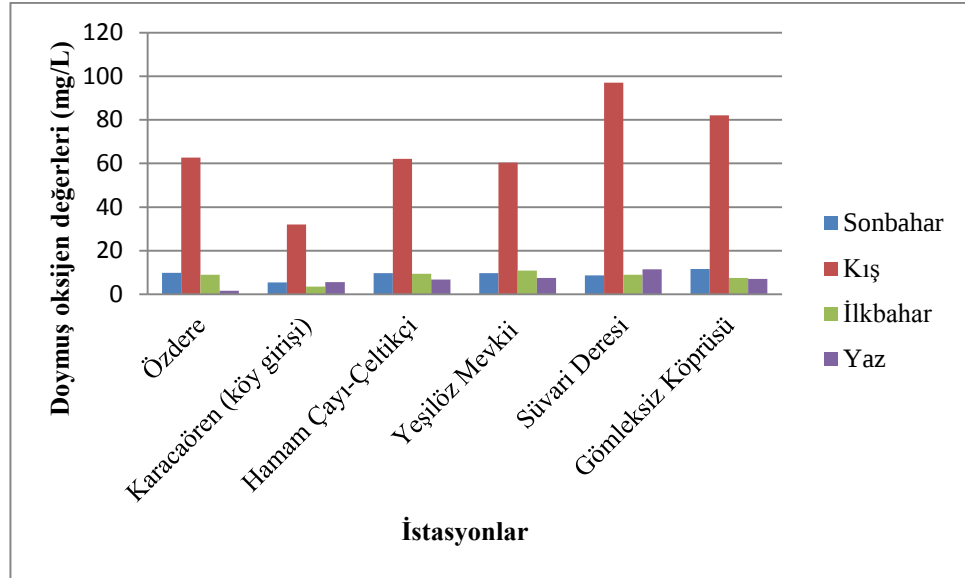


Şekil 4.2 İstasyonların mevsimsel su sıcaklığı değerleri

Suyun fiziksel parametrelerinden doymuş oksijen ölçüm sonuçları istasyonlara ve mevsimlere göre çizelge 4.3 ve şekil 4.3'te gösterilmiştir. En yüksek doymuş oksijen ölçüm değerleri kış mevsiminde elde edilmiştir.

Çizelge 4.3 İstasyonların mevsimsel doymuş oksijen ölçüm değerleri

İstasyonlar	Sonbahar (mg/L)	Kış (mg/L)	İlkbahar (mg/L)	Yaz (mg/L)
Özdere	9.90	62.70	9.05	1.70
Karacaören (köy girişi)	5.50	32.10	3.60	5.60
Hamam Çayı- Çeltikçi	9.70	62.10	9.40	6.83
Yeşilöz Mevkii	9.80	60.40	10.90	7.55
Süvari Deresi	8.76	97.10	9.00	11.49
Gömleksiz Köprüsü	11.70	82.10	7.60	7.04

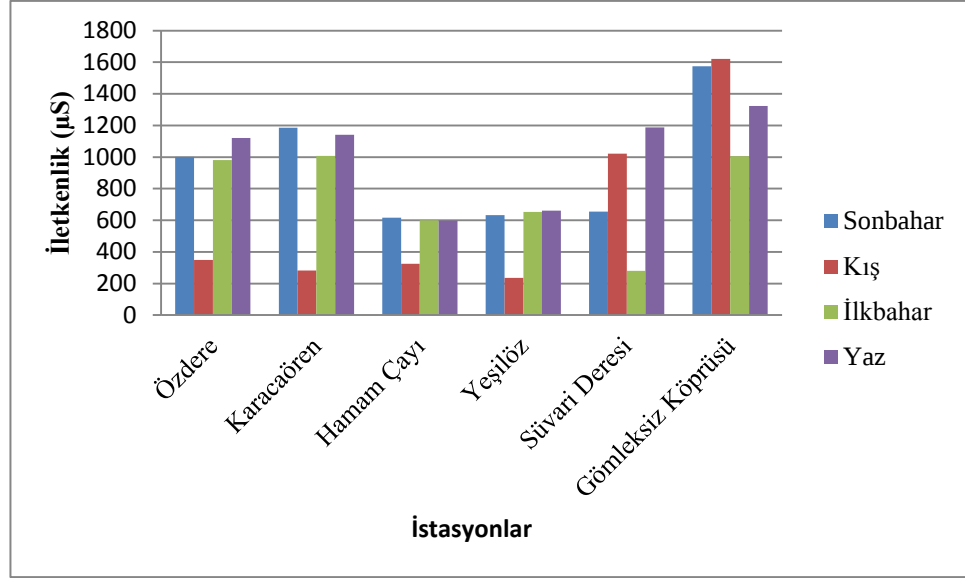


Şekil 4.3 İstasyonların mevsimsel doymuş oksijen ölçüm değerleri

Suyun fiziksel parametrelerinden iletkenlik ölçüm sonuçları istasyonlara ve mevsimlere göre çizelge 4.4 ve şekil 4.4'te gösterilmiştir. Gömleksiz Köprüsü'nde bütün mevsimler için en yüksek iletkenlik ölçüm değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.4 İstasyonların mevsimsel iletkenlik ölçüm değerleri

İstasyonlar	Sonbahar (μ S)	Kış (μ S)	İlkbahar (μ S)	Yaz (μ S)
Özdere	1002	349	980	1120
Karacaören (köy girişi)	1185	282	1007	1141
Hamam Çayı- Çeltikçi	616	324	600	598
Yeşilöz Mevkii	633	236	653	660
Süvari Deresi	654	1022	280	1188
Gömleksiz Köprüsü	1575	1620	1005	1323



Şekil 4.4 İstasyonların mevsimsel iletkenlik ölçüm değerleri

4.2 Balık Büyüme Parametrelerine İlişkin Bulgular

4.2.1 *Capoeta baliki* balıklarına ilişkin bulgular

2017 Sonbahar ve 2018 Yaz dönemi arasında dört mevsim boyunca (sonbahar, kış, ilkbahar, yaz) yapılan çalışmalarda istasyonlardan toplanan toplam *Capoeta baliki* birey sayısı 70'dir. Eşeye göre dağılımda ise toplam dişi birey sayısı 6 iken erkek bireyler 64 adettir. İstasyonlara ve mevsimlere ait toplam birey sayısı, dişi ve erkek birey sayıları çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 İstasyonlara ve mevsimlere göre toplanan *Capoeta baliki* sayısı

İstasyon Adı	Mevsim	Toplam balık sayısı	Dişi birey sayısı	Erkek birey sayısı
Özdere	Sonbahar	0	0	0
	Kış	0	0	0
	İlkbahar	2	0	2
	Yaz	0	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	5	2	3
	Kış	5	2	3
	İlkbahar	5	0	5
	Yaz	3	0	3
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7	0	7
	Kış	4	0	4
	İlkbahar	6	0	6
	Yaz	5	0	5
Süvari Deresi	Sonbahar	8	0	8
	Kış	4	0	4
	İlkbahar	2	0	2
	Yaz	2	0	2
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	4	0	4
	Kış	4	0	4
	İlkbahar	2	0	2
	Yaz	2	2	0

Capoeta baliki bireylerinin istasyonlara göre yaş dağılımı çizelge 4.6’da gösterilmiştir. Bütün istasyonlar için 0 yaş grubundaki birey sayısının daha fazla; 3 yaş grubundaki birey sayısının az olduğu gözlenmiştir. Bireylerden alınan gonad dokularının histolojik olarak incelenmesinde 51 adet juvenil (0+ ve 1+ yaşında) ve 19 adet ergin (2+ ve 3+ yaşında) birey tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6 İstasyonlara göre *Capoeta baliki*’nin yaş dağılımı

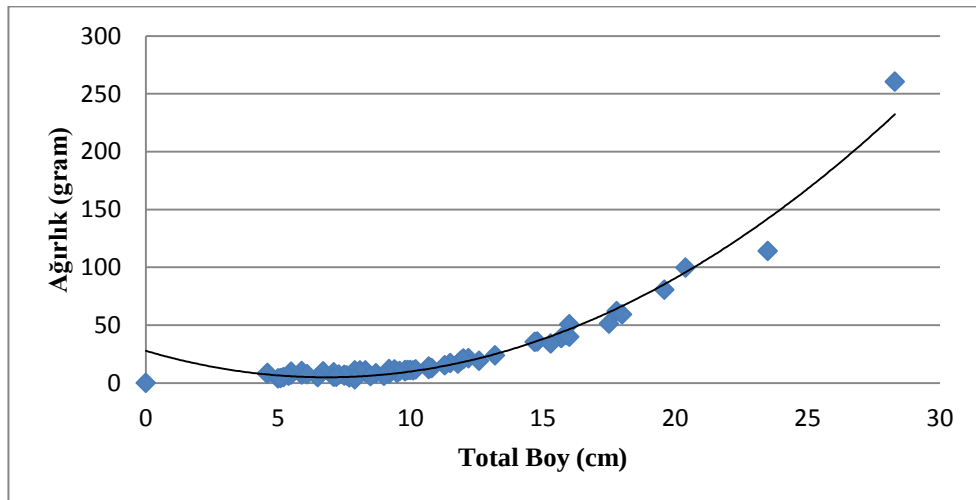
İstasyon Adı	Toplam balık sayısı	0 + yaş	1 + yaş	2+ yaş	3 + yaş
Özdere	2	2	0	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	18	3	11	3	1
Yeşilöz Mevkii	22	8	6	5	3
Süvari Deresi	16	8	4	4	0
Gömleksiz Köprüsü	12	7	2	2	1

4.2.1.1 Büyüme parametrelerine ilişkin bulgular

Büyüme parametrelerinde yaygın olarak kullanılan verilerden biri olan total boy ve ağırlık verilerinin ortalama değerleri çizelge 4.7’de istasyonlara göre verilmiştir. Bütün bireylerde total boy ve ağırlık değişimi ise şekil 4.5’de gösterilmiştir. Ortalama total boy en düşük Özdere istasyonundan elde edilirken (7.3 cm) en yüksek Yeşilöz Mevkii istasyonundan 12.60 cm olarak elde edilmiştir. Ortalama ağırlık ise en düşük 7.995 g ve en yüksek 41.37 g olarak sırasıyla Özdere ve Yeşilöz Mevkii istasyonlarından elde edilmiştir.

Çizelge 4.7 *Capoeta baliki* ’nin istasyonlara göre ortalama total boy ve ağırlık verileri

İstasyon Adı	Ortalama Total Boy (cm)	Ortalama Ağırlık (g)
Özdere	7.30	7.99
Hamam Çayı-Çeltikçi	11.04	17.72
Yeşilöz Mevkii	12.60	41.37
Süvari Deresi	8.68	8.91
Gömleksiz Köprüsü	9.16	18.21



Şekil 4.5 *Capoeta baliki* ’nin total boy ve ağırlık dağılımı

Balıkların kondisyon faktörleri dağılımı istasyonlara ve mevsimlere göre çizelge 4.8’de; yaşa göre dağılımı çizelge 4.9’da ve eşeye göre dağılımı ise çizelge 4.10’da gösterilmiştir. İstasyonlara ve mevsimlere göre kondisyon faktörü dağılımı incelendiğinde en yüksek Yeşilöz Mevkii kış mevsiminde (4.771) elde edilmişken en düşük Gömleksiz Köprüsü yaz mevsiminde (0.723) elde edilmiştir. Kondisyon faktörünün istasyonlar ve mevsimler arasında karşılaştırılması sonucunda hem istasyonlar arasında hem de mevsimler arasında önemli farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Yaşa göre kondisyon faktörü dağılımı incelendiğinde 0+ yaş grubundaki bireylerde en yüksek değer (2.845) bulunmuşken 3+ yaş grubundaki bireylerde en düşük değer (1.060) bulunmuştur. Dişi bireylerden elde edilen değer ile erkek bireylerinden elde edilen değerden düşük bulunmuştur. Kondisyon faktörünün yaşa ve eşeye bağlı olarak incelenmesinde herhangi bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.8 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Capoeta baliki*’nin kondisyon faktörü dağılımı

İstasyon Adı	Mevsim	Ortalama Kondisyon Faktörü
Özdere	İlkbahar	2.092
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	1.01
	Kış	1.816
	İlkbahar	1.141
	Yaz	1.133
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	1.052
	Kış	4.771
	İlkbahar	0.985
	Yaz	4.625
Süvari Deresi	Sonbahar	1.091
	Kış	2.053
	İlkbahar	1.324
	Yaz	1.559
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	1.138
	Kış	2.870
	İlkbahar	2.372
	Yaz	0.723

Çizelge 4.9 Yaşa göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı

Yaş	Ortalama Kondisyon Faktörü
0+	2.845
1+	1.259
2+	1.024
3+	1.060

Çizelge 4.10 Eşeye göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı

Eşey	Ortalama Kondisyon Faktörü
Dişi	1.168
Erkek	1.894

4.2.2 *Squalius pursakensis*'e ilişkin bulgular

2017 Sonbahar ve 2018 Yaz dönemi arasında yapılan mevsimlik çalışmalarda istasyonlardan toplanan toplam *Squalius pursakensis* sayısı 87'dir. Dişi birey sayısı 10 iken erkek birey sayısı 77 olarak bulunmuştur. İstasyonlara ve mevsimlere ait toplam birey sayısı, dişi ve erkek birey sayıları çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 İstasyonlara ve mevsimlere göre toplanan *Squalius pursakensis* sayısı

İstasyon Adı	Mevsim	Toplam balık sayısı	Dişi birey sayısı	Erkek birey sayısı
Özdere	Sonbahar	0	0	0
	Kış	0	0	0
	İlkbahar	11	3	8
	Yaz	0	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	10	1	9
	Kış	5	1	4
	İlkbahar	7	1	6
	Yaz	6	0	6
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	1	1	0
	Kış	5	0	5
	İlkbahar	5	0	5
	Yaz	5	0	5

Çizelge 4.11 İstasyonlara ve mevsimlere göre toplanan *Squalius pursakensis* sayısı (devam)

Süvari Deresi	Sonbahar	5	0	5
	Kış	6	0	6
	İlkbahar	2	1	1
	Yaz	8	0	8
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	2	0	2
	Kış	3	1	2
	İlkbahar	3	1	2
	Yaz	3	0	3

Squalius pursakensis bireylerinin istasyonlara göre yaş dağılımı çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Bireylerden alınan gonad dokularının histolojik olarak incelenmesinde 28 adet juvenil (0+ ve 1+ yaşında) ve 59 adet ergin (2+ ve 3+ yaşında) birey tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12 İstasyonlara göre *Squalius pursakensis*’nin yaş dağılımı

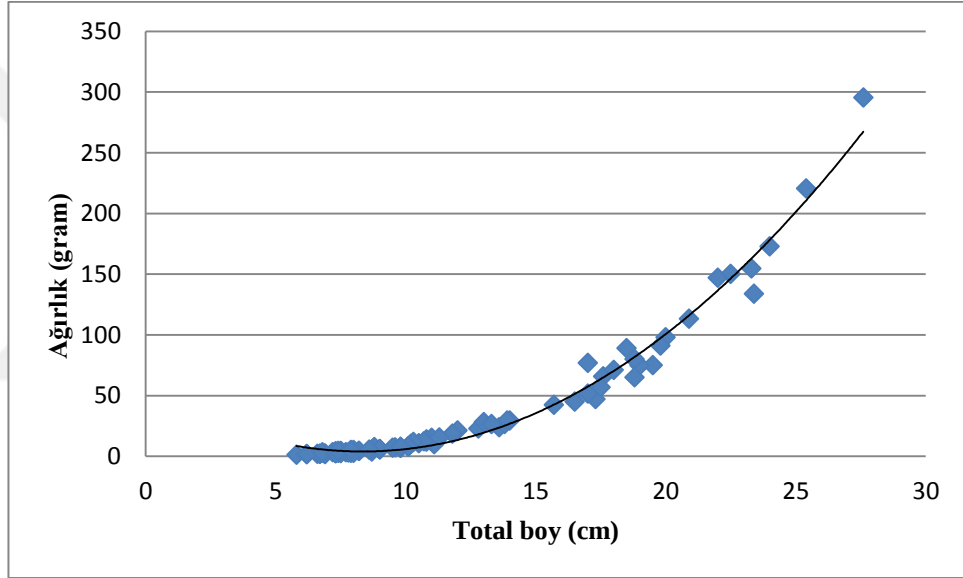
İstasyon Adı	Toplam balık sayısı	0 + yaş	1 + yaş	2 + yaş	3 + yaş	4 + yaş
Özdere	11	0	1	2	2	6
Hamam Çayı-Çeltikçi	28	5	4	8	6	5
Yeşilöz Mevkii	16	1	1	11	2	1
Süvari Deresi	21	5	10	2	2	2
Gömleksiz Köprüsü	11	0	1	8	1	1

4.2.2.1 Büyüme parametrelerine ilişkin bulgular

Büyüme parametrelerinde kullanılan verilerden biri olan total boy ve ağırlık verileri çizelge 4.13’de ortalama olarak istasyonlara göre verilmiştir. Ortalama total boy en düşük Süvari Deresi istasyonundan elde edilirken (10.03 cm) en yüksek Özdere istasyonundan 14.08 cm olarak elde edilmiştir. Ortalama ağırlık ise en düşük 17.36 gram ve en yüksek 72.63 gram olarak sırasıyla Yeşilöz Mevkii ve Özdere istasyonlarından elde edilmiştir. Tüm bireylerde total boy ve ağırlık değişimi şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 *Squalius pursakensis* türünün istasyonlara göre ortalama total boy ve ağırlık verileri

İstasyon Adı	Ortalama Total Boy (cm)	Ortalama Ağırlık (g)
Özdere	14.08	72.63
Hamam Çayı-Çeltikçi	12.14	29.64
Yeşilöz Mevkii	10.78	17.36
Süvari Deresi	10.03	20.44
Gömlüksiz Köprüsü	11.55	38.48



Şekil 4.6 *Squalius pursakensis*'in bütün bireylerde total boy ve ağırlık dağılımı

Balıkların kondisyon faktörleri dağılımı istasyonlara ve mevsimlere göre çizelge 4.14'de; yaşa göre dağılımı çizelge 4.15'de ve eşeye göre dağılımı ise çizelge 4.16'da gösterilmiştir. İstasyonlara ve mevsimlere göre kondisyon faktörü dağılımı incelendiğinde en yüksek Özdere ilkbahar mevsiminde (1.194) elde edilmişken en düşük Süvari Deresi Yaz mevsiminde (0.662) elde edilmiştir. Kondisyon faktörünün istasyonlar ve mevsimler arasındaki farkının incelenmesinde önemli derecede fark olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Yaşa göre kondisyon faktörü dağılımı incelendiğinde 4 yaş grubundaki bireylerde en yüksek değer (1.235) bulunmuşken 0 yaş grubundaki bireylerde en düşük değer (0.798) bulunmuştur. Dişi bireylerden elde edilen değer erkek

bireylerinden elde edilen değerden yüksek bulunmuştur. Kondisyon faktörünün eşey ve yaş grupları arasındaki dağılımında ise önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.14 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Squalius pursakensis*'in kondisyon faktörü dağılımı

İstasyon Adı	Mevsim	Ortalama Kondisyon Faktörü
Özdere	İlkbahar	1.194
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	0.853
	Kış	1.089
	İlkbahar	1.186
	Yaz	0.713
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	1.015
	Kış	0.785
	İlkbahar	1.071
	Yaz	0.785
Süvari Deresi	Sonbahar	1.136
	Kış	1.144
	İlkbahar	1.053
	Yaz	0.662
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	1.075
	Kış	1.075
	İlkbahar	1.050
	Yaz	0.845

Çizelge 4.15 Yaşa göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı

Yaş	Ortalama Kondisyon Faktörü
0+	0.798
1+	0.812
2+	0.950
3+	1.094
4+	1.235

Çizelge 4.16 Eşeye göre ortalama kondisyon faktörü dağılımı

Eşey	Ortalama Kondisyon Faktörü
Dişi	1.184
Erkek	0.949

4.3 Balık Histopatolojisine İlişkin Bulgular

Capoeta baliki ve *Squalius pursakensis* bireylerinin solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularında histopatolojik incelemeler yapılmıştır. Solungaç dokularında hiperemi (arteriyel damardan çıkan kanın bir bölgede birikmesi) (Erer vd. 2000), epitel hiperplazi (solungaç epitel hücrelerinin boyunun uzaması) (Poleksic ve Mitroviç-Tutundzic 1994) ve füzyon (sekonder lamellarda hücrelerin birbiri ile kaynaşması) (Raissy ve Ansari 2011) oluşumlarına rastlanılmıştır. Karaciğer dokularında hiperemi, hidropik dejenerasyon (hücre stoplazmasında aşırı sıvı birikmesi sonucu hücrenin şişmesi) (Erer vd. 2000) ve yağlanma oluşumları tespit edilmiştir. Böbrek dokularında tübüler dejenerasyon ve beyin dokularında hiperemi oluşumları bulunmuştur.

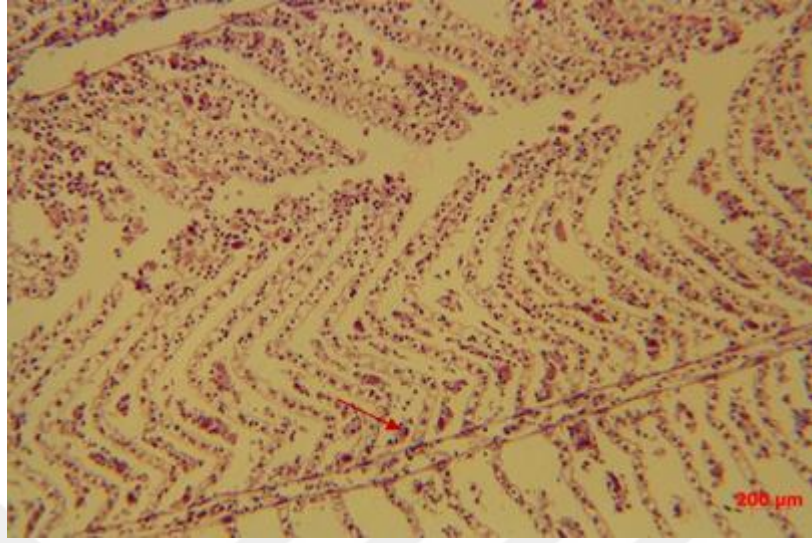
4.3.1 *Capoeta baliki*'ye ilişkin bulgular

Çalışma alanında Sonbahar 2017 ile Yaz 2018 tarihleri arasında yapılan alan çalışmaları ile belirlenen istasyonlardan yakalanan *Capoeta baliki* balıklarına ait karaciğer, solungaç, böbrek ve beyin dokuları rutin histolojik işlemlerden geçirildikten sonra hematoksilin eozin (H&E) ile boyanmış ve ışık mikroskopunda histopatolojik yönden incelenmiştir.

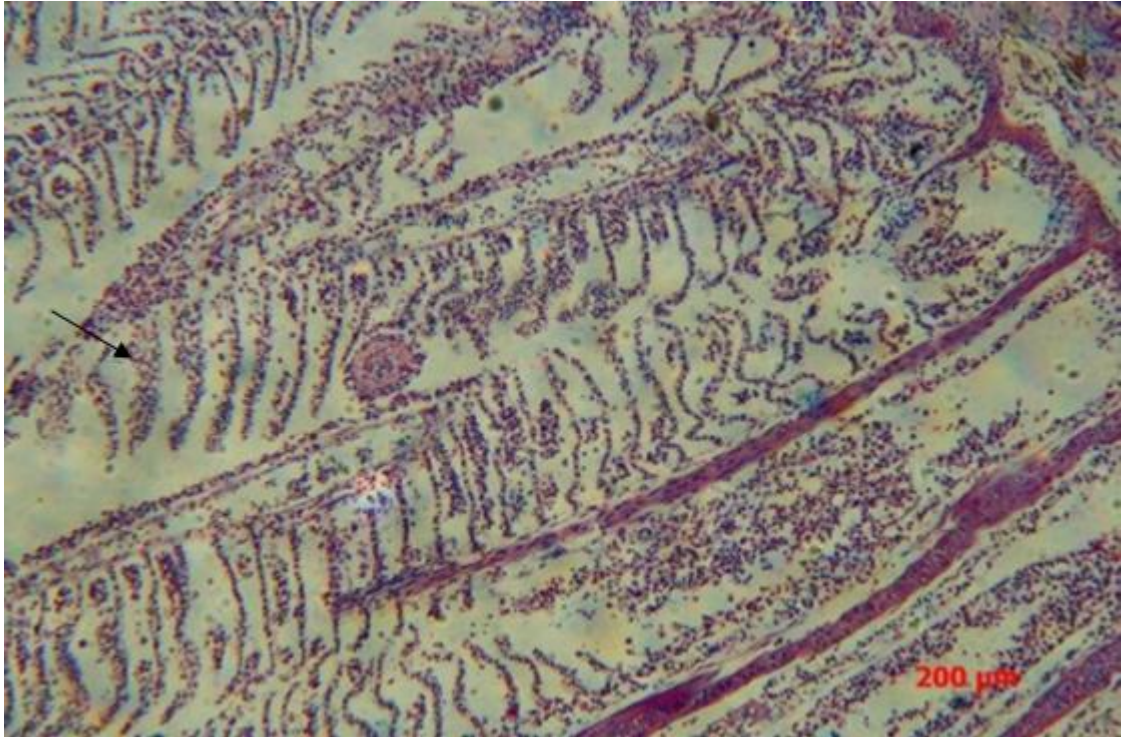
4.3.1.1 Solungaç dokusuna ilişkin bulgular

Tespit edilen istasyonlardan toplanan balık örneklerinin solungaç dokularında hiperemi (Şekil 4.7), epitel hiperplazi (Şekil 4.8) ve füzyona (Şekil 4.9) rastlanılmıştır.

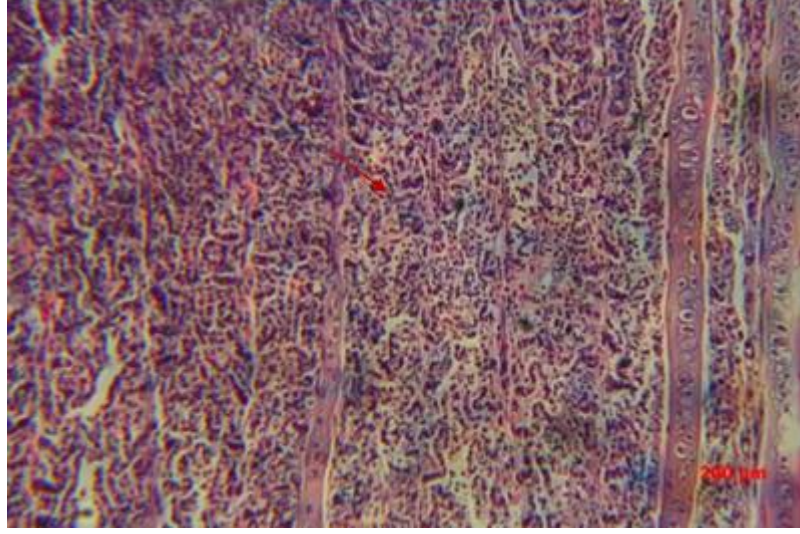
Çizelge 4.17'de verildiği gibi *Capoeta baliki* solungaç dokularında hiperemi ve epitel hiperplazi Özdere, Hamam Çayı-Çeltikçi, Yeşilöz Mevkii, Süvari Deresi ve Gömleksiz Köprüsü istasyonlarındaki bireylerde gözlemlenmiştir. Füzyon olayının oluşumu Özdere istasyonundaki bir bireyde ilkbahar mevsiminde ve Süvari Deresi istasyonundaki bir bireyde kış mevsiminde gözlenmiştir.



Şekil 4.7 *Capoeta baliki* solungaç dokusunda hiperemi (ok), H&E



Şekil 4.8 *Capoeta baliki* solungaç dokusu, epitel hiperplazi (siyah ok), H&E



Şekil 4.9 *Capoeta baliki* solungaç dokusu, füzyon (ok). H&E.

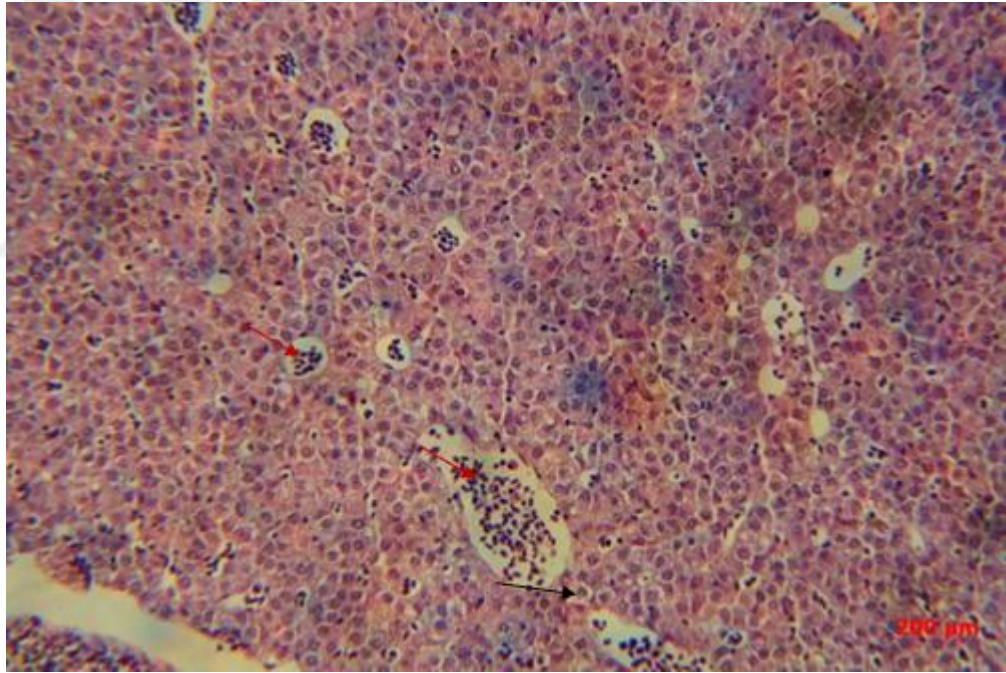
Çizelge 4.17 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Capoeta baliki*'nin solungaç dokularında görülen histopatolojik bulgular

İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)		
			Hiperemi	Epitel Hiperplazi	Füzyon
Özdere	Sonbahar	0	0	0	0
	Kış	0	0	0	0
	İlkbahar	2	2	2	1
	Yaz	0	0	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	5	5	5	0
	Kış	5	5	5	0
	İlkbahar	5	5	5	0
	Yaz	3	3	3	0
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7	7	7	0
	Kış	4	4	4	0
	İlkbahar	6	4	6	0
	Yaz	5	5	5	0
Süvari Deresi	Sonbahar	8	8	8	0
	Kış	4	4	4	1
	İlkbahar	2	2	2	0
	Yaz	2	2	2	0
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	4	4	4	0
	Kış	4	4	4	0
	İlkbahar	2	2	2	0
	Yaz	2	2	2	0

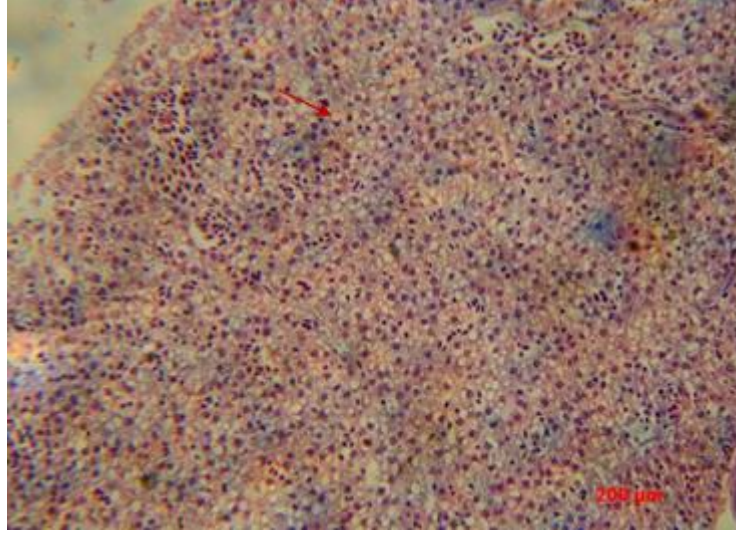
4.3.1.2 Karaciğer dokusuna ilişkin bulgular

İstasyonlardan toplanan balıkların karaciğer dokularında hiperemi (Şekil 4.10), hidropik dejenerasyon (Şekil 4.10) ve yağlanma (Şekil 4.11) oluşumlarına rastlanılmıştır.

Çizelge 4.18’de verildiği gibi *Capoeta baliki* karaciğer dokularında hidropik dejenerasyon Özdere, Hamam Çayı-Çeltikçi, Yeşilöz Mevkii, Süvari Deresi ve Gömleksiz Köprüsü istasyonlarındaki bireylerde gözlemlenmiştir. Hiperemi ise sadece 1 birey hariç (Özdere istasyonu ilkbahar mevsimi) diğer bütün bireylerde gözlenmiştir. Yağlanma oluşumu Özdere istasyonundaki bir bireyde ilkbahar mevsiminde ve Süvari Deresi istasyonundaki bir bireyde yaz mevsiminde gözlenmiştir.



Şekil 4.10 *Capoeta baliki* karaciğer dokusu, hiperemi (kırmızı oklar) ve hidropik dejenerasyon (siyah ok), H&E.



Şekil 4.11 *Capoeta baliki* karaciğer dokusunda yağlanma (ok), H&E.

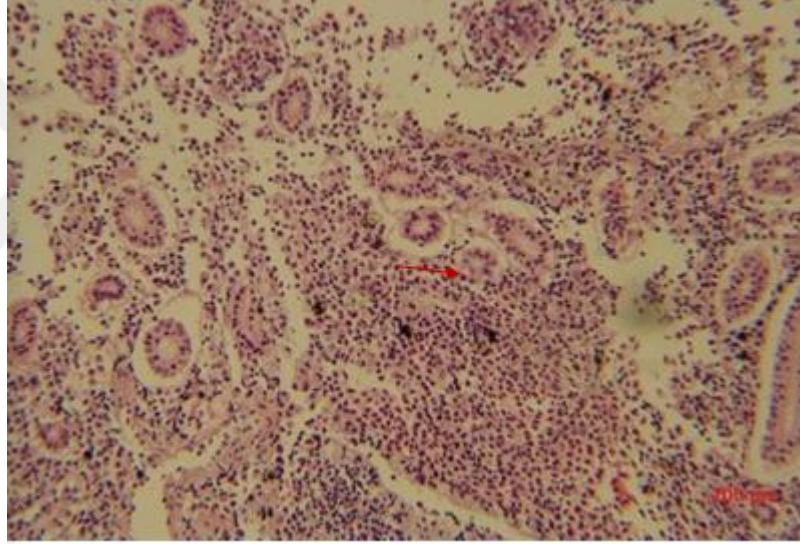
Çizelge 4.18 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Capoeta baliki*'nin karaciğer dokularında görülen histopatolojik bulgular

İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)		
			Hiperemi	Hidropik Dejenerasyon	Yağlanma
Özdere	Sonbahar	0	0	0	0
	Kış	0	0	0	0
	İlkbahar	2	1	2	1
	Yaz	0	0	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	5	5	5	0
	Kış	5	5	5	0
	İlkbahar	5	5	5	0
	Yaz	3	3	3	0
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7	7	7	0
	Kış	4	4	4	0
	İlkbahar	6	6	6	0
	Yaz	5	5	5	0
Süvari Deresi	Sonbahar	8	8	8	0
	Kış	4	4	4	0
	İlkbahar	2	2	2	0
	Yaz	2	2	2	1
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	4	4	4	0
	Kış	4	4	4	0
	İlkbahar	2	2	2	0
	Yaz	2	2	2	0

4.3.1.3 Böbrek dokusuna ilişkin bulgular

İstasyonlardan toplanan balıkların böbrek dokularında tübüler dejenerasyon (Şekil 4.12) oluşumlarına rastlanılmıştır.

Çizelge 4.19’da verildiği gibi *Capoeta baliki* böbrek dokularında tübüler dejenerasyon oluşumu en az oranla Süvari Deresi istasyonu kış mevsiminde görülürken yaz mevsiminde Hamam Çayı-Çeltikçi, Yeşilöz Mevkii, Süvari Deresi ve Gömleksiz Köprüsü ile kış mevsimi Yeşilöz Mevkii istasyonlarındaki bütün bireylerde rastlanılmıştır.



Şekil 4.12 *Capoeta baliki* böbrek dokusu, tübüler dejenerasyon (ok), H&E

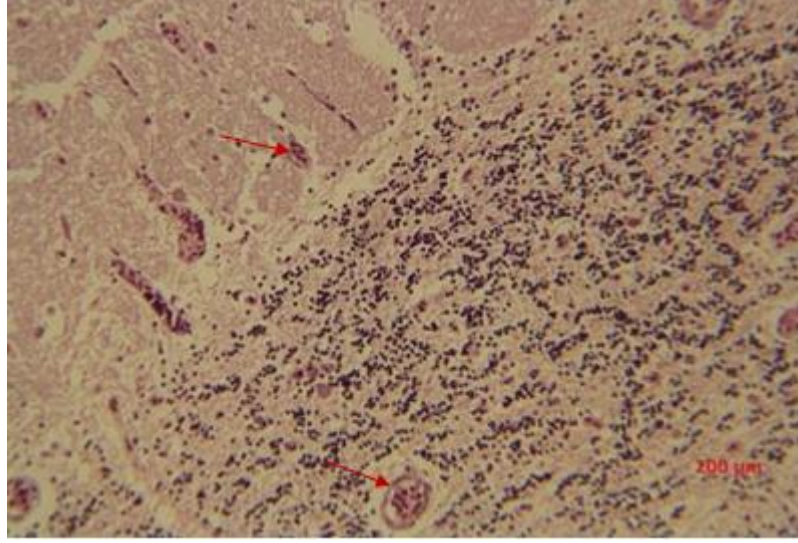
Çizelge 4.19 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Capoeta baliki*’nin böbrek dokularında görülen histopatolojik bulgular

İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)
			Tübüler dejenerasyon
Özdere	Sonbahar	0	0
	Kış	0	0
	İlkbahar	2	1
	Yaz	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	5	3
	Kış	5	4
	İlkbahar	5	3
	Yaz	3	3
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7	6
	Kış	4	4
	İlkbahar	6	5
	Yaz	5	5
Süvari Deresi	Sonbahar	8	3
	Kış	4	1
	İlkbahar	2	2
	Yaz	2	2
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	4	2
	Kış	4	3
	İlkbahar	2	2
	Yaz	2	2

4.3.1.4 Beyin dokusuna ilişkin bulgular

İstasyonlardan toplanan balıkların beyin dokularında hiperemi (Şekil 4.13) oluşumlarına rastlanılmıştır.

Çizelge 4.20’de de gösterildiği gibi beyinde hiperemi oluşumu Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonu ilkbahar mevsiminde; Yeşilöz Mevkii kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde; Gömleksiz Köprüsü sonbahar, kış ve yaz mevsimlerinde toplanan balıklarda gözlenmiştir.



Şekil 4.13 *Capoeta baliki* beyin dokusu, hiperemi (oklar), H&E

Çizelge 4.20 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Capoeta baliki*'nin beyin dokularında görülen histopatolojik bulgular

İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)
			Hiperemi
Özdere	Sonbahar	0	0
	Kış	0	0
	İlkbahar	2	0
	Yaz	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	5	0
	Kış	5	0
	İlkbahar	5	1
	Yaz	3	0
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7	0
	Kış	4	4
	İlkbahar	6	1
	Yaz	5	5
Süvari Deresi	Sonbahar	8	0
	Kış	4	0
	İlkbahar	2	0
	Yaz	2	0
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	4	4
	Kış	4	4
	İlkbahar	2	0
	Yaz	2	2

Capoeta baliki solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularından elde edilen sonuçların istasyonlar ve mevsimler arasında karşılaştırılmasında önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ayrıca balık büyüme parametrelerinden Kondisyon faktörü ile balık biyolojik özelliklerinden yaş ve eşey durumları arasında karşılaştırılmasında da önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

4.3.2 *Squalius pursakensis*’e ilişkin bulgular

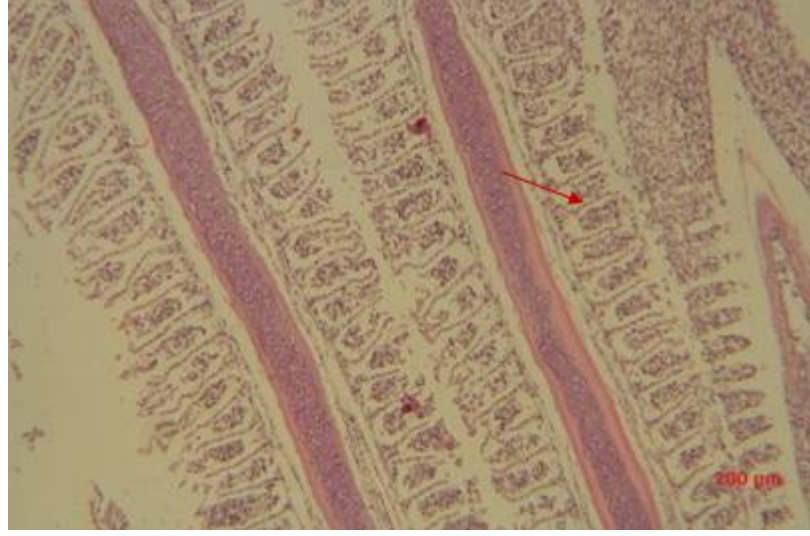
Çalışma alanında Sonbahar 2017 ile Yaz 2018 tarihleri arasında yapılan alan çalışmaları ile belirlenen istasyonlardan yakalanan *Capoeta baliki* balıklarına ait karaciğer, solungaç, böbrek ve beyin dokuları rutin histolojik işlemlerden geçirildikten sonra hematoksilin eozin (H&E) ile boyanmış ve ışık mikroskobunda histopatolojik yönden incelenmiştir.

4.3.2.1 Solungaç dokusuna ilişkin bulgular

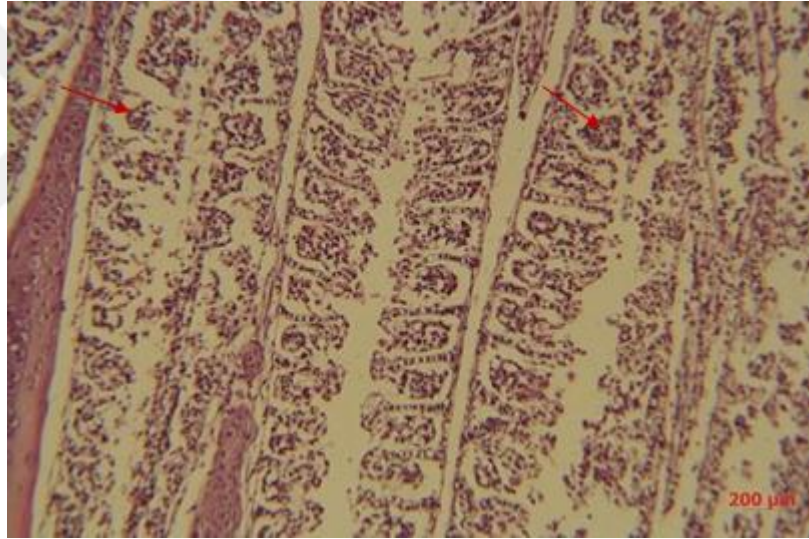
İstasyonlardan toplanan balıkların solungaç dokularında füzyon (Şekil 4.14), hiperemi ve epitel hiperplazi (Şekil 4.15) oluşumlarına rastlanılmıştır.

Çizelge 4.21’de verildiği gibi *Squalius pursakensis* solungaç dokularında epitel hiperplazi bütün bireylerde gözlemlenmiştir. Füzyon olayının oluşumu Özdere istasyonundaki 2 bireyde ve Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonundaki bir bireyde ilkbahar mevsiminde gözlenmiştir.

Squalius pursakensis solungaç dokularından elde edilen histopatolojik sonuçlar ile örnekleme dönemlerinin (sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz) karşılaştırılmasında önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ancak histopatolojik sonuçlardan biri olan füzyon sonuçları ile istasyonlar arasında önemli bir fark vardır ($p<0.05$). Ayrıca histopatolojik sonuçlardan olan hiperemi bulgusu ile büyüme parametrelerinden kondisyon faktörü arasında önemli bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$). Balık büyüme özelliklerinden biri olan yaş değerleri ile histopatolojik sonuçlardan olan hiperemi ve füzyon sonuçları arasında önemli bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.14 *Squalius pursakensis* solungaç dokusu, füzyon (ok), H&E



Şekil 4.15 *Squalius pursakensis* solungaç dokusu, epitel hiperplazi (oklar), H&E

Çizelge 4.21 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Squalius pursakensis*'in solungaç dokularında görülen histopatolojik bulgular

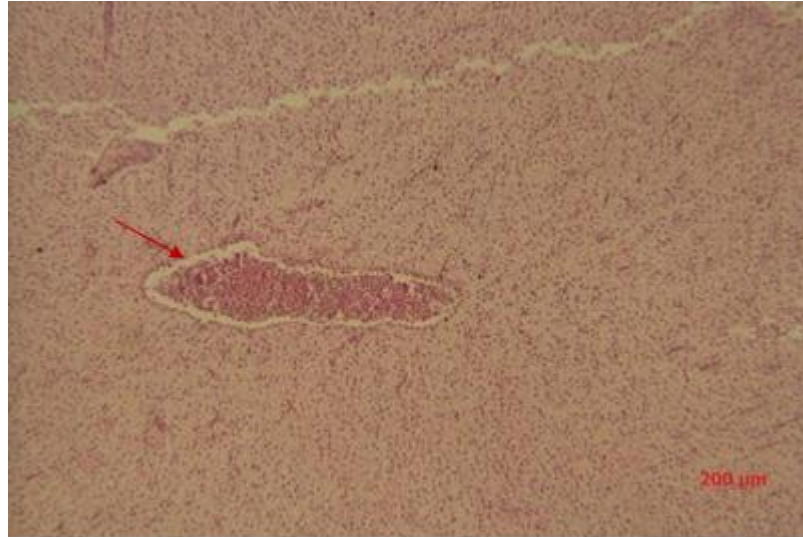
İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)		
			Hiperemi	Epitel Hiperplazi	Füzyon
Özdere	Sonbahar	0	0	0	0
	Kış	0	0	0	0
	İlkbahar	11	11	11	2
	Yaz	0	0	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	10	2	10	0
	Kış	5	1	5	0
	İlkbahar	7	3	7	1
	Yaz	6	2	6	0
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	1	0	1	0
	Kış	5	0	5	0
	İlkbahar	5	0	5	0
	Yaz	5	0	5	0
Süvari Deresi	Sonbahar	5	0	5	0
	Kış	6	0	6	0
	İlkbahar	2	0	2	0
	Yaz	8	0	8	0
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	2	0	2	0
	Kış	3	0	3	0
	İlkbahar	3	0	3	0
	Yaz	3	0	3	0

4.3.2.2 Karaciğer dokusuna ilişkin bulgular

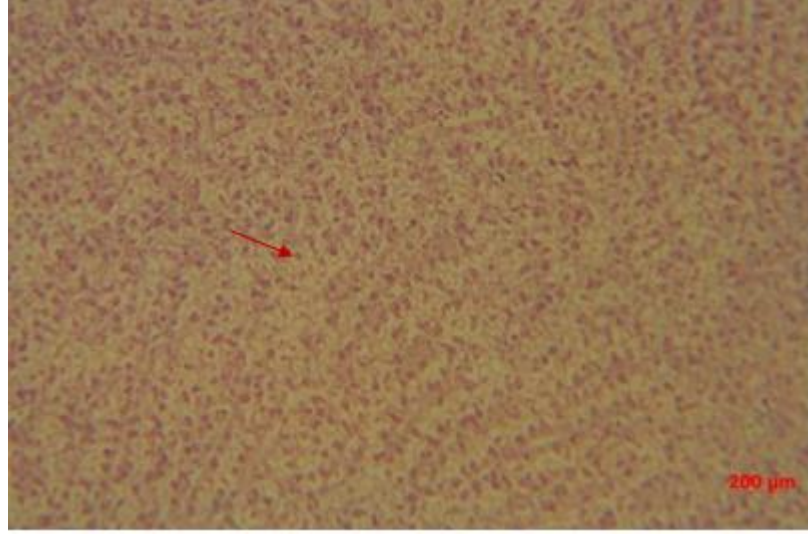
İstasyonlardan toplanan balıkların karaciğer dokularında hiperemi (Şekil 4.16) hidropik dejenerasyon (Şekil 4.17), ve yağlanma oluşumlarına rastlanılmıştır.

Çizelge 4.22’de verildiği gibi *Squalius pursakensis* karaciğer dokularında hidropik dejenerasyon bütün bireylerde gözlemlenmiştir. Hiperemi oluşumu Özdere istasyonundaki 1 bireyde ve diğer istasyonlardaki tüm bireylerde gözlenmiştir. Yağlanma olayı ise Özdere istasyonundaki 1 bireyde ve Yeşilöz Mevkii istasyonundaki 1 bireyde ilkbahar mevsiminde gözlenmiştir.

Squalius pursakensis karaciğer dokularından elde edilen sonuçların istasyonlar ve mevsimler arasında karşılaştırılmasında önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Histopatolojik bulgulardan biri olan hiperemi ile balık büyüme parametrelerinden kondisyon faktörü arasında; hiperemi ile balık biyolojik özelliklerinden yaş bulguları arasında; hiperemi ile balık biyolojik özelliklerinden eşey arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.16 *Squalius pursakensis* karaciğer dokusu, hiperemi (ok), H&E



Şekil 4.17 *Squalius pursakensis* karaciğer dokusu, hidropik dejenerasyon (ok), H&E

Çizelge 4.22 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Squalius pursakensis*'in karaciğer dokularında görülen histopatolojik bulgular

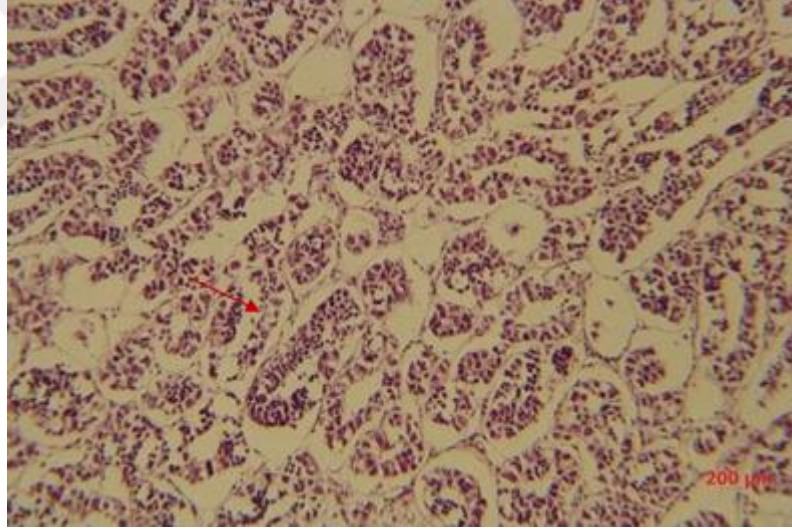
İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)		
			Hiperemi	Hidropik Dejenerasyon	Yağlanma
Özdere	Sonbahar	0	0	0	0
	Kış	0	0	0	0
	İlkbahar	11	1	11	1
	Yaz	0	0	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	10	10	10	0
	Kış	5	5	5	0
	İlkbahar	7	7	7	0
	Yaz	6	6	6	0
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	1	0	1	0
	Kış	5	4	5	0
	İlkbahar	5	5	5	1
	Yaz	5	4	5	0
Süvari Deresi	Sonbahar	5	5	5	0
	Kış	6	6	6	0
	İlkbahar	2	2	2	0
	Yaz	8	8	8	0
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	2	2	2	0
	Kış	3	3	3	0
	İlkbahar	3	3	3	0
	Yaz	3	3	3	0

4.3.2.3 Böbrek dokusuna ilişkin bulgular

İstasyonlardan toplanan balıkların böbrek dokularında tübüler dejenerasyon (Şekil 4.18) oluşumlarına rastlanılmıştır.

Çizelge 4.23’de verildiği gibi *Squalius pursakensis* böbrek dokularında tübüler dejenerasyon sonbahar ve kış mevsimlerinde Hamam Çayı-Çeltikçi, Süvari Deresi ve Gömleksiz Köprüsü istasyonlarındaki bütün bireylerde; yaz mevsiminde Süvari Deresi ve Gömleksiz Köprüsündeki bütün bireylerde gözlemlenmiştir.

Squalius pursakensis böbrek histopatolojik bulgusu olan tübüler dejenerasyon ile istasyonlar karşılaştırıldığında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.18 *Squalius pursakensis* böbrek dokusu, tübüler dejenerasyon (ok), H&E

Çizelge 4.23 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Squalius pursakensis*'in beyin dokularında görülen histopatolojik bulgular

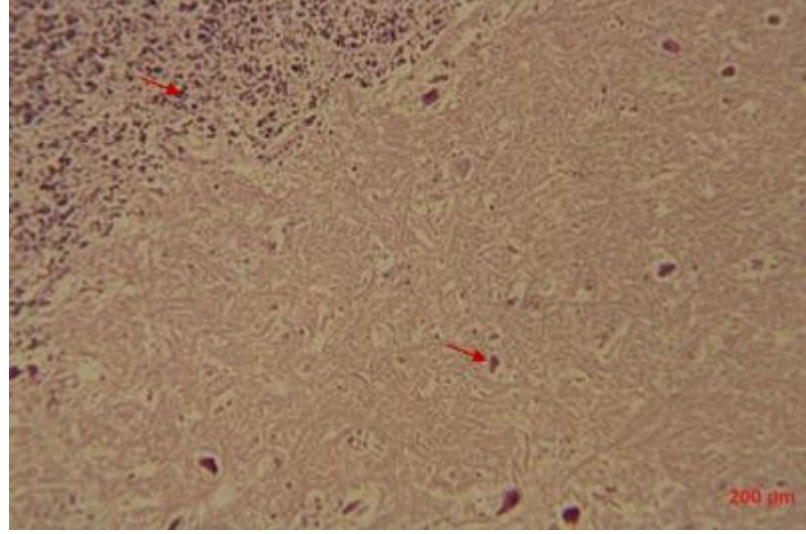
İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)
			Tübüler dejenerasyon
Özdere	Sonbahar	0	0
	Kış	0	0
	İlkbahar	11	6
	Yaz	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	10	10
	Kış	5	5
	İlkbahar	7	6
	Yaz	6	5
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	1	0
	Kış	5	2
	İlkbahar	5	3
	Yaz	5	2
Süvari Deresi	Sonbahar	5	5
	Kış	6	6
	İlkbahar	2	2
	Yaz	8	8
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	2	2
	Kış	3	3
	İlkbahar	3	3
	Yaz	3	3

4.3.2.4 Beyin dokusuna ilişkin bulgular

İstasyonlardan toplanan balıkların beyin dokularında hiperemi (Şekil 4.19) oluşumlarına rastlanılmıştır.

Çizelge 4.14'de verildiği gibi *Squalius pursakensis* beyin dokularında hiperemi Gömleksiz Köprüsü istasyonundaki bütün bireylerde gözlemlenmiştir.

Squalius pursakensis beyin dokularından elde edilen hiperemi bulgusu ile istasyonlar arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.19 *Squalius pursakensis* beyin dokusu, hiperemi (ok), H&E.

Çizelge 4.24 İstasyonlara ve mevsimlere göre *Squalius pursakensis*'in beyin dokularında görülen histopatolojik bulgular

İstasyon Adı	Mevsim	Balık sayısı	Histopatolojik Bulgular (Görülen balık sayısı adet)
			Hiperemi
Özdere	Sonbahar	0	0
	Kış	0	0
	İlkbahar	11	1
	Yaz	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	10	2
	Kış	5	1
	İlkbahar	7	3
	Yaz	6	2
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	1	0
	Kış	5	1
	İlkbahar	5	3
	Yaz	5	0
Süvari Deresi	Sonbahar	5	0
	Kış	6	2
	İlkbahar	2	0
	Yaz	8	1
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	2	2
	Kış	3	3
	İlkbahar	3	3
	Yaz	3	3

4.4 Su Kalıntı Analizi

Sonbahar 2017 - Yaz 2018 dönemleri boyunca yapılan çalışmada Kırmir Çayı'nda belirlenen 6 istasyondan mevsimsel olarak toplam 24 adet su numunesi alınmıştır. Bu su örneklerinde PAH, PCB, OK ve PBDE kalıntıları analizi yapılmıştır.

4.4.1 PAH kalıntı analizi

PAH kalıntı analizinde su ile yapılan ön denemelerde doğrusallık (linearite), geri kazanım (%), kalibrasyon eğrisindeki korelasyon katsayısı (r^2), analitlerin tayin limiti (LOD, Limit of Detection) ve ölçüm limiti (LOQ, Limit of Quantification) çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.25 Su için PAH analitleri LOD ve LOQ değerleri

Analit	r^2	LOD ($\mu\text{g/mL}$)	LOQ ($\mu\text{g/mL}$)	Geri Kazanım (%)		RSD(%)	
				1 $\mu\text{g/mL}$	8 $\mu\text{g/mL}$	1 $\mu\text{g/mL}$	8 $\mu\text{g/mL}$
Np	0.995	0.0038	0.0114	87.67	91.21	8.54	7.98
Anp	0.998	0.0048	0.0144	93.43	94.84	9.32	10.44
Ane	0.996	0.005	0.015	93.23	95.35	9.88	9.42
Flr	0.995	0.0104	0.0312	95.18	96.74	9.45	5.85
Phe	0.996	0.0038	0.0114	95.75	95.43	8.36	6.25
An	0.997	0.0042	0.0126	90.56	91.39	8.94	8.38
Flu	0.995	0.0054	0.0162	94.32	93.25	7.82	8.72
Py	0.997	0.0046	0.0138	96.83	97.32	6.43	4.59
BaA	0.996	0.0036	0.0108	98.38	98.83	7.69	9.83
Chr	0.998	0.0038	0.0114	94.37	95.69	5.71	7.35
BbF	0.997	0.0134	0.0402	95.52	95.41	8.02	7.34
BkF	0.998	0.007	0.021	94.79	96.39	7.45	5.66
BaP	0.998	0.0058	0.0174	97.34	97.26	6.82	6.25
IcdP	0.996	0.0056	0.0168	95.24	95.78	9.75	7.93
DahA	0.997	0.0082	0.0246	94.02	95.46	3.49	9.45
BghiPy	0.998	0.0048	0.0144	93.51	94.47	7.65	10.36

US EPA tarafından öncelikli olarak belirlenen 16 PAH analitinden Anp, Flr, An, BbF, BkF, BaP, IcdP, DahA ve BghiPy bütün istasyonlar için ölçüm limiti altında (< LOQ) kalmıştır. En yüksek toplam PAH miktarı Gömleksiz Köprüsü istasyonunda İlkbahar mevsiminde 1.250 µg/mL olarak bulunmuşken en düşük Karacaören (köy girişi) istasyonunda Sonbahar mevsiminde 0.435 µg/mL olarak bulunmuştur. Su numunelerinin hepsinde gözlenen PAH analiti Phe (0.428-0.639 µg/mL) olmuştur. Bunları sırasıyla 19 numune ile Np (0.005-0.159 µg/mL), BaA (0.0004-0.019 µg/mL), Chr (0.0002-0.018 µg/mL); 11 numune ile Py (0.0001-0.017 µg/mL); 8 numune ile Flu (0.001-0.021 µg/L); 2 numune ile Ane (0.286 ve 0.536 µg/mL) izlemektedir (Çizelge 4.26).

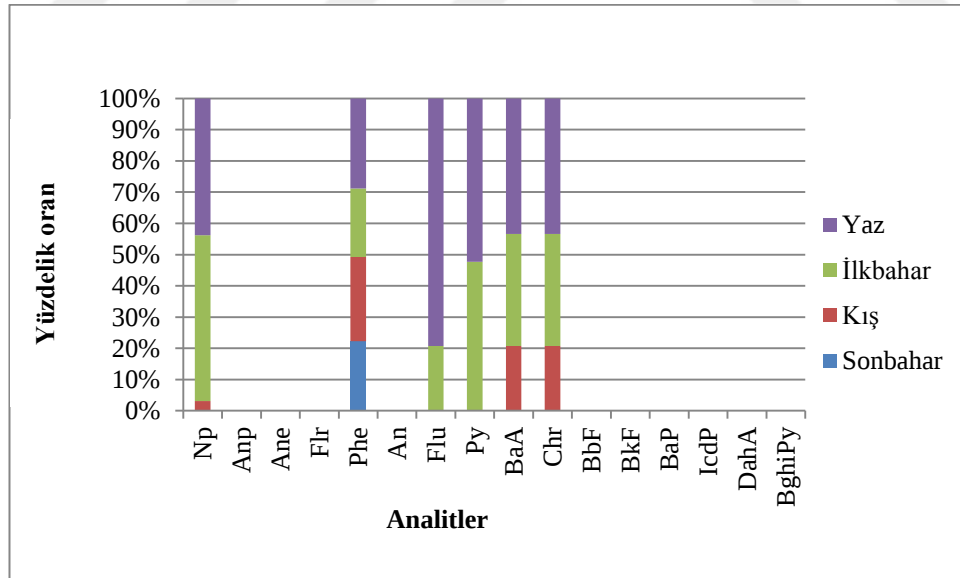
Çizelge 4.26 Mevsimlere göre su numunelerinde toplam PAH miktarları

İstasyon	Mevsim	ΣPAHs (µg/mL)	Mevsim	Mevsim	ΣPAHs (µg/mL)
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	0.435	Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	0.450
	Kış	0.545		Kış	0.648
	İlkbahar	0.546		İlkbahar	0.576
	Yaz	0.676		Yaz	0.672
Özdere	Sonbahar	0.611	Süvari Deresi	Sonbahar	0.475
	Kış	0.567		Kış	0.753
	İlkbahar	0.472		İlkbahar	1.129
	Yaz	0.593		Yaz	0.604
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	0.876	Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	0.624
	Kış	0.663		Kış	0.609
	İlkbahar	0.514		İlkbahar	1.250
	Yaz	0.751		Yaz	0.633

Karacaören (köy girişi) istasyonunda elde edilen PAH analitleri çizelge 4.27’de verilmiştir. Buna göre Ane analitinin de bütün mevsimlerde tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre şekil 4.20’de gösterilmiştir. Np analiti tüm analitler içinde en yüksek oranda ilkbahar mevsiminde elde edilirken (% 53.10) en düşük oranda kış mevsiminde (% 3.10) elde edilmiştir.

Çizelge 4.27 Karacaören (köy girişi) istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Karacaören (köy girişi)			
Mevsim	Sonbahar (µg/mL)	Kış (µg/mL)	İlkbahar (µg/mL)	Yaz (µg/mL)
Np	< LOQ	0.005	0.089	0.073
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	0.435	0.528	0.428	0.564
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	0.002	0.006
Py	< LOQ	< LOQ	0.007	0.008
BaA	< LOQ	0.008	0.014	0.017
Chr	< LOQ	0.004	0.007	0.008
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	0.435	0.545	0.546	0.676

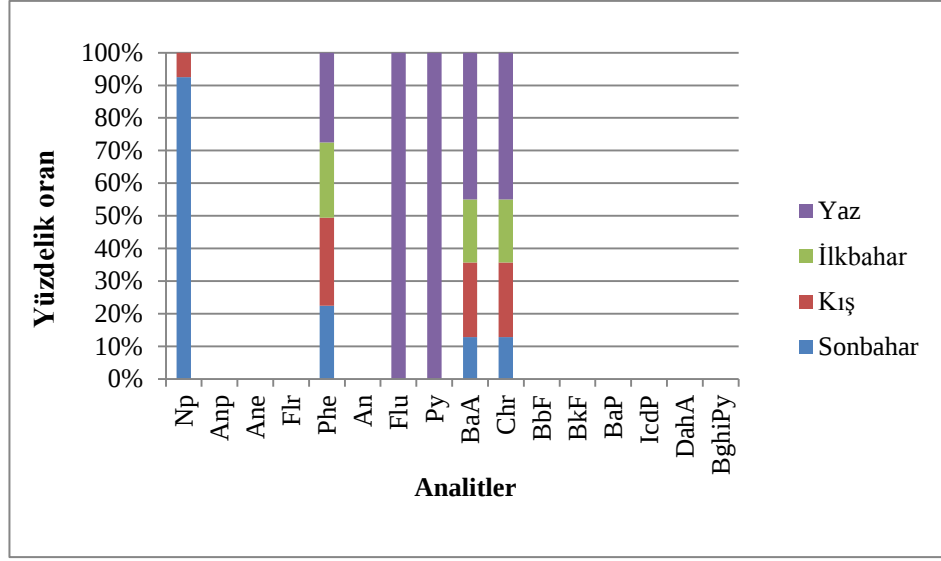


Şekil 4.20 Karacaören (köy girişi) istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Özdere istasyonunda elde edilen PAH analitleri çizelge 4.28’de verilmiştir. Buna göre Ane analitinin de bütün mevsimlerde tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre şekil 4.21’de gösterilmiştir. Yaz mevsiminde en yüksek oran Flu ve Py’de elde edilirken (% 100) en düşük oran kış mevsiminde Np’de (% 7.48) elde edilmiştir.

Çizelge 4.28 Özdere istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Özdere			
Mevsim	Sonbahar (µg/mL)	Kış (µg/mL)	İlkbahar (µg/mL)	Yaz (µg/mL)
Np	0.156	0.013	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	0.447	0.540	0.459	0.549
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.008
Py	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.008
BaA	0.006	0.010	0.008	0.019
Chr	0.003	0.005	0.004	0.009
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	0.611	0.567	0.472	0.593

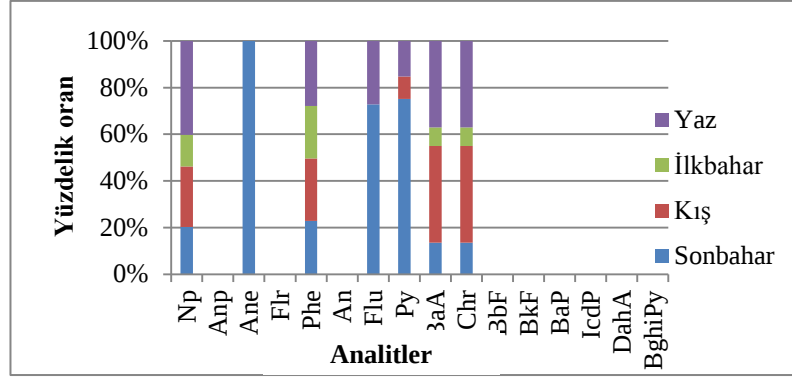


Şekil 4.21 Özdere istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda elde edilen PAH analitleri çizelge 4.29’da verilmiştir. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre şekil 4.22’de gösterilmiştir. En yüksek oran sonbahar mevsiminde Ane’den elde edilirken (% 100) en düşük oran BaA ve Chr ilkbahar mevsiminde (% 7.99) elde edilmiştir.

Çizelge 4.29 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Hamam Çayı-Çeltikçi			
Mevsim	Sonbahar (µg/mL)	Kış (µg/mL)	İlkbahar (µg/mL)	Yaz (µg/mL)
Np	0.080	0.103	0.054	0.159
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	0.286	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	0.466	0.543	0.457	0.567
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	0.021	< LOQ	< LOQ	0.008
Py	0.017	0.002	< LOQ	0.004
BaA	0.003	0.010	0.002	0.009
Chr	0.002	0.005	0.001	0.004
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	0.876	0.663	0.514	0.751

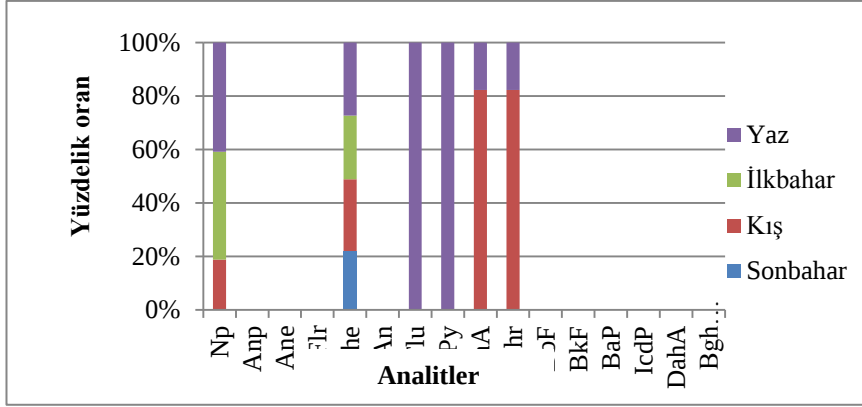


Şekil 4.22 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Yeşilöz Mevkii istasyonunda elde edilen PAH analitleri çizelge 4.30 verilmiştir. Buna göre Ane analitinin de bütün mevsimlerde tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre incelendiğinde yaz mevsiminde % 100 ile Flu ve Py bulunmuşken, BaA ve Chr % 17.70 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.23).

Çizelge 4.30 Yeşilöz Mevkii istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Yeşilöz Mevkii			
Mevsim	Sonbahar (µg/mL)	Kış (µg/mL)	İlkbahar (µg/mL)	Yaz (µg/mL)
Np	< LOQ	0.041	0.088	0.090
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	0.450	0.550	0.488	0.560
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.007
Py	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.003
BaA	< LOQ	0.038	< LOQ	0.008
Chr	< LOQ	0.018	< LOQ	0.004
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	0.450	0.648	0.576	0.672

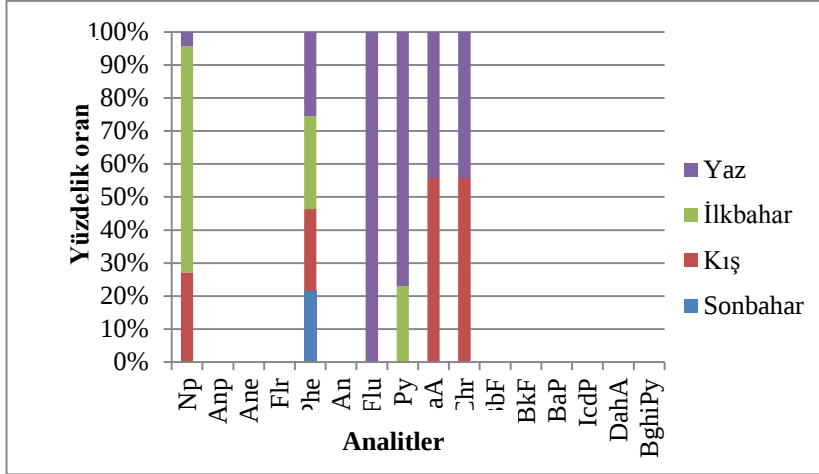


Şekil 4.23 Yeşilöz Mevkii istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Süvari Deresi istasyonunda elde edilen PAH analitleri çizelge 4.31 verilmiştir. Buna göre Ane analitinin de bütün mevsimlerde tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre incelendiğinde yaz mevsiminde % 100 ile Flu bulunmuşken, Np % 4.37 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.24).

Çizelge 4.31 Süvari Deresi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Süvari Deresi			
Mevsim	Sonbahar (µg/mL)	Kış (µg/mL)	İlkbahar (µg/mL)	Yaz (µg/mL)
Np	0.0001	0.204	0.513	0.033
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	0.475	0.541	0.615	0.560
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.001
Py	< LOQ	< LOQ	0.001	0.003
BaA	< LOQ	0.005	< LOQ	0.004
Chr	< LOQ	0.002	< LOQ	0.002
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	0.475	0.753	1.129	0.604

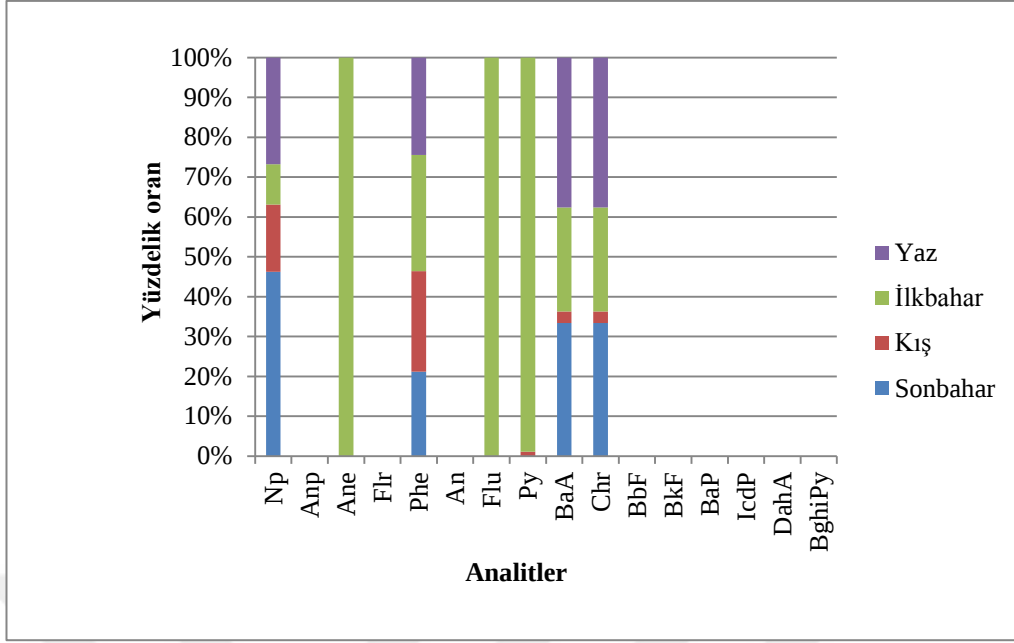


Şekil 4.24 Süvari Deresi istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Gömleksiz Köprüsü istasyonunda elde edilen PAH analitleri çizelge 4.32’de verilmiştir. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre incelendiğinde ilkbahar mevsiminde % 100 ile Ane bulunmuşken, ilkbahar mevsiminde Np % 10.140 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.25).

Çizelge 4.32 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Gömleksiz Köprüsü			
Mevsim	Sonbahar (µg/mL)	Kış (µg/mL)	İlkbahar (µg/mL)	Yaz (µg/mL)
Np	0.150	0.055	0.033	0.087
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	0.5364	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	0.465	0.553	0.639	0.537
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	0.021	< LOQ
Py	< LOQ	0.0002	0.015	< LOQ
BaA	0.005	0.0005	0.004	0.006
Chr	0.003	0.0002	0.002	0.003
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	0.624	0.609	1.250	0.633



Şekil 4.25 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Su örneklerinde tespit edilen PAH analitleri miktarlarının istasyonlar arasında fark olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan Shapiro-Wilk normallik testinde BaA ve Chr normal dağılım gösterdiği sonucunda yapılan parametrik testlerden One-Way ANOVA testinde istasyonlar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Np, Ane, Flu ve Py'nin normal dağılım göstermemesi nedeniyle yapılan parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testinde Py, Np, Ane ve Flu için anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Mevsimler arasında PAH analitleri miktarlarının farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla yapılan Shapiro-Wilk normallik testinde Np, Ane, Flu, Py, BaA ve Chr analitlerinin normal dağılım göstermesi sonucu yapılan One-Way ANOVA testinde Np, Ane, BaA ve Chr için anlamlı bir farklılık bulunmazken ($p>0.05$), Flu analitinde ($p=0.05$) ve Py analitinde ($p<0.05$) anlamlı bir farklılık gözlenmiştir.

Mevsimler ve istasyonlar arasında yapılan parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testinde Py analiti için anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

4.4.2 PCB kalıntı analizi

PCB kalıntı analizinde analitlerin tayin limiti (LOD) ve ölçüm limiti (LOQ), analit kalibrasyon eğimlerinden elde edilen r^2 değeri çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33 PCB analitleri LOD ve LOQ değerleri

Analit	r^2	LOD ($\mu\text{g/mL}$)	LOQ ($\mu\text{g/mL}$)	GERİ KAZANIM (%)		RSD (%)	
				10 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$	10 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$
PCB 28	0.9963	0.25	0.74	92.37	97.45	10.44	8.43
PCB 52	0.9957	0.36	1.08	97.68	99.41	9.22	7.79
PCB 101	0.9982	0.25	0.75	98.76	98.43	7.74	7.53
PCB 118	0.9955	0.35	1.04	96.59	102.76	7.81	6.67
PCB 153	0.9973	0.21	0.64	98.2	100.47	8.99	9.37
PCB 138	0.9968	0.27	0.81	97.62	99.26	8.63	7.83
PCB 180	0.9986	0.27	0.8	100.74	97.47	9.68	8.32

Su örneklerinde PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 153, PCB 138, PCB 180 analitlerinin kalıntı tespitinde hepsinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34 Su numunelerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Σ (Indicator PCBs=nondioxin-like PCBs-NDL-PCBs)	PCB 118 - Dioxin-like PCB(DL)	Σ PCBs
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Özdere	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.4.3 OK kalıntı analizi

Su örneklerinde yapılan OK kalıntı analizinde analitlerin tayin limiti (LOD), ölçüm limiti (LOQ) ve analitlerin kalibrasyon eğrisindeki r^2 değerleri **çizelge 4.35**'te verilmiştir.

Çizelge 4.35 OK analitleri LOD ve LOQ değerleri

Analit	r^2	LOD ($\mu\text{g/mL}$)	LOQ ($\mu\text{g/mL}$)	GERİ KAZANIM (%)		RSD (%)	
				10 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$	10 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$
ALFA HCH	0.9952	0.52	1.57	91.43	95.23	10.84	7.43
HEXACH	0.9968	0.25	0.74	99.82	101.54	6.83	6.93
BETA HCH	0.9958	0.3	0.89	92.46	101.32	8.27	8.21
GAMA HCH	0.9955	0.31	0.93	97.37	100.78	11.49	6.27
HEPTACHLOR	0.9983	0.37	1.11	98.72	98.84	7.27	4.98
4,4-DDE	0.9978	0.19	0.57	91.66	92.93	8.64	6.36
4,4-DDD	0.9985	0.24	0.72	97.93	96.38	7.49	5.68
2,4-DDT	0.9974	0.29	0.87	96.62	95.39	8.15	6.25
4,4-DDT	0.9993	0.21	0.63	95.78	96.81	6.56	6.51

Su örneklerinde alfa HCH, heksaklorobenzen, beta HCH, gama HCH, heptaklor, 4,4-DDE, 4,4-DDD, 2,4-DDT ve 4,4-DDT analitlerinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36 Su numunelerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	4-4-DDE	44-DDD	2-4-DDT	4-4-DDT	ΣDDTs	HEXACH	A-HCH	G-HCH	B-HCH	HEPTA
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Özdere	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.4.4 PBDE kalıntı analizi

Su örneklerinde yapılan PBDE kalıntı analizinde tayin limiti (LOD), ölçüm limiti (LOQ) ve analitlerin kalibrasyon eğrisindeki r^2 değerleri çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37 PBDE analitleri LOD ve LOQ değerleri

Analit	r^2	LOD ($\mu\text{g/mL}$)	LOQ ($\mu\text{g/mL}$)	GERİ KAZANIM (%)		RSD (%)	
				10 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$	10 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$
PBDE 28	0.9969	0.15	0.44	95.37	98.55	5.31	5.65
PBDE 47	0.9987	0.18	0.53	94.16	97.78	6.97	6.62
PBDE 100	0.9993	0.2	0.59	92.97	95.76	3.27	4.38
PBDE 99	0.9963	0.27	0.81	101.84	99.33	5.43	6.6
PBDE 154	0.9975	0.25	0.75	95.61	97.42	7.89	7.47
PBDE 153	0.9984	0.41	1.24	97.32	98.46	4.61	8.93

Su örneklerinde PBDE 28, PBDE 47, PBDE 100, PBDE 99, PBDE 154, PBDE 153 analitlerinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38 Su numunelerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PBDE 28	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 99	PBDE 100	PBDE 153	PBDE 154
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Özdere	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.5 Sediment Numunelerinde Kalıntı Analizi

Çalışma boyunca Sonbahar 2017-Yaz 2018 dönemleri boyunca Kirmir Çayı'nda belirlenen 6 istasyondan mevsimsel olarak toplam 24 adet sediment numunesi alınmıştır. Bu sediment örneklerinde PAH, PCB, OK ve PBDE kalıntılarının tespiti incelenmiştir.

4.5.1 PAH kalıntı analizi

PAH kalıntı analizi ön denemelerinde tayin limiti (LOD), ölçüm limiti (LOQ) ve analitlerin kalibrasyon eğrisindeki r^2 değerleri çizelge 4.39'de verilmiştir.

Çizelge 4.39 Sediment için PAH analitleri LOD ve LOQ değerleri

Analit	r^2	LOD ($\mu\text{g/kg}$)	LOQ ($\mu\text{g/kg}$)	Geri Kazanım (%)		RSD(%)	
				10 $\mu\text{g/kg}$	100 $\mu\text{g/kg}$	10 $\mu\text{g/kg}$	100 $\mu\text{g/kg}$
Np	0.995	0.48	1.43	80.23	84.65	8.57	8.87
Anp	0.996	0.43	1.28	85.65	84.83	8.72	9.32
Ane	0.995	0.33	0.99	89.12	91.37	6.75	10.35
Flr	0.997	0.29	0.87	92.52	93.26	8.56	9.91
Phe	0.997	0.32	0.97	95.17	93.64	6.57	6.87
An	0.998	0.36	1.08	94.76	93.85	5.63	5.93
Flu	0.996	0.29	0.86	95.39	94.38	9.81	1.11
Py	0.998	0.31	0.94	97.31	95.59	3.69	9.59
BaA	0.997	0.37	1.10	92.69	93.55	7.54	8.54
Chr	0.995	0.41	1.23	90.03	87.27	7.57	8.87
BbF	0.995	0.32	0.97	94.46	94.62	11.01	5.34
BkF	0.995	0.26	0.79	93.68	92.86	7.05	6.35
BaP	0.994	0.40	1.19	94.37	95.47	4.87	8.57
IcdP	0.997	0.57	1.71	91.28	92.19	9.84	7.14
DahA	0.998	0.36	1.09	90.36	92.34	8.23	6.83
BghiPy	0.996	0.40	1.21	89.04	91.43	6.72	4.42

US EPA tarafından öncelikli olarak belirlenen PAH'lerden Np, Anp, Flu ve DahA analitleri bütün istasyonlar için tespit limiti altında kalmıştır. En yüksek toplam PAH miktarı Özdere istasyonunda sonbahar mevsiminde 193.197 $\mu\text{g/kg}$ olarak bulunmuşken en düşük Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda yaz mevsiminde mevsiminde 1.283 $\mu\text{g/kg}$ olarak bulunmuştur. Ayrıca Gömleksiz Köprüsü istasyonunda ilkbahar mevsiminde toplam PAH miktarı tespit limiti altında bulunmuştur (Çizelge 4.40).

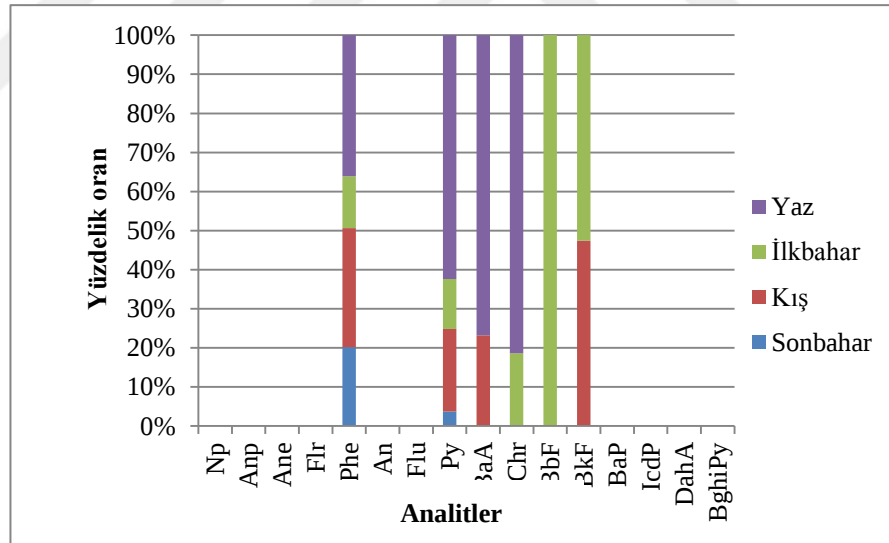
Çizelge 4.40 Mevsimlere göre sediment örneklerinde toplam PAH miktarları

İstasyon	Mevsim	ΣPAHs (µg/kg)	İstasyon	Mevsim	ΣPAHs (µg/kg)
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	43.926	Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7.352
	Kış	91.268		Kış	27.025
	İlkbahar	45.267		İlkbahar	39.335
	Yaz	174.006		Yaz	20.238
Özdere	Sonbahar	193.197	Süvari Deresi	Sonbahar	28.649
	Kış	161.793		Kış	2.228
	İlkbahar	52.124		İlkbahar	22.158
	Yaz	25.141		Yaz	43.061
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	83.600	Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	34.275
	Kış	56.066		Kış	47.181
	İlkbahar	1.300		İlkbahar	< LOQ
	Yaz	1.283		Yaz	15.719

Karacaören (köy girişi) istasyonunda elde edilen PAH analitlerini çizelge 4.41’de verilmiştir. Buna göre Ane, Flr, An, BaP, IcdP ve BghiPy analitleri de bütün mevsimlerde; BaA ve BkF sonbahar ve yaz mevsimlerinde; Chr sonbahar ve kış mevsimlerinde; BbF sonbahar, kış ve yaz mevsimlerinde tespit limiti altında kalmıştır. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre şekil 4.26’da gösterilmiştir. Kış mevsiminde en yüksek oranda Phe’den elde edilirken (% 61.89) en düşük BbF’den ilkbahar mevsiminde (% 3.86) elde edilmiştir.

Çizelge 4.41 Karacaören (köy girişi) istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Karacaören (köy girişi)			
Mevsim	Sonbahar (µg/kg)	Kış (µg/kg)	İlkbahar (µg/kg)	Yaz (µg/kg)
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	40.802	61.894	26.856	73.161
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	3.124	18.031	10.859	53.075
BaA	< LOQ	9.323	< LOQ	30.866
Chr	< LOQ	< LOQ	3.861	16.904
BbF	< LOQ	< LOQ	1.453	< LOQ
BkF	< LOQ	2.020	2.238	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	43.926	91.268	45.267	174.006



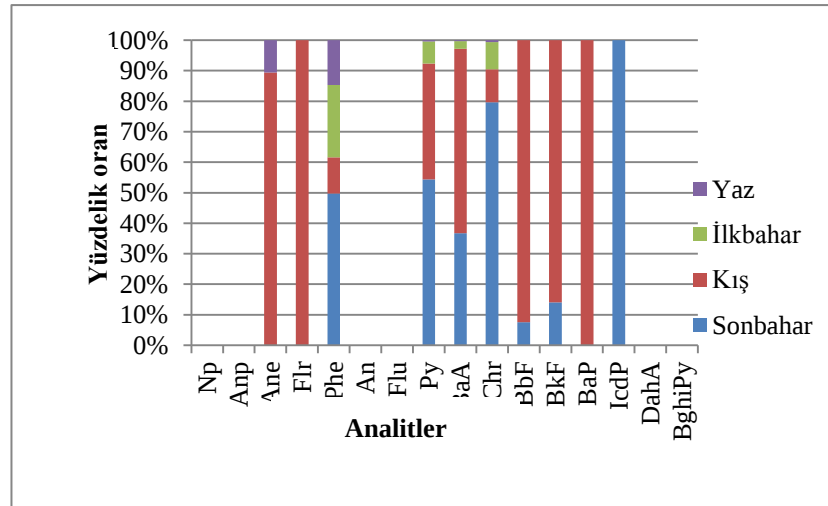
Şekil 4.26 Karacaören (köy girişi) istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Özdere istasyonunda elde edilen PAH analitlerini çizelge 4.42’de verilmiştir. Buna göre Np, Anp, An, Flu, IcdP, DahA ve BghiPy bütün mevsimlerde tespit limiti altında kalmıştır. Ane, Flr ve BaP sadece kış mevsiminde elde edilmiştir. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre şekil 4.27’de gösterilmiştir. Kış mevsiminde en

yüksek oranda Ane, Flr ve BaP'ta elde edilirken (% 100) en düşük BaA'dan ilkbahar mevsiminde (% 2.55) elde edilmiştir.

Çizelge 4.42 Özdere istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Özdere			
Mevsim	Sonbahar (µg/kg)	Kış (µg/kg)	İlkbahar (µg/kg)	Yaz (µg/kg)
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	2.426	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	1.636	< LOQ	< LOQ
Phe	85.114	20.308	40.514	25.141
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	55.659	38.929	7.410	< LOQ
BaA	29.718	48.997	2.059	< LOQ
Chr	19.031	2.590	2.142	< LOQ
BbF	1.846	22.513	< LOQ	< LOQ
BkF	1.828	11.181	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	13.213	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	193.197	161.793	52.124	25.141

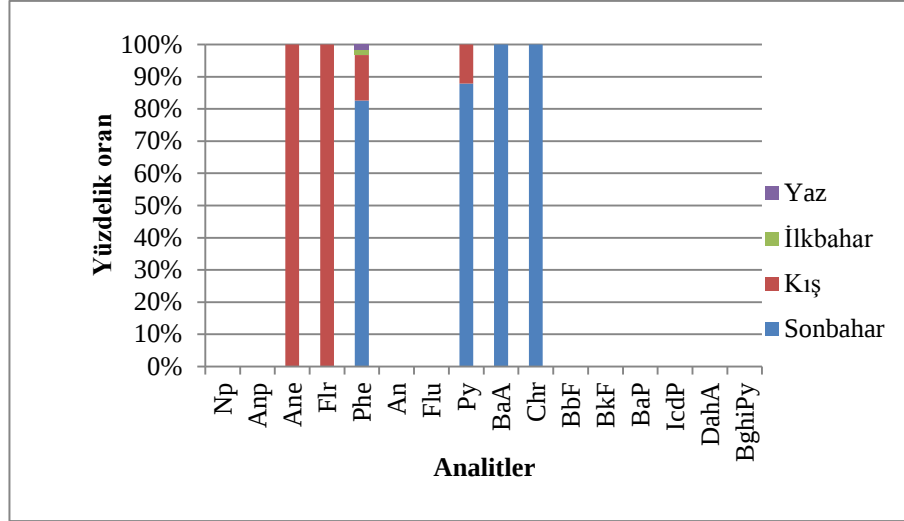


Şekil 4.27 Özdere istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda elde edilen PAH analitlerini çizelge 4.43’de verilmiştir. Bütün mevsimlerde An, BbF, BkF, BaP, IcdP ve BghiPy; kış hariç diğer mevsimlerde Ane ve Flr tespit limiti altında kalmıştır. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre şekil 4.28’de gösterilmiştir. Sonbahar mevsiminde BaA ve Chr ile kış mevsiminde en yüksek oranda Ane ve Flr’den elde edilirken (% 100) en düşük yaz mevsiminde Phe’den (% 1.61) elde edilmiştir.

Çizelge 4.43 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Hamam Çayı-Çeltikçi			
Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	1.550	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	42.155	< LOQ	< LOQ
Phe	65.640	11.267	1.300	1.283
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	7.924	1.094	< LOQ	< LOQ
BaA	5.910	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Chr	4.126	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	83.600	56.066	1.300	1.283

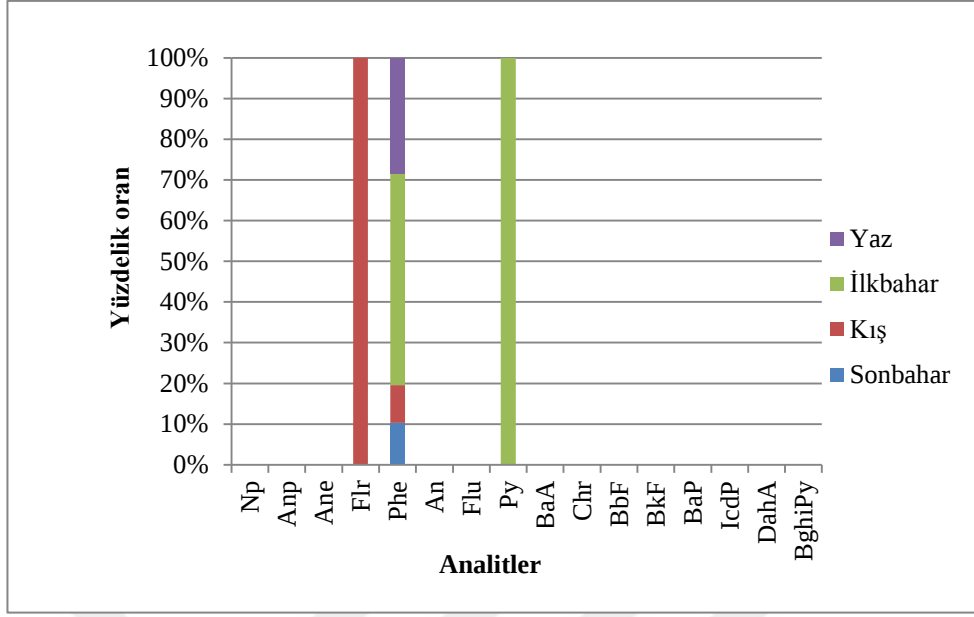


Şekil 4.28 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Yeşilöz Mevkii istasyonunda elde edilen PAH analitlerini çizelge 4.44 verilmiştir. Bütün mevsimler için Ane, An, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, IcdP ve BghiPy tespit limiti altında bulunmuştur. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre incelendiğinde kış mevsiminde % 100 ile Flr ve ilkbahar mevsiminde Py bulunmuşken, en düşük kış mevsiminde Phe % 9.27 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.29)

Çizelge 4.44 Yeşilöz Mevkii istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Yeşilöz Mevkii			
Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	20.401	< LOQ	< LOQ
Phe	7.352	6.624	37.264	20.238
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	< LOQ	< LOQ	2.071	< LOQ
BaA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Chr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	7.352	27.025	39.335	20.238

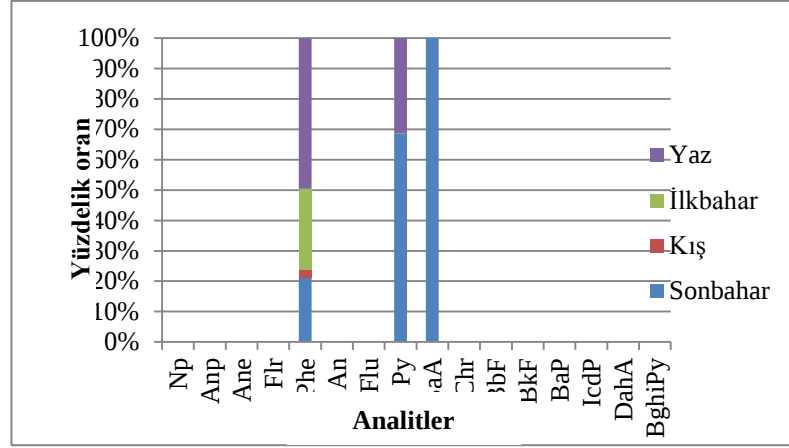


Şekil 4.29 Yeşilöz Mevkii istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Süvari Deresi istasyonunda elde edilen PAH analitlerini çizelge 4.45’de verilmiştir. Bütün mevsimler için Ane, Flr, An, Chr, BbF, BkF, BaP, IcdP ve BghiPy tespit limiti altında bulunmuştur. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre incelendiğinde sonbahar mevsiminde % 100 ile BaA bulunmuşken, kış mevsiminde en düşük Phe % 2.67 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.30).

Çizelge 4.45 Süvari Deresi istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Süvari Deresi			
Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	17.695	2.228	22.158	41.370
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	3.695	< LOQ	< LOQ	1.691
BaA	7.259	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Chr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	28.649	2.228	22.158	43.061

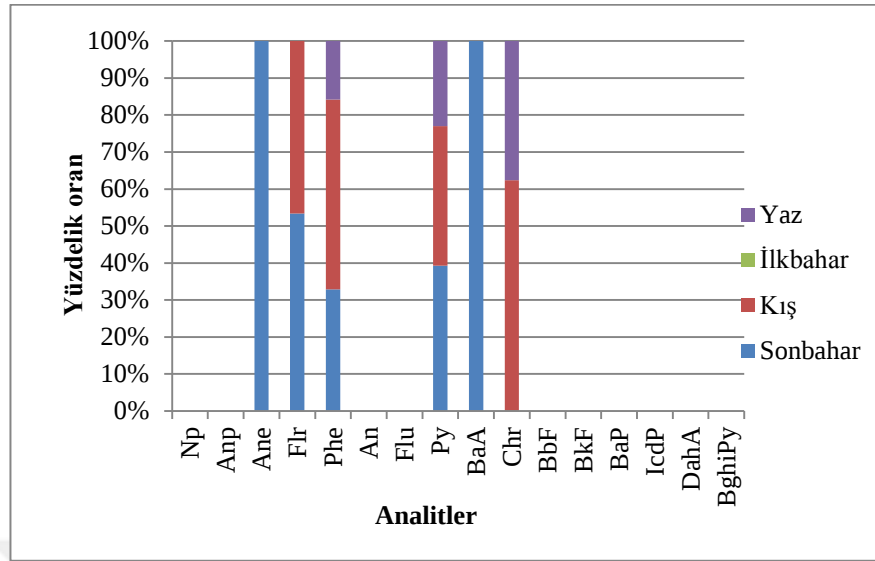


Şekil 4.30 Süvari Deresi istasyonunda PAH analitlerinin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Gömlüksiz Köprüsü istasyonunda elde edilen PAH analitlerini çizelge 4.46’da verilmiştir. Bütün mevsimler için An, BbF, BkF, BaP, IcdP ve BghiPy tespit limiti altında bulunmuştur. Elde edilen analitlerin yüzdelik oranları mevsimlere göre incelendiğinde sonbahar mevsiminde % 100 ile Ane ve BaA bulunmuşken, yaz mevsiminde Phe % 15.78 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.3).

Çizelge 4.46 Gömlüksiz Köprüsü istasyonunda elde edilen PAH analiti miktarları

İstasyon	Gömlüksiz Köprüsü			
Mevsim	Sonbahar (µg/kg)	Kış (µg/kg)	İlkbahar(µg/kg)	Yaz (µg/kg)
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	1.216	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	1.740	1.517	< LOQ	< LOQ
Phe	25.663	40.032	< LOQ	12.309
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	3.427	3.297	< LOQ	2.003
BaA	2.230	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Chr	< LOQ	2.335	< LOQ	1.408
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	34.275	47.181	< LOQ	15.719



Şekil 4.31 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda PAH analitlerin mevsimlere göre yüzdelik oranı

Sediment örneklerinde tespit edilen PAH analitleri miktarları istasyonlar arasında fark olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan Shapiro-Wilk normallik testinde Py, Chr, BbF ve BkF normal dağılım gösterdiği saptanmıştır. Yapılan parametrik testlerden One-Way ANOVA testinde istasyonlar arasında Py ve Chr için önemli bir farklılık gözlenmemişken ($p>0.05$), BbF ve BkF için önemli bir farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Ane, Flr, Phe ve BaA'nın normal dağılım göstermemesi nedeniyle yapılan parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testinde Ane, Flr, Phe ve BaA için anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Mevsimler arasında PAH analitleri miktarlarının farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla yapılan Shapiro-Wilk normallik testinde Ane, Flr, Phe, Py ve BaA analitlerinin normal dağılım göstermesi sonucu yapılan One-Way ANOVA testinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Normal dağılım göstermeyen BbF ve BkF analitleri için Kruskal-Wallis testinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Mevsimler ve istasyonlar arasında yapılan parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testinde analitler için anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

4.5.2 PCB kalıntı analizi

Çizelge 4.33’te verilerin PCB kalıntı analizinde elde edilen LOD ve LOQ değerlerine göre yapılan incelemelerde PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 153, PCB 138, PCB 180 analitlerinin kalıntı tespitinde hepsinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.47).



Çizelge 4.47 Sediment numunelerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Σ(Indicator PCBs=nondiox in-like PCBs-NDL-PCBs)	PCB 118 - Dioxin-like PCB(DL)	ΣPCBs
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Özdere	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.5.3 OK kalıntı analizi

Çizelge 4.35'te verilerin OK kalıntı analizinde elde edilen LOD ve LOQ değerlerine göre yapılan incelemelerde 4,4-DDD, 2,4-DDT ve 4,4-DDT, alfa HCH, heksaklorobenzen, beta HCH, gama HCH, heptaklor analitlerinin kalıntı tespitinde hepsinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir. 4,4-DDE analiti İlkbahar mevsiminde Hamam Çayı-Çeltikçi ve Gömleksiz Köprüsü; yaz mevsiminde ise Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonlarında tespit limiti altında kaldığı görülmüşken en yüksek kış mevsiminde Karacaören (köy girişi) (258.76 µg/kg), en düşük Yeşilöz Mevkii istasyonunda (22.07 µg/kg) tespit edilmiştir (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.48 Sediment numunelerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	4-4-DDE (µg/kg)	44- DDD (µg/kg)	2-4- DDT (µg/kg)	4-4- DDT (µg/kg)	ΣDDTs (µg/kg)	HEXACH (µg/kg)	A-HCH (µg/kg)	G-HCH (µg/kg)	B-HCH (µg/kg)	HEPTA (µg/kg)
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	98.60	< LOQ	< LOQ	< LOQ	98.60	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	258.76	< LOQ	< LOQ	< LOQ	258.76	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	83.73	< LOQ	< LOQ	< LOQ	83.73	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	87.46	< LOQ	< LOQ	< LOQ	87.46	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Özdere	Sonbahar	134.10	< LOQ	< LOQ	< LOQ	134.10	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	83.52	< LOQ	< LOQ	< LOQ	83.52	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	81.39	< LOQ	< LOQ	< LOQ	81.39	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	43.87	< LOQ	< LOQ	< LOQ	43.87	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	60.82	< LOQ	< LOQ	< LOQ	60.82	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	57.20	< LOQ	< LOQ	< LOQ	57.20	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	22.10	< LOQ	< LOQ	< LOQ	22.10	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	22.07	< LOQ	< LOQ	< LOQ	22.07	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	113.54	< LOQ	< LOQ	< LOQ	113.54	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	59.40	< LOQ	< LOQ	< LOQ	59.40	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	63.22	< LOQ	< LOQ	< LOQ	63.22	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	24.44	< LOQ	< LOQ	< LOQ	24.44	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	44.59	< LOQ	< LOQ	< LOQ	44.59	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	83.20	< LOQ	< LOQ	< LOQ	83.20	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	124.46	< LOQ	< LOQ	< LOQ	124.46	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	144.74	< LOQ	< LOQ	< LOQ	144.74	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	77.71	< LOQ	< LOQ	< LOQ	77.71	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.5.4 PBDE kalıntı analizi

Çizelge 4.37’de verilen PBDE kalıntı analizinde elde edilen LOD ve LOQ değerlerine göre yapılan incelemelerde PBDE 28, PBDE 47, PBDE 100, PBDE 99, PBDE 154, PBDE 153 analitlerinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49 Sediment numunelerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PBDE 28 (µg/kg)	PBDE 47 (µg/kg)	PBDE 66 (µg/kg)	PBDE 99 (µg/kg)	PBDE 100 (µg/kg)	PBDE 153 (µg/kg)	PBDE 154 (µg/kg)
Karacaören (köy girişi)	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Özdere	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.6 Balık Numunelerinde Kalıntı Analizi

Sonbahar 2017 - Yaz 2018 dönemleri boyunca yapılan çalışmada Kırmir Çayı'nda belirlenen 6 istasyondan Karacaören (köy girişi) istasyonu haricinde diğer istasyonlarda mevsimsel olarak alınan *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* balık türlerinin istasyonlara ve mevsimlere göre sayısı çizelge 4.50'de gösterilmiştir. Balıkların kas dokusu örneklerinde PAH, PCB, OK ve PBDE kalıntılarının tespiti incelenmiştir.

Çizelge 4.50 İstasyonlara ve mevsimlere göre balık sayısı

İstasyon Adı	Mevsim	Toplam balık sayısı	
		<i>Capoeta baliki</i>	<i>Squalius pursakensis</i>
Özdere	Sonbahar	0	0
	Kış	0	0
	İlkbahar	2	11
	Yaz	0	0
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	5	10
	Kış	5	5
	İlkbahar	5	7
	Yaz	3	6
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	7	1
	Kış	4	5
	İlkbahar	6	5
	Yaz	5	5
Süvari Deresi	Sonbahar	8	5
	Kış	4	6
	İlkbahar	2	2
	Yaz	2	8
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	4	2
	Kış	4	3
	İlkbahar	2	3
	Yaz	2	3

4.6.1 PAH kalıntı analizi

Çizelge 4.38'de verilen PAH kalıntı analizinden elde edilen LOD ve LOQ değerlerine göre yapılan incelemelerde bütün mevsimler için *Capoeta baliki*'de Np, Anp, Ane, An,

Flu, Chr, BkF, BaP, IcdP, DahA ve BghiPy; *Squalius pursakensis*'de Np, An, IcdP ve BghiPy analitleri tespit limiti altında kalmıştır. Toplam PAH analit miktarları incelendiğinde *Capoeta baliki* için en yüksek ilkbahar mevsiminde Özdere istasyonunda (108.421 µg/kg) en düşük sonbahar mevsiminde Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda (0.915 µg/kg) olarak tespit edilmişken *Squalius pursakensis* için sırasıyla ilkbahar mevsiminde Yeşilöz Mevkii istasyonu (675.248 µg/kg) ve kış mevsiminde Gömleksiz Köprüsü istasyonunda (0.601 µg/kg) elde edilmiştir (Çizelge 4.51).

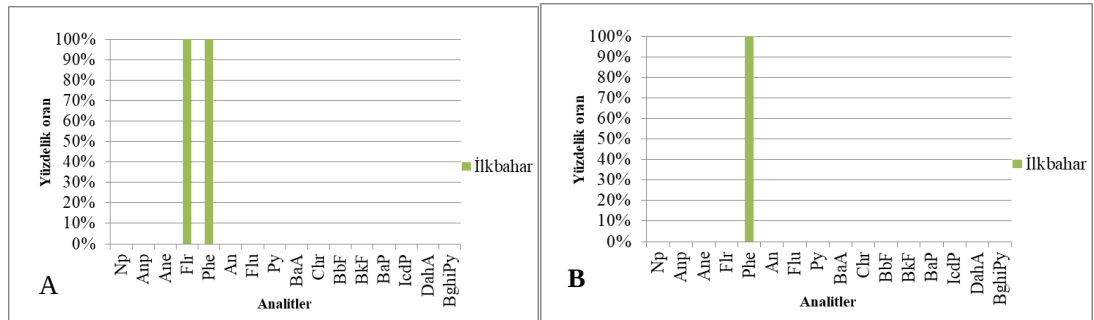
Çizelge 4.51 İstasyonlara ve mevsimlere göre balık örneklerinde toplam PAH miktarları

İstasyon Adı	Mevsim	ΣPAHs (µg/kg)	
		<i>Capoeta baliki</i>	<i>Squalius pursakensis</i>
Özdere	İlkbahar	108.421	0.653
Hamam ÇayÇeltikçi	Sonbahar	0.915	2.274
	Kış	< LOQ	136.103
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	30.718	< LOQ
	Kış	1.049	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	675.248
	Yaz	55.7	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	17.289	1.246
	Kış	1.474	2.283
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	16.151
	Kış	16.54	0.601
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ
	Yaz	1.45	1.015

Özdere istasyonunda *Capoeta baliki* için Phe analiti miktarı 0.5 µg/kg olarak bulunmuşken Flr 107.921 µg/kg olarak tespit edilmiştir. *Squalius pursakensis* için Phe 0.653 µg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.52). Analitlerin yüzde olarak gösterilmesi ise şekil 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.52 Özdere istasyonunda balıklar için tespit edilen PAH analit miktarları

İstasyon	Özdere (µg/kg)	
Mevsim	İlkbahar	
Analit	<i>Capoeta baliki</i>	<i>Squalius pursakensis</i>
Np	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ
Flr	107.921	< LOQ
Phe	0.5	0.653
An	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ
Py	< LOQ	< LOQ
BaA	< LOQ	< LOQ
Chr	< LOQ	< LOQ
BbF	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	108.421	0.653



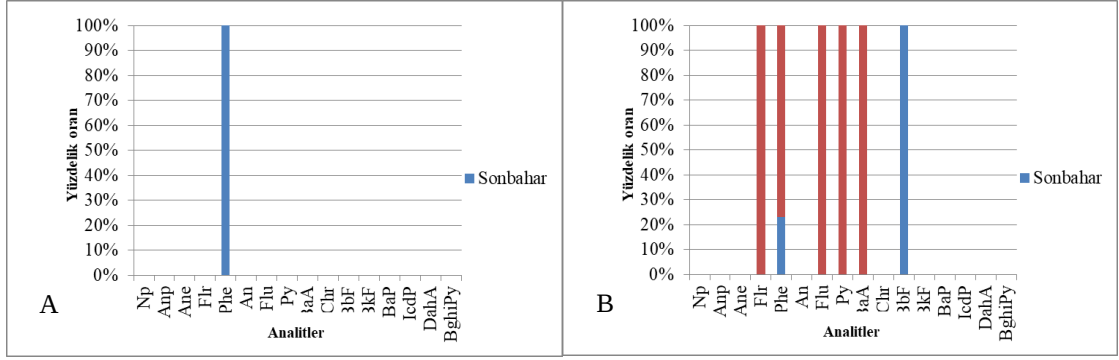
Şekil 4.32 Özdere istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı (A. *Capoeta baliki*; B. *Squalius pursakensis*)

Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda elde edilen verilere göre *Capoeta baliki* için sadece sonbahar mevsiminde Phe 0.915 µg/kg olarak tespit edilmişken diğer analitler tespit limiti değerleri altında kalmıştır. *Squalius pursakensis* için kış mevsiminde en yüksek

Flr 128.833 µg/kg en düşük BaA analiti 0.688 µg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.53). Elde edilen analitlerin yüzdelik oranlarının gösterimi şekil 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.53 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda balıklar için PAH analit miktarları

İstasyon	Hamam Çayı-Çeltikçi (µg/kg)							
Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Analit	<i>Capoeta baliki</i>				<i>Squalius pursakensis</i>			
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	128.833	< LOQ	< LOQ
Phe	0.915	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1.494	4.959	< LOQ	< LOQ
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.735	< LOQ	< LOQ
Py	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.887	< LOQ	< LOQ
BaA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.688	< LOQ	< LOQ
Chr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.78	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	0.915	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2.274	136.103	< LOQ	< LOQ



Şekil 4.33 Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı (A. *Capoeta baliki*; B. *Squalius pursakensis*)

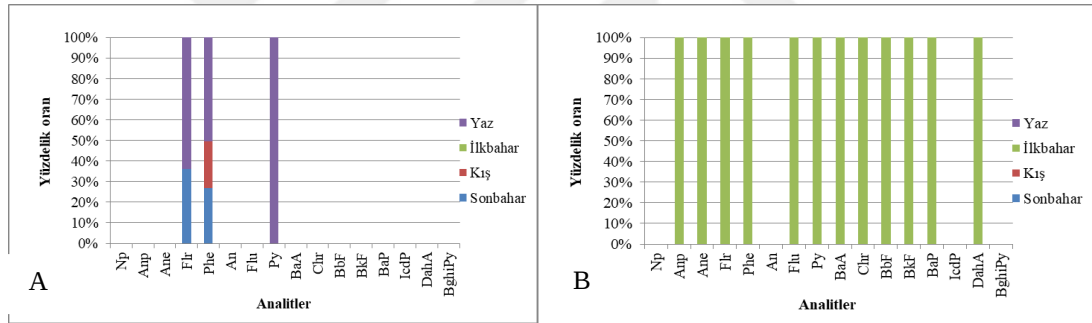
Yeşilöz Mevkii istasyonunda elde edilen analitler çizelge 4.54’de gösterilmiştir. *Capoeta baliki* için ilkbahar mevsiminde; *Squalius pursakensis* için sonbahar, kış ve yaz mevsiminde analitler tespit altında kalmıştır. Analitlerin yüzdelik oranları incelendiğinde *Capoeta baliki*’de en yüksek yaz mevsimi Py (% 100), en düşük kış mevsimi Phe (% 1.28); *Squalius pursakensis* için ilkbahar mevsiminde Np, An, IcdP ve BghiPy analitleri dışındaki bütün analitler % 100 oranında bulunmuştur (Şekil 4.34).

Çizelge 4.54 Yeşilöz Mevkii istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları

İstasyon	Yeşilöz Mevkii (µg/kg)							
Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Analit	<i>Capoeta baliki</i>				<i>Squalius pursakensis</i>			
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	52.434	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1.16	< LOQ
Flr	29.489	< LOQ	< LOQ	52.584	< LOQ	< LOQ	216.481	< LOQ
Phe	1.229	1.049	< LOQ	2.315	< LOQ	< LOQ	51.554	< LOQ
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	48.46	< LOQ
Py	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.8	< LOQ	< LOQ	42.718	< LOQ
BaA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	109.885	< LOQ

Çizelge 4.54 Yeşilöz Mevkii istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları (devam)

Chr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	53.369	< LOQ
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	16.397	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	15.095	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	42.105	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	25.59	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	30.718	1.049	< LOQ	55.7	< LOQ	< LOQ	675.248	< LOQ

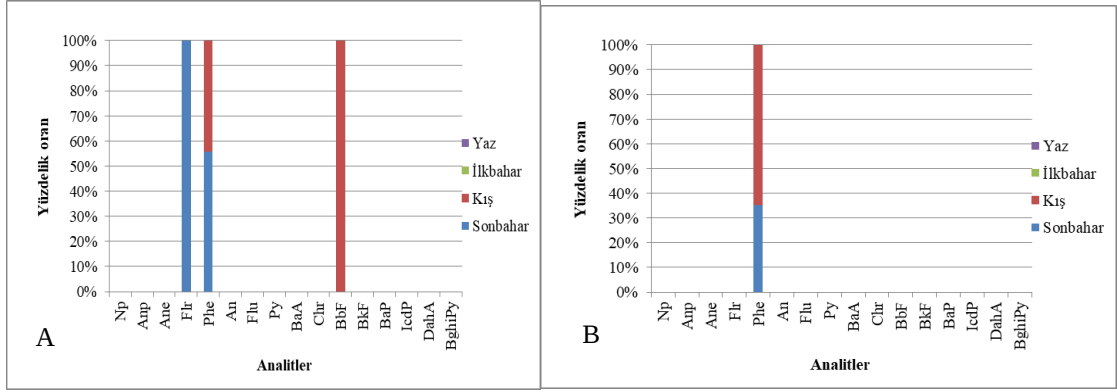


Şekil 4.34 Yeşilöz Mevkii istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı (A. *Capoeta baliki*; B. *Squalius pursakensis*)

Süvari Deresi istasyonunda yaz mevsimi için bütün analitler her iki balık türü için de tespit limiti arasında kalmıştır. *Capoeta baliki* için Flr, Phe ve BbF analitleri; *Squalius pursakensis* için sadece Phe analiti tespit edilmiştir (Çizelge 4.55). Yüzdelik oranlar incelendiğinde *Capoeta baliki* için sonbahar mevsiminde Flr ve yaz BbF % 100, en düşük kış mevsiminde Phe % 44.25; *Squalius pursakensis* için Phe sonbahar mevsiminde % 35.3 iken kış mevsiminde % 64.7’dir (Şekil 4.35).

Çizelge 4.55 Süvari Deresi istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları

İstasyon	Süvari Deresi (µg/kg)							
Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Analit	<i>Capoeta baliki</i>				<i>Squalius pursakensis</i>			
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	16.157	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	1.132	0.899	< LOQ	< LOQ	1.246	2.283	< LOQ	< LOQ
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Chr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BbF	< LOQ	0.575	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	17.289	1.474	< LOQ	< LOQ	1.246	2.283	< LOQ	< LOQ



Şekil 4.35 Süvari Deresi istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı (A. *Capoeta baliki*; B. *Squalius pursakensis*)

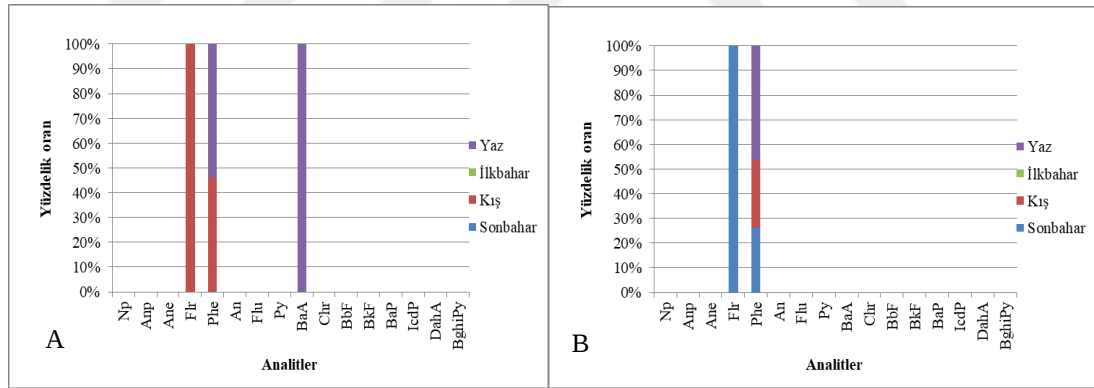
Gömleksiz Köprüsü istasyonunda sonbahar mevsiminde *Capoeta baliki* için bütün analitler tespit limiti altında kalmıştır. *Capoeta baliki* için Flr, Phe ve BaA analitleri elde edilirken *Squalius pursakensis* için Flr ve Phe analitleri elde edilmiştir (Çizelge 4.56). Mevsimlere göre yüzdelik oranlarının incelenmesinde *Capoeta baliki* için en yüksek % 100 ile kış mevsiminde Flr ve yaz mevsiminde BaA bulunmuştur. *Squalius pursakensis* için en yüksek % 100 ile kış mevsiminde Flr bulunmuştur (Şekil 4.36).

Çizelge 4.56 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları

İstasyon	Gömleksiz Köprüsü (µg/kg)							
Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Analit	<i>Capoeta baliki</i>				<i>Squalius pursakensis</i>			
Np	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Anp	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flr	< LOQ	15.795	< LOQ	< LOQ	15.582	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Phe	< LOQ	0.745	< LOQ	0.86	0.569	0.601	< LOQ	1.015
An	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flu	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Py	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Çizelge 4.56 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda balıklar için PAH analitlerinin miktarları (devam)

BaA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.59	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Chr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BbF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BkF	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BaP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
IcdP	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DahA	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
BghiPy	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
ΣPAHs	< LOQ	16.54	< LOQ	1.45	16.151	0.601	< LOQ	1.015



Şekil 4.36 Gömleksiz Köprüsü istasyonunda PAH analitlerinin balık örneklerinde mevsimlere göre yüzdelik oranı (A. *Capoeta baliki*; B. *Squalius pursakensis*)

Capoeta baliki ve *Squalius pursakensis* örneklerinde tespit edilen PAH analitleri miktarlarının istasyonlar ve mevsimler arasında fark olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan Shapiro-Wilk normallik testinde Flr ve Phe normal dağılım göstermemesi nedeniyle yapılan parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testinde Flr ve Phe için anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Türler arası yapılan

karşılaştırmada ise yapılan Shapiro-Wilk normallik testinde Flr, Phe, Py, BaA ve BbF normal dağılım göstermiş ($p<0.05$), bunun sonucunda yapılan One-Way ANOVA testinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

4.6.2 PCB kalıntı analizi

Çizelge 4.33’de verilen PCB kalıntı analizinden elde edilen LOD ve LOQ değerlerine göre yapılan incelemelerde bütün mevsimler için *Capoeta baliki*’de PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 153, PCB 138, PCB 180 analitlerinin kalıntı tespitinde hepsinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.57). *Squalius pursakensis*’de ise ilkbahar mevsiminde Özdere ve Yeşilöz Mevkii istasyonlarında sonbahar mevsiminde Hamam Çayı-Çeltikçi’de bazı PCB analitlerine rastlanılmıştır (Çizelge 4.58).

Çizelge 4.57 *Capoeta baliki* örneklerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PCB 28 (µg/kg)	PCB 52 (µg/kg)	PCB 101 (µg/kg)	PCB 153 (µg/kg)	PCB 138 (µg/kg)	PCB 180 (µg/kg)	Σ(Indicator PCBs=nondioxin- like PCBs-NDL- PCBs) (µg/kg)	PCB 118 - Dioxin- like PCB(DL) (µg/kg)	ΣPCBs (µg/kg)
Özdere	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Çizelge 4.58 *Squalius pursakensis* örneklerinden elde edilen PCB analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PCB 28 (µg/kg)	PCB 52 (µg/kg)	PCB 101 (µg/kg)	PCB 153 (µg/kg)	PCB 138 (µg/kg)	PCB 180 (µg/kg)	Σ(Indicator PCBs=nondioxin- like PCBs-NDL- PCBs) (µg/kg)	PCB 118 - Dioxin- like PCB(DL) (µg/kg)	ΣPCBs (µg/kg)
Özdere	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	10.92	< LOQ	< LOQ	10.92	< LOQ	10.92
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	10.83	< LOQ	< LOQ	10.83	< LOQ	10.83
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	21.52	151.8	< LOQ	< LOQ	52.922	< LOQ	226.242	< LOQ	226.242
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.6.3 OK kalıntı analizi

Çizelge 4.35’de verilen OK kalıntı analizinde elde edilen LOD ve LOQ değerlerine göre yapılan incelemelerde *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* için 4,4-DDE analiti bazı mevsimler ve istasyonlarda elde edilmişken ilkbahar mevsiminde *Capoeta baliki* için Özdere istasyonunda alfa HCH; *Squalius pursakensis* örneklerinde Yeşilöz Mevkii istasyonunda alfa HCH, heksaklorobenzen, beta HCH ve heptaklor analitleri de elde edilmiştir (Çizelge 4.59, Çizelge 4.60).



Çizelge 4.59 *Capoeta baliki* örneklerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	4-4-DDE (µg/kg)	44- DDD (µg/kg)	2-4- DDT (µg/kg)	4-4- DDT (µg/kg)	ΣDDTs (µg/kg)	HEXACH (µg/kg)	A-HCH (µg/kg)	G-HCH (µg/kg)	B-HCH (µg/kg)	HEPTA (µg/kg)
Özdere	İlkbahar	28.53	< LOQ	< LOQ	< LOQ	28.53	4.46	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	20.27	< LOQ	< LOQ	< LOQ	20.27	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	17.18	< LOQ	< LOQ	< LOQ	17.18	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	18.39	< LOQ	< LOQ	< LOQ	18.39	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	23.41	< LOQ	< LOQ	< LOQ	23.41	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	21.65	< LOQ	< LOQ	< LOQ	21.65	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	35.70	< LOQ	< LOQ	< LOQ	35.70	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	12.83	< LOQ	< LOQ	< LOQ	12.83	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	18.28	< LOQ	< LOQ	< LOQ	18.28	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	22.49	< LOQ	< LOQ	< LOQ	22.49	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	44.16	< LOQ	< LOQ	< LOQ	44.16	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	18.79	< LOQ	< LOQ	< LOQ	18.79	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Çizelge 4.60 *Squalius pursakensis* örneklerinden elde edilen OK analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	4-4-DDE (µg/kg)	44-DDD (µg/kg)	2-4-DDT (µg/kg)	4-4-DDT (µg/kg)	ΣDDTs (µg/kg)	HEXACH (µg/kg)	A-HCH (µg/kg)	G-HCH (µg/kg)	B-HCH (µg/kg)	HEPTA (µg/kg)
Özdere	İlkbahar	185.22	< LOQ	< LOQ	< LOQ	185.22	10.5032	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	29.06	< LOQ	< LOQ	< LOQ	29.06	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	33.56	< LOQ	< LOQ	< LOQ	33.56	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	15.51	< LOQ	< LOQ	< LOQ	15.51	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	18.65	< LOQ	< LOQ	< LOQ	18.65	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	18.87	< LOQ	< LOQ	< LOQ	18.87	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	18.07	< LOQ	< LOQ	< LOQ	18.07	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	337.1	< LOQ	< LOQ	50.04	387.14	30.4795	34.73	< LOQ	62.54	47.23
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	59.21	< LOQ	< LOQ	< LOQ	59.21	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	28.7	< LOQ	< LOQ	< LOQ	28.7	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	30.15	< LOQ	< LOQ	< LOQ	30.15	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

4.6.4 PBDE kalıntı analizi

Çizelge 4.37’de verilen PBDE kalıntı analizinde elde edilen LOD ve LOQ değerlerine göre yapılan incelemelerde *Capoeta baliki* örneklerinde PBDE 28, PBDE 47, PBDE 100, PBDE 99, PBDE 154, PBDE 153 analitlerinin tespit limiti altında kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.61). *Squalius pursakensis* örneklerinden ilkbahar mevsiminde Yeşilöz Mevkii istasyonunda PBDE 28, PBDE 47 ve PBDE 100 elde edilmiştir (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.61 *Capoeta baliki* örneklerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PBDE 28 (µg/kg)	PBDE 47 (µg/kg)	PBDE 66 (µg/kg)	PBDE 99 (µg/kg)	PBDE 100 (µg/kg)	PBDE 153 (µg/kg)	PBDE 154 (µg/kg)
Özdere	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	4.46	< LOQ
Hamam Çayı-Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömlüksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Çizelge 4.62 *Squalius pursakensis* örneklerinden elde edilen PBDE analitlerinin miktarları

İstasyon	Mevsim	PBDE 28 (µg/kg)	PBDE 47 (µg/kg)	PBDE 66 (µg/kg)	PBDE 99 (µg/kg)	PBDE 100 (µg/kg)	PBDE 153 (µg/kg)	PBDE 154 (µg/kg)
Özdere	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Hamam Çayı- Çeltikçi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Yeşilöz Mevkii	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	77.84	38.231	< LOQ	< LOQ	35.6705	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Süvari Deresi	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Gömleksiz Köprüsü	Sonbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Kış	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	İlkbahar	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Yaz	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

5. TARTIŞMA

Sucul ekosistemlerin çevresel izleme çalışmalarında su kalite parametrelerinin takibi, sucul sistemlerin verimlilik durumu ve biyoindikatör olarak kullanılan sucul canlıların izlenmesi bakımından önemlidir (Elkiran vd. 2019). Temiz kalitede su, ekosistem sağlığının önemli bir belirleyicisi olmasının yanı sıra hijyen ve sağlık açısından insanlar için de önemlidir (Kim vd. 2019). Ancak suda meydana gelen kirlenme, kirlетici maddelerin yoğunluğunun artmasına bağlı olarak su kalite parametrelerinden pH, doymuş oksijen, elektriksel iletkenlik gibi faktörleri etkiler; sucul canlı biyoçeşitliliğinin azalmasına neden olur (Elkiran vd. 2019). Ayrıca küresel ısınma sebebiyle su kaynaklarının azalması ile suda kirlilik yükü artar ve ekosistem üzerinde zararlı etkiler meydana gelmektedir (Kim vd. 2019). Bu nedenle sucul ekosistemde su kalite değerlerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Ülkemizde Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” kapsamında Kıtaici Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri kapsamında suyun genel özellikleri (ph, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, renk,) oksijenlendirme parametreleri (doymuş oksijen, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı), besin elementleri parametreleri (amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, toplam fosfor gibi), iz elementler ve inorganik kirlilik parametreleri (alüminyum, arsenik, bor, demir, florür, kobalt, krom, mangan, nikel, selenyum, siyanür, sülfür gibi) ve bakteriyolojik parametreler (fekal koliform ve toplam koliform) dikkate alınarak sucul ekosistemlerin su kalitesi sınıflandırılması I. sınıf, II. sınıf, III. sınıf ve IV. sınıf olmak üzere dört grup altında yapılmaktadır. I. sınıf kalitede su çok iyi durumda olan suyu ifade eder. Bu kalite su, içme suyu olarak kullanılmasının yanı sıra alabalık üretimi, yüzme gibi rekreasyonel amaçlar için de kullanılmaktadır. II. sınıf kalitede su iyi durumda olup içme suyu potansiyeli olabilen, alabalık dışında balık üretiminde kullanılabilir tipte suları ifade eder. III. sınıf kalitede su orta durumda olup gıda, tekstil gibi iyi kalitede su gerektiren tesisler hariç uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği yapılabilecek nitelikte su ve sanayii suyunu ifade eder. IV. sınıf kalite su ise kötü durumda olan suyu ifade eder (Resmi Gazete 2015).

Bu çalışmada Kirmir Çayı'nda su kalite parametrelerinden pH, sıcaklık, doymuş oksijen ve EC değerleri istasyon bazında mevsimsel olarak saptanmıştır. İstasyonlar su kalite sınıflarına göre ayrılmış ve balık biyoçeşitliliği bu kapsamda incelenmiştir.

İstasyonlarda yapılan ölçümlerde pH değerleri 6.61 ile 9.6 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Genel olarak kirlenmemiş akarsularda pH değerleri 6.0-8.5 arasında değişmekte olup (Polat 1997), çalışma kapsamında elde edilen pH değerlerinin yüksek olduğu istasyonlarda bir kirletici durumun olduğu tespit edilmiştir.

İstasyonlarda su sıcaklığı değerlerinin 4.9–30.3°C arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). En düşük sıcaklık kış mevsiminde gözlenirken en yüksek sıcaklık yaz mevsiminde gözlenmiştir. Böylece mevsimsel sıcaklık değişimi ile su sıcaklığındaki arasındaki değişimin paralel olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

İstasyonlarda yapılan ölçümlerde doymuş oksijen oranı 1.70-97.1 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). Sudaki doymuş oksijen, su sıcaklığı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Su sıcaklığının yüksek olduğu anda doymuş oksijen oranının düşük olduğu, sıcaklığın düşük olduğu anda doymuş oksijen oranının yüksek olduğu Wetzel vd. 2017 tarafından bildirilmiştir. İstasyonlardan elde edilen değerler incelendiğinde en yüksek değerlerin kış mevsiminde elde edildiği gözlenmektedir. Özdere, Hamam Çayı-Çeltikçi, Yeşilöz Mevkii ve Gömleksiz Köprüsü istasyonlarından yaz dönemlerinde tespit edilen doymuş oksijen oranı ise istasyonlar içinde en düşük değer olarak elde edilmiştir. Bu bakımdan tespit edilen değerler literatür ile benzerlik göstermektedir. Ancak Karacaören (köy girişi) istasyonunda ilkbahar ve Süvari Deresi istasyonunda sonbahar mevsiminde düşük doymuş oksijen değerleri bulunmuştur. Bu durum istasyonlarda makrofit çoğalması (*Lemna minor*) ve organik madde yükünün artmasına bağlı olarak düştüğü şeklinde açıklanabilir (Wetzel vd. 2017).

Talısu sistemlerinde çözülmüş madde konsantrasyonu elektriksel iletkenlik (EC) parametresi ile ölçülmektedir. Genel olarak bir akarsuyun EC değerleri 10-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Polat 1997). İstasyonlardan elde edilen EC değerlerinin 282 – 1620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.4). En yüksek değerler

Gömleksiz Köprüsü istasyonunda bulunmuştur. Bunun nedeni istasyon çevresinde tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapılması ve istasyona yakın bir konumda olan tavuk çiftliğinden kaynaklı atıkların su sistemine karışması olabilir. Özeren tarafından 1997 yılında yapılan bir çalışmada Hamam Çayı-Çeltikçi, Süvari Deresi ve Gömleksiz Köprüsü istasyonlarında elde edilen EC değerleri, çalışmamızda elde edilen değerlerden düşük bulunmuştur. Bu durum istasyonların çevrelerinde tarım alanlarının artması, yeni yerleşim yerlerinin oluşması ve tavuk çiftliği sanayiisinin olmasının bir sonucu olabilir.

İstasyonlardan elde edilen bu su kalite parametreleri (pH, sıcaklık, doymuş oksijen ve EC değerleri), Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri kapsamında incelendiğinde Hamam Çayı-Yeşilöz Mevkii istasyonlarının II. sınıf; Özdere, Karacaören (köy girişi) ve Süvari Deresi istasyonlarının III. sınıf ve Gömleksiz Köprüsü istasyonunun III-IV. sınıf kalitede olduğu gözlenmektedir.

İstasyonlar bazında balık türleri incelendiğinde Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda *Alburnus escherichii*, *Barbus escherichii*, *Cobitis simplicispina*, *Oxyemacheilus angorae*, *Chondrostoma angorae*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis*; Süvari Deresi istasyonunda *Alburnus escherichii*, *Barbus escherichii*, *Cobitis simplicispina*, *Oxyemacheilus angorae*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis*; Gömleksiz Köprüsü istasyonunda *Alburnus escherichii*, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* olarak tespit edilmiştir. Özeren tarafından 1997 yılında yapılan çalışmada Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonunda *Oxyemacheilus angorae*, *Capoeta tinca*, *Cobitis simplicispina*, *Cobitis taenia*, *Alburnoides bipunctatus*, *Alburnus orontis*; Süvari Deresi istasyonunda *Capoeta tinca*, *Alburnus orontis*, *Oxyemacheilus angorae*, *Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*, *Barbus plebejus*, *Alburnoides bipunctatus* ve *Chondrostoma nasus*; Gömleksiz Köprüsü istasyonunda *Alburnus orontis*, *Oxyemacheilus angorae*, *Capoeta tinca*, *Leuciscus cephalus*, *Cobitis taenia*, *Chondrostoma nasus*, *Alburnoides bipunctatus*, *Barbus plebejus*, *Capoeta capoeta* ve *Gobio gobio* tespit edilmiştir. Özuluğ ve Freyhof tarafından *Squalius* cinsinin Anadolu'daki dağılımının incelendiği bir çalışmada *Leuciscus cephalus*'u Sakarya Nehri'ne endemik bir tür olan *Squalius pursakensis* olarak moleküler analizler sonucunda tespit etmişlerdir (Özuluğ ve Freyhof 2011). Bu çalışmada tespit edilen türler, Özeren (1997)'nin yaptığı çalışma ile benzerlik

göstermektedir. Ancak çalışmamızda Gömleksiz Köprüsü'nden tespit edilen balık türü sayısının daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni Gömleksiz Köprüsü su kalite parametresinin III.-IV. sınıf kalitede su olmasından kaynaklı istasyonda biyoçeşitliliğin düşmesi şeklinde açıklanabilir. Ayrıca çalışma kapsamında istasyonlardan az sayıda balık elde edilmiştir. Bu durum istasyonların su kalitesi parametrelerinin II, III ve IV. kalitede sınıflar arasında olmasından kaynaklı olabilir.

Bu çalışmada Kirmir Çayı'nda yayılım gösteren balık türleri *Squalius pursakensis*, *Barbus escherichii*, *Capoeta baliki*, *Alburnoides bipunctatus*, *Chondrostoma angorense*, *Alburnoides kosswigi*, *Cobitis simplicispina* ve *Oxynemacheilus angorae* olarak tespit edilmiştir. Korkmaz ve Zencir Tanır tarafından 2016 yılında yapılan bir çalışmada ise Kirmir Çayı'ndaki balık türleri *Squalius pursakensis*, *Barbus escherichii*, *Capoeta baliki*, *Capoeta sieboldi*, *Alburnoides bipunctatus*, *Chondrostoma angorense*, *Alburnus escherichii*, *Cobitis simplicipinna* ve *Oxynemacheilus angorae* olarak bulunmuştur. Araştırmada tespit ettiğimiz balık türleri ile Korkmaz ve Zencir Tanır tarafından tespit edilen balık türleri benzer niteliktedir.

Çalışma istasyonlarında tespit edilen balık türleri incelendiğinde *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis*, balık örnekleme yapılabilen istasyonlarda yakalanan ortak balık türleridir. Bu nedenle biyolojik özellikler (yaş ve eşey), büyüme özelliği (kondisyon faktörü), histopatolojik incelemeler ve kalıntı analizi tespiti bu türler tercih edilerek yapılmıştır.

Çalışmada Karacaören (köy girişi) istasyonunda herhangi bir balık örnekleme yapılamamıştır. Bunun sebebi bu istasyonun, Kızılcahamam beldesinden gelen atık sularının karıştığı ilk bölge olmasından kaynaklı olabilir. Özdere istasyonunda ise sadece ilkbahar döneminde *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* bireyleri istasyonun akıntılı olan bölgelerinden elde edilmiştir. İstasyon öncesinde kum ocağının bulunması ve tarımsal alanların varlığı balık örneklemesini olumsuz etkilemesine rağmen ilkbahar döneminde balık örneklemesinin yapılabilmesi balıkların üreme döneminde olması ile açıklanabilir. Bu durum istasyon sonundaki göletten, üreme döneminde balıkların yukarıya doğru göç etmesiyle balık örneklemesinin yapılmış olabileceğinin göstergesidir.

Capoeta baliki toplam birey sayısı 70 adettir. Erkek birey sayısı 64, dişi birey sayısı ise 6'dır. Popülasyon yaş dağılımı ise 0+ ile 3+ arasında değişmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, *Capoeta bergamae* bireyleri ile yapılan bir çalışmada popülasyon yaş dağılımının I-IV arasında olduğu bir çalışma ile benzerlik göstermektedir (Özcan ve Balık 2009). Eşeye göre yaş dağılımı ise balık dokularında yapılan histolojik incelemeler yolu ile tespit edilmiştir. Erkek birey popülasyonunda juvenil bireylerden 27 tanesi 0+ yaşında; 20 tanesi 1+ yaşında; ergin bireylerden 12 tanesi 2+ yaşında ve 5 tanesi 3+ yaşında tespit edilmiştir. Dişi birey popülasyonunda ise juvenil bireylerden 1 tanesi 0+ yaşında, 3 tanesi 1 + yaşında ve ergin bireylerden 2 tanesi 2+ yaşında tespit edilmiştir.

Squalius pursakensis toplam birey sayısı 87 adet olup erkek birey sayısı 77, dişi birey sayısı 10'dur. Popülasyon yaş dağılımı ise 0+ ile 4+ arasında değişmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, *Squalius cephalus* bireyleri ile yapılan bir çalışmada popülasyon yaş dağılımının I-VI arasında olduğu bir çalışma ile benzerlik göstermektedir (Özcan ve Balık 2009). Eşeye göre yaş dağılımı balık dokularında yapılan histolojik incelemeler yolu ile tespit edilmiştir. Erkek birey popülasyonunda juvenil bireylerden 11 tanesi 0+ yaşında; 17 tanesi 1+ yaşında; ergin bireylerden 29 tanesi 2+ yaşında; 10 tanesi 3+ yaşında; 10 tanesi 4+ yaşında tespit edilmiştir. Dişi birey popülasyonunda ise ergin bireylerden 2 tanesi 2+ yaşında; 3 tanesi 3+ yaşında ve 5 tanesi 4+ yaşında tespit edilmiştir.

Balık büyüme parametrelerinden biri olan kondisyon faktörü bireyin beslenme, üreme ve hastalık durumunu ifade etmekte kullanılmaktadır (Kırankaya vd. 2014). Ayrıca türler arasında değişiklik göstermektedir (Anene 2005, Irons vd. 2007). Bununla birlikte çevresel şartların durumunu en iyi yansıtan parametrelerden biridir. Yüksek kondisyon faktörü iyi çevre koşullarını, düşük kondisyon faktörü ise kötü çevre koşullarını ifade eder. Dolayısıyla kondisyon faktörü hem bireyin sağlık durumunun hem de çevresel koşulların belirlenmesinde kullanılan bir indikatördür (Kırankaya vd. 2014).

Türler arası kondisyon faktörü karşılaştırılmasında ortalama kondisyon faktörü *Capoeta baliki*'de 2.122; *Squalius pursakensis*'de 0.984'tür. Özcan ve Balık tarafından 2009

yılında yapılan bir çalışmada *Capoeta bergamae* bireylerinde ortalama kondisyon faktörü 2.043, *Squalius cephalus*'da ortalama kondisyon faktörünün 1.54 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar Özcan ve Balık 2009 bulguları ile uyumlu haldedir. Bu durum *Capoeta* cinsinin kondisyon faktörünün *Squalius* cinsinin kondisyon faktöründen yüksek olduğu şeklinde açıklanabilir.

Su kalite parametrelerine göre II. kalite sınıflandırma içinde olan Hamam Çayı-Çeltikçi ve Yeşilöz Mevkii istasyonlarından elde edilen ortalama kondisyon faktörü *Capoeta baliki* için 1.28 ve 2.86 iken *Squalius pursakensis* için 0.960 ve 0.914'tür. III. sınıf kalite sınıflandırmaya sahip Özdere ve Süvari Deresi istasyonlarından elde edilen ortalama kondisyon faktörü *Capoeta baliki* için 2.092 ve 1.51 iken *Squalius pursakensis* için 1.194 ve 0.999'dur. III.-IV sınıf kalite sınıflandırma içinde olan Gömleksiz Köprüsü istasyonundan elde edilen ortalama kondisyon faktörü *Capoeta baliki* için 1.78 iken *Squalius pursakensis* için 1.011'dir. Elde edilen bu sonuçlar incelendiğinde en yüksek ortalama kondisyon faktörü *Capoeta baliki* için Yeşilöz Mevkii istasyonunda (II. kalite) bulunmuştur. Bu durum kondisyon faktörünün su kalitesini iyi bir şekilde yansıttığının göstergesi olabilir. Ancak *Squalius pursakensis* için en yüksek ortalama kondisyon faktörü Özdere istasyonunda (III. kalite) belirlenmiştir. Bunun sebebi istasyonda balık örneklemesinin sadece üreme dönemi olan ilkbahar mevsiminde yapılması kaynaklı olabilir.

Balıklarda, yaşadığı ortamı en iyi bir şekilde yansıtan parametrelerden bir diğeri histopatolojik incelemelerdir. Canlının dokularında meydana gelen değişim sucul sistemde kirletici madde bulunması veya başka bir stres kaynağından meydana gelebilir. Bu nedenle rastgele örneklemeler yapılması ve farklı türler kullanılması sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak daha iyi ve güvenilir sonuçlar elde edilmektedir (Barisic vd. 2015, Giltrap vd. 2019). Çalışmamızda farklı türlerin (*Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis*) solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularında histopatolojik incelemeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar balıkların biyolojik özellikleri (türler arası, eşey ve yaş); büyüme özellikleri (kondisyon faktörü); bulunduğu istasyonlar ve örnekleme dönemleri açısından karşılaştırılmıştır.

Bir balık için en önemli organlardan biri solungaç solunum, iyon regülasyonu, osmoregülasyon, asit-baz dengesinin düzenlenmesi, amonyak atımı, hormon üretimi, ksenobiyotik maddelere karşı ilk savunma sistemi gibi çok fonksiyonlu bir organdır (Secombes ve Wang 2012, Mokhtar 2017, Briaudeau vd. 2019). Çalışma kapsamında *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* solungaç dokularında hiperemi (arteriyel damardan çıkan kanın bir bölgede birikmesi) (Erer vd. 2000), epitel hiperplazi (solungaç epitel hücrelerinin boyunun uzaması) (Poleksic ve Mitrović-Tutundzic 1994) ve füzyon (sekonder lamellarda hücrelerin birbiri ile kaynaşması) (Raissy ve Ansari 2011) şeklinde tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar türler arası, eşey ve örnekleme dönemleri açısından karşılaştırıldığında bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ancak *Squalius pursakensis* hiperemi bulgusu ile kondisyon faktörü; hiperemi bulgusu ile yaş; füzyon bulgusu ile istasyonlar; füzyon bulgusu ile kondisyon faktörü; füzyon bulgusu ile yaş arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Karaciğer özellikle ksenobiyotik biyotransformasyonu, depolanması ve elimine edilmesinde görevli bir organdır (Briaudeau vd. 2019). Çalışma kapsamında *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* karaciğer dokularında hiperemi, hidropik dejenerasyon (hücre stoplazmasında aşırı sıvı birikmesi sonucu hücrenin şişmesi) (Erer vd. 2000) ve yağlanma bulguları saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar türler arası, istasyonlar arası ve örnekleme dönemleri açısından karşılaştırıldığında bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). *Squalius pursakensis* hiperemi bulgusu ile kondisyon faktörü; hiperemi bulgusu ile yaş; hiperemi bulgusu ile eşey arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Böbrekler osmoregülasyonda rol oynayan bir organ olup vücudun sıvı ve iyon dengesini kurmasında önemli bir role sahiptir (Varsamos vd. 2005, Gui vd. 2018). Çalışma kapsamında *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* böbrek dokularında tübüler dejenerasyon bulgusuna rastlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar türler arası, kondisyon faktörü, yaş, eşey ve örnekleme dönemleri açısından karşılaştırıldığında bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). *Squalius pursakensis* bireylerinden elde edilen sonuçlar ile istasyonlar arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Histofizyolojik bariyerlerden biri olan kan beyin bariyeri, beyin dokusunu herhangi bir kirletici madde maruziyetinde (metal, antibiyotik gibi) korur (Pereira vd. 2018). Çalışma kapsamında *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* beyin dokularında hiperemi bulgusuna rastlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar türler arası, kondisyon faktörü, yaş, eşey ve örnekleme dönemleri açısından karşılaştırıldığında bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). *Squalius pursakensis* bireylerinden elde edilen sonuçlar ile istasyonlar arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Bu çalışmada olduğu gibi diğer çalışmalarda da, solungaç dokusunda hiperemi, epitel hiperplazi ve füzyon oluşumu (Raissy ve Ansari 2011, Gül vd. 2014, Briaudeau vd. 2019, Gümüş ve İkiz 2019, Reboa vd. 2019); karaciğer dokusunda hiperemi, hidropik dejenerasyon ve yağlanma (Yılmaz vd. 2010, Koç vd. 2013, Gül vd. 2014, Feist vd. 2015, Jordanova vd. 2016, Briaudeau vd. 2019, Giltrap vd. 2019, Gümüş ve İkiz 2019); böbrek dokusunda tübüler dejenerasyon (Gül vd. 2014, Gümüş ve İkiz 2019) bulguları tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar ile literatürdeki sonuçlarla uyum içerisinde olması histopatolojik bulgularımızı destekler niteliktedir. Ancak beyin dokusunda hiperemi bulgusuna rastladığımız çalışmamız, beyinde vaküolleşme, glial hücrelerin ve nöron hücrelerinin ölümü gibi sonuçların gözlemlendiği Tabassum vd. 2016 ve nöron hücrelerinde küçülme gibi sonuçların elde edildiği Baldissera vd. 2018 çalışmaları açısından farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Sucul ekosistemlerin iyi bir durumda olup olmadığı su kalite parametreleri değerlerinden; sucul tür kompozisyonu dağılımından; sucul türlerin biyolojik ve büyüme özelliklerinden; sucul türlerde kullanılan biyobelirteçlerden anlaşılabilceği gibi sucul ekosistemde kirletici olarak bulunan maddelerin konsantrasyonlarının tespit edilmesi ile de anlaşılmaktadır. Bu amaçla su, sediment ve balık türlerinde PAH, PCB, OK ve PBDE madde konsantrasyonları tespit edilerek sucul ekosistem hakkında geniş kapsamda bilgi edinilmiştir.

Araştırma kapsamında incelenen Np, Anp, Ane, Flr, Phe, An, Flu, Py, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, IcdP, DahA, BghiPy maddeleri EPA tarafından birincil kirleticiler olarak belirlenmiş PAH maddeleridir (Net vd. 2015).

Su numunelerinde Σ PAHs konsantrasyonu 0.435-1.250 $\mu\text{g/mL}$ arasında değişmekte olup Anp, Flr, An, BbF, BkF, BaP, IcdP, DahA ve BghiPy maddelerinin konsantrasyonlarının tespit limiti altında kaldığı saptanmıştır. En yüksek Σ PAHs konsantrasyonu Gömleksiz Köprüsü ilkbahar mevsiminde elde edilmiştir. Bu durum istasyonun su kalite parametreleri açısından III.-IV. sınıf kalitede bir su sistemi olmasını destekler niteliktedir.

Sediment numunelerinde Σ PAHs konsantrasyonu 1.283-193.197 $\mu\text{g/kg}$ arasında olup Np, Anp, Flu ve DahA maddelerinin konsantrasyonlarının tespit limiti altında kaldığı saptanmıştır. En yüksek Σ PAHs konsantrasyonu Karacaören (köy girişı) istasyonu yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Kızılcahamam atık sularının karıştığı ilk bölge olan bu istasyonda yüksek oranda PAH kirliliğinin olması, sedimentte birikim olmasından kaynaklı olabilir. Ayrıca sonuçlarımız Bilbao (İspanya) östarin sedimentinde tespit edilen Σ PAHs konsantrasyonundan yüksek bulunmuştur (Briaudeau vd. 2019). Bunun nedeni tatlısu ve östrain sucul sistemlerinin farklı fizyolojik parametrelere sahip olması ile açıklanabilir.

Capoeta baliki numunelerinde Σ PAHs konsantrasyonu 1.45-108.421 $\mu\text{g/kg}$ arasında değişmekte olup Np, Anp, Ane, An, Flu, Chr, BkF, BaP, IcdP, DahA ve BghiPy maddelerinin konsantrasyonlarının tespit limiti altında kaldığı saptanmıştır. İstasyonlar arasında en yüksek kirlilik Özdere istasyonunda ilkbahar mevsiminde bulunmuştur.

Squalius pursakensis numunelerinde Σ PAHs konsantrasyonu 0.601-675.248 $\mu\text{g/kg}$ arasında olup Np, An, IcdP ve BghiPy maddelerinin konsantrasyonlarının tespit limiti altında kaldığı saptanmıştır. İstasyonlar arasında en yüksek kirlilik Yeşilöz Mevkii istasyonunda ilkbahar mevsiminde bulunmuştur.

Bütün numunelerin Σ PAHs konsantrasyonu açısından en yüksekten düşük konsantrasyona sıralaması *Squalius pursakensis* > sediment > *Capoeta baliki* > su şeklinde gözlenmiştir. En yüksek değerin pelajik bir tür olan *Squalius pursakensis*'de görülmesi beslenme açısından hem omnivor hem de karnivor özellik göstermesi sebebiyle olabilir. İkinci en yüksek değerin sedimentte gözlenmesi, kirlletici maddelerin

zamanla dibe çökerek birikmesinin sonucudur. Çalışmamızda elde edilen sediment ve su arasındaki ilişki literatürle uyumludur (Lin vd. 2018).

PAH'lar hem doğal hem antropojenik yollarla oluşan maddelerdir. Antropojenik kaynaklı yollar petrojenik (organik maddelerin uzun zaman boyunca oluşması) ve pirojenik (fosil kaynakların tam yakılmaması) şeklinde olmaktadır. Bu nedenle sucul ekosistemlerde Σ PAHs konsantrasyonu incelenerek kirlilik kaynağı olan durumlar belirlenemez. Ancak PAH maddelerinin birbirine oranları alınarak kirlilik kaynağı bulunabilir. Buna göre petrojenik kaynaklı maddeler $Phe/An > 10$; $Flu/Py < 1$; $Chr/BaA < 1$; $Flr/(Flr+Py) < 0.5$ ve $Ant/(Ant+Phe) < 0.1$ oranları alınarak bulunabilir. Pirojenik kaynaklı girdiler ise $Phe/Ant < 10$; Flu/Py oranı > 1 ve Chr/BaA oranı < 1 oranları ile bulunur (Wolska vd. 2014, Tongo vd. 2017, Li vd. 2018).

Su örneklerinde Flu/Py oranı incelendiğinde Karacaören (köy girişi) ilkbahar ve yaz mevsimlerinde; Özdere ve Süvari Deresi istasyonlarında yaz mevsiminde petrojenik kaynaklı girdiler olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, Hamam Çayı-Çeltikçi sonbahar ve yaz mevsimlerinde; Yeşilöz Mevkii yaz mevsiminde; Gömleksiz Köprüsü ilkbahar mevsiminde pirojenik kaynaklı girdiler bulunmuştur.

Su örneklerinde Chr/BaA oranı incelendiğinde ise Karacaören (köy girişi) ilkbahar ve yaz mevsimlerinde; Özdere, Hamam Çayı-Çeltikçi ve Gömleksiz Köprüsü istasyonlarında sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde; Yeşilöz Mevkii ve Süvari Deresi istasyonlarında kış ve yaz mevsimlerinde petrojenik kaynaklı girdiler olduğu bulunmuştur.

Sediment örneklerinde Chr/BaA oranı incelendiğinde Karacaören (köy girişi) yaz mevsiminde; Özdere sonbahar ve kış mevsimlerinde; Hamam Çayı-Çeltikçi sonbahar mevsiminde petrojenik kaynaklı girdiler varken Özdere ilkbahar mevsiminde pirojenik kaynaklı girdiler vardır.

Squalius pursakensis'e ait veriler incelendiğinde ise Flu/Py oranı için Hamam Çayı-Çeltikçi kış mevsiminde ve Chr/BaA oranı için Yeşilöz Mevkii ilkbahar mevsiminde petrojenik bulgulara rastlanılırken Flu/Py oranında Yeşilöz Mevkii ilkbahar mevsiminde pirojenik bulgulara rastlanılmıştır.

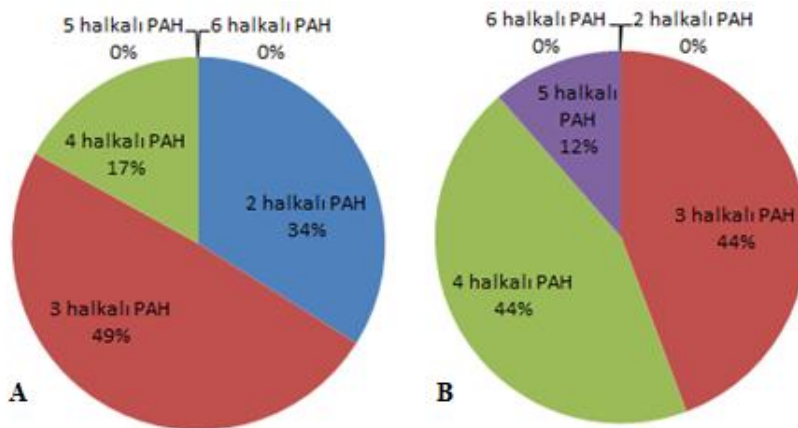
Su örneklerinde ΣPAHs konsantrasyonunun düşük olması su kalite parametreleri açısından eksik sonuç vermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation, WHO) tarafından nehirlerde ve içme sularında izlemesi yapılması gereken PAH maddelerini Flu, Py, BaA, BkF, BaP, DahA, IcdP ve BghiPy olarak belirlemiştir. WHO'nun 1997 yılındaki raporunda Nehir sularında bu maddelerin herbirinin konsantrasyonunun 50 ng/L'den yüksek olması durumunda o su sistemi kirli olarak tespit edilmiştir. WHO'nun 1998 yılındaki raporunda çeşitli ülkelerden toplanan içme sularında her bir madde konsantrasyonu 1 ng/L ile 11 µg/L arasında bulunmuş olup en kirli içme suyu konsantrasyon değeri 11 µg/L olarak saptanmıştır (WHO 2003).

Çalışmamızda su örneklerinde WHO'nun belirlediği Flu, Py ve BaA PAH maddeleri tespit edilmiştir. Flu maddesi incelendiğinde Karacaören (köy girişi) ilkbahar ve yaz mevsimleri; Özdere, Yeşilöz Mevkii ve Süvari Deresi istasyonları yaz mevsimi; Hamam Çayı-Çeltikçi sonbahar ve yaz mevsimleri; Gömleksiz Köprüsü ilkbahar mevsiminde elde edilen konsantrasyonlar WHO 1997 ve 1998 raporlarından belirtilen değerlerden yüksek bulunmuştur. Py maddesi incelendiğinde Karacaören (köy girişi) ilkbahar ve yaz mevsimleri; Özdere ve Yeşilöz Mevkii istasyonları yaz mevsimi; Hamam Çayı-Çeltikçi sonbahar, kış ve yaz mevsimleri; Süvari Deresi ilkbahar ve yaz mevsimleri; Gömleksiz Köprüsü ilkbahar mevsiminde elde edilen konsantrasyonlar WHO 1997 ve 1998 raporlarından belirtilen değerlerden yüksek bulunmuştur. BaA maddesi incelendiğinde Karacaören (köy girişi) kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri; Özdere ve Hamam Çayı-Çeltikçi istasyonları sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri; Yeşilöz Mevkii ve Süvari Deresi istasyonları kış ve yaz mevsimleri; Gömleksiz Köprüsü sonbahar, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde elde edilen konsantrasyonlar WHO 1997 ve 1998 raporlarından belirtilen değerlerden yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlara göre su kalite parametrelerinden II. sınıf kalitede yer alan Hamam Çayı-Çeltikçi ve Yeşilöz Mevkii istasyonlarından elde edilecek suyun içme suyu olarak kullanılamayacağı saptanmıştır.

PAH maddelerinin kimyasal yapısı suda çözünme ve biyoakümüle olma durumlarında büyük rol oynar. PAH'lar içerdikleri benzen halka sayısına göre düşük (2 ve 3 halkalı), orta (4 halkalı) ve yüksek (5 ve 6 halkalı) moleküler ağırlığına sahip bileşikler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadırlar. PAH maddelerden düşük moleküler ağırlığa sahip olanların suda çözünme oranları daha yüksektir. Yüksek moleküler ağırlığa sahip olanların biyoakümüle olma özellikleri daha yüksektir (Lin vd. 2018). Bu kapsamda su, sediment ve balık örneklerinde tespit edilen maddelerin halka sayısına göre karşılaştırılması yapılmıştır.

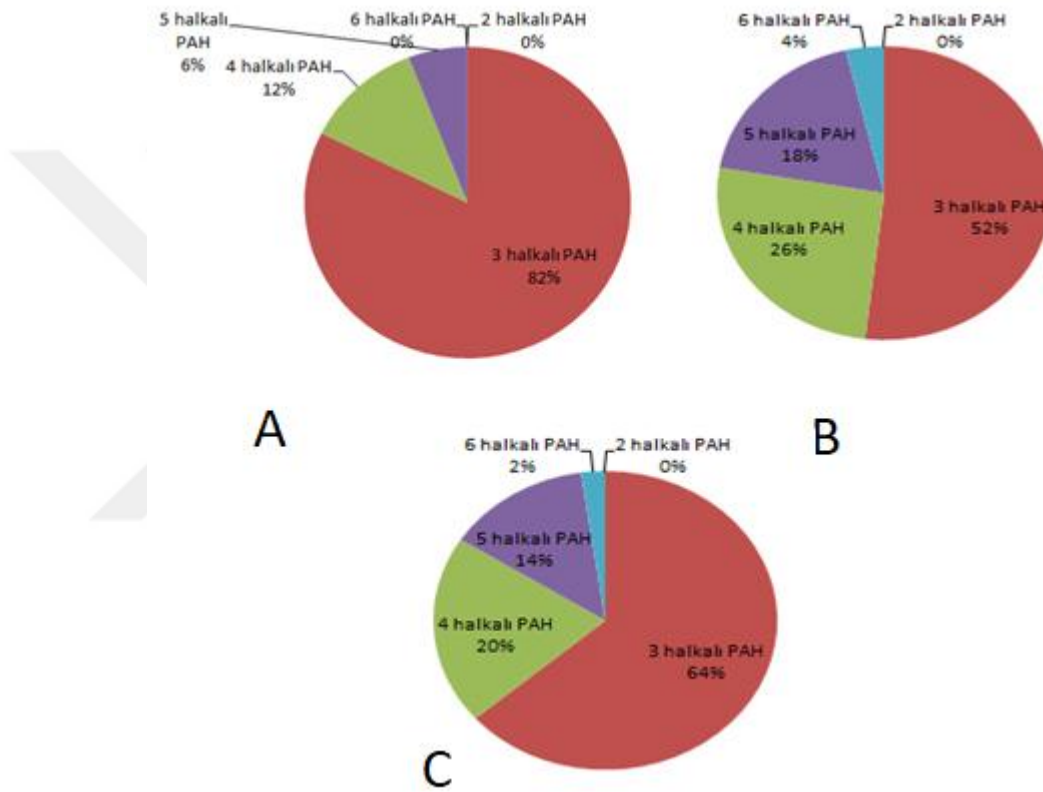
Su örneklerinde 2, 3 ve 4 halkalı PAH maddelerine rastlanılmaktadır (Şekil 5.1). Bu durum düşük moleküler ağırlığa sahip maddelerin suda çözünmesini desteklemektedir (Lin vd. 2018). Çalışma bulgularımız yüzey sularında 2 ve 3 halkalı PAH analitlerinin yüksek oranda elde edildiği benzer çalışmalardan biri olan Tongo vd. 2017 (%60 oranında 3 halkalı, %30 oranında 2 halkalı ve %10 oranında 4 halkalı) ve Lin vd. 2018 (su örneklerinde 2, 3 ve 4 halkalı) çalışmalarındaki bulgularla benzer özellik göstermektedir.

Sediment örneklerinde 3, 4 ve 5 halkalı PAH maddeleri tespit edilmiştir (Şekil 5.1). Elde ettiğimiz sonuçlar sediment örneklerinde 4, 5 ve 6 halkalı maddelerin tespit edildiği Lin vd. 2018 sonuçları ile kıyaslandığında benzerdir.



Şekil 5.1 Su ve sediment örneklerinden elde edilen PAH analitlerinin halka sayısı (A. Su örnekleri; B. Sediment örnekleri)

Capoeta baliki örneklerinde 3, 4 ve 5 halkalı; *Squalius pursakensis* örneklerinde 3, 4, 5 ve 6 halkalı PAH maddeleri olduğu tespit edilmiştir. Balıklardan elde edilen veriler tümüyle incelendiğinde ise 3, 4, 5 ve 6 halkalı maddeler olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.2). Bentik bir tür olan *Capoeta baliki* örneklerinde ve sedimentten elde edilen bulgular birbirini destekler niteliktedir. Balık türlerinin beslenme özellikleri düşünüldüğünde *Squalius pursakensis* örneklerinde yüksek moleküler ağırlığa sahip maddelerin *Capoeta baliki* örneklerine göre daha yüksek oranda olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.2 Balık örneklerinde elde edilen PAH analitlerinin halka sayısı oranı (A. *Capoeta baliki*; B. *Squalius pursakensis*; C. Balıklardan elde edilen toplam)

Stokholm Sözleşmesi kapsamı altında 7 adet indikatör PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 ve dioksin benzeri PCB 118) ve 8 adet indikatör OK (alfa HCH, beta HCH, gama HCH, heksaklorobenzen, heptaklor, 4-4 DDT, 4-4 DDD, 4-4 DDE) çeşitli matrislerde (su, sediment, toprak gibi) ve gıdalarda (balık ve su ürünleri, et ve et ürünleri gibi) konsantrasyon düzeylerinin belirlenmesi amaçlı incelenen maddelerdir (Bakker vd. 2003, Kim vd. 2004, WHO 2013, Qian vd. 2017). Ülkemizde ise Gıda, Tarım ve Orman Bakanlığı “Canlı Hayvanlar ve Hayvansal

Ürünlerde Belirli Maddeler ile Bunların Kalıntılarının İzlenmesi için Alınacak Önlemlere Dair Yönetmelik” kapsamında yer almaktadır (Resmi Gazete 2011).

Bu çalışmada su, sediment ve *Capoeta baliki* örneklerinde indikatör PCB madde gruplarının konsantrasyonları tespit limiti altında kaldığı bulunmuştur.

Squalius pursakensis örneklerinde sadece Yeşilöz Mevkii ilkbahar mevsiminde PCB 28 konsantrasyonu 21.52 µg/kg; PCB 52 konsantrasyonu 151.8 µg/kg ve PCB 138 konsantrasyonu 52.922 µg/kg; ΣPCB konsantrasyonu ise 226.242 µg/kg olarak saptanmıştır. Çin’in Xiamen bölgesinden toplanan balıklarda PCB 28 konsantrasyonunu maksimum 30 ng/g; PCB 52 konsantrasyonunu maksimum 6.2 ng/g ve PCB 138 konsantrasyonunu maksimum 5 ng/g; ΣPCB maksimum konsantrasyonunu 64 ng/g olarak bulunmuştur (Qian vd. 2017). Çalışmamızda PCB 52 ve PCB 138 madde konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Bu durum çalışma istasyonlarının farklılığından kaynaklanabilir.

Su örneklerinde indikatör OK madde grupları konsantrasyonlarının tespit limiti altında saptanmıştır. Sediment örneklerinde 4-4 DDE maddesi; *Capoeta baliki* örneklerinde 4-4 DDE ve heksaklorobenzen maddeleri; *Squalius pursakensis* örneklerinde 4-4 DDT, 4-4 DDE, heksaklorobenzen, alfa HCH, beta HCH ve heptaklor dışındaki diğer indikatör madde grupları konsantrasyonlarının tespit limiti altında bulunmuştur. Bu durum ülkemizde OK madde kullanımının yasak olmasına rağmen, özellikle tarımda yasadışı kullanımı sonucunda elde edildiğini gösterir.

Sediment örneklerinde 4-4 DDE madde konsantrasyonu, en düşük tespit limiti altında en yüksek ise 258.8 µg/kg olarak belirlenmiştir. Çalışma alanına yakın olan istasyonlarda yapılan bir çalışmada sedimentte 4-4 DDE madde konsantrasyonu 0 mg/kg ile 0.522 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Ayaş vd. 2007). Çalışmamız ile Ayaş vd. 2007 çalışması değerleri karşılaştırıldığında zaman farklılığından dolayı madde konsantrasyonlarında azalma olduğu iyi bir şekilde ifade eder.

4-4 DDE madde konsantrasyonu, *Capoeta baliki*'de en düşük tespit limiti altında en yüksek ise 44.16 µg/kg; *Squalius pursakensis*'de en düşük tespit limiti altında en yüksek ise 337.1 µg/kg olarak belirlenmiştir. Meriç Deltası *Cyprinus carpio* (Erkmen ve Kolankaya 2006) ve Çin'in Xiamen bölgesinden toplanan balıklarda (Qian vd. 2017) elde edilen 4-4 DDE madde konsantrasyonu bulguları, bizim bulgularımızdan yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi istasyonlar arasındaki farklılık olabilir. Ayrıca çalışma alanına yakın olan istasyonlarda yapılan bir çalışmada 4-4 DDE madde konsantrasyonları farklı balık türlerinde 0.107-0.137 mg/kg aralığında *Alburnus escherichii*'de, 0.098-0.307 mg/kg aralığında *Cyprinus carpio*'da ve 0.105-1.724 mg/kg aralığında *Siluris glanis*'de elde edilmiştir (Ayaş vd. 2007). Bu değerler, çalışma bulgularımız ile karşılaştırıldığında düşük olduğu gözlenmiştir. Bu durum zaman kaynaklı olarak maddenin bozunmaya uğradığı, balık türlerinin beslenme fizyolojilerinin farklı olmasından kaynaklı olabilir.

Balıklardan elde edilen 4-4 DDE madde konsantrasyonu sıralaması *Squalius pursakensis* > *Capoeta baliki* şeklindedir. Bu durum balıkların biyolojik özelliklerinden beslenme ile alakalı olup maddenin biyoakümüle olma özelliğini iyi bir şekilde yansıtmaktadır.

Squalius pursakensis'de Yeşilöz Mevkii ilkbahar döneminde toplam 50.04 µg/kg konsantrasyonunda 4-4 DDT maddesi elde edilmiştir. Bu durum bölgede DDT kullanımının bir göstergesi olabilir. Ancak su veya sediment örneklerinde bu maddeye rastlanılmadığı tespit edilmiştir.

Avrupa Birliği Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi 2008/105/EC[3] kapsamında yer alan 7 adet PBDE maddesi (PBDE 28, PBDE 47, PBDE 66, PBDE 99, PBDE 100, PBDE 153, PBDE 154) bulunmaktadır (Swart vd. 2016).

Bu çalışmada su ve sediment örneklerinde indikatör PBDE madde grupları konsantrasyonları tespit limiti altında kalmıştır. Ancak Özdere ilkbahar döneminde PBDE 153 maddesi 4.46 µg/kg olarak *Capoeta baliki*'de; Yeşilöz Mevkii ilkbahar döneminde PBDE 28 maddesi 77.84 µg/kg, PBDE 47 maddesi 38.23 µg/kg ve PBDE

100 maddesi 35.67 µg/kg *Squalius pursakensis*'de bulunmuştur. Balık dokularında PBDE elde edilmesi sucul ekosistemin plastik kaynaklı bir kirliliğe sahip olmasında indikatör olarak kullanılan parametrelerden biridir (Rochman vd. 2014). US EPA tarafından plastikleştirici maddeler (alkilfenol, PBDE, fitalat gibi) birincil kirleticiler arasında sayılmaktadır (Rochman vd. 2013). Sucul ekosistemlere karışan plastik atıklar genellikle 5 mm çapında olan mikroplastik maddeler olup, sucul canlılar tarafından vücuda alınarak besin zincirinde akümüle olma durumuna yol açmaktadır. Bu nedenle balık dokularında PBDE varlığının tespiti beslenme fizyoloji nedeniyle plastik bir madde tükettiğinin ve bulunduğu habitatta plastik kaynaklı bir kirlilik olduğunun göstergesidir (Rochman vd. 2014). Çalışmamızda balık kas dokusunda elde ettiğimiz PBDE maddelerin varlığı, istasyonlarda plastikleştirici maddelerin bulunduğu şeklinde açıklanabilir.

KOK madde gruplarının Kırmir Çayı su, sediment, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* örneklerinde incelendiği bu çalışmada PAH grubu madde grubu, diğer KOK madde gruplarına göre (PCB, OK ve PBDE) bütün örneklerde daha sık oranda tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni PAH grubu maddelerin hem doğal hem antropojenik yollarla farklı şekillerde ortaya çıkarak ekosisteme karışması kaynaklı olabilir. Bazı OK madde gruplarının sediment, *Capoeta baliki* ve *Squalius pursakensis* örneklerinde tespit edilmesi, genel olarak istasyonların çevresinde tarım arazilerinin bulunması ve burada kullanılan pestisitlerin yüzey akıntı suları ile ekosisteme karışması şeklinde olabilir. Örneklerde PCB ve PBDE maddelerine düşük sıklıkta rastlanılmıştır. Bu durum ülkemiz sınırları içinde bu madde gruplarının üretiminin olmaması kullanım alanlarının daha çok endüstri ve sanayii alanlarında olması şeklinde açıklanabilir. Seçilen istasyonların çevresinde yoğun endüstri ve sanayii bölgelerinin olmaması bu durumu destekler niteliktedir.

Balık örneklerinde elde edilen kalıntı miktarları, balık büyüme özellikleri, balık biyolojik özellikleri ve histopatolojik incelemeler ile karşılaştırılmıştır. *Squalius pursakensis*'de elde edilen PAH, PCB, OK ve PBDE sonuçları ile balık biyolojik özelliklerinden yaş arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Yaşa bağlı olarak madde konsantrasyonlarının arttığı sonucuna varılması, bireylerin bu maddelere

sürekli maruziyeti sonucunda dokularında biyolojik birikim göstermesi ile açıklanabilir (Sanganyado vd. 2018). Çalışmamızda elde ettiğimiz bu sonuç, deniz memelilerinden biri olan Hint-Pasifik yunusları erkek bireylerinde yaş ve vücut uzunluğunun artmasına bağlı olarak dokularında PCB ve DDT konsantrasyon miktarının arttığı çalışma ile benzerlik göstermektedir (Gui vd. 2014). Ayrıca Kuzey Denizi balık stokları ile doğal ve antropojenik kirlietici maddelerinin ilişkisinin incelendiği çalışmalarda balık biyolojik özelliklerinden eşey, yaş ve üreme parametrelerinin kirlietici konsantrasyonları ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Anonymous 19, Hylland vd. 2006).

Squalius pursakensis'de elde edilen PAH, PCB, OK ve PBDE sonuçları ile solungaçta elde edilen füzyon bulgusu arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Bir balıkta solungaç dokusunun ksenobiyotik maddeler ile ilk temas bölgesi olması bu durumun bir göstergesi olabilir. *Squalius pursakensis*'de elde edilen PAH, PCB, OK ve PBDE sonuçları ile böbrekte elde edilen tübüler dejenerasyon arasında önemli bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Endokrin organlardan biri olan böbrekte elde edilen sonuçlar, KOK madde gruplarının endokrin bozucu etkilerinin olmasını destekler niteliktedir.

6. SONUÇ

Günümüzde hızlı gelişmekte olan bilimsel, teknolojik ve sanayii faaliyetleri bir yandan insan yaşamını kolaylaştırırken bir yandan da çevre kirliliği gibi durumlara yol açarak ekosistemlere zarar vermektedir. Bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan kalıcı organik kirletici maddeler bulunduğu ekosistemin abiyotik ögelerinde birikme, kalıcı olma özelliği gösterirken biyotik ögelerinde besin zinciri ve ağı yolu ile dokularda birikim göstererek istenmeyen etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle bu maddelerin üretimi, kullanımı ve dağıtımına ilişkin uluslararası alanda çeşitli sözleşmeler imzalanarak insan ve çevre sağlığı üzerinde oluşan etkilerin önlenmesi adına çalışmalar yapılmaktadır.

Tatlısu sistemleri bakımından zengin olan ülkemizde, sucul ekosistemlerin kalite durumunun izlenmesi suyun fiziksel ve kimyasal parametreleri ve sucul canlıların biyolojik izleme çalışmaları yoluyla olmaktadır. Son yıllarda sucul ekosistem sağlığının sadece bu metodlarla değil, sucul ekosisteme girdisi olan çeşitli kimyasal maddelerin de izlenmesi gerektiği ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, Kırmızı Çayı sucul ekosistemi abiyotik faktörlerden su ve sediment ile biyotik faktörlerden balık örneklerinde kalıcı organik madde miktarı analizi farklı örnekleme dönemlerinde yapılarak sucul ekosistemin izlenmesi; balık örneklerinin biyolojik parametreleri, büyüme parametreleri ve histopatolojik incelemeleri yapılarak kalıcı organik kirletici maddelerin ekotoksikolojik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışma kapsamında;

1. Örnekleme zamanı iklim koşulları göz önüne alınarak bir yıl boyunca dört farklı mevsimi temsil edecek şekilde belirlenmiş,
2. İstasyonlara bağlı değişimin belirlenmesi amacıyla istasyonlar arası mesafe uzak tutulmuş ve çevresinde kirlilik kaynağı olabilecek şekilde istasyon seçimi yapılmış,
3. Suyun fiziksel parametrelerinden pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik değerleri ölçülerek su kalite sınıfları belirlenmiş,
4. Su, sediment ve balık türlerinde çeşitli yönetmeliklerde yer alan PAH, PCB, OK ve PBDE madde konsantrasyonları belirlenmiş,

5. Su, sediment ve balık türleri KOK madde grupları arasındaki ilişki istasyonlar ve mevsimler arasında karşılaştırılmış,
6. Balık örneklerinde büyüme parametrelerinden kondisyon faktörü ile biyolojik özelliklerinden eşey ve yaş bulguları araştırılmış,
7. Balık örneklerinde dokularda meydana gelen değişim için histopatolojik çalışmalar yapılmış,
8. Balık örneklerinde büyüme parametreleri, biyolojik özellikler, histopatolojik bulgular ve kalıntı analizi sonuçları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Bu çalışmanın, Kırmir Çayı'nda gerek ekotoksikolojik gerekse biyolojik izleme olarak yapılacak daha detaylı çalışmalar için önemli bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Agus, H. H., Erkmen, B., Sümer, S., Sepici-Dinçel, A. ve Erkoç, F. Impact of DBP on histology and expression of HSP 70 in gill and liver tissue of *Cyprinus carpio*. Molecular Biology Reports, 42(9), 1409-1417.
- Alonso-Hernandez, C. M., Mesa-Albernas, M. ve Tolosa, I. 2014. Organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments from the Gulf of Batabanó, Cuba. Chemosphere, 94, 36–41.
- Ameur, W. B., Hassine, S. B., Eljarrat, E., Megdiche, Y. E., Trabelsi, S., Hammami, B., Barcelo, D. ve Driss, M. R. 2011. Polybrominated diphenyl ethers and their methoxylated analogs in mullet (*Mugil cephalus*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) from Bizerte Lagoon, Tunisia. Marine Environmental Research, 72, 25-264.
- Anene, A. 2005. Condition factor of four cichlid species of a man-made lake in Imo State, Southeastern Nigeria. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 5(1), 43-47.
- Anim, A. K., Drage, D. S., Goonetilleke, A., Mueller, J. F., ve Ayoko, G. A. 2017. Distribution of PBDEs, HBCDs and PCBs in the Brisbane River estuary sediment. Marine Pollution Bulletin, 120(1–2), 165–173.
- Anonymous 1. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/931>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 2. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6734>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 3. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9161>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 4. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/995>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 5. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6853>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 6. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8418>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 7. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5954>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 8. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9171>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 9. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/31423>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 10. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9154>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 11. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9153>, Erişim tarihi: 03.06.2019

- Anonymous 12. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9158>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 13. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2336>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 14. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9131>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 15. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5889>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 16. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9117>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 17. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23448>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 18. Web Sitesi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/37248>, Erişim tarihi: 03.06.2019
- Anonymous 19. Project No:96/083. Web Sitesi: <https://ec.europa.eu/fisheries/sites/fisheries/files/docs/body/1309r03b96083.pdf>, Erişim tarihi: 15.09.2019
- Ayaş, Z., Ekmekçi, G., Özmen, M. ve Yerli, S.V. 2007. Histopathological changes in the livers and kidneys of fish in Sariyar Reservoir, Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23(2), 242-249.
- Bakker, M. I., Baars, A. J., Baumann, R. A., Boon, P. E. ve Hoogerbrugge, R. 2003. Indicator PCBs in foodstuffs: occurrence and dietary intake in The Netherlands at the end of the 20th century. RIVM report. RIKILT report.
- Balasubramani, A. ve Rifai, H. S. 2018. Efficacy of carbon-based materials for remediating polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediment. *Science of the Total Environment*, 644, 398-405.
- Baldissera, M.D., Souza, C.F., Zeppenfeld, C.C., Descovi, S.N., Moreira, K.L.S., da Rocha, M.I.U.M., da Vegia, M.L., da Silva, A.S. ve Baldisserotto, B. 2018. Aflatoxin B1-contaminated diet disrupts the blood-brain barrier and affects fish behavior: Involvement of neurotransmitters in brain synaptosomes. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 60, 45-51.
- Baptista, J., Pato, P., Pereira, E., Duarte, A. C., & Pardal, M. A. 2013. PCBs in the fish assemblage of a southern European estuary. *Journal of Sea Research*, 76, 22-30.
- Barisic, J., Dragun, Z., Ramani, S., Marijic, V. F., Krasnici, N., Coz-Rakovac, R., Kostov, V., Rebok, K. ve Jordanova, M. 2015. Evaluation of histopathological alterations in the gills of Varda chub (*Squalius vardarensis* Karaman) as an indicator of river pollution. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 118, 158-166.
- Barón, E., Santín, G., Eljarrat, E. ve Barceló, D. 2014. Occurrence of classic and emerging halogenated flame retardants in sediment and sludge from ebro and llobregat river basins (Spain). *Journal of Hazardous Materials*, 265, 288-295.

- Barón, E., Giménez, J., Verborgh, P., Gauffier, P., De Stephanis, R., Eljarrat, E. ve Barceló, D. 2015. Bioaccumulation and biomagnification of classical flame retardants, related halogenated natural compounds and alternative flame retardants in three delphinids from Southern European waters. *Environmental Pollution*, 203, 107–115.
- Behera, B.K., Das, A., Sarkar, D.J., Weerathunge, P., Parida, P.K., Das, B.K., Thavamani, P., Ramanathan, R. ve Bansal V. 2018. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in inland aquatic ecosystems: Perils and remedies through biosensors and bioremediation. *Environmental Pollution*, 241, 212–233.
- Ben Ameer, W., Ben Hassine, S., Eljarrat, E., El Megdiche, Y., Trabelsi, S., Hammami, B., Barceló, D. ve Driss, M. R. 2011. Polybrominated diphenyl ethers and their methoxylated analogs in mullet (*Mugil cephalus*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) from Bizerte Lagoon, Tunisia. *Marine Environmental Research*, 72(5), 258–264.
- Bettinetti, R., Quadroni, S., Boggio, E. ve Galassi, S. 2016. Recent DDT and PCB contamination in the sediment and biota of the Como Bay (Lake Como, Italy). *Science of the Total Environment*, 542, 404–410.
- Bientinesi, M. ve Petarca, L. 2009. Comparative environmental analysis of waste brominated plastic thermal treatments. *Waste Managements*, 29(3), 1095–1102.
- Binelli, A., Guzzella, L. ve Roscioli, C. 2008. Levels and congener profiles of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Zebra mussels (*D. polymorpha*) from Lake Maggiore (Italy). *Environmental Pollution*, 153(3), 610–617.
- Botwe, B. O., Kelderman, P., Nyarko, E. ve Lens, P. N. L. 2017. Assessment of DDT, HCH and PAH contamination and associated ecotoxicological risks in surface sediments of coastal Tema Harbour (Ghana). *Marine Pollution Bulletin*, 115(1–2), 480–488.
- Briaudeau, T., Zorita, I., Cuevas, N., Franco, J., Marigomez, I. ve Izagirre, U. 2019. Multi-annual survey of health status disturbance in the Bilbao estuary (Bay of Biscay) based on sediment chemistry and juvenile sole (*Solea* spp.) histopathology. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 126–137.
- Čonka, K., Chovancová, J., Stachová Sejáková, Z., Dömötörövá, M., Fabišíková, A., Drobná, B. ve Kočan, A. 2014. PCDDs, PCDFs, PCBs and OCPs in sediments from selected areas in the slovak republic. *Chemosphere*, 98, 37–43.
- Cristale, J., Hurtado, A., Gómez-Canela, C. ve Lacorte, S. 2016. Occurrence and sources of brominated and organophosphorus flame retardants in dust from different indoor environments in Barcelona, Spain. *Environmental Research*, 149, 66–76.
- Çetin, B., Odabaşı, M. ve Bayram, A. 2016. Wet deposition of persistent organic pollutants (POPs) in Izmir, Turkey. *Environmental Science and Pollution research*, 23(9), 9227–9236.

- Dabrowska, H., Ostaszewska, T., Kamaszewski, M., Antoniuk, A., Napora-Rutkowski, Ł., Kopko, O., Lang, T., Fricke, N. F. ve Lehtonen, K. K. 2012. Histopathological, histomorphometrical, and immunohistochemical biomarkers in flounder (*Platichthys flesus*) from the southern Baltic Sea. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 78, 14–21.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of The Council of 23 October 2000. Official Journal of European Communities.
- Elkiran, G., Nourani, V. ve Abba, S.I. 2019. Multi-step ahead modelling of river water quality parameters using ensemble artificial intelligence-based approach. in press. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.123962>.
- Eqani, S. A. M. A. S., Malik, R. N., Cincinelli, A., Zhang, G., Mohammad, A., Qadir, A., Rashid, A., Bokhari, H., Jones, K.C. ve Katsoyiannis, A. 2013. Uptake of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) by river water fish: The case of River Chenab. *Science of the Total Environment*, 450–451, 83–91.
- Erkmen, B. ve Kolankaya, D. 2000. Effects of water quality on epithelial morphology in the gill of *Capoeta tinca* living in two tributaries of Kızılırmak River, Turkey. *Environmental Contamination and Toxicology*, 64, 418-425.
- Erkmen, B. ve Kolankaya, D. 2007. Determination of organochlorine pesticide residues in water, sediment, and fish samples from the Meriç Delta, Turkey. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 86 (1-2), 161-169.
- Erkmen, B. ve Kolankaya, D. 2009. The relationship between chloride cells and salinity adaptation in the euryhaline Teleost, *Lebistes reticulatus*. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(5), 888-892.
- Fair, P. A., White, N. D., Wolf, B., Arnott, S. A., Kannan, K., Karthikraj, R. ve Vena, J. E. 2018. Persistent organic pollutants in fish from Charleston Harbor and tributaries, South Carolina, United States: A risk assessment. *Environmental Research*.
- Feist, S. W., Stentiford, G. D., Kent, M. L., Santos, A. R. ve 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.
- Figueiredo, K., Mäenpää, K., Lyytikäinen, M., Taskinen, J., ve Leppänen, M. T. 2017. Assessing the influence of confounding biological factors when estimating bioaccumulation of PCBs with passive samplers in aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 601–602, 340–345.
- Gewurtz, S. B., Backus, S. M., Bhavsar, S. P., McGoldrick, D. J., De Solla, S. R. ve Murphy, E. W., 2011. Contaminant biomonitoring programs in the Great Lakes region: review of approaches and critical factors. *Environmental. Review*. 19, 162–184.

- Giltrap, M., Ronan, J., Bignell, J. P., Lyons, B. P., Collins, E., Rochford, H., McHugh, B., McGovern, E., Bull, L. ve Wilson, J. 2017. Integration of biological effects, fish histopathology and contaminant measurements for the assessment of fish health: A pilot application in Irish marine waters. *Marine Environmental Research*, 129, 113–132.
- Gui, D., Yu, R., He, X., Yu, Q., Chen, L. ve Wu, Y. 2014. Bioaccumulation and biomagnification of persistent organic pollutants in Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) from the Pearl River Estuary, China. *Chemosphere*, 114, 106–113.
- Gui, L., Li, T. ve Zhang, Q. 2018. Fish kidney cells show higher tolerance to hyperosmolality than amphibian. *Aquaculture and Fisheries*, 3(3), 135–138.
- Gupta, PK. 2004. Pesticide exposure—Indian scene. *Toxicology*, (1-3), 83–90.
- Gül, A., Uzel, N., Özkul, A., Erkmen, B., Düzel, S. ve 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.
- Gumus, E. ve Ikiz. 2009. *Oncorhynchus mykiss*. *Pakistan Vet. J.*, 29(2), 59–63.
- Hermenean, A., Damache, G., Albu, P., Ardelean, A., Ardelean, G., Puiu Ardelean, D., Horge, M., Nagy, T., Braun, M., Zsuga, M., Keki, S., Costache, M. ve Dinischiotu, A. 2015. Histopathological alterations and oxidative stress in liver and kidney of *Leuciscus cephalus* following exposure to heavy metals in the Tur River, North Western Romania. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 119, 198–205.
- Hylland, K., Beyer, J., Berntssen, M., Klungsoyr, J., Lang, T. ve Balk, L. 2006. May organic pollutants affect fish populations in the North Sea? *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 69-(1-2), 125–138.
- Ighwela, K. A., Bin Ahmed, A. ve Abol-Munafi, A. B. 2011. Condition factor as an Indicator of growth and feeding intensity of Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) feed on different levels of maltose. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Sciences*, 11(4), 559–563.
- Irons, K. S., Sass, G. G., McClelland, M. A. ve Stafford, J. D. 2007. Reduced condition factor of two native fish species coincident with invasion of non-native Asian carps in the Illinois River, U.S.A. Is this evidence for competition and reduced fitness? *Journal of Fish Biology*, 71(sd), 258–271.
- Ilyas, M., Sudaryanto, A., Setiawan, I. E., Riyadi, A. S., Isobe, T., Takahashi, S. ve Tanabe, S. 2011. Characterization of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in sediments from riverine and coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 62(1), 89–98.
- Jayaraj, R., Megha, P. ve Sreedev, P. 2016. Organochlorine pesticides , their toxic effects on living organisms and their fate in the environment, *Interdisciplinary Toxicology*, 9, 90–100.

- Jisr, N., Younes, G., Sukhn, C., ve El-dakdouki, M. H. 2018. Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(4), 299–305.
- Jordavona, M., Rebok, K., Dragun, Z., Ramani, S., Ivanova, L., Kostov, V., Valic, D., Krasnici, N., Marijic, V.F. ve Kapetanovic, D. 2016. Histopathology investigation on the Vardar chub (*Squalius vardarensis*) populations captured from the rivers impacted by mining activities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 129, 35-42.
- Karasu Benli, A. Ç. 2006. Sublethal amonyak konsantrasyonlarının tilapia (*Oreochromis niloticus*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarında büyüme ve kan parametreleri ile dokulara etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 216, Ankara.
- Karasu Benli, A. Ç. ve Özkul, A. 2010. Acute toxicity and histopathological effects of sublethal fenitrothion on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 97(1), 32-35.
- Kaya, D., Imamoglu, I., Sanin, F. D. ve Sowers, K. R. 2018. A comparative evaluation of anaerobic dechlorination of PCB-118 and Aroclor 1254 in sediment microcosms from three PCB-impacted environments. *Journal of Hazardous Materials*, 341, 328–335.
- Kırankaya, Ş. G. , Ekmekçi, F. G., Yalçın-Özdilek, Ş., Yoğurtçuoğlu, B. ve Gençoğlu, L. 2014. Condition, length-weight and length-length relationships for five fish species from Hirfanlı reservoir, Turkey. *Journal of Fisheries Sciences*, 8(3), 208-213.
- Kilercioğlu, S., Dağlıoğlu, N. ve Kiler, B.G. 2015. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinden yakalanan levrek (*Dicentrarchus labrax* L.,1758) ve yayın (*Silurus glanis* L.,1758) balıklarında kalıcı organik kirleticilerin belirlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 30(2), 1-13.
- Kim, A. W., Vane, C. H., Moss-Hayes, V., Engelhart, S. E. ve Kemp, A. C. 2018. PAH, PCB, TPH and mercury in surface sediments of the Delaware River Estuary and Delmarva Peninsula, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 129(2), 835–845.
- Kim, J.-S., Jain, S., Lee, J.-H., Chen, H. ve Park, S.-Y. 2019. Quantitative vulnerability assessment of water quality to extreme drought in a changing climate. *Ecological Indicators*, 103, 688-697.
- Kim, M., Kim, S., Yun, S., Lee, M., Cho, B., Park, J., Son, S. ve Kim, O. 2004. Comparison of seven indicator PCBs and three coplanar PCBs in beef, pork, and chicken fat. *Chemosphere*, 54(10), 1533-1538.
- Koç, E., Yılmaz, M., Ersan, Y. ve Alaş, A. 2013. Hekzavalent Kromun *Capoeta capoeta* (Guldenstaedt 1773) ve *Squalius cephalus* (Linnaeus 1758) Üzerine olan etkisinin histopatolojik ve Elektroforetik yöntemlerle saptanması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi dErgisi*, 19(6), 979-984.

- Köseler, M. D. 2008. Büyükçekmece gölü'nde polisiklikaromatik hidrokarbon (PAH) konsantrasyonunun belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 74, İstanbul.
- Kurt-Karakus, P. B., Ugranli-Çicek, T., Sofuoglu, S. C., Celik, H., Alegria, H., ve Jones, K. C. 2018. The first countrywide monitoring of selected POPs : Polychlorinated biphenyls (PCBs), polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and selected organochlorine pesticides (OCPs) in the atmosphere of Turkey, 177 (December 2017), 154–165.
- Kuzukiran O. ve Filazi A. 2016a. Determination of selected polychlorinated biphenyl residues in meat products by QuEChERS method coupled with gas chromatography-mass spectrometry. Food Analytical Methods, 9(7):1867-1875.
- Kuzukiran, O., Yurdakok-Dikmen, B., Totan F.E., Celik C., Orhan E.C., Bilir E.K., Kara E. ve Filazi A. 2016b. Analytical method development and validation for some persistent organic pollutants in water and sediments by gas chromatography mass spectrometry. International Journal of Environmental Research, 10(3): 401-410.
- Lagler, K.F. 1966. Freshwater Fishery Biology, w.m.c. Brown Comp., Iowa, 421 p.
- Law, R. J., Dawes, V. J., Woodhead, R. J. ve Matthiessen, P. 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in seawater around England and Wales. Marine Pollution Bulletin, 34(5), 306–322.
- Lerda, D. 2011. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Factsheet.
- Leroy, D., Haubruge, E., De Pauw, E., Thomé, J. P. ve Francis, F. 2010. Development of ecotoxicoproteomics on the freshwater amphipod *Gammarus pulex*: Identification of PCB biomarkers in glycolysis and glutamate pathways. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73(3), 343–352.
- Levin, B. A., Freyhof, J., Lajbner, Z., Perea, S., Abdoli, A., Gaffaroğlu, M., Özuluğ, M., Rubeynan, H. R., Salkinoc, V. B. ve Doadrio, I. 2012. Phylogenetic relationships of the algae scraping cyprinid genus *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 62, 542-549.
- Li, Y. F., ve Macdonald, R. W. 2005. Sources and pathways of selected organochlorine pesticides to the Arctic and the effect of pathway divergence on HCH trends in biota : a review. Science of The Total Environment, 342, 87–106.
- Lin, L., Dong, L., Meng, X., Li, Q., Huang, Z., Li, C., Yang, W. ve Crittenden, J. 2018. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons and phthalic acid esters in water and surface sediment from the Three Gorges Reservoir. Journal of Environmental Sciences (China), 69, 271–280.
- Lopes, C., Persat, H. ve Babut, M. 2012. Transfer of PCBs from bottom sediment to freshwater river fish: A food-web modelling approach in the RhOne River (France) in support of sediment management. Ecotoxicology and Environmental Safety, 81, 17–26.
- Luna, L. G. 1968. Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology. New York: Blackiston Division, McGraw-Hill.

- Ming-ch'eng Adams, C. I., Baker, J. E. ve Kjellerup, B. V. 2016. Toxicological effects of polychlorinated biphenyls (PCBs) on freshwater turtles in the United States. *Chemosphere*, 154, 148–154.
- Mokhtar, D. 2017. *Fish Histology From Cells to Organs*. Apple Academic Press Inc. Oakville, Kanada. 265 s.
- Montory, M. ve Barra, R. 2006. Preliminary data on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in farmed fish tissues (*Salmo salar*) and fish feed in Southern Chile. *Chemosphere*, 63(8), 1252–1260.
- Moon, H. B., Kannan, K., Lee, S. J. ve Choi, M. 2007. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in sediment and bivalves from Korean coastal waters. *Chemosphere*, 66(2), 243–251.
- Morrison, J. 2007. Normal Histology. *Fish Histology and Histopathology*. USFWS-NTC. 357.
- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G. ve Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi*.
- Munsuz, N. ve Ünver, İ. 1983. Türkiye Suları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 882, 151-153.
- Ndinelago, V., Angala, J., Hamutenya, S., ve Gamatham, J. 2019. Evidences of possible in fluences of methylmercury concentrations on condition factor and maturation of *Lophius vomerinus* (Cape monk fish). *Marine Pollution Bulletin*, 146(May), 33–38.
- Neira, C., Vales, M., Mendoza, G., Hoh, E. ve Levin, L. A. 2018. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in recreational marina sediments of San Diego Bay, southern California. *Marine Pollution Bulletin*, 126(October 2017), 204–214.
- Net, S., El-Osmani, R., Prygiel, E., Rabodonirina, S., Dumoulin, D. ve Ouddane, B. 2015. Overview of persistent organic pollution (PAHs, Me-PAHs and PCBs) in freshwater sediments from Northern France. *Journal of Geochemical Exploration*, 148, 181–188.
- Okay, O. S., Karacik, B., Başak, S., Henkelmann, B., Bernhöft, S. ve Schramm, K. W. 2009. PCB and PCDD/F in sediments and mussels of the Istanbul strait (Turkey). *Chemosphere*, 76(2), 159–166.
- Özcan, G. ve Balık, S. 2009. Some biological parameters of the bergamae barb, *Capoeta bergamae* Karaman, 1969 (Cyprinidae), in Kemer reservoir (Aydin, Turkey). *North-Western Journal of Zoology*, 5(2), 242-250.
- Özeren, S.C. 1997. Sakarya Havzasının Ankara İli sınırlarındaki kollarının ihtiyofaunası ve tatlısu kefali (*Leuciscus cephalus* L. 1758) nin büyüme özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 114, Ankara.
- Özuluğ, M. ve Freyhof, J. 2011. Revision of the genus *Squalius* in Western and Central Anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 22(2), 107-148.

- Patrolecco, L., Ademollo, N., Capri, S., Pagnotta, R. ve Polesello, S. 2010. Occurrence of priority hazardous PAHs in water, suspended particulate matter, sediment and common eels (*Anguilla anguilla*) in the urban stretch of the River Tiber (Italy). *Chemosphere*, 81(11), 1386–1392.
- Pereira, R., Leite, E., Raimundo, J., Guilherme, S., Puga, S., Pinto-Riberio, F., Santos, M.A., Canario, J., Almeida, A., Pacheco, M. ve Pereira, P. 2018. Metals (oids) targeting fish eyes and brain in a contaminated estuary - Uncovering neurosensory (un)susceptibility through bioaccumulation, antioxidant and morphometric profiles. *Marine Environmental Research*, 140, 403-411.
- Piersanti, A., Amorena, M., Manera, M., Tavoloni, T., Lestingi, C. ve Perugini, M. 2012. PCB concentrations in freshwater wild brown trouts (*Salmo trutta trutta* L) from Marche rivers, Central Italy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 84, 355–359.
- Polat, M. 1997. Akarsu ve Göllerde İzlenen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler Su Kalitesi Yöntemi Semineri. DSİ Genel Müdürlüğü s:45-47, Ankara.
- Poleksic, V. ve Mitrović-Tutundžić, V. 1994. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: R. Muller and R. Lloyd, Editors, *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish*, Cambridge University Press, Cambridge , p. 339–352.
- Presnell, J. K. ve Schreiber, M. P. 1997. Humason's animal tissue techniques. Fifth Edition. The John Hopkins University Press, Baltimore. ss 572, USA.
- Qian, Z., Luo, F., Wu, C., Zhao, R., Cheng, X ve Qin, W. 2017. Indicator polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in seafood from Xiamen (China): levels, distributions, and risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10443-10453.
- Qui, Y-W., Zhang, G., Guo, L-L., Zheng, G. ve Cai, S-Q. 2010. Bioaccumulation and Historical Deposition of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Deep Bay, South China. *Marine Environmental Research*, 70(2), 219-226.
- Rabodonirina, S., Net, S., Ouddane, B., Merhaby, D., Dumoulin, D., Popescu, T. ve Ravelonandro, P. 2015. Distribution of persistent organic pollutants (PAHs, Me-PAHs, PCBs) in dissolved, particulate and sedimentary phases in freshwater systems. *Environmental Pollution*, 206, 38–48.
- Raissy, M. ve Ansari, M. 2011. Histopathological changes in the gills of naturally-infected *Capoeta aculeata* (Cuvier and Valenciennes, 1884) with parasites. *African Journal of Biotechnology*, 10(68), 15422-15425.
- Reboa, A., Mandich, A., Cutroneo, L., Carbone, C., Malatesta, A. ve Capello, M. 2019. Baseline evaluation of metal contamination in teleost fishes of the Gulf of Tigullio (north-western Italy): Histopathology and chemical analysis. *Marine Pollution Bulletin*, 141, 16-23.

- Renieri, E. A., Goumenou, M., Kardonsky, D. A., Veselov, V. V., Alegakis, A. K., Buha, A., Tzatzarakis, M. N., Nosyrev, A., E., Rakitskii, V. N., Kentouri, M. ve Tsatsakis, A. 2019. Indicator PCBs in farmed and wild fish in Greece - Risk assessment for the Greek population. Food and Chemical Toxicology, 127(March), 260–269.
- Resmi Gazete. 2009. Milletlerarası Andlaşma. Karar sayısı 2009/15272. Sayı: 27304.
- Resmi Gazete. 2011. Canlı Hayvanlar ve Hayvansal Ürünlerde Belirli Maddeler ile Bunların Kalıntılarının İzlenmesi için Alınacak Önlemlere Dair Yönetmelik. Sayı: 28145.
- Resmi Gazete. 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Sayı: 29327.
- Rios, J. M., Lana, N. B., Giocco, N. F., Govaci, A., Barrera-Oro, E., Moreira, E., Altamirano, J. C. 2017. Implications of biological factors on accumulation of persistent organic pollutants in Artartic notothenioid fish. Ecotoxicology and Environmental Safety, 145, 630-639.
- Roberts, R. J. 2001. Fish Pathology. 3rd edition. Ss 467, WB Saunders, London.
- Rochman, C. M., Browne, M. A., Halphern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., Rios-Mendoza, L. M., Takada, H., Teh, S. ve Thompson, R. C. 2013. Policy: Classify plastic waste as hazardous. Nature, 494(7436), 169-171.
- Rochman, C. M., Lewison, R. L., Eriksen, M., Allen, H., Cook, A. M. ve Teh, S. J. 2014. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish tissue may be an indicator of plastic contamination in marine habitats. Science of The Total Environment, 476-477, 622-633.
- Romanić, S. H., Vuković, G., Klinčić, D., Sarić, M. M., Župan, I., Antanasijević, D. ve Popović, A. 2018. Organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in Cyprinidae fish: Towards hints of their arrangements using advanced classification methods. Environmental Research, 165(May), 349–357.
- Sakai, T. 1985. The structure of the kidney from the freshwater teleost *Carassius auratus*. Anatomy and Embryology, 171, 31-39.
- Sanganyado, E., Rajput, I. R. ve Liu, W. 2018. Bioaccumulation of organic pollutants in Indo-Pacific humpback dolphin: A review on current knowledge and future prospects. Environmental Pollution, 237, 111–125.
- Sapozhnikova, Y., Bawardi, O. ve Schlenk, D. 2004. Pesticides and PCBs in sediments and fish from the Salton Sea, California, USA. Chemosphere, 55(6), 797–809.
- Sarria-Villa, R., Ocampo-Duque, W., Páez, M. ve Schuhmacher, M. 2016. Presence of PAHs in water and sediments of the Colombian Cauca River during heavy rain episodes, and implications for risk assessment. Science of the Total Environment, 540, 455–465.

- Schäfer, S., Antoni, C., Möhlenkamp, C., Claus, E., Reifferscheid, G., Heininger, P. ve Mayer, P. 2015. Equilibrium sampling of polychlorinated biphenyls in River Elbe sediments - Linking bioaccumulation in fish to sediment contamination. *Chemosphere*, 138, 856–862.
- Secombes, C. J. ve Wang, T. 2012. The innate and adaptive immune system of fish. *Infectious Disease in Aquaculture, Prevention and Control*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 3-68.
- Sevin, S., Kuzukıran, O., Yurdakök-Dikmen, B., Tutun, H., Aydın, F. G. ve Filazi, A. 2018. Selected persistent organic pollutants levels in the Ankara River by months. *Environmental Monitoring Assessments*, 190: 705.
- Shang, X., Dong, G., Zhang, H., Zhang, L., Yu, X., Li, J., Wang, X., Yue, B., Zhao, Y. ve Wu, Y. 2016. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and indicator polychlorinated biphenyls (PCBs) in various marine fish from Zhoushan fishery, China. *Food Control*, 67, 240–246.
- Sobek, A., Wiberg, K., Sundqvist, K. L., Haglund, P., Jonsson, P., & Cornelissen, G. 2014. Coastal sediments in the Gulf of Bothnia as a source of dissolved PCDD/Fs and PCBs to water and fish. *Science of the Total Environment*, 487(1), 463–470.
- Ssebugere, P., Sillanpää, M., Wang, P., Li, Y., Kiremire, B. T., Kasozi, G. N., Zu, C., Ren, D., Zhu, N., Zhang, H., Shang, H., Zhang, Q. ve Jiang, G. 2014. Polychlorinated biphenyls in sediments and fish species from the Murchison Bay of Lake Victoria, Uganda. *Science of the Total Environment*, 482–483(1), 349–357.
- Sülün, Ş. 2014. Endemik bir tatlı su balığı, *Squalius pursakensis*'in Seydisuyu (Sakarya Havzası)'ndaki Biyo-ekolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 94, Eskişehir.
- Sülün, Ş., Başkurt, S., Emiroplu, Ö., Giannetto, D., Tarkan, A.S., Ağdamar, S., Gaygusuz, Ö., Dorak, Z., Aydın, H. ve Çiçek, A. 2014. Development of empirical standard weight equation for Pursak chub *Squalius pursakensis*, an endemic cyprinid species of Northwest Anatolia. *Turkish Journal of Zoology*, 38, 582-589.
- Swart, C., Gantois, F., Petrov, P., Entwisle, J., Goenaga-Infante, H., Nousiainen, M., Nousiainen, M., Bilsel, M., Binici, B., Gonzales-Gago, A., Pröfrock, D. ve Gören, A. C. 2016. Potential reference measurement procedures for PBDE in surface water at levels required by the EU Water Frame Directive. *Talanta*, 152, 251–258.
- Syracuse Research Corporation. 2000. Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs). U.S. Department of Health and Human Services, 205(1999-00024), 996.
- Şimşek, İ. 2018. Kızılırmak nehri Kırıkkale havzası su ve sediment örneklerinde polisiklik aromatik hidrokarbon kalıntılarının incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, 49, Ankara.

- Tabassum, H., Khan, J., Salman, M., Raisuddin, S. ve Parvez S. 2016. Propiconazole induced toxicological alterations in brain of freshwater fish *Channa punctata* Bloch. *Ecological Indicators*, 62, 242-248.
- Tekatlı, Ç. 2011. Yeniçağa Gölü'nde Yaşayan tatlı su kefali *Squalius cephalus* (L. 1758)'un beslenme biyolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 41, Ankara.
- Tricklebank, K.A., Kingsford, M.J. ve Rose, H.A., 2002. Organochlorine pesticides and hexachlorobenzene along the central coast of New South Wales: multi-scale distributions using the territorial damselfish *Parma microlepis* as an indicator. *Environmental Pollution*, 116, 319–335.
- Tombesi, N., Pozo, K., Álvarez, M., Příbylová, P., Kukučka, P., Audy, O. ve Klánová, J. 2017. Tracking polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in sediments and soils from the southwest of Buenos Aires Province, Argentina (South eastern part of the GRULAC region). *Science of the Total Environment*, 575, 1470–1476.
- Tongo, I., Ezemonye, L. ve Akpeh, K. 2017. Levels, distribution and characterization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ovia river, Southern Nigeria. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(1), 504–512.
- Tunc Dede, O., Telci, İ. T. ve Aral, M. M. 2013. The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey. *Water Qual Expo Health*, 5, 41-56.
- Turan, D., Kottelat, M., Ekmekçi, F.G. ve İmamoğlu, H.O. 2006. review of *Capoeta tinca*, with descriptions of two new species from Turkey (Teleostei: Cyprinidae). *Revue Suisse de Zoologie*, 113 (2), 421-436.
- Uçar, A. ve Atamanalp, M. 2009. Balıklarda Toksikopatolojik Lezyonlar II. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(1), 95-101.
- UNEP. 2009. Handbook for effective participation in the work of the POPs Review Committee, (February).
- UNEP. 2010. The 9 new POPs - An introduction to the nine chemicals added to the Stockholm Convention by the Conference of the Parties at its fourth meeting. Stockholm Convention on (POPs), Persistent Organic Pollutants, (August).
- Varsamos, S., Nebel, C. ve Charmantier, G. 2005. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: A review. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 141(4), 401-429.
- Verweij, F., Booij, K., Satumalay, K., Van Der Molen, N. ve Van Der Oost, R. 2004. Assessment of bioavailable PAH, PCB and OCP concentrations in water, using semipermeable membrane devices (SPMDs), sediments and caged carp. *Chemosphere*, 54(11), 1675–1689.
- Vural, N. 2005. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları No:73.
- Wang, D., Wang, Y., Singh, V. P., Zhu, J., Jiang, L., Zeng, D., Liu, D., Zeng, X., Wu, J., Wang, L. ve Zeng, C. 2018. Ecological and health risk assessment of PAHs, OCPs, and PCBs in Taihu Lake basin. *Ecological Indicators*, 92, 171–180.

- Wang, J., Bi, Y., Pfister, G., Henkelmann, B., Zhu, K., & Schramm, K. W. 2009. Determination of PAH, PCB, and OCP in water from the Three Gorges Reservoir accumulated by semipermeable membrane devices (SPMD). *Chemosphere*, 75(8), 1119–1127.
- Wang, Y., Jiang, G., Lam, P. K. S. ve Li, A. 2007. Polybrominated diphenyl ether in the East Asian environment: A critical review. *Environment International*, 33(7), 963–973.
- Wang, Y., Wu, X., Zhao, H., Xie, Q., Hou, M., Zhang, Q., Du, J. ve Chen, J. 2017. Characterization of PBDEs and novel brominated flame retardants in seawater near a coastal mariculture area of the Bohai Sea, China. *Science of the Total Environment*, 580, 1446–1452.
- Wetzel, R. G. 2017. *Limnology Lake and River Ecosystems* Third Edition. Elsevier.
- WHO. 2003. Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking-water. Geneva, Switzerland.
- WHO. 2016. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Supplement 1: Non-dioxin-like polychlorinated biphenyls. Geneva, Switzerland.
- Wolska, L., Mechlińska, A., Rogowska, J. ve Namieśnik, J. 2014. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in bottom sediments: Identification of sources. *Chemosphere*, 111, 151–156.
- Yao-Wen Qiu, Gan Zhang, Ling-Li Guo, Gene J. Zheng, Shu-Qun Cai. Bioaccumulation and Historical Deposition of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Deep Bay, South China. *Marine Environmental Research*, Elsevier, 2010, 70 (2), 219-
- Yılmaz, M., Ersan, Y. ve Koç, E. 2010. Toxic Effects of Cobalt II Chloride on Tissue Histopathology and Serum Proteins in *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstaedt 1772), Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16(Suppl-B), 259-263.
- Yiğit, S., Ergönül, M.B. ve Altındağ, A. 2008. The growth features of chub *Squalius cephalus* and comparison of five different condition indices. *Cybium*, 32(4), 317-319.
- Yuan, H., Liu, E., Zhang, E., Luo, W., Chen, L., Wang, C., & Lin, Q. (2017). Historical records and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorine pesticides (OCPs) in sediment from a representative plateau lake, China. *Chemosphere*, 173, 78–88.
- Zhang, R., Zhang, F., Zhang, T., Yan, H., Shao, W., Zhou, L. ve Tong, H. 2014. Historical sediment record and distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments from tidal flats of Haizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1–2), 487–493.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pınar ARSLAN

Doğum Yeri : Diyarbakır

Doğum Tarihi : 17/10/1989

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : 75. Yıl Süper Lisesi (2007)

Lisans : Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı Bölümü (Haziran 2012)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı (Eylül 2012 – Temmuz 2015)

Doktora : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı (Eylül 2015 – Eylül 2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Dokay ÇED ve Mühendislik (08/2014-10/2014) Seyhan-Göksu Kolu Balık Taşıma Projesi

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Kismali, G., Yurdakök-Dikmen, B., Kuzukiran, O., **Arslan, P.** ve Filazi, A. 2017. Phthalate induced toxicity in prostate cancer cell lines and effects of alpha lipoic acid. Bratislava Medical Journal, 118(8), 460-466, 2017.

Yurdakök-Dikmen, B., **Arslan, P.**, Kuzukiran, Ö., Filazi, A. and Erkoç, F. 2018. *Unio* sp. primary cell culture potential in ecotoxicology research. Toxin Reviews. 37(1): 75–81.doi: 10.1080/15569543.2017.1331360.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

Karasu Benli, A. Ç., Kayıran Tunca, S., **Arslan, P.**, Gül, A. and Sepici Dinçel, A. 2015. Determination of Acute and Sublethal effects of Permethrin on Narrow Clawed Crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823). 12th Croatian Biological Congress, 18-23 September, Books of Abstract, 250-251, Stevi Martin na Muri.

Kuzukıran, Ö., Yurdakök Dikmen, B., Erkmen, B., Karasu Benli, A. Ç., Yıldırım, Z., **Arslan, P.**, Totan, E., Filazi, A. and Erkoç, F. 2016. Sublethal Responses of the Indicator Mussel Species *Unio mancus* eucirrus to Selected Phthalate Esters. 55th Annual Meeting and ToxExpo™, 13-17 March, Late Breaking Abstracts, 156, New Orleans, Louisiana.

Arslan, P. and Sarıkaya, R. 2016. Effects of Some Antiinflammatory-Antirheumatic and Analgesics Drugs on Percentage of Survival in *Drosophila melanogaster*. 2nd International Congress of Forensic Toxicology, 26-30 May, Abstract Book 50. Yıl Auditorium, 106, Ankara, Turkey.

Yıldırım, F., Mehrnia, L., **Aslan, P.**, Yılmaz, K., Karasu Benli, A. Ç. and Erkoç, F. 2016. Determination of The Effects of Bisphenol A (BPA) on Total Hemocyte Counts in Freshwater Mussels (*Unio mancus*). 2nd International Congress of Forensic Toxicology, 26-30 May, Abstract Book 50. Yıl Auditorium, 125, Ankara, Turkey.

Karaşahinoğlu, A., **Arslan, P.** and Sarıkaya, R. 2016. Investigation of Toxicity of Hydroxiurea on *Drosophila melanogaster* (mwhxflr3). 2nd International Congress of Forensic Toxicology, 26-30 May, Abstract Book 50. Yıl Auditorium, 108, Ankara, Turkey.

Yurdakok-Dikmen, B., Kismali, G., Kuzukıran, O., **Arslan, P.** and Filazi, A. 2016. Effects of alpha lipoic acid on phthalate toxicity on prostate cancer cell lines. (Poster No: 03-008, Abstract Reference No: 0993). EUROTOX2016. 52nd European Congress of the European Societies of Toxicology. 04-07 September 2016, Seville, Spain. (Poster Presentation) Published in Toxicology Letters; 2016, 258: S94. DOI: 10.1016/j.toxlet.2016.06.1409 (SCI kapsamındadır)

Arslan, P., Yurdakok-Dikmen, B., Kuzukıran, O., Ozeren, S. C. and Filazi, A. 2017. Cytotoxic Effects of Flumethrin on Primary Molluscan Cells, Carp Primary Hepatocytes, and RTG 2 Cell line. Society of Toxicology 56th Annual Meeting and ToxExpo. 12-16 March 2017. Baltimore, Maryland, USA. The Toxicologist Supplement to Toxicological Sciences. p 436.

Arslan, P., Yurdakök-Dikmen, B., Kuzukiran, O., Filazi, A. and Erkoç, F. 2017. Effects of Environmental Contaminants on Primary Fresh Water Mussel (*Bivalvia*) Cell Culture. Society of Toxicology 56th Annual Meeting and ToxExpo. 12-16 March 2017. Baltimore, Maryland, USA. The Toxicologist Supplement to Toxicological Sciences. p 435.

Yurdakök-Dikmen, B., **Arslan, P.** And Filazi, A. 2017. Fish Cell Lines and Primary Cultures For Their Potential Use In Ecotoxicology. 4th International VETİstanbul Group Congress , 11-13 May 2017, Abstract Book, 94, Almaty Kazakhstan.

Özeren, S. C., **Arslan, P.**, Korkmaz, O., Yıldırım, D.K. and Yence, K. 2017. The Use of Fish in the Biological Monitoring of Water Quality of Fish Aquatic Ecosystems and Fish Indexes, 5th International Environmental Days , 08-09 June 2017, Congress Abstract Book, 64-65, Ankara, Turkey.

Arslan, P., Özeren, S. C. and Yurdakök-Dikmen, B. 2017. The Effects of Endocrine Disruptive Materials on Fish Growth, Development and Reproduction. 5th International Environmental Days , 08-09 June 2017, Congress Abstract Book, 64-65, Ankara, Turkey.

Arslan, P., Yurdakök-Dikmen, B., Kuzukiran, O., Ozeren, S. C. and Filazi, A. 2017. Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) on Primary Cultures of Carp and Tench. WAVMA Conference and Annual General Meeting Current Concepts in Aquaculture and Ornamental Fish Practice, Abstract Book, 16-17, Oral Presentation, 12-14 September, Tirgu Mures, Romania.

Arslan, P., Yurdakök-Dikmen, B., Ozeren, S. C., Kuzukiran, O. and Filazi, A. 2018. Effects of Erythromycin and Florfenicol on Primary Cell Cultures of *Unio pictorum* and *Cyprinus carpio*. SOT 57th Annual Meeting and ToxExpo, The Toxicologist Supplement to Toxicological Sciences, Oral Presentation, 11-15 March, San Antonio, Texas, USA

Uyar, R., **Arslan, P.** and Yurdakök Dikmen, B. 2018. Microplastics And Its Effect On Biota. 1st International Congress On Environment And Animal Health: Linking Endocrine Disrupters, Epigenetics, Biotechnology For Cancer In Animals, Poster Presentation, 06-08 April 2018, Ankara, Turkey.

Şentürk, S., Kaya, S. and **Arslan, P.** 2018. Effects Of Phytostrogenic Ingredients On Animal Health, 1st International Congress on Environment and Animal Health: Linking Endocrine Disrupters, Epigenetics, Biotechnology For Cancer In Animals. Oral Presentation, 06-08 April 2018, Ankara, Turkey.

Arslan, P., Yurdakok-Dikmen, B., Ozeren, S. C., Kuzukiran, O. and Filazi, A. 2018. Effects of Acetamiprid on Fish Cell Culture. 1st International Congress On Environment And Animal Health: Linking Endocrine Disrupters, Epigenetics, Biotechnology For Cancer In Animals, Oral Presentation, 06-08 April 2018, Ankara, Turkey.

Cil B, **Arslan P.,** Yurdakok-Dikmen B, Tekin K, Akcay E, Filazi A. 2018. Effects of phthalates on dog testicular primary cells in vitro. 14th International Congress of the European Association for Veterinary Pharmacology and Toxicology (EAVPT-2018). June 24-27, 2018. Wroclaw, Poland, Poster presentation. Abstract published in: Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics 2018, 41(SI:1, P5.4, 107-108)- SCI indexed journal.

Arslan, P., Ozeren, S. C. and Yurdakok-Dikmen, B. 2018. Aquatic Environmental Monitoring with P-Glycoprotein. International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, Poster Presentation, 21-23 November 2018, Ankara, Turkey.

Arslan, P., Yurdakok-Dikmen, B., Ozeren, S. C., Kuzukiran, O. and Filazi, A. 2018. Cytotoxic Effects of DDT and Its Metabolites on Fish Cell Cultures. International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, Oral Presentation, 21-23 November 2018, Ankara, Turkey.

Arslan, P., Yurdakok-Dikmen, B., Kuzukiran, O. and Filazi, A. 2019. Effects of PCB 28, PCB 52 and PCB 118 on Primary Mantle and Gill Cell Cultures of *Unio pcitorum* and *Unio crassus*. SETAC Europe 29th Annual Meeting, Poster Presentation, 26-30 May 2019, Helsinki, Finland.

Arslan, P., Yurdakok-Dikmen, Günal, A.C., Filazi, A. and Erkoc, F. 2019. Effects of Zinc Pyrithione and Copper Pyrithione on Primary Mussel Cell Cultures. SETAC Europe 29th Annual Meeting, Poster Presentation, 26-30 May 2019, Helsinki, Finland.

Kuzukiran, O., Filazi, A., **Arslan, P.,** Yurdakok-Dikmen, B., Şimşek, İ. and Turgut, Y. 2019. Endokrin bozucu kimyasalların tüketime sunulan kuzu eti ve yağında gaz kromatografi kütle spektrometrisi ile tespiti ve cinsiyetin etkisi. 2nd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2019), Oral Presentation, 28-29 June 2019, Ankara, Turkey.

Arslan, P. and Ozeren, S.C. 2019. The Impact of *Pseudorasbora parva* (Risso, 1810) on The Fish Fauna of Lake Mogan (Ankara, Turkey). ESENIAS & DIAS Conference 2019 and 9th ESENIAS Workshop, Oral Presentation, 03-06 September 2019, Ohrid, Republic of North Macedonia.

Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümler:

Yurdakök Dikmen B, Filazi A, **Arslan P.** 2019. Ekotoksikolojide Omurgasız Hücre Kültürlerinin Kullanımı. Güvenç D, editör. İlaç Araştırma, Geliştirme ve Toksikolojik Çalışmalarda Kullanılan Alternatif Yöntemler. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; p.58-64.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Arslan, P., Ülker, Ş., Sarıçakmak, S., Sarıgil, N., Dalkılıç, M.A., Memmi, B. K. 2011. Çamaşır suyu ve bulaşık deterjanının Lepistes (*Poecillia reticulata* Peters, 1859) balıkları üzerindeki genotoksik etkilerinin mikronükleus testi kullanılarak araştırılması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2(4). 29-37.

Arslan, P. and Ozeren, S.C. 2019. Growth Biology of the Topmouth Gudgeon (*Pseudorasbora parva*) from Lake Mogan Ankara, Turkey. Ankara University Journal of Environmental Sciences. *in press*.(in English).

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

Mert, R., Karasu-Benli, A.Ç., Gül, G., Erkmen, B., Saylar, Ö., Erkoç, F. ve **Arslan, P.** 2013. Cyprinidae Familyasından Sazan ve Kadife Balıklarının Endokrin Bozucu Aktivite Gösteren Ksenobiyotiklerin Biyobelirteci Olarak Elektroforetik İncelenmesi, III. Sulak Alanlar Kongresi, 23-25 Ekim, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Bildiri Özetleri Kitabı, 27-28, Samsun.

Mert, R., Karasu-Benli, A.Ç., Sepici-Dinçel, A., Erkmen, B., Saylar, Ö., Erkoç, F. ve **Arslan, P.** 2013. Cypinidae Familyasından Balıkların Hematokrit ve Tiroid Hormonu Değerlerinin Ekotoksikolojik Biyobelirteç Olarak Değerlendirilmesi, III. Sulak Alanlar Kongresi, 23-25 Ekim, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Bildiri Özetleri Kitabı, 130-131, Samsun.

Özeren, S.C. ve **Arslan, P.** 2014. Mogan Gölü'nde Yaşayan *Pseudorasbora parva*'nın *Ligula intestinalis* ile Enfekte Olmuş ve Olmamış Bireylerinde Kondisyon Faktörü Karşılaştırılması. 2014. 23-27 Haziran, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Bildiri Özetleri Kitabı, 1213, Eskişehir.

Sepici Dinçel, A., Karasu Benli, A. Ç., Gül, G., **Arslan, P.** ve Kayıran Tunca, S. 2015. Permetrinin *Astacus leptodactylus* Hemolemf Biyokimyasal Parametrelerine Etkileri. 27. Ulusal Biyokimya Kongresi, Turkish Journal of Biochemistry, 40(S1), 387.

Arslan, P., Yurdakök-Dikmen, B., Filazi, A. ve Erkoç, F. 2016. Tatl Su Midyesi *Unio* sp. Primer Manto Hücrelerinin Ekotoksikoloji Araştırmalarında Kullanma Potansiyeli.

1-4 Eylül, 5. Ulusal Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Kongresi, Uludağ Üniversitesi, Kongre Bildiri Kitabı, 119-120, Bursa.

Yıldırım, F., Karasu-Benli A.Ç., **Arslan, P.**, Erkmen, B. ve Gümüş, B.A. 2016. Bakır Piritiyon'un *Astacus leptodactylus* (Esch. 1823)'un Toplam Hemosit Sayılarına Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. 5-9 Eylül, 23. Ulusal Biyoloji Kongresi, Gaziantep Üniversitesi, Kongre Kitabı, 333, Gaziantep.

