



**T.C.
DÜZCEÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASARSUYU DERESİ'NDE
SU VE BALIK DOKULARINDA
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ**

ASIM SARUHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ŞERİFE GÜLSÜN KIRANKAYA**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASARSUYU DERESİ'NDE
SU VE BALIK DOKULARINDA
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Asım SARUHAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Şerife Gülsün KIRANKAYA
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 11/ 07/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

11 Temmuz 2019

Asım SARUHAN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Şerife Gülsün KIRANKAYA'ya, arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Lale GENÇOĞLU'na ve Arş. Gör. Dr. Salih Tunç KAYA'ya, İngilizce çevirilerde bana her zaman yardımcı olan değerli abim Abdülbasit SARUHAN ve Musa SARUHAN'a kardeşim Kasım SARUHAN'a, bu tezi hazırlama çalışmalarımın başından sonuna kadar beni yalnız bırakmayan eşim Serpil SARUHAN'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2018.05.01.726 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmiştir.

11 Temmuz 2019

Asım SARUHAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1.GİRİŞ.....	1
1.1. AĞIR METALLER.....	4
1.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
2.MATERYAL METOT.....	13
2.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	13
2.2. ÇALIŞMA KAPSAMINDA İNCELENEN BALIK TÜRLERİ	15
2.2.1. <i>Squalius pursakensis</i> (Tatlısu Kefali)	15
2.2.2. <i>Barbus tauricus</i> (Bıyıklı Balık).....	17
2.3. ALAN ÇALIŞMALARI	18
2.3.1. Balık ve Su Örneklerinin Alınması	18
2.4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	18
2.4.1. Su ve Balık Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	18
2.4.2. Su Örneklerinde Metal ve Ağır Metal Analizi	19
2.4.3. Doku Örneklerinde Ağır Metal Analizi	19
3.BULGULAR	20
3.1.İNCELENEN BALIK TÜRLERİNE İLİŞKİN	20
3.2.ASARSUYU DERESİ'NDE SUYUN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİVE MAJÖR ANYON KATYON KONSANTRASYONLARI.....	20
3.3. ASARSUYU DERESİ'NDE SUDA KİRLETİCİ METAL VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI	29
3.4. ASARSUYU DERESİ'NDE BALIK DOKULARINDA AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI.....	36
3.4.1. <i>Squalius pursakensis</i> Dokularında Ağır Metal Birikimi	36
3.4.2. <i>Barbus tauricus</i> Dokularında Ağır Metal Birikimi.....	39
4.TARTIŞMA.....	42
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
6.KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Sucul ortamlarda biyolojik yükseltgenme.	7
Şekil 2.1. Çalışma alanının haritası (S1, S2 ve S3 örnekleme noktalarını göstermektedir).....	14
Şekil 2.2. <i>Squalius pursakensis</i> (Tatlısu Kefali).....	15
Şekil 2.3. <i>Barbus tauricus</i> (Bıyıklı Balık).	17
Şekil 3.1. Asarsuyu Deresi'nde su sıcaklığının mevsimlere göre değişimi.....	21
Şekil 3.2. Asarsuyu Deresi'nde EC'nin mevsimlere göre değişimi.	23
Şekil 3.3. Asarsuyu Deresi'nde pH'ın mevsimlere göre değişimi.....	23
Şekil 3.4. Asarsuyu Deresi'nde çözülmüş oksijen konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.	24
Şekil 3.5. Asarsuyu Deresi'nde amonyum azotu (NH ₄ -N) konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.	24
Şekil 3.6. Asarsuyu Deresi'nde nitrit azotu (NO ₂ -N) konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.	25
Şekil 3.7. Asarsuyu Deresi'nde nitrat azotu (NO ₃ -N) konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.	25
Şekil 3.8. Asarsuyu Deresi'nde klorür konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.	26
Şekil 3.9. Asarsuyu Deresi'nde SO ₄ konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi. ...	26
Şekil 3.10. Asarsuyu Deresi'nde ortofosfat konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	27
Şekil 3.11. Asarsuyu Deresi'nde magnezyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	27
Şekil 3.12. Asarsuyu Deresi'nde kalsiyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	28
Şekil 3.13. Asarsuyu Deresi'nde potasyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	28
Şekil 3.14. Asarsuyu Deresi'nde alüminyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	29
Şekil 3.15. Asarsuyu Deresi'nde arsenik konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	32
Şekil 3.16. Asarsuyu Deresi'nde kadmiyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	32
Şekil 3.17. Asarsuyu Deresi'nde bakır konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	33
Şekil 3.18. Asarsuyu Deresi'nde demir konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	33
Şekil 3.19. Asarsuyu Deresi'nde civa konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	34
Şekil 3.20. Asarsuyu Deresi'nde mangan konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	34

Şekil 3.21. Asarsuyu Deresi'nde nikel konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	35
Şekil 3.22. Asarsuyu Deresi'nde kurşun konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	35
Şekil 3.23. Asarsuyu Deresi'nde çinko konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.....	36



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Örnekleme istasyonlarının koordinatları ve rakımları.....	14
Çizelge 3.1. İncelenen balık türlerinin yaş, total boy ve ağırlık değerleri.....	20
Çizelge 3.2. Asarsuyu Deresi'nde suyun temel fizikokimyasal parametreleri ile majör anyon-kasyon değerlerinin mevsimsel değişimi.....	22
Çizelge 3.3. Asarsuyu Deresi'nde suda ağır metal konsantrasyonunun mevsimsel değişimi.....	31
Çizelge 3.4. Asarsuyu Deresi 1. İstasyon'dan avlanan <i>Squalius pursakensis</i> bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm).....	37
Çizelge 3.5. Asarsuyu Deresi 2. İstasyon'dan avlanan <i>Squalius pursakensis</i> bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm).....	37
Çizelge 3.6. Asarsuyu Deresi 3. İstasyon'dan avlanan <i>Squalius pursakensis</i> bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm).....	37
Çizelge 3.7. Asarsuyu Deresi 1. İstasyon'dan avlanan <i>Barbus tauricus</i> bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm).....	40
Çizelge 3.8. Asarsuyu Deresi 2. İstasyon'dan avlanan <i>Barbus tauricus</i> bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm).....	40
Çizelge 3.9. Asarsuyu Deresi 3. İstasyon'dan avlanan <i>Barbus tauricus</i> bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm).....	40
Çizelge 4.2. Asarsuyu Deresi'nin için Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (SKKY, 2004) kriterlerine göre kalite sınıfları.....	50

KISALTMALAR

BOİs	Biyolojik oksijen ihtiyacı
cm	santimetre
DNA	Deoksiribo nükleik asit
DO	Çözünmüş oksijen
EC	Elektriksel iletkenlik
Gr	gram
HCl	Hidroklorik
IC	İyon kromatografi
Km	Kilometre
L	Litre
m	metre
ml	mililitre
Mm	milimetre
µm	mikrometre
µs	mikrosaniye
nm	nanometre
pH	Hidrojen potansiyeli
ppm	Parts per million
ppt	Parts per trillion
S	İstasyon
sn	Saniye
SKKY	Su kalitesi kontrol yönetmeliği
TDS	Çözünmüş katı madde
USEPA	Amerika çevre koruma ajansı
vb	ve benzeri
vd	ve diğerleri

SİMGELER

As	Arsenik
Al	Alimünyum
Ba	Baryum
B	Bor
Bi	Bizmut
°C	Santigrat derece
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
Cr	Krom
Cs	Sezyum
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Fe	Demir
Fl	Flor
Hg	Civa
HNO ₃	Nitrik asit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
K	Potasyum
Li	Lityum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
Ni	Nikel
NH ₄ -N	Amonyum azotu
NO ₃ -N	Nitrat azotu
NO ₂ -N	Nitrit azotu
Pb	Kurşun
PO ₄	Fosfat
Rb	Rubidyum
Se	Selenyum
Sb	Antimon
Sn	Kalay
SO ₄	Sülfat
T	Sıcaklık
V	Vanadyum
Y	İtriyum
Zn	Çinko

ÖZET

ASARSUYU DERESİ'NDE SU VE BALIK DOKULARINDA AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Asım SARUHAN
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Şerife Gülsün KIRANKAYA
Temmuz 2019, 58 sayfa

Asarsuyu Deresi, Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Büyük Melen Havzası'nın önemli akarsu kaynaklarından biri olup, ciddi derecede kentsel ve endüstriyel kirlilik baskısı altında bulunmaktadır. Sunulan çalışma kapsamında, Asarsuyu Deresi'nde sıcaklık, çözülmüş oksijen, tuzluluk, EC, pH, çeşitli anyon ve katyonlar ile ağır metaller gibi fiziksel ve kimyasal parametrelere göre su kalitesinin belirlenmesi, ayrıca alanda yoğun olarak bulunan balık türleri *Squalius pursakensis* ve *Barbus tauricus* türlerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metal birikiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, Asarsuyu Deresi'nin üç farklı noktasında su ve balık örneklemeleri Şubat-Ekim 2018 döneminde mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Asarsuyu Deresi'nin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler yönünden 4. Sınıf (Çok Kirlenmiş) su kalite sınıfında olduğunu göstermektedir. Suda azotlu bileşikler ve çözülmüş oksijenin, kritik değerlerde olduğu belirlenmiştir. Alüminyum, demir ve çinkonun suda en yoğun bulunan kirlenici metaller olduğu, ancak bu metallerin konsantrasyonunun canlılar için letal düzeylere ulaşmadığı saptanmıştır. İncelenen balık türlerinde özellikle karaciğer dokusunda demir ve alüminyum miktarının yüksek olduğu, civanın sınır değerlere yaklaştığı, kadmiyum ve kurşunun bu değerleri aştığı belirlenmiştir. Alanda kirliliğin engellenebilmesi için, Asarsuyu Deresi'ne özellikle kentsel ve endüstriyel atıksu deşarjının önlenmesi, sanayi tesislerinin ve arıtma tesislerinin etkin kontrolünün sağlanması, gübre ve pestisit kullanımının kısıtlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Asarsuyu, Ağır metal, Su kalitesi, *Squalius pursakensis*, *Barbus tauricus*, Biyolojik birikim

ABSTRACT

DETERMINATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN WATER AND FISH TISSUES IN ASARSUYU STREAM

Asım SARUHAN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biology

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Doç. Dr. Şerife Gülsün KIRANKAYA

July 2019, 58 page

Asarsuyu Stream, one of the major river resources of the Büyük Melen Basin in the Western Black Sea Region, is under severe urban and industrial pollution pressure. In this study, it was aimed to determine water quality depending on physical and chemical parameters such as temperature, dissolved oxygen, salinity, EC, pH, various anions and cations and heavy metals in Asarsuyu Stream as well as to determine heavy metal accumulation in liver and gill tissues of fish species *Squalius pursakensis* and *Barbus tauricus*. Within the scope of the present study, sampling of water and fish was carried out seasonally in February-October 2018 at three different points of Asarsuyu Stream. The results indicated that Asarsuyu Creek was in Class 4 (Very Polluted) water quality class in terms of physical and inorganic chemical parameters. Nitrogenous compounds and dissolved oxygen in the water were found to be at critical values. It was determined that aluminum, iron and zinc were the most abundant pollutant metals in the water; however, the concentration of these metals did not reach lethal levels for living beings. In addition, it was determined that the amount of iron and aluminum was high in the liver tissue, mercury approached the limit values and cadmium and lead exceeded these values in the fish species studied. In order to control pollution in the area, it is considered appropriate to prevent especially the discharge of urban and industrial wastewater to Asarsuyu Stream, to ensure effective control of industrial plants and treatment plants, and to limit the use of fertilizers and pesticides.

Keywords: Asarsuyu Stream, Heavy metals, Water quality, *Squalius pursakensis*, *Barbus tauricus*, Bioaccumulation

1. GİRİŞ

Akarsular ve onların drenaj havzaları, yüzey suyu ekosistemlerinin ana bileşenlerinden biridir. Akarsular dünya yüzeyinin önemli bir kısmını oluşturmakla birlikte, dünyadaki mevcut suyun sadece % 0,0001'i akarsu kanallarında bulunur ve insanların su ihtiyacını büyük ölçüde karşılayan bu su kütesidir (Wetzel, 2001). Su, insanların beslenme ve hijyeninde, balıkçılık, tarım, endüstriyel üretim, hidroelektrik güç üretimi ve rekreasyonel faaliyetler açısından büyük öneme sahiptir. Ayrıca, antik çağlardan bu yana su atıkların (evsel ve endüstriyel atıklar, maden dreaj suları, tarımsal sulamadan kaynaklı sızıntılar vb.) temizlenmesi, taşınması ve uzaklaştırılması için en uygun ortamlar olarak kabul edilmektedir (Chapman 1992; Svobodá, et al., Lloyd,1993; Akman, vd. 2000). Suyun çeşitli amaçlar için kullanılması, sucul ortamların kalitesi üzerinde belirgin etkiler yaratmaktadır (Zalidis, et al., 2002). Suyun kullanılmasının yanı sıra, orman alanlarının yok edilmesi, kimyasal maddelerin kazara su ortamlarına karışması, atıkların arıtılmadan su ortamına deşarj edilmesi, tarımda aşırı gübre ve pestisid kullanımı gibi pekçok insan aktivitesi, sucul ekosistemler üzerinde dolaylı ve istenmeyen etkilere yol açmaktadır. Bu nedenle, su kalitesi günümüzde özellikle küresel iklim değişikliğinden etkilenen, su ihtiyacı gittikçe artan, gelişmekte olan ülkelerde stratejik bir faktör olarak kabul edilmektedir (Wetzel, 2001).

Su, önemli bir doğal kaynak olmasının yanı sıra, mikroskobik ve makrosobik boyuttaki milyonlarca canlı için bir yaşam alanı oluşturmaktadır. Sucul ortamların kalitesi, suyun fiziksel durumu ve kimyasal bileşiminin yanı sıra, ortamda bulunan sucul organizmaların bileşimi ve durumunun bir göstergesidir. Sucul ortamların kalitesi günlük, mevsimsel ve iklimsel döngüye bağlı olarak bölgesel ve zamansal değişiklikler göstermektedir. Bir sucul ortamda yaşayan canlılar, su kalitesindeki bu doğal değişimlere uyum sağlamışlardır (Svobodá et al.,1993).

Suya çeşitli maddelerin veya enerjinin doğrudan veya dolaylı olarak deşarj edilmesi sonucu sucul ortamlarda kirlenme meydana gelir ve bunun sonucunda canlılar için zararlı etkiler ortaya çıkabilir, insan sağlığı tehlikeye girebilir, balıkçılık ve rekreasyonel faaliyetler sekteye uğrayabilir ve suyun tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerde kullanılması kısıtlanabilir (Chapman,1992).

Yirminci yüzyılın başlarından itibaren endüstriyel faaliyetlerin hız kazanması ve nüfusun kırsal alanlardan uzaklaşarak kentlerde yoğunlaşması gibi sebeplerle, üretim ve tüketimde büyük artışlar ortaya çıkmıştır. Bununla beraber, endüstri ve sanayi atıklarının çevreye verdiği zarar büyük bir sorun haline gelmiştir (Akman vd., 2000). Bu sorun, ekosistemlerdeki canlı türleri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaya başlamış ve sorunlar gün geçtikçe artmıştır.

Bugün dünya üzerindeki tüm su kaynakları kirlenme ve yok olma tehlikesi altındadır. Bu duruma sebep olarak evsel ve endüstriyel atıkları, turizm faaliyetleri ve bunların ilave olarak küresel ısınmanın meydana getirdiği iklim değişiklerini ve kuraklığı göstermek mümkündür. Bu olumsuz faktörler sonucunda kaliteli temiz su kaynakları hızlı bir şekilde azalmaktadır (Akman vd., 2000).

Su kirliliği, insan faaliyetlerinden dolayı suyun fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişim şeklinde tanımlanabilir. Bu değişimler, su kalitesinin ve dolayısıyla su ortamının doğal dengesinin bozulması anlamına gelmektedir. Suyun normal durumundan ne kadar uzaklaştığı, halk sağlığına etkisini veya ekolojik etkilerini belirler (Akman vd., 2000). Su kirleticileri bazı patojenik bakteri ve virüslerin yanısıra çeşitli metalleri, bazı radyoaktif izotopları, patojen olmayan bakterileri, pestisitler gibi çeşitli sentetik organik maddeler, fosfor, azot, sodyum ve diğer yararlı hatta gerekli elementleri içermektedir.

Suların kirlenme kaynakları oldukça değişkendir. Akarsu kirliliğinin başlıca kaynakları kanalizasyon, besin artıkları, tarımsal alanlardaki sızıntılarda bulunan organik maddeler, endüstriyel atık sular olarak kabul edilmektedir (Güney, 2002; Çınar 2008). Ayrıca, kükürtdioksit ve azot oksitler gibi petrol ürünlerinin yanması sonucu oluşan ve atmosfere karışan kirletici gazlar, yağmur suyu ile reaksiyona girerek sülfürik ve nitrik asitler oluştururlar. Bu asitler, topraktaki alüminyum ve ağır metallerle reaksiyona girerek bitki ve hayvanlara toksik etki gösteren ve bu

organizmaların ölümüne sebep olabilen bileşikler meydana getirirler (Çınar, 2008). Tarım alanlarında kullanılan gübreler ve pestisitler, sıvı hayvan gübresi, hayvansal atıklar ve diğer atıkların yüzey akışı veya yeraltı suyu aracılığı ile akarsulara ulaşmaları sonucunda sudaki azot ve fosfor gibi nutrientlerin yanı sıra, pestisitlerin dekonstrasyonu önemli derecede artmaktadır (Güney, 2002). İçme suyunda yüksek miktarlarda bulunan azotun, insan sağlığını tehdit ettiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Suda azot ve fosfor miktarlarının artması, ötrofikasyona yol açarak ekosistemin bozulmasına, canlı çeşitliliğinin azalmasına ve bunlara bağlı ekolojik sorunların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Akman vd., 2000). Pestisitler, herbisitler, gübreler, radyoaktif maddeler, ağır metal bileşikler, besin zincirinde canlılar arasında iletilerek ekosistemlere büyük zarar vermektedirler (Güney, 2002). Örneğin, insanlar için en büyük ve önemli civa ve arsenik kaynağının balıklar olduğu bilinmektedir (Khayat-zadeh & Abbasi, 2010).

Sunulan çalışmada öncelikle, Batı Karadeniz Bölgesi'nin önemli bir su kaynağı olan Melen Havzası'nda yer alan Asarsuyu Deresi'nde sıcaklık, çözülmüş oksijen, iletkenlik, pH gibi temel fizikokimyasal parametreler, major anyon-kasyonlar ve ağırmetaller dikkate alınarak su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca, alanda baskın olarak bulunan ve yörede besin olarak tüketilen balık türleri *Squalius pursakensis* ve *Barbus tauricus* örneklerinin karaciğer, kas ve solungaç dokularında ağır metal birikiminin belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece, ağırmetallerin besin zinciri yoluyla iletilmesi sonucu ekosistem bileşenlerine ve insan sağlığına yönelik oluşturabileceği potansiyel tehdit ortaya çıkarılabilecektir. Çalışma sonucunda, gerek akarsu ekosisteminin, gerek ortamda yaşayan sucul canlıların, gerekse halk sağlığının korunabilmesi için gerekli yönetim planlarının hazırlanmasında yararlanılabilecek bulgular sunulmuştur.

1.1. AĞIR METALLER

Sucul ekosistemlerde bulunan pekçok toksik madde içerisinde, ağır metaller en tehlikeli gruplardan biri olarak kabul edilmektedir. Ağırmetaller atom numarası 23'ten yüksek olan, Rb, Y, Cs, Ba dışındaki metallerdir. Aslında, ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır (Kahvecioğlu, vd. 2003). Bu metaller, bulunduğu ortamda insan ve diğer canlılar için toksik etkiler gösterirler (Khayatzaheh & Abbasi, 2010).

Çevre Koruma Örgütü (EPA) çevrede kirletici etki yaratan başlıca ağır metalleri arsenik, kadmiyum, krom, bakır, civa, nikel, kurşun, ve çinko olarak tanımlamış olmakla birlikte, burada sayılan sekiz metale ek olarak aralarında demir ve kobaltın da yer aldığı 60'tan fazla metal "ağır metal" olarak değerlendirilmektedir (Kahvecioğlu vd., 2003; Khayatzaheh & Abbasi., 2010).

Bu elementler yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat vb. formlarda, kararlı bileşik olarak veya bağlı halde bulunurlar (Kahvecioğlu vd., 2003). Ağır metallerin antropojenik kaynaklardan sucul ortamlara girişi, doğal kaynaklara oranla çok daha yüksektir (Sawaleh & Usmani, 2016). Örneğin, civanın insan kaynaklı olarak doğal ortamlara karışması, doğal kaynakların iki katıdır. Bakır, kurşun ve çinko için de bu oran oldukça yüksektir. Dolayısıyla, ağır metaller, diğer toksik kirleticilere kıyasla sucul organizmalar üzerinde daha yüksek etkiye sahip olduğundan, daha fazla ilgi çekmektedir. Ağır metaller organik kirleticilerin aksine kimyasal bozunmaya uğramazlar, ekosistemin biyotik ve abiyotik bileşenleri arasında etkileşime girerler. Bu nedenle çevresel etkisi daha ciddi boyutlara ulaşmaktadır.

Metaller, kayaçların erozyonla aşınması sonucu yüzey akışı ile, rüzgarın taşıdığı tozlarla ve volkan külleri ile doğal olarak sucul ortamlara taşınır (Tanyolaç, 2009). Akarsular, metallerin göl ve deniz ortamlarına taşınmasında önemli rol oynar. Akarsularla taşınan metaller alıcı su ortamlarında birikir. Hatta, endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçen akarsularda, atıksuların deşarjına bağlı olarak birikim çok daha fazla olabilmektedir. Suda çözünebilen metaller çökerek sediman tarafından absorbe edilir. Özellikle de akarsularındurgun sularla birleştiği bölgelerde ağır metallerin sedimantasyonu daha yoğundur. Bu nedenle, göl ve denizlerin sedimentlerinde yüksek oranlarda ağır metal biriktirdiği bilinmektedir (Goyer, 1986).

Biyolojik açıdan metaller başlıca üç grupta incelenir (Tanyolaç, 2009):

Esansiyel elementler: Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Na, K, Ca gibi elementler bu gruptadır.

Yan elementler: Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan, yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etki gösteren elementlerdir. Fe, Cu, Mn, Co bu gruptadır.

İz elementler: Metaloitler olarak da bilinen bu elementler, metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementlerdir. Hg, Pb, Sn, Se, As bu gruptadır.

Bunlar içerisindeki elementler ve iz elementler genelde ağır metal olarak adlandırılır (Clack, 1992).

Metallerin biyolojik ve toksik rollerine ilişkin çalışmalar son yıllarda ağırlık kazanmıştır. Hayvanlar açısından gerekli olan bazı metal/metaloidler şunlardır (Alabaster & Lloyd, 1980; Athar & Vohora, 2001):

Arsenik (As): Vücutta özgün olmayan büyüme uyarıcısıdır.

Kobalt (Co): B12 vitaminin yapısına katılır.

Krom (Cr): Glukoz ve kolesterol metabolizmasını düzenler.

Bakır (Cu): Bakır vücutta redoks reaksiyonlarının düzenlenmesi, solunum, kıkırdak oluşumu gibi fizyolojik olaylar için önemli olan oksidazların bileşenidir. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda bakır, düşük değerlerdeki pH ile birlikte balıklar için öldürücü etki yaratmaktadır.

Demir (Fe): Doğada en bol bulunan metallere biridir ve hemoglobin, sitokromlar, katalizler, peroksidler gibi biyomoleküllerin yapısına katıldığından bütün canlılar için gereklidir.

Mangan (Mn): Bir geçiş (transition) metalidir. Diğer geçiş metallerine benzer şekilde çevrede çeşitli formlarda bulunabilir. Arginaz, superoksid dismutaz ve piruvat karboksilaz olarak üre sentezine katılır, mitokondriyi serbest radikallerin zararlarından korur, sitrik asit döngüsüne katılır.

Molibden (Mo): Oksidazların yapısında yağ asitleri ve ürik asit oluşumuna katılır

Nikel (Ni): Bazı enzimleri inhibe eder ve metallothioneinler, albüminler gibi çeşitli proteinlere bağlanır.

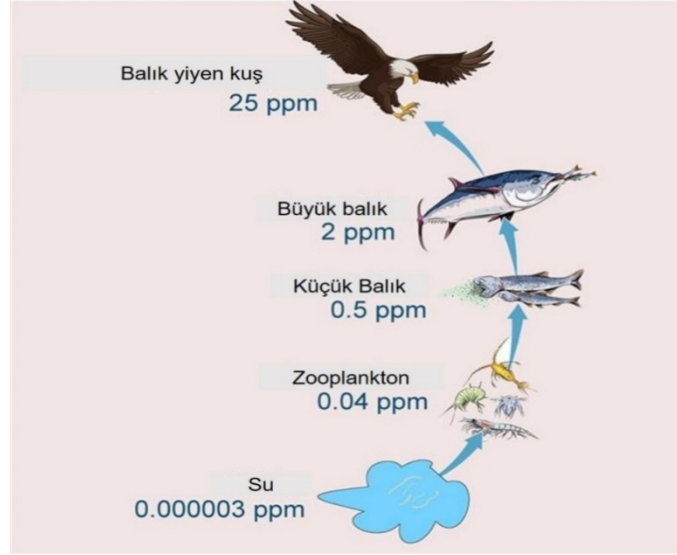
Selenyum (Se): Glutasyon peroksidaz olarak oksidasyon ve kardiyomyopateide rol oynar.

Kalay (Sn): Gastrinin bileşeni olarak, sindirim ve büyüme teşvik edici olarak rol oynar.

Vanadyum (V): Lipid metabolizmasında ve kemik mineralizasyonunda rol oynar.

Çinko (Zn): Sucul organizmalar için gerekli nutrientlerdendir. Aynı zamanda bir çevresel kirleticidir. Balıklarda çinkonun vücuda alınma yolu ile ilgili ayrıntılı bilgi bulunmamakla birlikte, çinkonun emildiği başlıca organın bağırsaklar olduğu düşünülmektedir. Bakır ve demirin aksine, çinko serbest radikal iyonu oluşturmaz ve antioksidan özelliğe sahiptir. Protein biyosentezi, enerji metabolizması, süperoksit radikallerinin hasarlarına karşı rol oynayan proteaz, anhidrataz, süperoksit dismutaz enzimlerinin yapısına katılır.

Yukarıda belirtildiği gibi, sucul ortamlarda doğal olarak bulunabilen metaller Fe, Mo, Co, Zn, Cu gibi metaller sucul canlılar için mikronitruent görevi yapmakta ve yaşamsal önem taşımaktadır. Ancak, günümüzde tarımsal, endüstriyel kentsel atıksuların bileşiminde yer alan en önemli kirletici unsurlardan biri olan ağır metaller, önce suda ve sedimanda, daha sonra sucul canlıların bünyelerinde giderek artan oranlarda birikerek, toksik etki yaratacak düzeylere ulaşabilmektedir. Çeşitli endüstriyel atıklar ve tarımda kullanılan pestisidler, sucul ortamlardaki ağır metal kirliliğinin başlıca kaynağını oluşturmaktadır (Khayatzaheh & Abbasi, 2010). Suda kolayca çözünebilen ağırmetaller, sucul organizmalar tarafından alınmakta ve bu canlıların proteinlerine kuvvetli bir şekilde bağlanmaktadır (Canlı, vd., 1998). Suda ve sedimanda bulunan bu kirleticilerinsucul organizmalar tarafından alınarak, organizmanın bünyesinde tutulmasına biyolojik birikim denir. Canlıların bünyesinde biriken bu kirleticiler, besin olarak kullanılan organizmalar ile bir türden diğerine aktarılmakta ve bu türlerin beslenme düzeylerine ve alışkanlıklarına bağlı olarak canlı bümnyesinde konsantrasyonları artmaktadır. Bu süreç ise biyolojik yükseltgenme (biyomagnifikasyon) olarak bilinmektedir (Odum & Barret, 2008), (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Sucul ortamlarda biyolojik yükselme.

Ağır metallerin balıkların vücuduna girişi vücut yüzeyinden, solungaçlardan veya sindirim kanalından gerçekleşmektedir (Karadede, 1997). Bununla birlikte, en fazla ağır metal emilimi solungaçlardan yapılmakta, vücut yüzeyinden giriş düşük seviyelerde kalmaktadır (Amundsen et al.,1997).Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metaller, balıkların başta böbrek ve karaciğer olmak üzere, çeşitli dokularında birikmektedir. (Begum, et al., 2009). Balıklar, bu toksik metalleri sudan ya da besin olarak tükettikleri organizmalardan almaktadırlar. Ağır metallerin balık vücudundaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı ile ilgili olup, balığın dokuları ve organları arasında farklılık göstermektedir (Kargin & Erdem,1991). Abu Hilal & Ismail (2008), 11 balık türünde bulunan Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn üzerinde yaptıkları araştırmada, Cu ve Cd'un karaciğer, mide ve solungaçlar gibi hayati organlarda, Co, Cr, Ni ve Pb'un en fazla solungaçlarda, Fe'in en fazla kasta biriktiğini göstermişlerdir.

Ağır metallerin toksisitesi suyun sıcaklığı, çözümlü oksijen içeriği ve pH derecesi gibi su kalite parametrelerinin yanı sıra, suda bulunan diğer maddelerin birbiriyle olan etkileşimine göre değişmektedir (Alabaster & Lloyd, 1980).

Sularda kirletici olarak bulunan ağır metaller sucul canlılar üzerindeki çeşitli olumsuz etkiler yaratır. Bu etkilerin başında, balık büyümesinin engellenmesi gelmektedir. Büyümenin engellenmesi, metallerin balıklar üzerindeki toksik etkilerinin en belirgin etkisi olarak kabul edilmektedir (Khayatzadeh & Abbasi, 2010). Sudaki ağır metaller balıkların juvenil ve larva evrelerinde daha tehlikeli olmakta, bu nedenle kirletilmiş sularda bulunan balık populasyonları azalmaktadır. Yapılan çalışmalar, ağır metallerin

balık larvalarının hayatta kalma ve büyüme oranlarını azalttığını, ayrıca predatörden kaçmayı sağlayacak lokomotor aktiviteler gibi davranışlarda anomalilere sebep olduğunu göstermiştir (Khayatzadeh & Abbasi, 2010). Doğada düşük oranlarda bulunan gümüş, civa, bakır, kadmiyum, kurşun gibi ağır metallerin konsantrasyonları arttığında, organizmaların enzim aktivitelerini inhibe edebilmektedir (Tanyolaç, 2009). Sucul ortamlarda toksik ağır metallerin varlığında, balıkların kan parametrelerinin büyük ölçüde etkilendiği bildirilmiştir (Vinodhini & Narayanhan, 2009). Sudaki ağır metaller ayrıca DNA yapısında bozulmalara yol açmakta, kromozomal anomali ve DNA ipliklerinde kırılma sıklığını artırmaktadır (Ali, vd., 2008).

1.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Türkiye’de farklı akarsu ve göllerde su kalitesi, suda, sedimanda ve canlı dokularında ağır metal birikimini konu alan çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir:

Verep, vd., (2005), Trabzon’da İyidere’nin su kalitesini izlemiş, alanda su kalitesinin su kirliliği kalite yönetmeliğinde bildirilen I. sınıf kalite standartlarına uyduğunu, bu nedenle dere suyunun yalnızca dezenfeksiyon ile içme suyu olarak ve rekreasyonel amaçlar için kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Kırankaya & Ekmekçi (2005), Gelingüllü Baraj Gölü’nde iki yıllık süreçte su kalitesini izleyerek, balık yaşamı için uygunluğunu değerlendirmişlerdir. Analizler sonucu, ortamda su kalitesinin balık yaşamı ve balıkçılık açısından uygun değerlerde olduğunu belirlemişlerdir.

Küçük (2007), Büyük Menderes Nehri’nin su kalitesini belirlemek üzere nehrin farklı bölgelerinden alınan su örneklerinde sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, debi gibi çeşitli fizikokimyasal parametrelerin yanı sıra, suyun organik, inorganik ve bakteriyolojik bileşimini yansıtan parametreleri de incelemiş; elde edilen veriler doğrultusunda nehrin su kalitesinin oldukça düşük düzeyde olduğunu belirlemiştir.

Çakırsoy Şen (2007), tarafından Büyük Melen Havzası’nda su kalitesinin belirlenmesi konusunda yapılan yüksek lisans tez çalışmasında, havzada yer alan başlıca akarsuardan Büyük Melen, Küçük Melen ve Asarsuyu’nda ağır metallerden Hg, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn ve Al varlığını tespit etmiştir. Araştırmacı, Büyük Melen Havzası’nda kirliliğe sebep olan başlıca etmenlerin kentsel atıksular, sanayi tesisleri, tarımsal aktiviteler, madencilik çalışmaları, karayolları, katı atık depolama alanları, atmosferik

emisyollar ve erozyon-sel gibi doğal faktörler olduğunu bildirmiş, havzada ağır metaller yönünden en kirli kaynağın Asarsuyu olduğunu vurgulamıştır.

Mert, vd., (2008), Konya'daki Apa Baraj Gölü'nde su kalitesi özelliklerini incelemiş, nitrit ve ortofosfat değerlerinin bazı dönemlerde kirlilik boyutuna ulaştığını belirlemişlerdir.

Tepe (2009), tarafından Hatay'ın Reyhanlı ilçesindeki Yenişehir Gölü'nün su kalitesi incelenmiş, yapılan çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, kimyasal oksijen ihtiyacı,alkalinite,sertlik, amonyak, nitrit, nitrat, fosfat, sülfid, sülfat, klor, potasyum, sodyum, silis ve askıda katı maddeanalizleri gölde kirlilik sorunu olmadığını ortaya koymuştur.

Taş (2011), tarafından Ordu'da bulunan Gaga Gölü'nün su kalitesiincelenmiş, gölün Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'ne göre I. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Elmacı, vd., (2010), Uluabat Gölü'nde yaptıkları çalışmada göl suyunun fizikokimyasal özelliklerini Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Su Ürünleri Yönetmeliği ve Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA) Su Kalite Kriterleri'ne göre değerlendirmiş, özellikle kadmiyum, bakır, çinko, krom, kurşun gibi ağır metal konsantrasyonlarının tatlı sular için kabul edilen standartların üzerinde olduğunu belirlemişlerdir.

Dökmeçi (2005), Gala Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında ağır metal kirliliğini incelediği tez çalışmasında, Cd, Pb, Mn, Co ve Cu miktarının gerek gölde gerekse gölü besleyen akarsu kaynaklarında sınır değerleri aştığını belirlemiştir.

Sönmez, Hisar & Yanık (2012), Fırat Nehri'nin bir kolu olan Karasu Irmağı'nda bakır, çinko, mangan, kurşun, nikel, kadmiyum ve demir varlığını incelemiş, akarsudan seçilen farklı istasyonlarda en bol bulunan metalin demir olduğunu belirlemişlerdir.

Mutlu, Yanık & Demir (2013a) ve Mutlu, Yanık & Demir (2013b), Sivas'ın Hafik ilçesindeki Karagöl ve Horohon Deresi'nde su kalitesinin aylık değişimini izleyerek, Karagöl'de su kalitesinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre III. sınıf kalitede olduğunu ve özellikle fosfor miktarının yüksek değerlere ulaştığını; Horohon Deresi'nin ise alabalık yetiştiriciliği için uygun su kalitesi değerlerine sahip olduğunu göstermişlerdir.

Köse vd., (2014), Eskişehir Seydisuyu'nda yaptıkları su kalitesi izleme çalışmasında, arsenik ve bor miktarının Türk Standartları Enstitüsü, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nün içmesuyu için belirlediği standartlarda önerilen değerlerden yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tokatlı vd., (2016a). Emet Çayı'nda su kalitesin mevsimsel değişimini izledikleri çalışmada, nitrat, nitrit ve amonyum azotu, sülfat, ortofosfat ve BOİ₅ parametrelerini ele almış ve önemli ölçüde organik kirlilik bulgularına rastlamışlardır.

Kır ve Tumantozlu (2016)'nun Karacaören-II Baraj Gölü'nün suyunda, sedimanda ve sazan balıklarının karaciğer, kas ve solungaç dokularında ağır metal birikimini inceledikleri çalışmada suda demir, çinko, alüminyum ve stronsiyum, sedimanda ise demir, çinko, mangan, alüminyum, stronsiyum ve krom bulunduğu belirlenmiştir. Ağır metallerin en fazla biriktiği dokular karaciğer ve solungaç olup, demir ve çinkonun bütün mevsimlerde tüm dokularda bulunduğu saptanmıştır.

Ünlü ve Gümgüm (1993), Dicle Nehri'nde *Capoeta trutta* türünün kas ve karaciğer dokularında ağır metal seviyelerini incelemiş, bakırın kasta 29,90 µg/g, karaciğerde: 85,52 µg/g, çinkonun ise kasta: 53,07 µg/g, karaciğerde: 88,43 µg/g olduğunu belirlemişlerdir.

Su, sediman ve balık dokularında ağır metal birikimini konu alan ilk çalışmalardan bir diğeri Karadede, (1997). tarafından Atatürk Baraj Gölü'nde yapılan tez çalışmasıdır. Çalışmada, *Acanthobrama marmid*, *Liza abu*, *Chalcalburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carassobarbus luteus*, *Capoeta trutta*, *Cyprinion macrostomus*, *Cyprinus carpio* türü balıkların kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn gibi ağır metal konsantrasyonlarının sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir. Karadede, (2002). Dicle Nehri'nde suda, sedimanda ve bentik organizmalarda ağır metal birikimini incelediği doktora tezinde ise değerlerinin balık, yengeç, tatlısu salyangozu, tatlısu midyesi ve yeşil alg dokularında Cu, Fe, Mn, Zn değerlerinin kabul edilen sınır değerlerinin altında olduğunu belirlemiştir.

Akgün, vd., (2007). Sakarya Nehri'ni besleyen akarsulardan Çeltikçe Çayı'nda yaşayan tatlısu kefalinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metal birikimini incelemiş; çinko, kadmiyum ve kurşunun en fazla karaciğerde, bakırın ise kasta depolandığını belirlemişlerdir.

Çetin, vd., (2016). Edirne'deki Altinyazı Baraj Gölü'nde *Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Blicca bjoerkna*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca* türlerinin solungaç, kas, karaciğer, böbrek dokularında Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb birikimini inceledikleri çalışmada, Cd ve Pb değerleri kabul edilebilir sınır değerleri aştığını belirlemişlerdir.

Kaptan & Tekin-Özan (2014). Eğirdir Gölü'nde suda, sedimanda ve sazan balıklarının kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metal birikiminin inceledikleri çalışmada suda Mn, sediman ve balık dokularında ise Fe konsantrasyonunun en yüksek değerde olduğunu belirlemişlerdir.

Tokatlı vd., (2016b). tarafından yapılan çalışmada önemli maden yataklarının bulunduğu bir havzada yer alan Emet Çayı'nda balık ağırlığı ve balık dokularında bakır, mangan, kurşun, gümüş, krom gibi ağır metallerin birikimi arasındaki ilişki incelenmiş; balıkların total ağırlığı ile özellikle nikel ve krom birikimi arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Tokatlı vd., (2016c). Meriç Deltası'nda yaşayan *Cyprinus carpio*, *Silurus glanis*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Esox lucius*, *Carassius gibelio*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*, *Squalius orpheus* türlerinin kas, solungaç ve karaciğer dokularında Cd, Pb, As, B, Cr, Ni, Zn ve Cu birikimini incelemiş, Gala Gölü ve Meriç Nehri'nde balıklarının kas, solungaç ve karaciğer dokularında ağır metal birikiminin yüksek düzeyde olduğunu ve özellikle kas dokusunda tespit edilen Cd, Pb, Ni ve Cr seviyelerinin insan besini olarak tüketim sınırlarını aştığını belirlemişlerdir.

Göksu vd., (2003). Seyhan Baraj Gölü'ndeyaptıkları çalışmada, sazan ve sudak balıklarının kas dokusunda demir, çinko ve kadmiyum bulunduğunu belirlemişlerdir.

Köse, vd., (2015), Porsuk Deresi'nde yaptıkları çalışmada suda, sedimanda ve *Squalius pursakensis*, *Barbus tauricus*, *Capoeta baliki*, *Capoeta sieboldi* balık türü balıkların karaciğer, solungaç ve kas dokularında Zn, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, As konsantrasyonlarını belirlemişlerdir.

Arslan, vd., (2011). Kütahya Yedigöller'de suda ve sedimandaki metal konsantrasyonlarını inceledikleri araştırmada, gölde su kalitesinin III. sınıf olduğunu ve özellikle selenyum ve bor miktarının yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Ertürk vd., (2010). Melen havzasının su kalitesini ele aldıkları araştırmada, suyun sıcaklık, renk, koku, iletkenlik, pH gibi temel fizikokimyasal parametrelerinin yanı sıra, temel anyon-katyon, ağır metal, organik ve bakteriyolojik kirlilik parametreleri dahil olmak üzere toplam 26 parametreyi göz önüne alarak, havzadaki su kaynaklarında su kalitesininin düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Özdemir (2013), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Sıdıklı Küçükboğaz Gölü'nde bulunan turna balığının karaciğer, bağırsak ve solungaç dokularında Cu, Fe, Mn, Al, Zn bulunduğu belirlenmiştir.

Canlı vd., (1998). Seyhan Nehri'nde yaşayan *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium* türlerinin solungaç, karaciğer ve kas dokularında ağır metal seviyelerini inceledikleri çalışmada, dokularda kurşun, bakır, krom ve nikel varlığını tespit etmişler, bu metallerin seviyesinin insan besinleri için kabul edilebilir sınıırım üzerinde olduğunu ileri sürmüşlerdir.



2. MATERYAL METOT

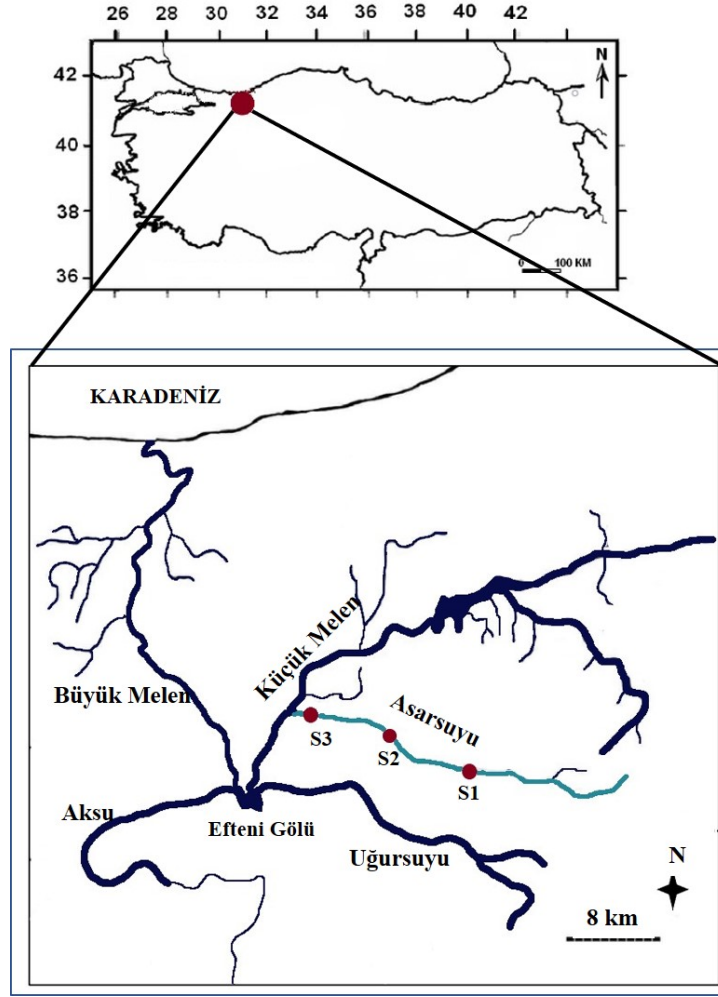
2.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

Asarsuyu Deresi, Bolu Dağları'nın Kuzeydoğusundan doğar, Düzce'nin güneyinden geçerek, Düzce'nin yaklaşık 10 km Batısında Mamure Köyü yakınında Küçük Melen'e ulaşır, bu noktadan 10 km sonra da Küçük Melen içinde Efteni Gölü'ne dökülür (Şekil 2.1). Asarsuyu'nun uzunluğu yaklaşık 38 km, drenaj alanı 180 km² olup, yıllık ortalama akımı 0,35 m³/sn ile 130 m³/sn arasında değişmektedir Anonim, (2014). Asarsuyu Deresi'nin Düzce Ovası'na girdiği Üçköprü mevkiinde rakım 200 m, Efteni Gölü'nde 112 m'dir.

Asarsuyu Deresi için başlıca kirletici kaynakları kentsel ve endüstriyel atık sulardır (Köklü, vd., 2010). Yapılan arazi çalışmaları sırasında, derenin balık faunasını Cyprinidae familyasından *Squalius pursakensis*, *Barbus tauricus*, *Alburnoides tzanevi*, *Rhodeus amarus*, *Alburnus derjugini*, *Gobio baliki*, Cobitidae familyasından *Cobitis splendens*, Nemacheilidae familyasından *Oxynoemacheilus banarescui*, Poecilidae familyasından *Gambusia holbrooki* türlerinin oluşturduğu belirlenmiştir.

Sunulan Çalışma kapsamında, su ve balık örnekleri Asarsuyu Deresi üzerinde belirlenen üç farklı istasyondan alınmıştır. Belirlenen örnekleme istasyonları, Asarsuyu Deresi Düzce il mekezine girmeden önce (Kaynaşlı Üçköprü bölgesinde, S1), Düzce şehir merkezinde (S2) ve Düzce çıkışında (S3) olacak şekilde belirlenmiştir. Örnekleme noktaları Şekil 2.1'de harita üzerinde gösterilmiş olup, koordinatları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çalışma kapsamında su ve balık örnekleme Şubat-Ekim 2018 döneminde mevsimlik olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma alanının haritası (S1, S2 ve S3 örnekleme noktalarını göstermektedir).

Çizelge 1.1. Örnekleme istasyonlarının koordinatları ve rakımları.

İstasyon	Akarsu Bölgesi	Latitude	Longitude	Altitude
S1	Düzce girişi	40°47'44.90" K	31°14'14.02" D	200
S2	Düzce	40°49'19.70" K	31°11'43.68" D	125
S3	Düzce çıkışı	40°50'6.67" K	31° 8' 6.11" D	115

2.2. ÇALIŞMA KAPSAMINDA İNCELENEN BALIK TÜRLERİ

2.2.1. *Squalius pursakensis* (Tatlısu Kefali)

Squalius pursakensis türünün taksonomideki yeri

Alem: Animalia

Şube: Chordata

Alt Şube: Vertebrata

Üst Sınıf: Gnathostomata

Sınıf: Actinopterygii

Takım: Cypriniformes

Alt Takım: Cyprinidae

Aile: Leuciscinae

Cins: *Squalius*

Tür: *Squalius pursakensis*



Şekil 2.2. *Squalius pursakensis* (Tatlısu Kefali).

Squalius pursakensis türünün genel özellikleri şu şekilde özetlenebilir;

Vücut yapısı basık uzun ve incedir. Dorsal ve ventral vücut yapısı yandan hafifçe konvektir. Başın üzeri düz ve hafifçe konkavdır. Burun konik ve sivridir. Göz çukuru bölgesi konvektir. Ensede bir kamburluk bulunmaktadır. Göz çapı 1,7-2,1 arasında interorbital mesafededir (Özuluğ & Freyhof, 2011). Baş ve vücut sarımsı kahverengidir, karın sarımsı beyazdır, pektorel yüzgeç tabanından solungacın en üst kısmına doğru

siyah bir çizgi vardır, karın zarı siyahtır, canlı ve korunmuş örneklerde anal yüzgeç ışını hiyalindir, anal yüzgeç membranları siyahımsıdır. Yanal pulların serbest kenar boşlukları hilal şeklinde siyah, pul cepleri koyu gridir (Özuluğ & Freyhof, 2011).

Yapılan son taksonomik çalışmalar, Türkiye sınırları içerisinde yer alan tatlısu kefali populasyonlarının sadece *Squalius cephalus* türü ile değil, birçok farklı tür ile temsil edildiğini ortaya koymuştur (Özuluğ & Freyhof, 2011). Bu doğrultuda, Sakarya Havzası'nda *Squalius cephalus* olarak bilinen türün aslında farklı bir tür olduğu belirlenmiş ve bu tür *Squalius porsakensis* Hankó, (1925). olarak isimlendirilmiştir. *Squalius porsakensis* türünün, Sakarya Havzası'nın yanı sıra Melen Havzası'nda da bulunduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2014). Bu tür, bulunduğu havzaların ihtiyofaunasında önemli bir yere sahiptir ve yoğun populasyonlar oluşturmaktadır.

Squalius porsakensis, genellikle suların üst yüzeyine yakın zonlarında büyük kümeler halinde yaşamaktadır. Suyu temiz olan ve hızlı akan çayları tercih ederlerse de nadiren göllere ve hatta acı sulara da girdikleri görülmektedir (Kottelat & Freyhof, 2007). Omnivor karaktere sahip bu balıklar çoğunlukla her tür sucul böcekleri, kurtları, morlukları, balık yumurtalarını, çeşitli su bitkilerini ve tohumları yiyerek yaşamlarına devam ederler. Üreme dönemi Nisan-Haziran ayları arasına denk gelmektedir. Bu mevsim aralığında özellikle erkeklerin başlarının üzerinde küçük üreme tüberkülleri ortaya çıkmaktadır. Eşeyssel olgunluğa 3-4 yaşında ulaşmaktadır. Her bir *Squalius porsakensis*'in dişisi 0,7 mm çapında 200.000 kadar yumurta meydana getirebilir. Bu türün yumurtaları çoğunlukla taşlar ve odun parçaları üzerine yapıştırılır. Eti taze iken lezzetli olup, yöre halkı tarafından özellikle ilkbahar ve yaz mevsiminde küçük dere ve çaylardan bolca avlanır ve besin olarak tüketilir (Geldiay & Balık, 2007).

2.2.2. *Barbus tauricus* (Bıyıklı Balık)

Barbus tauricus türünün taksonomideki yeri

Alem: Animalia

Şube: Chordata

Alt Şube: Vertebrata

Üst Sınıf: Gnathostomata

Sınıf: Actinopterygii

Takım: Cypriniformes

Alt Takım: Cyprinidae

Aile: Barbinae

Cins: *Barbus*

Tür: *Barbus tauricus*



Şekil 2.3. *Barbus tauricus* (Bıyıklı Balık).

Barbus tauricus, Karadeniz ve Azak havzalarında yayılış gösteren bir cyprinid türüdür (Kottelat & Freyhof, 2007). Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında da yayılış gösterdiği belirlenmiştir (Turan, Kaya, Geiger & Freyhof, 2018). Bu türün genel özellikleri aşağıdaki özetlenmiştir;

Vücut yapısı ince ve uzundur. Işın yüzgeçli bir balık olup, çıkıntılı bir üst çeneye sahiptir. Burun konik ve düz değil, yüzgeç ve baş arası kamburumsu bir yapıdadır. Sırt yüzgeci siyahımsı ve pullar küçüktür. Yan çizgide 51-63 pul bulunur (Kottelat & Freyhof, 2007). Hızlı akar derelerden, acısu özelliğindeki östarilere kadar geniş bir

alanday yaygın olarak bulunabilir. Daha çok deniz seviyesinden 100-600 m yüksekteki akarsuları tercih eder (Kottelat & Freyhof, 2007). Türün biyolojisine ilişkin bilgiler oldukça kısıtlıdır. IUCN'in Kırmızı Listesi'nde VU (duyarlı) kategorisinde bulunan bu tür için kirlilik önemli bir tehdit olarak kabul edilmektedir (IUCN, 2019).

2.3. ALAN ÇALIŞMALARI

2.3.1. Balık ve Su Örneklerinin Alınması

Bölgede balıkçılık yapan kişilerle iletişim kurularak avcılık esnasında balıkçılardan satın almak suretiyle temin edilmiştir. Her istasyondan *Squalius pursakensis* ve *Barbus tauricus* türlerine ait en az 5'er birey örnekler en kısa sürede +4 °C sıcaklıkta tutularak buz kutusu içerisinde laboratuvara taşınmıştır.

Her istasyonda su örnekleri 1 litrelik koyu renkli polipropilen örnekleme şişelerine alınmış, örneklemenin hemen ardından soğuk zincir ile birkaç saat içerisinde laboratuvara taşınmıştır.

Suyun sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC) (25 °C), tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde (TDS), çözünmüş oksijen ve pH gibi fizikokimyasal parametreleri arazi çalışması sırasında YSI ProPlus Multiparametre su kalitesi ölçüm cihazı ile arazi çalışmaları sırasında yerinde ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

2.4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Suda ve balık dokularında metal analizleri Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknik Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

2.4.1. Su ve Balık Örneklerinin Analize Hazırlanması

Asarsuyu Deresi'nden alınan su örneklerinin pH'sı arazi çalışması sırasında ölçülmüştür. Alınan su örneğinin pH'sının 2'den düşük olmasını sağlamak için 100 ml numuneye 0,5 ml olacak şekilde HNO₃ eklenmiştir. Daha sonra tüm su örnekleri por çapı 45 µm olan selüloz nitrat filtrelerden süzölmüştür. Su örneklerinde Bi, Sb, Sn, Zn elementlerini etkin olarak okuyabilmek için, 100 ml su örneğinin içine 1,0 ml HCl, eklenmiştir.

Laboratuvara getirilen balık örneklerinin önce boy ve ağırlık ölçümü yapılmıştır. Boy ölçümünde 1 mm hassasiyete sahip ölçüm tahtası, ağırlık ölçümünde ise 0,05 gr hassasiyete sahip elektronik terazi kullanılmıştır.

Balık örneklerini uygun bir kapta boy sırasına koyarak sırayla, steril edilmiş pens ve bistüri yardımı ile dissekte edilmiştir. Her bir balık örneğinin karaciğeri, solungaçları ve sırtın yan tarafından dorsal yüzgecin ön kısmından 4-5 gr kadar kas örneği alınarak, analiz yapılana kadar derin dondurucuda bekletilmiştir.

2.4.2. Su Örneklerinde Metal ve Ağır Metal Analizi

Suyun inorganik anyon (flor, klor, nitrit, sülfat, brom, nitrat, fosfat) ve katyon (lityum, sodyum, amonyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum) analizleri iyon kromatografi (IC) yöntemi ile yapılmıştır. Analizlerde Thermo Scientific Dionex ICS 500+ cihazı kullanılmıştır. Anyonların ayırımında Dionex IonPac AS18 – 4µm kolonu, katyonların ayırımında ise IonPac CS16 kolonu kullanılmıştır.

Su örneklerinde ağır metal birikimi “ICP-MS (Thermo Scientific X series ICP-MS) cihazı ile ölçülmüştür. Örneklerin metal analizi üç tekrarlı olarak yapılmıştır (APHA, 1992; US EPA, 1994). Her bir element için kullanılan dalga boyları şunlardır: Civa 253,65 nm, Arsenik 193,76 nm, Kurşun 220,35 nm, Bakır 327,39 nm, Kadmiyum 228,80 nm, Çinko 206,20 nm, Demir 238,20 nm, Mangan 257,61 nm, Alümiyum 396,15 nm.

2.4.3. Doku Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Analizi yapılacak doku örneklerinden 0.45-0.60 gr'ı kısmı kesilerek mikrodalga kaplarına içinde tartılmıştır. Teflon kaplara ilk önce 1 ml H₂O₂ eklenmiş ve 1 dakika bekletilmiştir. Daha sonra üzerine 6 ml HNO₃ eklenerek kapama işlemi yapılmıştır. Örnekler Milestones Microwave Digestion Mikrodalga cihazına yerleştirilerek 20 dakika boyunca çözündürme işlemi uygulanmıştır. İşlem sonunda doku örnekleri 10-15 dakika cihazın içerisinde soğumaya bırakılmıştır. Balık dokularına ait örnekler 45 µm por çapına sahip filtrelerden 50 ml'lik flakonlara süzülerek, deiyonize su ile 13 ml'ye tamamlanmıştır. Bu işlemin ardından, doku örneklerindeki ağır metal miktarı ThermoScientific X series ICP-MS cihazı ile 3 tekrarlı olarak ölçülmüştür.

3. BULGULAR

3.1. İNCELENEN BALIK TÜRLERİNE İLİŞKİN

Çalışma kapsamında incelenen balık örneklerinin yaşları, boy ve ağırlık değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1.İncelenen balık türlerinin yaş, total boy ve ağırlık değerleri.

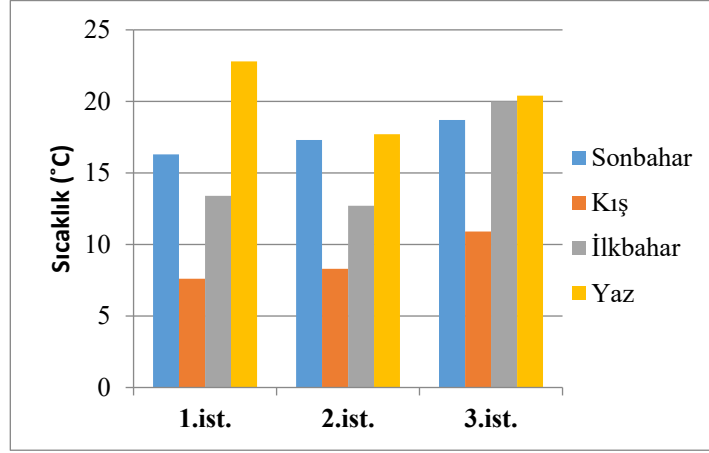
Balık Türü	İstasyon	N	Yaş	Total boy (cm) Min-maks	Ağırlık (g) Min-maks
<i>Squalius pirsakensis</i>	1	20	1-3	6,5-28,7	6,2-351
	2	30	1-3	12,6-24,0	23,1148,6
	3	20	1-3	13,9-24,0	30,3-200,0
<i>Barbus tauricus</i>	1	10	1	6,4-10,1	4,8-12,4
	2	15	1-3	10,6-28,2	12,9-216,5
	3	30	1-3	9,1-24,6	8,0-171,5

3.2. ASARSUYU DERESİ’NDE SUYUN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

VE MAJÖR ANYON KATYON KONSANTRASYONLARI

Arazide çalışmaları sırasında yapılan ölçümler ve alınan su örneklerinin laboratuvardaki analizleri sonucu, suyun temel fizikokimyasal parametreleri ve anyon-katyon değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Sıcaklık, kışın 10 °C'nin altında iken, yaz aylarında 20 °C'yi aşmaktadır. Yaz aylarında en yüksek sıcaklık değeri 1. İstasyonda 22,8 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 3.1).

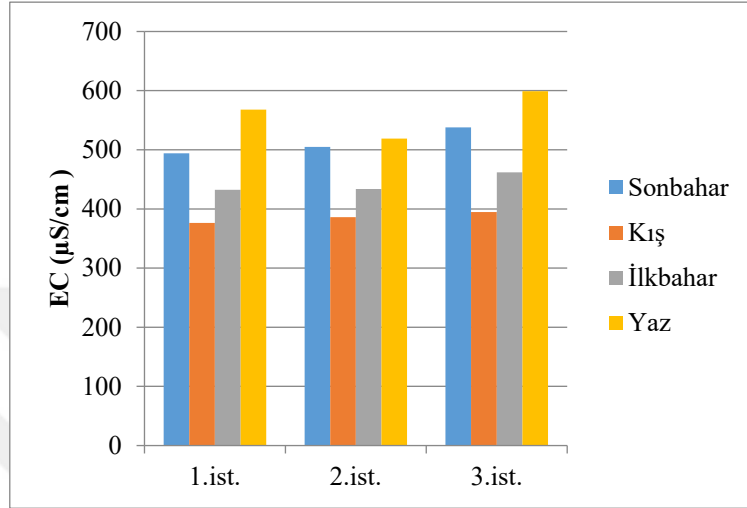


Şekil 3.1. Asarsuyu Deresi'nde su sıcaklığının mevsimlere göre değişimi.

Çizelge 3.2. Asarsuyu Deresi'nde suyun temel fizikokimyasal parametreleri ile majör anyon-kasyon değerlerinin mevsimsel değişimi (S1, S2 ve S3 örnekleme noktaları, n.a.: ölçülebilir değerlerin altında)

Parametreler	Kış			İlkbahar			Yaz			Sonbahar		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
T (°C)	7,6	8,3	10,9	13,4	12,7	14,0	22,8	21,7	20,4	16,3	17,3	18,7
EC (25°C) (µS/cm)	563	567	540	557	567	511	616	601	600	593	594	612
Sal (ppt)	0,27	0,28	0,26	0,27	0,28	0,25	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30
TDS (mg/L)	366	369	351	362	366	332	403	390	390	385	384	397
pH	7,85	7,91	8,74	8,28	8,41	8,98	7,73	7,85	8,08	7,50	7,55	7,73
DO (mg/L)	10,91	10,33	10,49	4,15	6,29	4,60	6,66	8,13	8,06	5,70	5,88	6,66
NH ₄ -N (mg/L)	3,29	1,01	0,93	3,22	1,52	0,90	3,75	0,30	2,32	3,41	1,86	0,07
NO ₂ -N (mg/L)	n.a	1,82	0,36	n.a	0,49	0,69	3,16	2,07	2,55	5,57	5,27	3,97
NO ₃ -N (mg/L)	2,50	4,00	3,41	2,58	4,07	2,93	2,86	7,40	5,81	2,68	7,36	6,48
Cl(mg/L)	34,38	36,75	34,46	33,17	34,01	33,10	36,48	34,46	34,78	38,28	33,04	34,58
SO ₄ (mg/L)	46,01	49,42	45,26	136,5	140,4	143,1	116,7	125,9	122,4	107,5	110,6	112,73
PO ₄ (mg/L)	n.a	n.a	n.a	0,06	0,13	0,02	0,26	0,15	0,18	0,10	n.a	0,17
Mg (mg/L)	10,43	10,63	10,39	11,39	11,38	11,46	11,59	12,35	11,54	11,23	9,51	12,73
Ca (mg/L)	80,19	81,81	76,95	85,45	87,90	77,38	82,80	88,79	84,53	81,76	86,16	87,72
Na (mg/L)	21,93	23,2	21,13	20,68	20,68	20,49	22,25	23,25	24,46	24,30	23,26	23,93
K (mg/L)	1,94	2,75	2,54	2,09	2,55	2,28	2,69	3,34	3,58	4,45	5,33	3,68

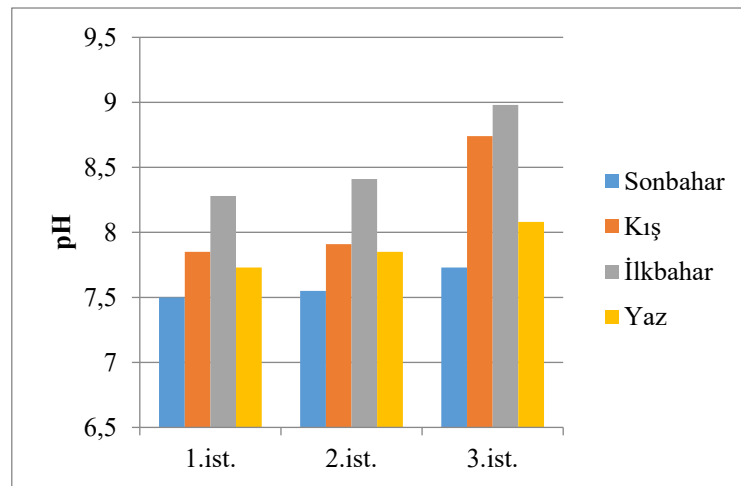
Elektriksel iletkenlik (EC), tuzluluk ve toplam çözünmüş katılar (TDS)'in miktarı yaz ve sonbahar aylarında yüksek eğerlerde ölçülmüştür. En düşük EC değeri 511 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile ilkbahar'da 3. İstasyonda, en yüksek EC 616 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak 1. İstasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Asarsuyu Deresi'nde EC'nin mevsimlere göre değişimi.

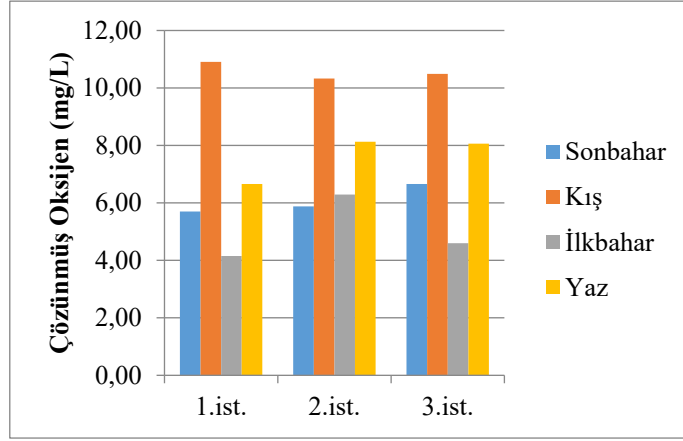
Tuzluluk tüm istasyonlarda birbirine yakın değerlerde olup, 0,25 ile 0,30 ppt arasında değişmektedir. TDS miktarı ise kış ve ilkbahar döneminde 332 (3. İstasyon) ve 369 (2. İstasyon) mg/L arasında değişirken, yazın 1. İstasyonda 403 mg/L'ye kadar ulaşmıştır (Çizelge 3.2).

Asarsuyu deresinde pH değerleri 1. İstasyonda 7,50 ile 8,25, 2. istasyonda 7,55 ile 8,41, 3. İstasyonda ise 7,73 ile 8,98 arasında değişmektedir (Şekil 3.3).



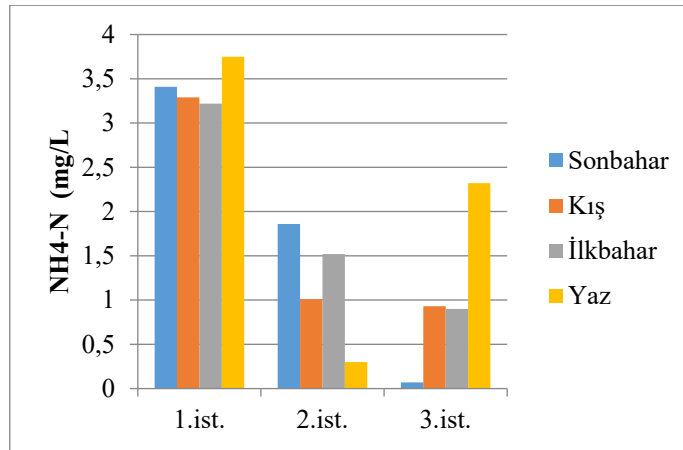
Şekil 3.3. Asarsuyu Deresi'nde pH'nin mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nde çözülmüş oksijen (DO) miktarı kış aylarında tüm istasyonlarda 10 mg/L'nin üzerinde olduğu halde, özellikle ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde belirgin bir düşüş göstermiştir. Örnekleme noktalarında ölçülen minimum çözülmüş oksijen değerleri 1. İstasyonda 4,15 mg/L, 2. İstasyonda 5,68 mg/L, 3. İstasyonda ise 4,60 mg/L'dir (Şekil 3.4).



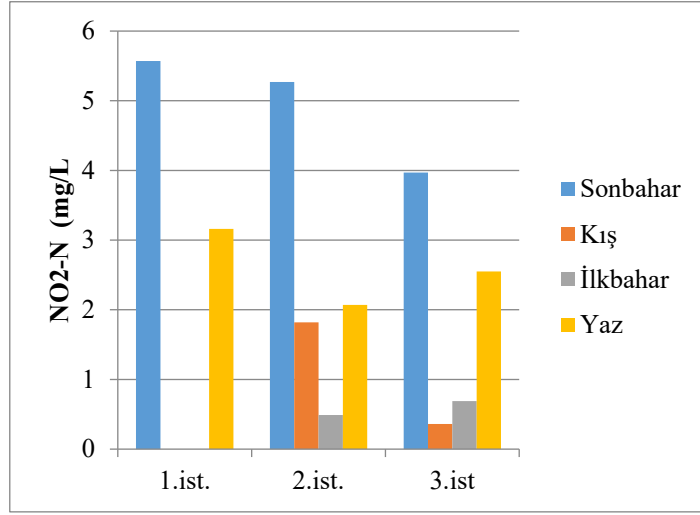
Şekil 3.4. Asarsuyu Deresi'nde çözülmüş oksijen konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyun Deresi'nin su kalitesinin belirlenmesinde amonyum, nitrit ve nitrat azotunun mevsimsel değişimi dikkate alınan parametreler arasındadır. Amonyum azotunun 1. İstasyonda yüksek değerlerde bulunduğu belirlenmiştir. Bu istasyonda amonyum konsantrasyonu 3,22 (ilkbahar) ile 3,75 (yaz) mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil3.5). Çalışma alanında en düşük amonyum değerleri ise 0,30 mg/L (yaz) ile 2. İstasyonda ve 0,07 mg/L (sonbahar) ile 3. İstasyonda ölçülmüştür.



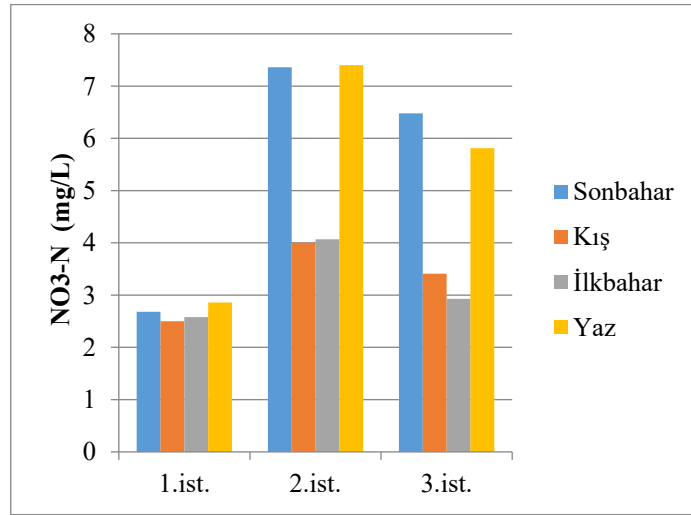
Şekil 3.5. Asarsuyu Deresi'nde amonyum azotu (NH₄-N) konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Çalışma alanında nitrit azotu (NO₂-N) kış ve ilkbahar dönemlerinde oldukça düşük olmasına rağmen, yaz ve sonbahar dönemlerinde belirgin şekilde artarak, özellikle 1. ve 2. İstasyonda 5 mg/L'nin üzerine çıkmıştır (Şekil 3.6).



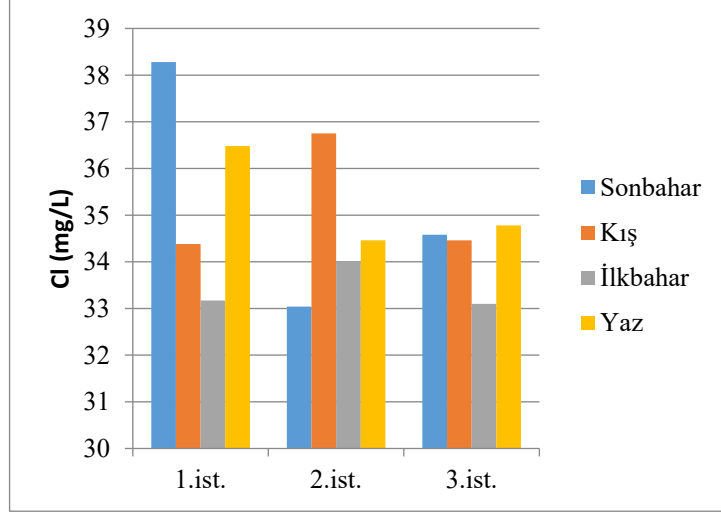
Şekil 3.6. Asarsuyu Deresi'nde nitrit azotu (NO₂-N) konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nde nitrat konsantrasyonu 1. İstasyonda 2,50-2,86 mg/L, 2. İstasyonda 4,0-7,40 mg/L, 3. İstasyonda ise 2,93-6,48 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.2., Şekil 3.7).



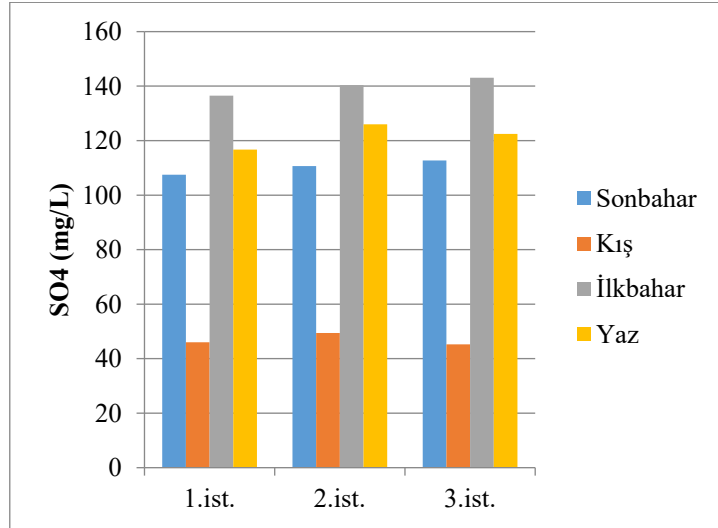
Şekil 3.7. Asarsuyu Deresi'nde nitrat azotu (NO₃-N) konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Çalışma kapsamında yapılan analizlerde Asarsuyu'nde klorür konsantrasyonunun üç istasyonda da birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.8). Ölçülen klorür konsantrasyonları 1. İstasyonda 33,17 ile 38,28 mg/L, 2. istasyonda 33,04 ile 36,75 mg/L ve 3. İstasyonda 33,10 ile 34,78 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.2).



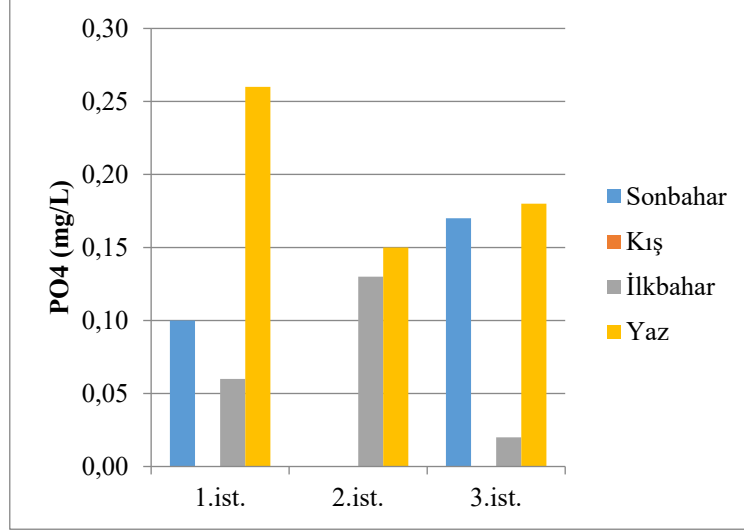
Şekil 3.8. Asarsuyu Deresi'nde klorür konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nden alınan su örneklerinde sülfat konsantrasyonunun kış mevsiminde en düşük, bahar aylarında en yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.9). Sülfat konsantrasyonu 1. İstasyonda 46,01-136,5 mg/L, 2. İstasyonda 49,42-140,4 mg/L, 3. İstasyonda 45,26-143,1 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.2).



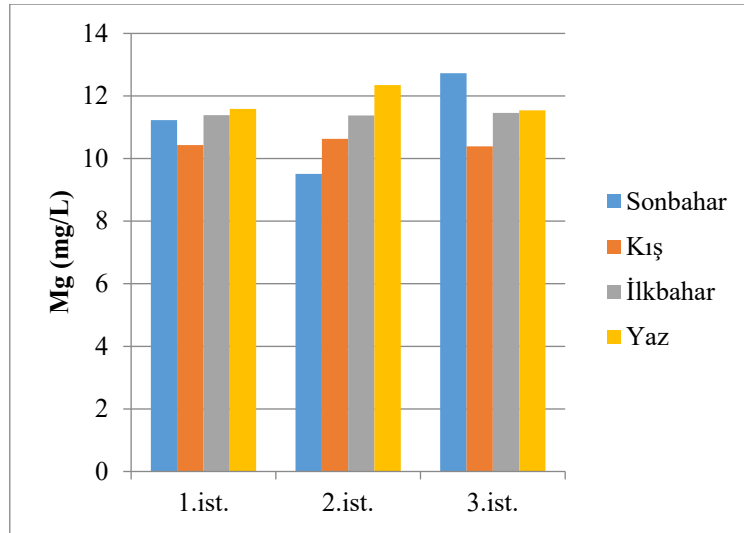
Şekil 3.9. Asarsuyu Deresi'nde SO₄ konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Çalışma kapsamında, Asarsuyu Deresi'nde ortofosfat miktarının özellikle kış aylarında ölçülemeyecek düzeyde düşük olduğu, yaz aylarında en yüksek değerler olarak 1. istasyonda 0,26 mg/L, 2. İstasyonda 0,15 mg/L, 3. İstasyonda 0,18 mg/L'ye ulaştığı saptanmıştır (Çizelge 3.2, Şekil 3.10).



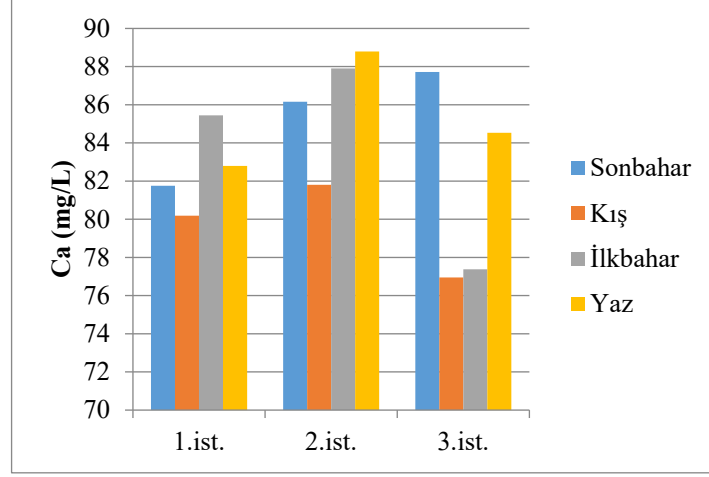
Şekil 3.10. Asarsuyu Deresi'nde ortofosfat konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nden alınan su örneklerinde magnezyum konsantrasyonu seçilen üç istasyonda da genel olarak birbirine yakın değerlerdedir (Şekil 3.11). Ölçülen en düşük ve en yüksek magnezyum konsantrasyonları sırasıyla, 9,51 mg/L (2. İstasyon, sonbahar) ve 12,73 mg/L (3. İstasyon, sonbahar)'dir (Çizelge 3.2).



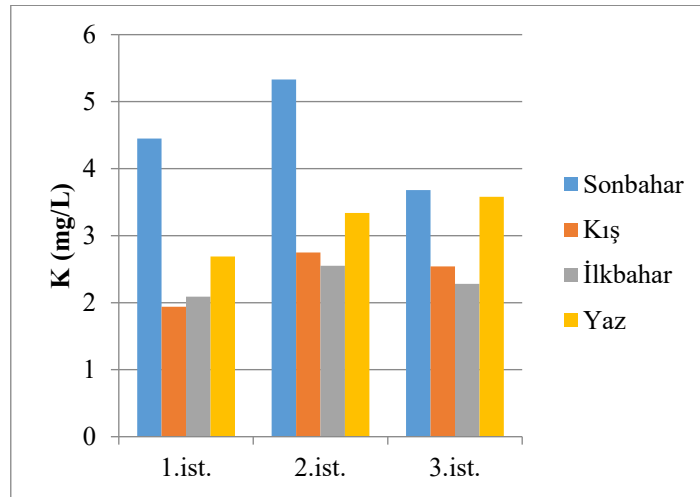
Şekil 3.11. Asarsuyu Deresi'nde magnezyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

İncelenen örneklerde, kalsiyum konsantrasyonunda magnezyumda olduğu gibi üç istasyonda birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.12). Alanda sudaki kalsiyum seviyesi 76,95 mg/L (3. İstasyon, kış) ile 88,79 mg/L (2. İstasyon, yaz) arasında değişmektedir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.12. Asarsuyu Deresi'nde kalsiyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nden alınan su örneklerinde sodyum ve potasyum seviyesinin yaz ve sonbahar mevsimlerinde hafifçe yükseldiği belirlenmiştir. Sodyum konsantrasyonu 1.istasyonda 20,68-24,30 mg/L, 2. İstasyonda 20,68-23,26 mg/L, 3. İstasyonda ise 20,49-24,46 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.2). Suyun potasyum içeriği, kış ve ilkbahar dönemlerinde 1,94 mg/L (1. İstasyon, kış) ile 2,75 mg/l (2. İstasyon, kış) arasında değişirken, bu değerler sonbaharda 1. İstasyonda 4,45 mg/L, 2. İstasyonda 5,33 mg/l ve 3. İstasyonda 3,68 mg/L'ye ulaşmıştır (Şekil 3.13).



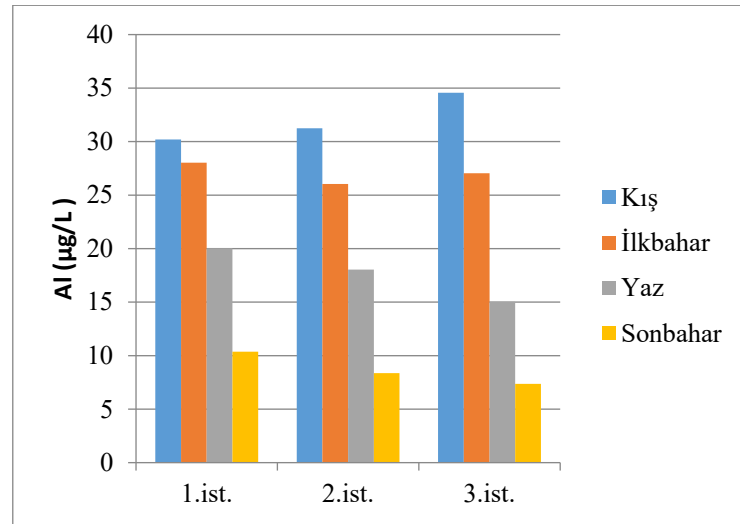
Şekil 3.13. Asarsuyu Deresi'nde potasyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

3.3. ASARSUYU DERESİ'NDE SUDA KİRLLETİCİ METAL VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI

Asarsuyu Deresi'nde Şubat-Ekim 2018 döneminde mevsimlik olarak gerçekleştirilen arazi çalışmalarında ortamın metal kirleticilerini belirlemek üzere, seçilen üç istasyonda sudaki alüminyum (Al), arsenik (As), kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), demir (Fe), civa (Hg), mangan (Mn), Nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn) konsantrasyonları incelenmiştir.

Örnekleme noktalarından alınan su örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 3.3'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, civa dışındaki tüm parametreler kış mevsiminde, diğer mevsimlere kıyasla daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. Sudaki civa seviyesinin ise sonbahar döneminde belirgin derecede yükseldiği saptanmıştır.

Asarsuyu Deresi'nde Alüminyum konsantrasyonu 1. İstasyonda 10,36-30,20 µg/L, 2. İstasyonda 8,37-31,25 µg/L, 3. İstasyonda 7,36-34,56 µg/L arasında değişmektedir. İstasyonlar arasında genel olarak 1. İstasyonda alüminyum konsantrasyonunun diğer istasyonlara kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 3.14)



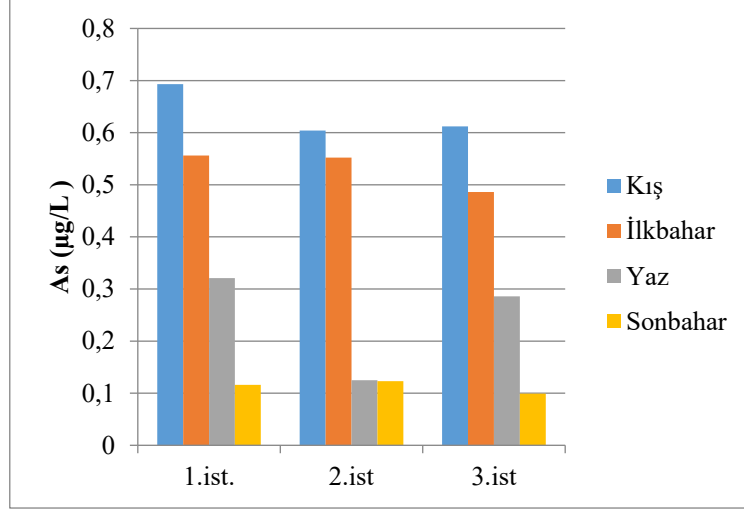
Şekil 3.14. Asarsuyu Deresi'nde alüminyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Arsenik miktarı incelendiğinde, kış ve bahar dönemlerinde, sırasıyla 0,604 µg/L (2. İstasyon) 0,693 µg/L (1. İstasyon) ve 0,486 µg/L (3. İstasyon) 0,556 µg/L (1. İstasyon) arasında değişen konsantrasyonlarda, sonbaharda 0,099 µg/L (3. İstasyon) 0,116 µg/L (1. İstasyon) seviyelerine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 3.15).

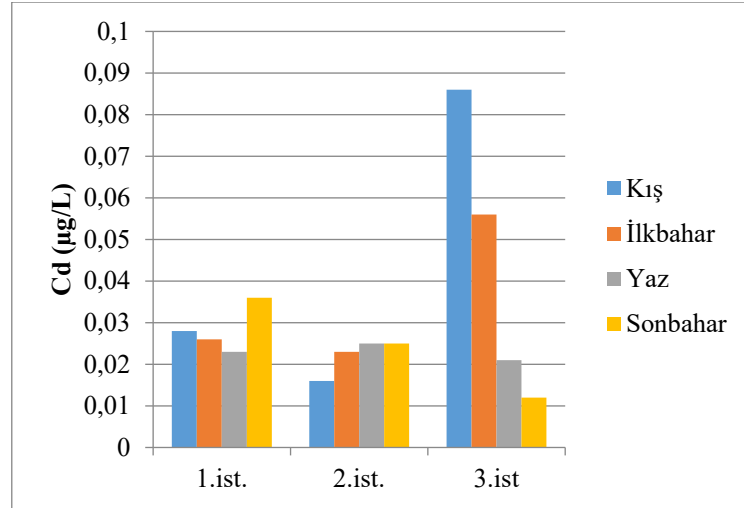


Çizelge 3.3. Asarsuyu Deresi'nde suda ağır metal konsantrasyonunun mevsimsel değişimi (S1, S2 ve S3 örnekleme)

Parametreler	Kış			İlkbahar			Yaz			Sonbahar		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Al (µg/L)	30,20	31,25	34,56	28,04	26,04	27,04	20,04	18,04	15,04	10,36	8,37	7,36
As (µg/L)	0,693	0,604	0,612	0,556	0,552	0,486	0,321	0,125	0,286	0,116	0,123	0,099
Cd ((µg/L)	0,028	0,016	0,086	0,026	0,023	0,056	0,023	0,025	0,021	0,036	0,025	0,012
Cu (µg/L)	1,117	0,342	0,741	0,986	0,326	0,841	0,896	0,563	0,784	0,563	0,589	0,365
Fe (µg/L)	16,94	10,76	16,18	16,03	9,568	20,04	15,04	20,04	10,37	25,69	5,37	8,32
Hg (µg/L)	0,075	0,049	0,034	0,069	0,056	0,032	0,058	0,052	0,048	0,310	0,250	0,360
Mn (µg/L)	0,761	0,261	2,035	0,563	0,325	0,986	0,635	0,325	0,547	0,365	1,025	0,236
Ni (µg/L)	0,611	1,359	0,855	0,781	0,986	0,755	0,512	0,486	0,698	0,215	0,360	0,125
Pb (µg/L)	1,707	0,423	0,712	0,896	0,765	0,985	0,851	0,578	0,862	0,625	0,436	0,756
Zn (µg/L)	32,64	16,49	16,61	35,70	12,37	13,25	25,37	11,02	10,24	12,37	11,03	10,37

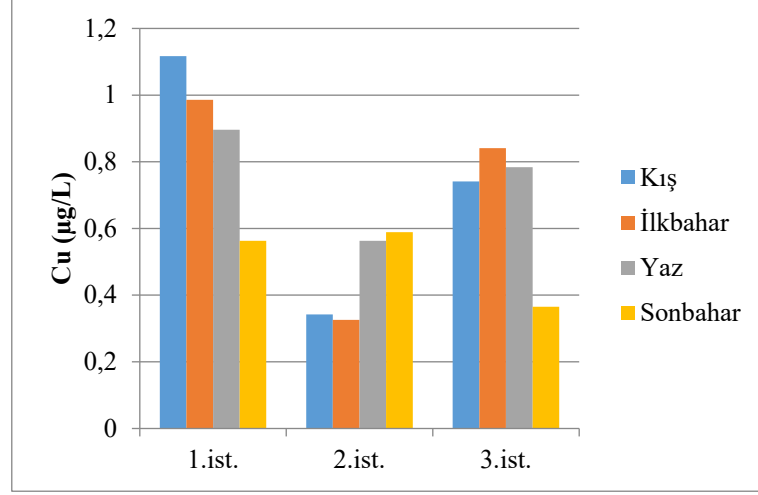


Şekil 3.15. Asarsuyu Deresi'nde arsenik konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi. Sudaki kadmiyum miktarı 1. İstasyonda 0,023-0,036 µg/L, 2. İstasyonda 0,016-0,025 µg/L, 3. İstasyonda 0,012-0,086 µg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.3). Kış ve ilkbahar mevsimlerinde 3. İstasyonda kadmiyum seviyesinin diğer istasyonlara kıyasla belirgin derecede yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 3.16).



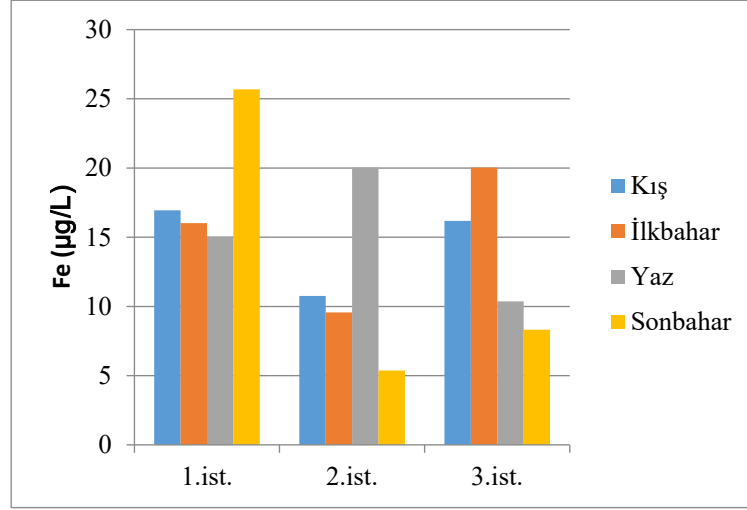
Şekil 3.16. Asarsuyu Deresi'nde kadmiyum konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nde ölçülen bakır konsantrasyonları 1. İstasyonda 0,563-1,117 µg/L, 2. İstasyonda 0,326-0,589 µg/L ve 3. İstasyonda 0,365-0,841 µg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.3). Analiz sonuçları, suyun bakır içeriğinin kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sonbahara kıyasla daha yüksek olduğunu işaret etmektedir (Şekil 3.17).



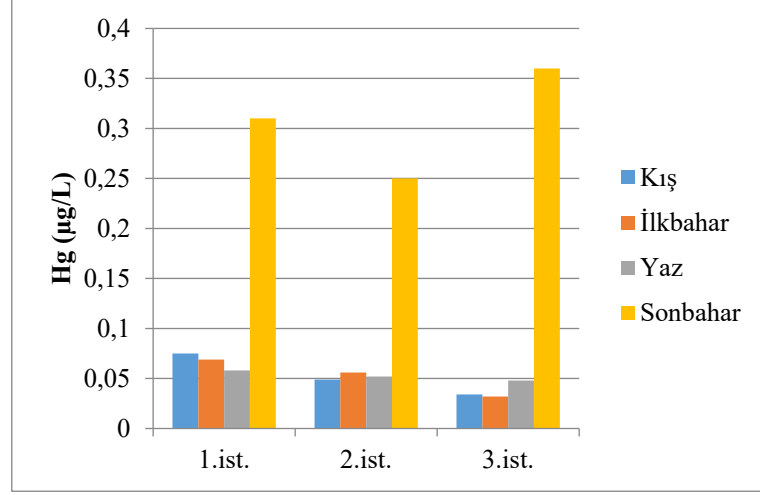
Şekil 3.17. Asarsuyu Deresi'nde bakır konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nin demir içeriği 1. İstasyonda 15,04-25,69 µg/L, 2. İstasyonda 5,37-20,04 µg/L ve 3. İstasyonda 8,32-20,04 µg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.3). Genel olarak, 1. İstasyonda demir konsantrasyonunun diğer istasyonlardan daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 3.18).



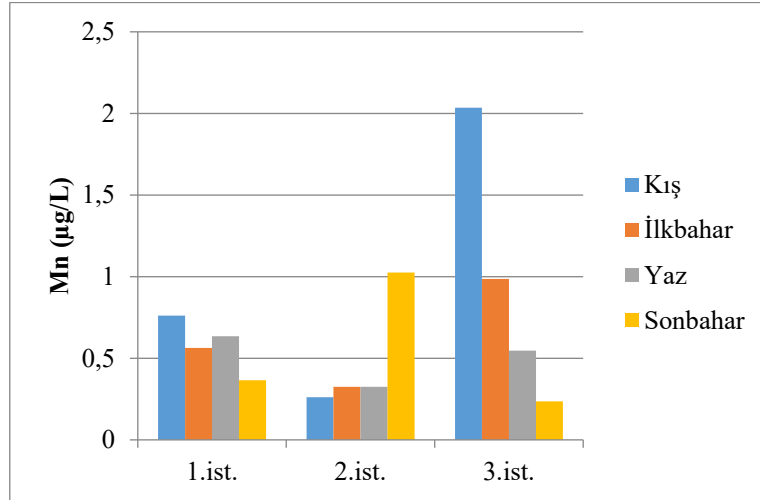
Şekil 3.18. Asarsuyu Deresi'nde demir konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Yapılan analizler, Asarsuyu Deresi'nde seçilen üç istasyonda civa değerinin kış-ilkbahar-yaz döneminde 0,034 ile 0,075 µg/L aralığında değiştiğini, sonbahar mevsiminde ise 1. İstasyonda 0,310 µg/L, 2. İstasyonda 0,250 µg/L, 3. İstasyonda ise en yüksek değer olan 0,360 µg/L'ye ulaştığını ortaya koymuştur (Çizelge 3.3, Şekil 3.19).



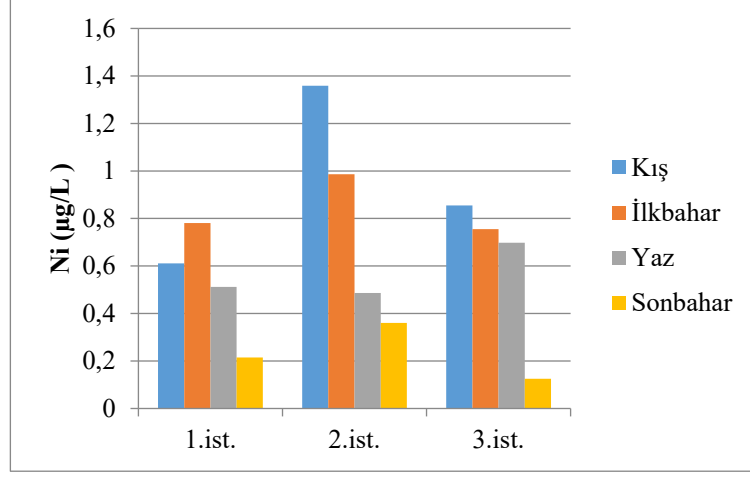
Şekil 3.19. Asarsuyu Deresi'nde civa konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Çalışma alanında mangan seviyesinin 1. İstasyonda 0,365-0,761 µg/L, 2. İstasyonda 0,261-1,025 µg/L, 3. İstasyonda ise 0,236-2,035 µg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.3). Analiz sonuçları özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde 3. İstasyonda mangan düzeyinin diğer istasyonlara göre belirgin derecede yüksek olduğunu göstermiştir (Şekil 3.20).



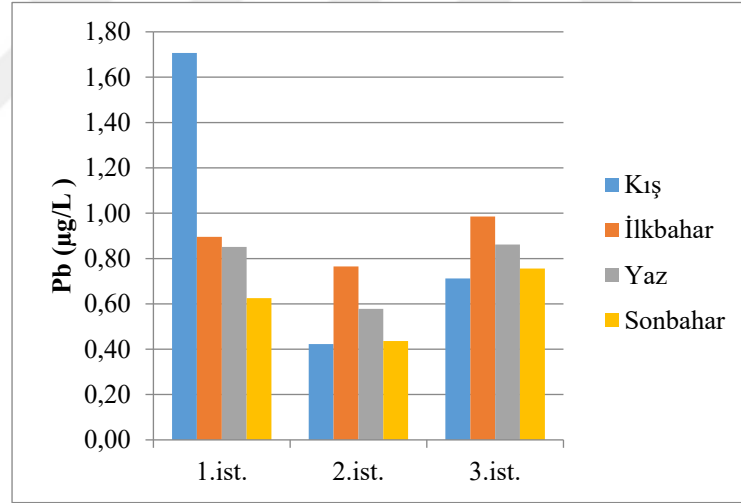
Şekil 3.20. Asarsuyu Deresi'nde mangan mevsimlere göre değişimi.

Asarsuyu Deresi'nde nikel konsantrasyonu 1. İstasyonda 0,215-0,781 µg/L, 2. İstasyonda 0,360-1,359 µg/L, 3. İstasyonda ise 0,125-0,855 µg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3.3). Genel olarak, 2. İstasyonda nikel seviyesi diğer istasyonlardan yüksektir (Şekil 3.21).



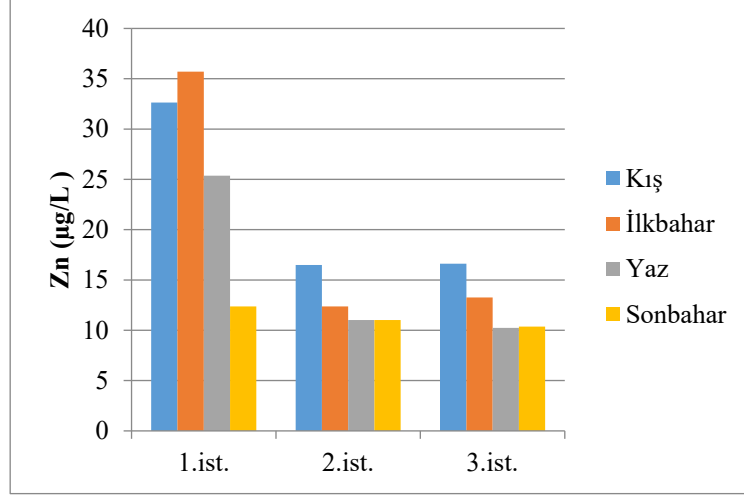
Şekil 3.21. Asarsuyu Deresi'nde nikel konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Analiz sonuçları, Asarsuyu Deresi'nde seçilen istasyonlarda kurşun konsantrasyonunun 0,423 µg/L (2. İstasyon, kış) ile 1,707 µg/L (1. İstasyon, kış) arasında değiştiğini göstermiştir (Çizelge 3.3). Genel olarak, 1. ve 3. İstasyonda sudaki kurşun seviyesi, 2. İstasyona göre daha yüksek değerlerdedir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Asarsuyu Deresi'nde kurşun konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

Çalışma kapsamında yapılan analizler, çinko konsantrasyonunun 1. İstasyonda 12,37-35,70 µg/L, 2. İstasyonda 11,02-16,49 µg/L ve 3. İstasyonda 10,24-16,61 µg/L arasında değiştiğini göstermiştir (Çizelge 3.3). Bütün mevsimlerde, sudaki en yüksek çinko konsantrasyonlarına 1. İstasyonda rastlanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Asarsuyu Deresi'nde çinko konsantrasyonunun mevsimlere göre değişimi.

3.4. ASARSUYU DERESİ'NDE BALIK DOKULARINDA AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI

3.4.1. *Squalius pursakensis* Dokularında Ağır Metal Birikimi

Çalışma kapsamında 3 farklı istasyondan toplam 80 *Squalius pursakensis* örneğinin karaciğer, kas ve solungaç dokularında bulunan ağır metal analizi yapılmıştır. Kullanılan balık örneklerinin total boyu 6,5-28,7 cm, vücut ağırlığı ise 6,2-200 g arasında değişmektedir (Çizelge 3.1).

Asarsuyu Deresi'nden avlanan *S. Pursakensis* örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında ölçülen ortalama, en düşük ve en yüksek Alüminyum (Al), Arsenik (As), Civa (Hg), Çinko (Zn), Demir (Fe), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Mangan (Mn), Nikel (Ni) değerleri Çizelge 3.4, Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Asarsuyu Deresi 1. İstasyonda ortalama metal konsantrasyonları dikkate alındığında, *S. pursakensis* örneklerinin solungaç dokusunda en yüksek metal birikimi sırasıyla Al (108,1 ppm), Fe (90,97 ppm), Zn (18,98 ppm), Mn (13,21 ppm), Cr (1,19 ppm) olarak ölçülmüştür. Solungaç dokusunda düşük miktarda bulunan metal ise As (0,091 ppm)'dir. Asarsuyu Deresi 1. İstasyonda ortalama metal konsantrasyonları dikkate alındığında, *S. pursakensis* örneklerinin karaciğer dokusunda en yüksek metal birikimi sırasıyla Fe (100,8 ppm), Zn (25,98 ppm), Al (7,10 ppm), Mn (6,43 ppm), Pb (4,21 ppm) olarak ölçülmüştür. Karaciğer dokusunda düşük miktarda bulunan metaller ise Hg (0,221 ppm), As ve Cd (0,25 ppm)'dir.

Çizelge 3.4. Asarsuyu Deresi 1. İstasyon'dan avlanan *Squalius pursakensis* bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm)

Doku	Al	As	Hg	Zn	Fe	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)
Solungaç	108,1± 157,6 (4,65-372,2)	0,091±0,048 (0,02-0,159)	0,240±0,26 (0,03-0,679)	18,98±13,6 (6,15-38,33)	90,97±82,4 (6,16-216,2)	0,25±0,23 (0,002-0,52)	1,19±0,88 (0,33-2,30)	0,54±0,74 (0,003-1,78)	13,21±11,63 (3,92-31,92)	0,99±0,80 (0,065-1,84)
Karaciğer	7,10±5,2 (0,85-13,58)	0,25±0,300 (0,004-0,78)	0,221±0,16 (0,011-0,50)	25,98±16,50 (6,630-47,83)	100,8±65,6 (1,99-172,9)	0,25±0,30 (0,029-0,75)	1,49±0,80 (0,80-2,81)	4,21±4,82 (0,02-12,0)	6,43±4,53 (0,023-12,26)	0,59±0,45 (0,044-1,22)
Kas	2,77±4,978 (0,002-11,19)	0,018±0,014 (0,0001-0,036)	0,133±0,14 (0,013-0,39)	3,13±3,71 (0,0002-8,76)	10,88±15,3 (0,17-39,7)	2,09±1,67 (0,27-3,34)	0,21±0,24 (0,01-0,56)	0,39±0,26 (0,20-0,68)	0,87±1,03 (0,016-2,31)	0,55±0,50 (0,001-0,92)

Çizelge 3.5. Asarsuyu Deresi 2. İstasyon'dan avlanan *Squalius pursakensis* bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm)

Doku	Al	As	Hg	Zn	Fe	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)
Solungaç	72,4 ± 110,6 (5,9-256,1)	0,046±0,023 (0,014-0,082)	0,110±0,10 (0,034-0,28)	13,47±3,25 (7,96-17,32)	101,78±89,3 (17,96-226,32)	0,087±0,13 (0,004-0,31)	0,57±0,45 (0,21-1,33)	0,26±0,25 (0,053-0,68)	14,70±7,52 (4,53-23,72)	0,76±0,77 (0,300-2,06)
Karaciğer	116,4±205,1 (1,231-471,76)	0,132±0,085 (0,054-0,286)	0,179±0,11 (0,054-0,37)	17,87±6,02 (9,24-26,27)	267,16±112,3 (154,33-427,9)	0,27±0,24 (0,037-0,65)	0,69±0,26 (0,30-0,98)	0,39±0,49 (0,118-1,25)	8,95±7,60 (1,000-21,1)	0,18±0,04 (0,117-0,238)
Kas	3,80±2,3 (0,918-7,16)	0,073±0,041 (0,024-0,141)	0,138±0,03 (0,096-0,18)	6,14±1,50 (4,37-8,86)	15,02±10,42 (6,80-32,05)	0,43±0,48 (0,019-1,25)	0,51±0,18 (0,34-0,80)	0,25±0,34 (0,053-0,82)	1,17±0,41 (0,52-1,56)	0,121±0,032 (0,087-0,167)

Çizelge 3.6. Asarsuyu Deresi 3. İstasyon'dan avlanan *Squalius pursakensis* bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm)

Doku	Al	As	Hg	Zn	Fe	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)
Solungaç	33,0±8,0 (19,7-37,9)	0,062±0,036 (0,008-0,114)	0,164±0,107 (0,023-0,31)	14,62±4,75 (6,06-17,66)	97,84±110,52 (34,59-283,15)	1,24±2,13 (0,005-4,85)	0,39±0,27 (0,19-0,85)	0,36±0,33 (0,06-0,87)	17,12±6,56 (6,35-21,89)	1,20±1,44 (0,24-3,59)
Karaciğer	11,5±13,6 (1,52-34,0)	0,208±0,191 (0,050-0,527)	0,198±0,107 (0,042-0,34)	10,81±4,01 (6,46-17,22)	146,49±89,38 (0,85-219,2)	1,32±2,18 (0,019-4,99)	0,51±0,27 (0,12-0,93)	0,39±0,45 (0,027-1,13)	6,17±4,45 (1,07-12,99)	0,46±0,45 (0,09-1,18)
Kas	3,8±3,1 (0,003-8,2)	0,045±0,028 (0,004-0,079)	0,180±0,154 (0,033-0,43)	4,45±3,22 (0,001-7,96)	17,87±22,03 (0,40-53,81)	0,68±0,68 (0,035-1,56)	0,32±0,25 (0,01-0,65)	0,34±0,27 (0,06-0,68)	1,91±1,85 (0,015-4,88)	0,19±0,15 (0,0002-0,39)

Asarsuyu Deresi 1. İstasyonda ortalama metal konsantrasyonları dikkate alındığında, *S. pursakensis* örneklerinin kas dokusunda en yüksek metal birikimi sırasıyla Fe (10,88 ppm), Zn (3,13 ppm), Al (2,77 ppm), Cd (2,09 ppm)'dir. Kas dokusunda en düşük miktarda bulunan metal ise As (0,018 ppm)'dir.

Çalışma alanında 2. İstasyondan avlanan *S. pursakensis* örneklerinin solungaç, karaciğer ve kas dokularında ortalama konsantrasyonlara göre, en yüksek ve düşük değerlerde bulunan metaller aşağıda şu şekilde sıralanmaktadır:

Solungaçta; Fe (101,78 ppm), Al (72,4 ppm), Mn (14,70 ppm), Zn (13,47 ppm)

Karaciğerde; Fe (267,16 ppm), Al (116,4 ppm), Zn (17,87 ppm), Mn (8,95 ppm)

Kasta; Fe (15,02 ppm), Zn (6,14 ppm), Al (3,80 ppm), Mn (1,17 ppm)

Her üç dokuda da en düşük miktarda bulunan metal As olup, ölçülen konsantrasyonlar sırasıyla 0,046, 0,132 ve 0,073 ppm'dir.

Asarsuyu Deresi 3. İstasyondan avlanan *S. pursakensis* örneklerinin solungaç dokusunda en yoğun biriken metaller, ortalama değerlere göre, Fe (97,84 ppm), Al (33 ppm), Mn (17,12 ppm), Zn (14,62 ppm), Cd (1,24 ppm) ve Ni (1,20 ppm)'dir.

Aynı örneklerin karaciğer dokusunda en fazla bulunan metaller ise sırasıyla Fe (146,49 ppm), Al (11,5 ppm), Zn (10,81 ppm), Mn (6,17 ppm) ve Cd (1,32 ppm)'dur.

Çalışma alanında 3. İstasyon *S. pursakensis* örneklerinin kas dokusunda en yüksek konsantrasyonda bulunan metaller ise Fe (17,87 ppm), Zn (4,45 ppm), Al (3,8 ppm), Mn (1,91 ppm) olarak belirlenmiştir.

As, 3. İstasyondan avlanan örneklerinin solungaç, karaciğer ve kas dokularında en düşük konsantrasyonda bulunan metal olup, ölçülen değerler sırasıyla 0,062, 0,208 ve 0,045 ppm'dir.

3.4.2. *Barbus tauricus* Dokularında Ağır Metal Birikimi

Çalışma kapsamında 3 farklı istasyondan toplam 55 *Barbus tauricus* bireyi avlanabilmiş ve bu örneklerin karaciğer, kas ve solungaç dokularında bulunan ağır metal analizi yapılmıştır. Kullanılan balık örneklerinin total boyu 6,4-28,2 cm, vücut ağırlığı ise 4,8-216 g arasında değişmektedir (Çizelge 3.1).

Asarsuyu Deresi'nden avlanan *B. tauricus* örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç ölçülen ortalama, en düşük ve en yüksek Alüminyum (Al), Arsenik (As), Cıva (Hg), Çinko (Zn), Demir (Fe), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Mangan (Mn), Nikel (Ni) değerleri Çizelge 3.7, Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Asarsuyu Deresi 1. İstasyonda ortalama metal konsantrasyonları dikkate alındığında, *B. tauricus* örneklerinin solungaç dokusunda en yüksek metal birikimi sırasıyla Al (102,8 ppm), Fe (89,53 ppm), Mn (24,87 ppm), Zn (17,11 ppm) olarak ölçülmüştür. Solungaç dokusunda düşük miktarda bulunan metal ise As (0,023 ppm)'dir.

Asarsuyu Deresi 1. İstasyonda ortalama metal konsantrasyonları dikkate alındığında, *B. tauricus* örneklerinin karaciğer dokusunda en yüksek metal birikimi sırasıyla Fe (223,8 ppm), Al (86,96 ppm), Zn (22,53 ppm), Mn (12,96 ppm) olarak ölçülmüştür. Karaciğer dokusunda düşük miktarda bulunan metale As (0,107 ppm)'dir.

Asarsuyu Deresi 1. İstasyonda ortalama metal konsantrasyonları dikkate alındığında, *B. tauricus* örneklerinin kas dokusunda en yüksek metal birikimi sırasıyla Fe (13,11 ppm), Al (7,50 ppm), Zn (5,72 ppm), Mn (4,79 ppm)'dir. Kas dokusunda en düşük miktarda bulunan metal ise As (0,050 ppm)'dir.

Asarsuyu Deresi 2. İstasyondan avlanan *B. tauricus* örneklerinin solungaç dokusunda en yoğun biriken metaller, ortalama değerlere göre, Fe (77,93 ppm), Al (73,23 ppm), Mn (15,70 ppm), Zn (8,83 ppm)'dur. Aynı örneklerin karaciğer dokusunda en fazla bulunan metaller ise sırasıyla Fe (287,82 ppm), Al (31,13 ppm), Mn (16,76 ppm), Zn (13,97 ppm)'dur. Çalışma alanında 2. İstasyon *Barbus tauricus* örneklerinin kas dokusunda en yüksek konsantrasyonda bulunan metaller ise Fe (69,37 ppm), Zn (7,83 ppm), Al (6,73 ppm), Mn (5,41 ppm) olarak ölçülmüştür. As, 2. İstasyondan avlanan örneklerinin solungaç, karaciğer ve kas dokularında en düşük konsantrasyonda bulunan metal olup, ölçülen değerler sırasıyla 0,048, 0,157 ve 0,079 ppm'dir.

Çizelge 3.7. Asarsuyu Deresi 1. İstasyon'dan avlanan *Barbus tauricus* bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm)

Doku	Al	As	Hg	Zn	Fe	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)
Solungaç	102,8±30,03 (74,7-134,3)	0,023±0,027 (0,0002-0,07)	0,223±0,151 (0,078-0,40)	17,11±15,77 (2,69-31,91)	89,53±58,67 (35,91-145,85)	0,32±0,15 (0,161-0,45)	1,18±0,84 (0,40-1,97)	0,33±0,10 (0,235-0,42)	24,87±20,17 (6,35-44,0)	0,82±0,54 (0,33-1,35)
Karaciğer	86,96±58,71 (32,6-145,4)	0,107±0,053 (0,030-0,167)	0,633±0,023 (0,599-0,66)	12,96±0,91 (12,0-13,93)	223,80±77,31 (150,6-300,6)	1,06±0,29 (0,79-1,39)	2,97±0,11 (2,81-3,13)	0,93±0,08 (0,84-1,00)	22,53±0,47 (21,91-23,23)	1,48±0,24 (1,25-1,73)
Kas	7,50±2,1 (5,45-9,53)	0,050±0,021 (0,017-0,070)	0,178±0,034 (0,140-0,22)	5,72±0,44 (5,31-6,19)	13,11±2,72 (10,48-15,76)	0,169±0,03 (0,13-0,21)	0,78±0,34 (0,46-1,10)	0,12±0,05 (0,075-0,16)	4,79±1,37 (3,50-6,17)	0,32±0,02 (0,298-0,34)

Çizelge 3.8. Asarsuyu Deresi 2. İstasyon'dan avlanan *Barbus tauricus* bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm)

Doku	Al	As	Hg	Zn	Fe	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)
Solungaç	73,23±75,98 (1,523-171,62)	0,048±0,034 (0,007-0,091)	0,203±0,07 (0,12-0,298)	8,83±3,80 (4,21-12,56)	77,93±51,01 (10,15-117,9)	0,33±0,20 (0,06-0,49)	1,86±1,89 (0,49-4,39)	0,30±0,32 (0,07-0,72)	15,70±15,89 (2,07-36,74)	1,74±2,06 (0,12-4,47)
Karaciğer	31,13±21,56 (3,489-52,884)	0,157±0,085 (0,043-0,265)	0,355±0,187 (0,144-0,62)	13,94±3,95 (7,94-18,54)	287,82±173,7 (68,88-466,47)	0,51±0,40 (0,046-0,99)	1,06±0,49 (0,61-1,72)	0,71±0,54 (0,27-1,59)	16,76±11,68 (1,25-26,29)	1,19±1,12 (0,33-2,76)
Kas	6,79±3,89 (3,251-12,192)	0,079±0,047 (0,032-0,148)	0,142±0,12 (0,019-0,29)	7,83±2,88 (5,02-11,22)	69,37±60,47 (10,06-151,25)	0,22±0,15 (0,054-0,39)	0,51±0,12 (0,36-0,61)	0,33±0,37 (0,048-0,82)	5,41±4,78 (1,05-12,06)	0,25±0,05 (0,20-0,31)

Çizelge 3.9. Asarsuyu Deresi 3. İstasyon'dan avlanan *Barbus tauricus* bireylerinin dokularında ağır metal miktarları (ppm)

Doku	Al	As	Hg	Zn	Fe	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)	Ort ± SS (Min-Mak)
Solungaç	40,39±38,27 (0,72-88,95)	0,064±0,052 (0,00003-0,12)	0,165±0,136 (0,0001-0,32)	7,83±6,63 (0,009-15,35)	132,71±131,9 (0,239-299,36)	0,16±0,14 (0,14-0,33)	0,28±0,24 (0,001-0,56)	0,35±0,44 (0,0002-0,96)	16,62±19,19 (0,05-42,08)	1,22±1,42 (0,001-3,10)
Karaciğer	7,51±9,39 (0,02-19,94)	0,101±0,077 (0,00009-0,17)	0,275±0,19 (0,0001-0,48)	6,49±4,88 (0,01-10,34)	159,95±119,9 (0,128-245,63)	0,27±0,19 (0,0001-0,49)	0,55±0,63 (0,001-1,39)	0,51±0,50 (0,0001-1,14)	5,98±8,19 (0,01-17,04)	0,45±0,51 (0,0001-1,14)
Kas	9,81±7,15 (1,45-18,19)	0,072±0,018 (0,050-0,094)	0,345±0,091 (0,273-0,47)	6,14±2,82 (2,74-9,32)	29,95±25,45 (12,61-63,89)	0,69±0,56 (0,01-1,33)	0,58±0,36 (0,18-1,03)	0,39±0,41 (0,094-0,95)	3,45±2,29 (1,75-6,66)	0,38±0,40 (0,076-0,91)

Çalışma alanında 3. İstasyondan avlanan *B. tauricus* örneklerinin solungaç, karaciğer ve kas dokularında ortalama konsantrasyonlara göre, en yüksek ve düşük değerlerde bulunan metaller aşağıda şu şekilde sıralanmaktadır:

Solungaçta; Fe (132,71 ppm), Al (40,39 ppm), Mn (16,62 ppm), Zn (7,83 ppm)

Karaciğerde; Fe (159,98 ppm), Al (7,51 ppm), Zn (6,49 ppm), Mn (5,98 ppm)

Kasta; Fe (29,95 ppm), Al (9,81 ppm), Zn (6,14 ppm), Mn (3,45 ppm)

İncelenen bu üç dokuda da en düşük miktarda bulunan metal As olup, ölçülen konsantrasyonları sırasıyla 0,064, 0,101 ve 0,072 ppm'dir.

4. TARTIŞMA

Su kalitesi, suyun çeşitli amaçlarla kullanılmasını etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin tamamını ifade eden bir terimdir. Suyun evsel, tarımsal veya endüstriyel amaçlarla kullanılmasının uygun olup olmadığını belirlemek için, suyun kalitesini etkileyen fiziko-kimyasal ve kimyasal parametrelerin bilinmesi gerekir (Boyd & Lichtkoppler, 1993). Doğadaki bütün canlılar, içinde buldukları ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarından etkilenirler. Canlıların beslenme, üreme, büyüme gibi temel biyolojik fonksiyonları, çevre koşulları ile yakından ilişkilidir. Balıkların optimum üretimi için, balık ve çevre koşulları arasındaki ilişkilerin iyi kavranması gerekir (Boyd & Lichtkoppler, 1993). Dolayısıyla, balıkçılık biyolojisi çalışmalarında, balık türlerinin yaşam döngüsü özelliklerinin belirlenebilmesi için, su ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç duyulur. Ayrıca, gerek günlük yaşamda suyun doğrudan kullanımı, gerekse su ürünlerinin besin olarak tüketilmesi nedeniyle, su kalitesi toplum sağlığını da yakından ilgilendirmektedir. Sunulan tez çalışmasında, Büyük Melen Havzası'nın önemli kollarından biri olan kentsel ve endüstriyel kirlilik baskısı altında bulunan Asarsuyu Deresi'nin temel fizikokimyasal ölçümler, suda anyon-kasyon analizleri ve metal analizleri yapılarak su kalitesinin belirlenmesi, ayrıca alanda yoğun olarak bulunan balık türleri *Squalius pursakensis* ve *Barbus tauricus* dokularında ağır metal birikiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Sıcaklık, biyokimyasal reaksiyonları ve gazların suda çözünürlüğünü etkilediği, suyun viskozitesini ve yoğunluğunu değiştirdiği için, suda yaşam açısından oldukça önemli bir parametredir. Suda yaşayan canlıların, özellikle de balıkların metabolizma hızı büyük ölçüde sıcaklığın etkisi altındadır. Örneğin sazan geniş bir sıcaklık aralığında hayatta kalmayı başarabildiği halde, sadece 8-10 °C'de beslenme ve 15 °C'de üreme aktivitesine başlar (Nikolsky, 1963). Çalışma kapsamında, Asarsuyu Deresi'nde su sıcaklığı 7.6 °C ve 22.8 °C arasında ölçülmüştür. Özellikle sazangiller familyası türlerinin yoğun olarak yayılış gösterdiği bir akarsu olan Asarsuyu Deresi'nde su sıcaklığı balık yaşamını tehdit edecek değerlere ulaşmamaktadır.

Toplam Çözünmüş Katılar (TDS), su içerisindeki çözünmüş maddelerin tamamı için kullanılan bir terim olup, suyun etkileşimde bulunduğu kayaçların ve toprağın yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Tuzluluk, suda çözünmüş tuzların miktarını ifade eder. Elektriksel iletkenlik (EC) ise sudan geçen elektrik akımının bir ölçüsüdür ve suda

çözünmüş katıların miktarı ile orantılıdır. TDS ve tuzluluk seviyeleri, iletkenlik seviyesini doğrudan etkiler. Suyu deşarj edilen kirleticiler TDS, tuzluluk ve EC'in değişmesine neden olduğundan, bu üç parametre su ortamında kirlilik tahmininde kullanılmaktadır. Kanalizasyon atıkları ve tarımsal sulama sonucu su ortamına sızan sular klorür, fosfat ve nitrat içerdiklerinden, bu üç parametreyi yükseltebilmektedir (Wetzel, 2001). EC 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'i aştığında su ortamı ekolojik yönden kararlılığını kaybeder (Svobodá et al., 1993). Balıkçılık için uygun suların EC değerlerinin 150 μS ve 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olması gerektiği bildirilmiştir Bremond & Vuichard, (1973). Asarsuyu Deresi'nde EC değerleri 511 μS ve 616 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişmektedir. Bu değerlerin, çevredeki kentsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanabileceği düşünölmektedir. Alanda EC değerleri tatlısu balıklarının uyum sağlayabileceği değerler (Svobodá et al., 1993) olup, mevcut halde doğal ihtiyofauna açısından risk oluşturmayacağı düşünölmektedir.

Su kalitesinin izlenmesinde bir diğer önemli parametre çözünmüş oksijendir (Wetzel, 2001). Sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu, sıcaklık, çözünmüş tuzların miktarı ve sucul organizmaların biyolojik etkinliğine bağlı olarak değişir (Svobodá et al., 1993). Asarsuyu Deresi'nde kış döneminde çözünmüş oksijen miktarı 10 mg/L'nin üzerinde olmasına rağmen, özellikle bahar mevsiminde tüm istasyonlarda ciddi bir düşüşle 5 mg/L'nin altında ölçölmüştür. Çakırsoy Şen, (2007), sunulan çalışmada 1. İstasyon olarak belirlenen Üçköprü mevkiinde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 7,5 ile 8,3 mg/L arasında değiştiğini rapor etmiştir. Sunulan tez çalışmasında mevsimler arasında çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki çarpıcı değişim, ortama farklı zamanlarda kirletici madde deşarjları ve sıcaklık artışlarına bağlı olarak suyun oksijen tutma kapasitesinin azalmasına bağlı olabilir. Bremond & Vuichard, (1973), cyprinidlerin hayatta kalabilmesi için ortamda en az 5 mg/L oksijen bulunması gerektiğini bildirmiştir. Avrupa Birliği Yönetmelikleri de suyun oksijen içeriğinin alabalıklar için 6mg/L'den sazangiller için ise 4 mg/L'den düşük olmaması gerektiğini bildirmektedir (EC, 2006). Asarsuyu Deresi'nde ölçölen en düşük çözünmüş oksijen değeri bahar döneminde 4,15 mg/L olup, ortamda çözünmüş oksijenin özellikle bahar ve sonbahar mevsimlerinde balıklar için kritik düzeylere düşebileceğinin bir işaretidir.

Sudaki canlı yaşamı etkileyen unsurlardan biri de pH tır. Birçok balık türü, pH 6,5-8,5 arasında olan sularda iyi bir gelişim gösterir (Arrignon, 1976; Dauba, 1981). pH'ı 10,8'den yüksek ve 5,0'dan düşük sular, sazangiller (özellikle sazan) için öldürücü etki

yapmaktadır (Svobodá et al., 1993). Avrupa Birliği Yönetmelikleri'ne göre alabalıklar ve sazangiller için uygun pH aralığı 6 ile 9 arasında değişmektedir (EC, 2006). Asarsuyu Deresi'nde pH değeri en düşük 7,50 ile 8,98 aralığında yer almaktadır. Çakırsoy Şen, (2007). de yaptığı çalışmada Asarsuyu Üçköprü bölgesinde pH değerini 7.68 ile 7,95 arasında kaydetmiştir. Bu değerler balık yaşamı açısından uygundur.

Sülfat, sudaki önemli anyonlardan biri olup, jipsli kayalardan çözünerek ve yağmur suları ile tatlısu ortalamına karışır. Doğal anyon görevi gören sülfatın sudaki değerı balıklar içinde önem teşkil etmektedir. Sülfat değerı doğal sularda 5-100 mg/L arasında değişim göstermektedir (Wetzel, 2001). Sudaki sülfat artışı, endüstriyel, tarımsal ve evsel atık suların ortama karışmasının göstergesi olabilmektedir. Sülfat, içeriğinin 250 mg/L'den fazla olması ciddi derecede kirlenmeye işaret etmektedir (Nisbet & Verneaux,1970). Asarsuyu Deresi'nde sülfat konsantrasyonunun 45,26 ve 125,9 mg/L arasında değiştii belirlenmiştir. Bu değerler balık yaşamı açısından uygundur.

Klorür, suyun önemli bileşenlerinden biridir. Doğal sularda oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunur. Tatlısulara klorür konsantrasyonu genellikle 10-20 mg/L arasındadır (Wetzel, 2001). Asarsuyu Deresi'nde klorür miktarı 33,04 ile 38,28 mg/L arasında değişmektedir. Bu değerler, doğal sular için kabul edilen değerlerin biraz üzerinde olup, alana kirlatici deşarjın bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Kalsiyum ve magnezyum, doğal suların bileşiminde en çok bulunan iyonlardandır. Her ikisi de suyun primer üretiminde önemli rol oynamaktadır. Doğal suların kalsiyum içeriği 150 mg/L'ye kadar ulaşılabilirken, 25 mg/L civarında iken produktivite maksimuma ulaşır ve 12 mg/l'nin altına düştüğünde ise produktivitenin 2 kat azalacağı belirtilmektedir (Bremend & Vuichard, 1973; Nisbet ve Verneaux,1970). Balıkçılık açısından uygun bulunan sularda magnezyum miktarı 14 mg/l'den daha azdır (Alabaster & Lloyd, 1980). Sunulan çalışmada maksimum kalsiyum ve magnezyum miktarları, sırasıyla 88,79 mg/L and 12,73 mg/L ölçülmüştür. Bu değerler, Asarsuyu Deresi'nde primer üretimin optimum düzeyde sürdürülebilmesi için uygundur.

Fosat, sucul ekosistemlerde primer üretimi sınırlayan faktörlerden biridir (Wetzel, 2001). Organik döküntülerin parçalanması, tarım alanlarından gübrelerin yıkanarak sucul ortamlara taşınması, evsel ve endüstriyel atıkların doğal sulara deşarj edilmesi ile sucul ortamlara taşınır. Nisbet & Verneaux (1970), fosfat konsantrasyonunun 0,15-0,30 mg/L arasında olduğu sularda primer üretimin yüksek olduğunu, konsantrasyonun 0,30 mg/L'yi aşması halinde suların "kirli" kabul edilebileceğini bildirmişlerdir.

Fosfat konsantrasyonu 0,50 mg/L'yi aşan sular "aşırı kirli" olarak değerlendirilir. Asarsuyu Deresi'nde ortofosfat konsantrasyonunun 0,02-0,26 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler, ortamda primer optimum düzeyde gerçekleşmesine uygun, dolayısıyla balık yaşamı açısından sorun oluşturmayacak aralıktadır.

Nitrit, nitrat ve amonyak, doğal sularda en yaygın bulunan azotlu bileşiklerdir. Bu bileşiklerin doğal kaynakları arasında topraktaki nitrat tuzları ve yağmur suyu ile taşınan atmosferik azot bulunmaktadır. Ayrıca, atmosferdeki azot gazı, suda mavi-yeşil bakteriler tarafından bağlanarak amonyum tuzlarına dönüştürülmektedir. Tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atık sular, azotlu bileşiklerin başlıca antropojenik kaynaklarıdır. Yüzey sularında nitrat miktarı genellikle 1 mg/L'den düşüktür (Anonymous, 1981). Nitratlar, alg ve yeşil bitkilerin gelişimini artırmasından dolayı bazı balık türlerinin besin ve yaşamsal faaliyetlerinin devamlılığı için önemli bir etken olmaktadır. Nitratın sudaki miktarı belirli seviyeler üzerine çıkmasıyla toksik etki oluşturabilmektedir. Nitratın toksisitesi düşük olmakla birlikte, sudaki konsantrasyon miktarının 80 mg/l'nin üzerine çıkması halinde sazanalara toksik etki yapar (Svoboda et al., 1993). Ancak, Nitratın 46 mg/L'yi aşması halinde, balıklarda methemoglobinemi ortaya çıkar (Nikolsky, 1963). Sunulan çalışmada Asarsuyu Deresi'nde nitrat konsantrasyonunun 2,50 ile 7,40 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu yüksek nitrat konsantrasyonları, özellikle 2. ve 3. İstasyonlarda ölçülmüş olup, 1. İstasyonda ölçülen en yüksek nitrat değeri 2,86 mg/L olmuştur. Çakırsoy Şen (2007), Melen Havzası'nda yaptığı çalışmada Asarsuyu'nun Üçköprü bölgesinde (bu çalışmadaki 1. İstasyonu temsil eden bölge) nitrat konsantrasyonunun 0,4 ile 2,5 mg/L arasında değiştiğini saptamıştır. Bu iki çalışma arasında, belirtilen bölgede nitrat konsantrasyonu bakımından çok ciddi bir dalgalanma olmadığı anlaşılmaktadır. Nitekim, sunulan çalışmada elde edilen nitrat değerleri balık yaşamını tehdit edebilecek boyutta değildir.

Yüzey sularında, mikrobiyal aktivitelere bağlı olarak bir miktar amonyum bulunmasına rağmen, suda amonyumun yüksek düzeyde olması önemli bir kirlilik göstergesidir. Amonyum iyonu suda yaşayan canlı organizmalar için önemli ölçüde toksik değildir. Ancak yüksek pH ve sıcaklığa bağlı olarak amonyum amonyağa dönüşerek su ortamı içindeki balık yaşamı ve diğer canlılar için toksik hale gelebilmektedir (Alabaster & Lloyd, 1980). Nisbet & Verneaux, 1970, 1 mg/L'den fazla amonyum içeren suların aşırı derecede kirletilmiş olduğunu ifade etmiştir.

Çakırsoy Şen, (2007). Asarsuyu Deresi'nde yaptığı ölçümlerde amonyum azotu miktarının 0,01 ile 0,526 mg/L arasında değiştiğini bildirmiştir. Sunulan çalışmada amonyum azotu miktarı 0,30 ile 3,75 mg/L arasında değişmekte olup, Çakırsoy Şen, (2007).’in de ölçüm yaptığı 1. İstasyonda 3 mg/L’yi aşan değerlere ulaşıldığı saptanmıştır. Özellikle 1. İstasyonda gözlenen bu aşırı amonyum değerleri, iki çalışma arasında geçen süreçte ortamda kirlilik yükünün artmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Mevcut amonyum değerleri, balık yaşamını tehdit edebilecek değerlerdir.

Nitrit, azot döngüsünün bir ara ürünüdür. Nitratların yanı sıra, nitritler de plankton gelişimine ve böylece primer üretime katkıda bulunur. Nisbet & Vernaeux (1970) sudakinitrit miktarının 1 mg/L’yi aşması durumunda kirlenmenin başlamış olduğunu ileri sürmektedir. EC direktiflerine göre nitritdeğerinin salmonidlerin bulunduğu sularda 0,01 mg/L ve Cyprinidlerin bulunduğu sularda ise 0,03 mg/L değerlerine eşit veya bu değerlerden düşük olması gerektiği bildirilmiştir (EC, 2006). Sunulan çalışmada, Asarsuyu Deresi’nde nitrit konsantrasyonu özellikle kış ve ilkbahar dönemlerinde 1. istasyonda ölçülebilecek sınırın altında iken, çalışma süresinde nitrit konsantrasyonunun 0,36-5,57 mg/L arasında değiştiği saptanmıştır. Özellikle sonbahar döneminde tüm istasyonlarda nitrit seviyesi 5 mg/L’yi aşmıştır. Çakırsoy Şen, (2007). yaptığı çalışmada Asarsuyu Deresi’nde nitrit değerlerinin 0,02 ile 0,045 mg/L arasında değiştiğini bildirmiştir. İki çalışma dönemi arasındaki bu fark, alanda kirletici yükündeki artışın bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Arsenik, doğal sularda okside formlarda bulunan bir metaldir. Arsenik kirliliğinin başlıca kaynağı deri işleme tesisleri, boya üretim tesisleri ve maden sahalarından kaynaklanan atık sulardır. Arsenik, suya karıştıktan sonra, özellikle sedimanda tutulur ve daha sonra canlıların bünyesinde birikir ve balıklar için letal doz 3 mg/l’nin üzerindedir (Svobodá et al., 1993). Çakırsoy Şen, (2007). Asarsuyu Deresi’nde arsenik derişimini 2-8 µg/L arasında bildirmiştir. Sunulan çalışmada ise Asarsuyu Deresi’nde arsenik miktarı 0,700 µg/L’yi geçmediğinden, balık yaşamı açısından ciddi bir tehdit söz konusu değildir.

Sucul ortamda alüminyumun toksisitesi pH derecesi ile ilişkilidir. pH değeri 7 ile 7,5 arasında iken alüminyum 0,3 mg/L’yi aşarsa balıklar için öldürücü etki oluşturur (Svobodá et al., 1993). Çakırsoy Şen, (2007). Asarsuyu Deresi Üçköprü bölgesinde alüminyum miktarının 1,1 ile 4,14 mg/L arasında değiştiğini ve ciddi bir alüminyum

kirliliği olduğunu bildirmiştir. Ancak, sunulan alımda hiçbir istasyonda alüminyum konsantrasyonu 0,03 mg/L'nin üzerine çıkmamaktadır. Dolayısıyla, balık yaşamı açısından tehdit oluşturacak bir alüminyum kirliliğinin oluşmadığı düşünülmektedir.

Civa sucul ortamlara özellikle endüstriyel atıkların deşarjı ve yağışlarla taşınmaktadır. Kirlenmemiř sularda civa konsantrasyonu, suyun fiziko-kimyasal özelliklerine bağlı olarak 0,1 µg/L'yi aşmaz. Civanın öldürücü dozu salmonidler için 0,3-1 mg/L, sazangiller için ise 0,2-0,4 mg/L arasında değişmektedir (Svobodá et al., 1993). akırsoy şen, (2007). Asarsuyu'nda en yüksek civa konsantrasyonunu 1,6 µg/L olarak bildirmiştir. Sunulan alımda ise civa konsantrasyonu 0,034 ile 0,75 µg/L arasında değişmektedir. Bu değerler, kimi zaman Asarsuyu Deresi'nde civa konsantrasyonu kirlilik boyutuna ulaşsa da, doğrudan balık yaşamını tehdit edebilecek düzeyde olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Kadmiyum, inko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiş bir metaldir. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Ancak günümüzde kadmiyum da evre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır. Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanımı nedeniyle gemi sanayiinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayiinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum empürte olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliğine ortaya çıkar. Balıklar için maksimum tolere edilebilir kadmiyum düzeyleri alabalıklar için 0,2µg/L, sazangiller için ise 1 µg/L olup, suda kalsiyum ve magnezyum seviyesi arttıkça kadmiyumun toksisitesi azalır (Svobodá et al., 1993). Sunulan alımda 0,016-0,086 µg/L arasında değişmekte olup, Asarsuyu balık faunası açısından tehdit oluşturan konsantrasyonlara ulaşmamaktadır.

Günümüzde biyosfere insan faaliyetlerine bağlı olarak önemli oranda yayılan kurşun, ekolojik sisteme en önemli zararlı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003). Kurşun, su ve havadan oksitlenmemesi nedeni ile boruların yapımında, su altı telefon kablolarının korunmasında, sülfürik asitten etkilenmemesi nedeniyle özellikle sülfürik asit endüstrisinde ve kurşun akümülatörlerin yapımında kullanılır. Benzin ve boya maddelerinin yanı sıra, yiyecekler ve su da insanlar açısından kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü

bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurulur. Sucul ortamlarda balıkların tolere edebileceği maksimum kurşunun değerleri alabalıklar için 4-8 µg/L, sazanlar için 70 µg/L'dir (Svobodá et al., 1993). Çakırsoy Şen, (2007). Asarsuyu'nda kurşun miktarını 3-24 µg/L aralığında bildirmiştir. Sunulan çalışmada ise kurşun seviyesi 0,423-1,77 µg/L arasında değişmekte olup, Çakırsoy Şen, (2007).’in de araştırma bölgesi olan Üçköprü mevkiinde kurşun miktarının diğer istasyonlara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, Üçköprü mevkiinde bulunan Ankara-İstanbul otoyolundaki yoğun taşıt trafiğine bağlı olarak ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

Bakır doğada serbest halde veya bileşikleri halinde bulunan bir metaldir. Bakır en çok elektrik kablolarında, inşaatlarda, endüstriyel makinelerde kullanılmaktadır. Bakırın sulara fazla bulunması özellikle bakteriler, algler, mantarlar ve balıklar için toksik etki yaratmaktadır (Tanyolaç, 2009). Balıkların maksimum dayanabileceği bakır konsantrasyonu, suyun diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerine de bağlı olarak, 1-10 µg/L arasında değişir (Svobodá et al., 1993). Sunulan çalışmada Asarsuyu Deresi'nde bakır konsantrasyonunun 0,326 ile 1,117 µg/L arasında değiştiği, en yüksek değerlere genellikle 1. İstasyonda rastlandığı belirlenmiştir. Çakırsoy Şen, (2007). de, Asarsuyu Deresi Üçköprü bölgesinde bakır konsantrasyonunun 1,5-16 µg/L arasında değiştiğini bildirmiştir. Elde edilen veriler, çalışma süresince elde edilen bakır konsantrasyonlarının balık yaşamını tehdit edecek boyutta olmadığına işaret etmektedir.

Nikel, sert, korozyona dayanıklı ve parlak olması nedeni ile metal kaplamada önemli bir yer tutan bir metaldir. Metal işleme tesislerinin atık suları ile sucula ortamlara karışır. Balıklar için nikelin öldürücü dozu 30-75 µg/L'dir (Svobodá et al., 1993). Asarsuyu Deresi'nde nikel konsantrasyonunun 0,125-1,359 µg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Çakırsoy Şen, (2007). de Melen Havzası'nda yaptığı çalışmada Asarsuyu Deresi'nden nikel konsantrasyonunun 3,5 ile 7 µg/L arasında değiştiğini rapor etmiştir. Asarsuyu için verilen bu değerler, nikelin balık yaşamını tehdit edecek düzeye ulaşmadığını göstermektedir.

Çinko, demir, alüminyum ve bakırdan sonra en çok kullanılan metaldir. En önemli kullanım alanları; kuru pil yapımı, kaplamacılık (galvanizleme) ve alaşımlarının yapımıdır. Bu tür endüstriyel faaliyetler sonucu, atık sularla doğal ortamlara karışır. (Svobodá et al., 1993). Cyprinidler için öldürücü çinko dozunun 100 µg/L'nin üstü olduğunu bildirmiştir (Svobodá et al., 1993). Asarsuyu Deresi'nde çinko konsantrasyonunun 10,24 µg/L ile 35,69 µg/L arasında değiştiği saptanmıştır. Daha önce yapılan çalışmada, Asarsuyu Deresi'nde çinko miktarının 23-53 µg/L arasında

değiştiği bildirilmiştir (Çakırsoy şen, 2007). Belirtilen değerler, cyprinidler için bildirilen letal dozun altındadır.

Sunulan tez çalışması kapsamında Asarsuyu Deresi'nin 3 farklı bölgesinden alınan su örneklerinin analiz sonuçları, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde Kıtaıçi Su Kaynakları için verilen kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.2). Elde edilen verilere göre, fiziksel ve inorganik parametreler yönünden Asarsuyu Deresi'ni, I. ile IV. Sınıf, civa ve alüminyum dışındaki metaller yönünden suyun I. Sınıf su kriterlerinesahip olmakla birlikte, civa ve alüminyum değerleri suyun II. Sınıf özelliğindedir. Bu bulgular, Asarsuyu'nun A grubu parametreler yönünden IV. Sınıf, C grubu parametreler yönünden II. Sınıf olduğunu göstermektedir. SKKY'nin "en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfını belirler" hükmüne göre IV. Sınıf çok kirlenmişsu olarak su kalite sınıfı belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Asarsuyu Deresi'nin Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (SKKY, 2004) kriterlerine göre kalite sınıfları.

Parametreler	Parametre Sınıfı			Grup Sınıfı
	1. İst	2. İst	3. İst	
A-Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler				IV
Sıcaklık (°C)	I-II	I-II	I-II	
Toplam Çözünmüş Madde (mg/L)	I	I	I	
pH	I-II	I-II	I-II	
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	I-III	I-III	I-III	
Amonyum Azotu (mg NH ₄ -N /L)	IV	II	I-II-III	
Nitrit Azotu (mg NO ₂ -N /L)	I-IV	IV	IV	
Nitrat Azotu (mg NO ₃ -N /L)	I	I-II	I-II	
Klorür (mg Cl ⁻ /L)	II	II	II	
Sülfat (mg SO ₄ /L)	I-II	I-II	I-II	
Sodyum (mg Na ⁺ /L)	I	I	I	
C-İnorganik Kirlenme Parametreleri				II
Civa (µg Hg/L)	I-II	I-II	I-II	
Kadmiyum (µg Cd/L)	I	I	I	
Kurşun (µg Pb/L)	I	I	I	
Arsenik (µg As/L)	I	I	I	
Bakır (µg Cu/L)	I	I	I	
Nikel (µg Ni/L)	I	I	I	
Çinko (µg Zn/L)	I	I	I	
Demir (µg Fe/L)	I	I	I	
Mangan (µg Mn/L)	I	I	I	
Alüminyum (mg Al/L)	I-II	I-II	I-II	

As, Al, Cd, Cr, Ni, Zn, Hg, Pb, Fe gibi metaller gerek sudan gerekse besin zinciri yoluyla balık dokularına girebilmekte, ancak doğal fizyolojik yollarla atılamadıkları için canlı bünyesinde birikmekte ve belli bir düzeyi aştıktan sonra toksik etki göstermektedir (Nikolsky, 1963). Balık dokularında biriken metaller, canlının maruz kaldığı süreye ve söz konusu maddenin ortamdaki konsantrasyonuna bağlı olarak değişebilmektedir (Svobodá et al., 1993). Ağır metaller, subletal dozlarda genellikle balıkların karaciğer, kas, solungaç gibi dokularında birikmektedir (Alabaster & Llyod, 1980). Karadede vd. (2004), Atatürk Baraj Gölünde yaptıkları çalışmada *Liza abu* ve *Silurus triostegus*'da en fazla metal birikimini karaciğer ve solungaçta olduğu tespit etmişlerdir. Abu Hilal & Ismail (2008), 11 balık türünde bulunan Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn üzerinde

yaptıkları araştırmada, Cu ve Cd'un karaciğer, mide ve solungaçlar gibi hayati organlarda, Co, Cr, Ni ve Pb'un en fazla solungaçlarda, Fe'in en fazla kasta biriktiğini göstermişlerdir.

Sunulan çalışmada, Asarsuyu Deresi'nde yayılış gösteren cyrinid türleri *S. pursakensis* ve *B. tauricus* türlerinin solungaç, karaciğer ve kas dokularında ağır metal birikimleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, özellikle demir ve alüminyum değerlerinin karaciğer ve solungaç dokularında yüksek değerlere ulaştığını göstermiştir. Her iki türün de dokularındaki ağır metal konsantrasyonları yakın değerlerde bulunmuştur.

Akgün vd., (2007). Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *Leuciscus cephalus* türünün kas, karaciğer ve solungaç dokularından en fazla biriken metallerin sırasıyla Zn, Cd ve Pb olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, Zn miktarının kas dokusunda 41,6 – 119,7 ppm, karaciğerde 52,5 – 350,6 ppm, solungaçta 20,6 – 54,5 ppm'e; Cd'un kas dokusunda 2,1 – 3,8 ppm, karaciğerde 1,6 – 9,2 ppm, solungaçta 0,1 – 0,3 ppm'e; Pb'un ise kas dokusunda 20,5 – 41,3 ppm, karaciğerde 21,6 – 70,8 ppm, solungaçta 1,3 – 3,2 ppm'e ulaştığını belirlemişlerdir. Asarsuyu Deresinde yaşayan *Squalius pursakensis* ve *Barbus tauricus* türlerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında Zn, Pb, Cd seviyeleri, Akgün vd., (2007) tarafından bildirilen değerlerden daha düşüktür.

Yılmaz vd. (2007), Sariçay'dan yakaladıkları *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus* türlerinin dokularında metal birikimini araştırdıkları çalışmada, Zn miktarını 6,35 – 28,55 µg/g, Cu miktarını 0,065 – 6,362 µg/g, Pb miktarını 0,068 – 0,874 µg/g, Cd miktarını 0,001 – 0,084 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, en yüksek birikim karaciğer ve solungaçlarda olduğunu belirtmişlerdir. Asarsuyu Deresi'nde yapılan çalışmada da Zn ve Pb en fazla karaciğer ve solungaçta bulunmakta olup, her iki türde de ölçülen konsantrasyonlar Yılmaz vd., (2007)'nin elde ettiği değerlerden yüksektir.

Kaptan ve Tekin Özan (2014), Eğirdir Gölünde yaşayan sazanın kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cd, Fe, Zn ve Pb birikimini incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; Cd kasta 0,0016 – 3,1 ppm, karaciğerde 0,0041 – 6,2 ppm, solungaçta 0,0016 – 0,3 ppm; Fe kasta 11,2 – 533 ppm, karaciğerde 1,0 – 86,8 ppm, solungaçta 26,3 – 741,4 ppm; Zn kasta 18,0 – 394,4 ppm, karaciğerde 59,9 – 3490 ppm, solungaçta : 80,8 – 1808 ppm; Pb kasta 0,01 – 0,11 ppm, karaciğerde 0,02 – 0,26 ppm, solungaçta 0,0003 – 0,4 ppm düzeyindedir. Asarsuyu Deresi'nde yaşayan *S. pursakensis* ile Eğirdir Gölünde yaşayan *Corpinus carpio* türlerinin kas, karaciğer ve solungaçta Cd değeri birbirine

yakındır. Asarsuyu Deresi'nde yaptığımız çalışmada Fe ve Zn kas, karaciğer ve solungaçta daha düşük Pb ise daha yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında incelenen balık türleri, yöre halkı tarafından besin olarak tüketilen türlerdir. Balıkların dokularında (özellikle kas dokusunda) mevcut ağır metaller, besin zinciri yoluyla insana ulaşabildiğinden, tehlike arz etmektedir. Türkiye'de halen yürürlükte olan Su Ürünleri Yönetmeliği'nde balıklar için kabul edilebilir civa, kadmiyum ve kurşun değerleri, sırasıyla 0,5 mg/kg, 0,05 mg/kg ve 0,3 mg/kg olarak bildirilmiştir (1mg/kg=1ppm). Asarsuyu Deresi'nden avlanan bu metallerin minimum ve maksimum değerleri, *S. pursoriensis*'in kas dokusunda Hg 0,013-0,43 ppm, Cd 0,019-3,34 ppm, Pb 0,053-0,82 ppm, ve *B. tauricus*'un kas dokusunda Hg 0,019-0,47 ppm, Cd 0,01-1,33 ppm, Pb 0,048-0,95 ppm arasında değişmektedir. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği ekinde belirtilen Ağır Metaller başlığı altında ve Avrupa Birliği'nin 1881/2006 numaralı komisyon düzenlemesindeki balık dokularında bazı ağır metaller için limit değerler şu şekilde bildirilmiştir: Pb 0,30 ppm, Cd 0,05 ppm, Hg 0,50 ppm (Anonim, 2006; Anonim, 2011). Asarsuyu Deresi'nden avlanan *S. Pursoriensis* ve *B. tauricus* türlerinin kas dokularında Pb ve Cd Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği tarafından bildirilen sınır değerleri aşmakta, Hg ise bazı gönemlerde sınır değerlere yaklaşmaktadır. Bu sonuçlar, belirtilen balık türlerinin besin olarak tüketimlesinin, zaman içerisinde insan sağlığı açısından risk oluşturabileceği izlenimi oluşturmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Asarsuyu Deresi'nde belirlenen 3 istasyonda, akarsuyun kalitesi, suda ve balık dokularında ağır metal birikiminin incelendiği bu çalışmada, gerek temel fiziko-kimyasal parametreler gerekse metal içeriği bakımından suyun kirletilmiş su kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Suyun özellikle azotlu bileşikler ve çözünmüş oksijen içeriği bakımından balık yaşamını tehdit oluşturabileceği izlenimi oluşmuştur. Her ne kadar suda bulunan ağır metal içeriği balıklar için letal düzeylere ulaşmasa da, özellikle balığın besin olarak tüketilen kısmı olan kas dokusunda Cd ve Pb birikiminin kabul edilebilir yasal sınırları aştığı, dolayısıyla insan sağlığını tehdit edebilecek düzeyde olduğu endişesi ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, Asarsuyu Deresi'nde suda ağır metal birikimi aşırı düzeyde olmadığı, ancak canlı dokularında bu metallerin yükseltgenerek besin zincirindeki canlıları olumsuz etkileyebileceği izlenimi oluşmuştur. İlerleyen dönemlerde kirliliğin artabileceği olasılığı dikkate alınarak, dereye özellikle kentsel ve endüstriyel atıksu deşarjının önlenmesi, sanayi tesislerinin arıtma tesislerinin etkin kontrolünün sağlanması ve tarım alanlarında gübre ve pestisit kullanımının kısıtlanması ilk aşamada alınabilecek önlemler olarak önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Abu Hilal, A. H., & Ismail, N.S. (2008). Heavy metals in eleven common species of fish from the gulf. *Journal of Biological Sciences*, 1(1), 13-18.
- Akgün, M., Gül, A. & Yılmaz, M. (2007). Sakarya nehri çeltikçe çayı'nda yaşayan *Leuciscus cephalus* L., 1758 dokularında ağır metal birikimi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(2), 179-189.
- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Evren, H., Kurt, L. & Düzenli, S. (2000). *Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi)*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Alabaster, J. S., & Lloyd, R. (1980). *Water Quality Criteria For Reshwater Fish*. London: Butterworths.
- Ali, F. Kh., El-Shafai, S., Samhan, F.A. & Khalil, W.K.B. (2008). Effect of water pollution on expression of immune response genes of *Solea aegyptiaca* in Lake Qarun, *African Journal of Biotechnology*, 7(10), 1418-1425.
- Amundsen, P. A., Staldvik, F. J., Lukin, A. A., Kashulin, N. A., Popova, O. A. & reshetnikov, Y. S. (1997). Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *Science of the Total Environment*. 201, 211-224.
- Anonim (2006). Commission Regulation (EC) 19 December 2006 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs
- Anonim (2011). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Yetki Kanunu: 5996, Yayımlandığı R. Gazete: 29.12.2011-28157
- Anonim (2014). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün ulusal biyoçeşitlilik envanter ve izleme projesi kapsamında hazırladığı "Düzce İli'nin Karasal Biyoçeşitlilik ve İçsu Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter İzleme İş Sonuç Raporu, Dokay Çed-Çevre Mühendisliği Ankara.
- APHA. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *American Public Health Association*.
- Arrignon, J. (1976). Aménagement Ecologique et Piscicole des Eaux Douces, ss. 322, Bordas, Paris.
- Arslan, N., Tokatlı, C., Çiçek, A. & Köse, E. (2011). Determination of some metal concentrations in water and sediment samples in Yedigöller region (Kütahya). *Review of Hydrobiology*, 4(1), 17-28.
- Athar, M. & Vohora, S.B (2001). Heavy metals and environment, *New Age International Publisher*, ss. 3-40.
- Begum, A., Hari Krishna, S. & Khan, I. (2009). Analysis of heavy metals in water, sediments and fish samples of madivala lakes of bangalore, Karnataka: *International Journal of ChemTech Research*, 1(2), 245-249.

- Boyd, C.E. & Lichtkoppler, F. (1993). Water quality management for pond fish culture (balık yetiştiriciliğinde su kalitesi yönetimi) *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları*, 144, 67.
- Bremond, R. & Vuichard, R. (1973). Parameters de la qualite des eaux: Ministere de la Protection de la Nature etde Environnement, Française.
- Canlı, M., Ay, Ö. & Kalay, M. (1998). Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 22, 149-157.
- Chapman, D. (1992). Water qaulity assessments, a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring (ss. 585). Chapman & Hall Ltd., London, (ss.585).
- Clark, R.B. (1992). *Marine Pollution*. Third Edition. Amerika Birleşik DevletleriClarendon Press.
- Çakırsoy Şen, S. (2007). 'Büyük Melen Havzası'nın Su Kalitesinin Belirlenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Çetin, E., Güher, H. & Gürsoy Gaygusuz, Ç. (2016). Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne - Türkiye) yaşayan bazı balık türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi, *Turkish Journal of Aquatic Science*, 31(1), 1-14.
- Çınar, Ö. (2008). *Çevre Kirliliği ve Kontrolü*, İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım.
- Dauba, F. (1981). Etude comperative de la fauna des poissons dans les ecosystemes de deux reservoirs: Luzech (Lut) et Chastang (Dordogone): These de troisieme cycle L'Institut National Polytechnique de Toulouse, (ss. 179).
- Dökmeçi, A.H. (2005). 'Gala Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında ağır metal kirliliğinin araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye.
- EC (European Communities) (2006). EC of the European Parliament and of the council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. *Directive*, 2006,44.
- Elmacı, A., Topaç, F.O., Teksoy, A., Özengin, N. & Başkaya, H. S. (2010). Uluabat gölü fizikokimyasal özelliklerinin yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(1), 149-157.
- Ertürk, A., Gürel, M., Ekdal, A., Tavşan, Ç., Uğurluoğlu, A. & Şeker, D.Z. (2011). Water quality assessment and meta model development in Melen watershed – Turkey, *Journal of Environmental Management*, 91, 1526-1545.
- Geldiay R. & S. Balık (2007). *Türkiye Tatlısu Balıkları (Ders Kitabı)*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi.
- Goyer, R . A. (1986). Toxic Effects of Metals. İçinde *Caserett and Doull's Toxicology; The Basic Science of Poisons* (ss. 623-680).

- Göksu, M. Z. L., Çevik, F., Fındık, Ö. & Sarihan, E. (2003) Seyhan baraj gölü'ndeki aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd düzeylerinin belirlenmesi, Ege Üniversitesi *Su Ürünleri Dergisi*, 20(1-2), 69-74.
- Güney, E. (2002). *Çevre Kirlenmesi*. İstanbul Çantay Kitabevi.
- IUCN (2019). The IUCN Red List of *Threatened Species*.<https://www.iucnredlist.org>.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven, A.& Timur, S. (2003) Metallerin çevresel etkileri, *I.TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.
- Kaptan, H. & Tekin-Özan, S. (2014). Eğirdir Gölü'nün (Isparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio* L., 1758) bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *SDU Journal of Sciences*, 9(2), 44-60.
- Karadede, H. (1997). 'Atatürk Baraj Gölü'nde Su, Sediment ve Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye.
- Karadede, H. (2002). 'Dicle Nehri'nde Su, Sediment ve Bentik Bazı Canlı Organizmalardaki Ağır Metal Birikiminin Araştırılması', Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye.
- Kargın, F. & Erdem, C. (1991). Accumulation of copper in liver, splen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*, *Doğa Turk Journal of Zoology*, 15, 306-314.
- Khayatzadeh, J. & Abbasi, E. (2010) The Effects of Heavy Metals on Aquatic Animals, İçinde *The 1stInternational Applied Geological Congress*, Department of Geology, Islamic Azad University - Mashad Branch, (ss 26-28).
- Kır, İ. & Tumantozlu, H. (2012). Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerinde bazı ağır metal birikiminin incelenmesi. *Ekoloji*, 21(82), 65-70.
- Kırankaya, Ş. G. & Ekmekçi, F. G. (2005). Gelingüllü baraj gölü'nde su kalitesinin balık yaşamı açısından değerlendirilmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3(4), 333-345.
- Koklu, R., Sengörür, B. & Topal, B. (2010) Water quality assessment using multivariate statistical methods—A case study: Melen River system (Turkey), *Water Resource Managemet*, 24, 959-978.
- Kottelat M. & J. Freyhof (2007). *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*, CH: Publications Kottelat.

- Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö. & Arslan, N. (2015) Heavy metal accumulations in water, sediment, and some cyprinid species in porsuk stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87(3), 195-204.
- Köse, E., Tokatlı, C. & Çiçek, A. (2014). Monitoring stream water quality: A statistical evaluation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(5), 1637-1647.
- Küçük, S. (2007) Büyük menderes nehri su kalite ölçümlerinin su ürünleri açısından incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1-2), 7-13.
- Mert, R., Bulut, S. & Solak, K. (2008). Apa Baraj Gölü'nün (Konya) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1-10.
- Mutlu, E., Yanık, T. & Demir, T. (2013a). Karagöl (Hafik-Sivas)'ün su kalitesinin incelenmesi, *Alinteri*, 25, 35-45.
- Mutlu, E., Yanık, T. & Demir, T. (2013b). Horohon deresi (Hafik-Sivas) su kalitesi özelliklerinin aylık değişimleri. *Alinteri*, 25, 45-57.
- Nikolsky, G. V. (1963). *The ecology of fishes (Translated by L. Birkett)*. (ss. 352). Academic Press.
- Nisbet, M. & Verneaux, J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de Limnologie*, 6 (2), 161-170.
- Odum, P.O. & Barret, G.W. (2008). *Ekoloji'nin Temel İlkeleri*, Ankara: Palme Yayınevi.
- Özdemir, E. (2013). 'Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaşayan turna balığı (*Esox lucius* L., 1758)'nda ağır metal birikimi', Yüksek Lisans Tezi Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir, Türkiye.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O. & Yanık, T. (2012). Karasu ırmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.
- Svobodá, Z., Lloyd, R., Machova, J. & Vykusova, B. (1993). Water quality and fish health. *EIFAC Technical Paper*, 54, 59-61.
- Swaleh, S.B. & Nazura Usmani, N. (2016) Impact of heavy metals in environment: A review. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(9), 15968-15975.
- Tanyolaç, J. (2009). *Limnoloji, Tatlısu Bilimleri*, Ankara: Hatiboğlu Yayınları.
- Taş, B. (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su kalitesinin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(3), 43-61.
- Tepe, Y. (2009). Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 18(70), 38-46.

- Tokatlı, C., Köse, E., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A. & Dayıoğlu, H. (2016a). Emet Çayı Su kalitesinin mevsimsel değişimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2), 9-24.
- Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H. & Başkurt, S. (2016b). Maden havzası balıklarında vücut ağırlığı ile ağır metal biyoakümülyasyon ilişkileri: Emet Çayı Havzası. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C- Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 4(2), 57-72.
- Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., Köse, E., Başkurt, S., Aksu, S., Uğurluoğlu, A., Şahin, M. & Başatlı, Y. (2016c). Meriç Nehri deltası (Edirne) balıklarında toksik metallerin biyolojik birikimlerinin araştırılması. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C- Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 5(1), 1-11.
- Turan, D., Kaya, C., Geiger, M., Freyhof, J., *Barbus anatolicus*, a new barbel from the Kızılırmak and Yeşilirmak River drainages in northern Anatolia (Teleostei: Cyprinidae, *Zootaxa*, 4461(4), 539-557.
- EPA. (1994). Method 200.7: Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Cincinnati.
- Ünlü, E. & Gümgüm, B. (1993). Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Tukey. *Chemosphere*, 26(11), 2055-2061.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D. & Şahin, C. (2005). İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 14(57), 26-35.
- Vinodhini, R. & Narayanan, M. (2009). The impact of toxic heavy metals on the hematological parameters in common CARP (*Cyprinus carpio* l.). *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 6(1), 23-28.
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology, Lake and River Ecosystems* London: Academic Press.
- Zalidis, G., Stamatiadis, S.I., Takavakoglou, V. & Misopolinos, N. (2002) Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 88(2), 137-146.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Asım SARUHAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 15.05.1975 Batman
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : saruhasim@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Biyoloji	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Biyoloji	Düzce Üniversitesi	2015
Lise		Batman Lisesi	1993