

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ASARTEPE BARAJ GÖLÜ'NDEKİ (ANKARA) SU, SEDİMENT, TURNA (*Esox
lucius*) VE KADİFE (*Tinca tinca*) BALIKLARINDA BAZI AĞIR METAL
BİRİKİMLERİ VE MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

Pınar KARACAKAYA

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2016**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Pınar KARACAKAYA tarafından hazırlanan “**Asartepe Baraj Gölü’ndeki (Ankara) Su, Sediment, Turna (*Esox lucius*) ve Kadife (*Tinca tinca*) Balıklarında Bazı Ağır Metal Birikimleri ve Mevsimsel Değişimi**” adlı tez çalışmasında 21/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN

Jüri Üyeleri

Başkan: Prof. Dr. Ali GÜL
Gazi Üniversitesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Olcay OBALI
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Tahir ATICI
Gazi Üniversitesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

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

21.01.2016

Pınar KARACAKAYA

ÖZET

Doktora Tezi

ASARTEPE BARAJ GÖLÜ'NDEKİ (ANKARA) SU, SEDİMENT, TURNA (*Esox lucius*) VE KADİFE (*Tinca tinca*) BALIKLARINDA BAZI AĞIR METAL BİRİKİMLERİ VE MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

Pınar KARACAKAYA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN

Ağustos 2013-Mayıs 2014 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada Asartepe Baraj Gölü'nde (Ankara) su, sediment, turna (*Esox lucius* L., 1758) ve kadife (*Tinca tinca* L., 1758) balığında; kadmiyum, krom, bakır, demir, mangan, kurşun ve çinko olmak üzere yedi farklı ağır metalin birikimi ve mevsimsel değişimi ICP-MS (İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi), yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Ayrıca gölün bazı fizikokimyasal parametrelerinin (çözünmüş oksijen, su sıcaklığı, pH, ışık geçirgenliği ve elektriksel iletkenlik) mevsimsel olarak değişimleri de incelenmiştir.

Asartepe Baraj Gölü'nde yapılan analizler sonucunda suda en çok gözlenen ağır metal Mn, en az gözlenen ağır metal ise Cu olmuştur. Araştırma boyunca en çok birikim sedimentte gözlenmiş olup, ağır metaller arasındaki ilişki Fe>Zn>Pb>Cu>Mn>Cd>Cr olarak saptanmıştır. Turna balığının dokularındaki ağır metal konsantrasyonu yaz mevsimi için Zn>Fe>Cu>Mn>Cd>Pb>Cr olarak gözlenmiş, sonbahar için Fe>Zn>Cu>Mn>Cd>Pb>Cr, kış için Fe>Zn>Cu>Mn>Cd>Cr>Pb ve ilkbahar mevsimi için Zn>Fe>Cu>Mn>Cd>Pb>Cr olarak gözlenmiştir. Ağır metallerin dokulara göre dağılımı incelendiğinde tüm metaller için en az birikim kas dokusunda olmuştur. Kadife balığının dokularındaki ağır metal konsantrasyonu yaz mevsimi için Fe>Cu>Zn>Mn>Pb>Cr>Cd, sonbahar için Fe>Cu>Zn>Mn>Cd>Cr>Pb, kış için Fe>Cu>Zn>Mn>Cd>Pb>Cr ve ilkbahar için Fe>Cu>Zn>Pb>Mn>Cr>Cd olarak gözlenmiştir. Ağır metallerin dokulara göre dağılımı incelendiğinde tüm metaller için en az birikim kas dokusunda olmuştur.

Ocak 2016, 75 sayfa

Anahtar Kelimeler: Asartepe Baraj Gölü, Turna, *Esox lucius*, Kadife, *Tinca tinca*, Ağır Metal Birikimi, Mevsimsel Değişim

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

SEASONAL VARIATION OF SOME HEAVY METALS BIOACCUMULATION OF THE WATER, SEDIMENT, PIKE (*Esox lucius*) AND TENCH (*Tinca tinca*) IN THE ASARTEPE DAM LAKE (ANKARA)

Pınar KARACAKAYA

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

Supervisor: Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN

This study which was carried out between August 2013 and May 2014 aimed to determine the seasonal variations of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) in water, sediment, muscle, liver and gill tissues of tench and pike which lives in Asartepe Dam Lake. During the field work, some physico-chemical parameters like temperature, pH, conductivity, Secchi depth and dissolved oxygen had been measured.

As a result of analysis, Mn was the highest level, and Cu was the lowest level in water. During the study the highest accumulation of heavy metals was observed in sediment as follows Fe>Zn>Pb>Cu>Mn>Cd>Cr. The heavy metal concentration in pike tissues, as Zn>Fe>Cu>Mn>Cd>Pb>Cr for summer, for autumn Fe>Zn>Cu>Mn>Cd>Pb>Cr, for winter Fe>Zn>Cu>Mn>Cd>Cr>Pb and for spring Zn>Fe>Cu>Mn>Cd>Pb>Cr was determined.

The heavy metal concentration in tench tissues, as follow Fe>Cu>Zn>Mn>Pb>Cr>Cd for summer, for autumn Fe>Cu>Zn>Mn>Cd>Cr>Pb, for winter Fe>Cu>Zn>Mn>Cd>Pb>Cr and for spring Fe>Cu>Zn>Pb>Mn>Cr>Cd was determined.

According to the result of the analysis of heavy metals in pike and tench tissues, was determined that, the lowest level in muscle tissue.

January 2016, 75 pages

Key Words: Asartepe Dam Lake, Seasonal Variation, Heavy Metals Bioaccumulation, Pike, *Esox lucius*, Tench, *Tinca tinca*

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince her türlü desteğini gördüğüm, imkan ve bilgilerini benimle paylaşan, karşılaştığım her türlü zorluğa bilgi ve tecrübesi ile çözüm üreten değerli danışman hocam Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN'a (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, tez çalışmam süresince de maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem ve babam Hülya ve Ahmet KARACAKAYA'ya, çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübeleri ile bana destek olan Tez İzleme Komite Üyeleri Prof. Dr. Olcay OBALI (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) ve Prof. Dr. Tahir ATICI'ya (Gazi Üniversitesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı) en içten teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım sırasında desteğini gördüğüm Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ'a (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) ve arazide bana eşlik eden meslektaşım Dr. Sercan ERDOĞAN' a, laboratuvar çalışmalarım süresince her türlü desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Münevver PINAR (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) ve Araştırma Görevlisi Aydan ACAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca doktora çalışmalarım süresince değerli desteğini gördüğüm Prof. Dr. Gönül DÖNMEZ'e (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması: 13B4240003 kodlu Ankara Üniversitesi BAP Projesiyle desteklenmiştir.

Pınar KARACAKAYA
Ankara, Ocak 2016

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
Kısaltmalar	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Ağır Metaller	3
1.1.1 Kadmiyum (Cd).....	6
1.1.2 Krom (Cr)	6
1.1.3 Bakır (Cu)	7
1.1.4 Demir (Fe)	8
1.1.5 Mangan (Mn)	9
1.1.6 Kurşun (Pb)	10
1.1.7 Çinko (Zn)	10
1.2 Turna Balığı (<i>Esox lucius</i>)	12
1.3 Kadife Balığı (<i>Tinca tinca</i>)	13
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
2.1 Yurtiçi ve Yurtdışı Kaynaklı Çalışmalar	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1 Çalışma Alanı	19
3.2 Örneklerin Yapılması	20
3.3 Su Örneklerinin Alınması ve Saklanması	21
3.4 Sediment Örneklerinin Alınması ve Saklanması	21
3.5 Canlı Örneklerin Alınması ve Saklanması	21
3.6 Laboratuvar Koşullarında Gerçekleştirilen Çalışmalar	21
3.7 İstatistiksel Analizi.....	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	23

4.1 Fizikokimyasal Parametre Değerleri	23
4.1.1 Işık geçirgenliği	24
4.1.2 Su Sıcaklığı.....	25
4.1.3 Çözünmüş oksijen miktarı	26
4.1.4 Elektriksel iletkenlik	26
4.1.5 Hidrojen iyonu konsantrasyonu	27
4.2 Su Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları	28
4.3 Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları.....	29
4.4 Turna Balığının (<i>Esox lucius</i>) Bazı Doku ve Organlarında Belirlenen Ağır Metaller ve Konsantrasyonları.....	30
4.4.1 Kadmiyum (Cd).....	30
4.4.2 Krom (Cr)	31
4.4.3 Bakır (Cu)	32
4.4.4 Demir (Fe)	34
4.4.5 Mangan (Mn).....	35
4.4.6 Kurşun (Pb)	36
4.4.7 Çinko (Zn).....	38
4.4.8 Turna balığındaki ağır metal birikiminin dokulara ve mevsimlere göre dağılımı	39
4.5 Kadife Balığının (<i>Tinca tinca</i>) Bazı Doku ve Organlarında Belirlenen Ağır Metaller ve Konsantrasyonları.....	41
4.5.1 Kadmiyum (Cd).....	41
4.5.2 Krom (Cr)	42
4.5.3 Bakır (Cu)	44
4.5.4 Demir (Fe).....	45
4.5.5 Mangan (Mn).....	46
4.5.6 Kurşun (Pb)	48
4.5.7 Çinko (Zn).....	49
4.5.8 Kadife balığındaki ağır metal birikimi ve dokulara göre yüzde Dağılımı	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ.....	74

SİMGELER DİZİNİ

Ag	Gümüş
Al	Aliminyum
As	Arsenik
Ba	Baryum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
CO ₂	Karbondioksit
Cr(III)	Krom(III)
Cr(VI)	Krom(VI)
Cr ₂ O ₃	Kromyum(III) oksit
Cr ₂ O ₇	Dikromat
CrO ₃	Krom Trioksit
CrO ₄	Kromat
Cu	Bakır
Fe	Demir
HCl	Hidroklorik Asit
HClO ₄	Perklorik Asit
Hg	Civa
HNO ₃	Nitrik Asit
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
NaOH	Sodyum Hidroksit
Ni	Nikel
Ni(II)	Nikel(II)
Pb	Kurşun
Se	Selenyum
Sr	Strontiyum
Zn	Çinko

Kısaltmalar

ATSDR	Toksik Maddeler ve Hastalıklar Kayıt Ajansı
EC	Elektriksel İletkenlik
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ICP-MS	İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
U.S. EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YSKYY	Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 <i>Esox Lucius</i>	13
Şekil 1.2 <i>Tinca tinca</i>	14
Şekil 3.1 Asartepe Baraj Gölü'nün coğrafik konumu ve örnekleme istasyonlari (GIS)	20
Şekil 4.1 Secchi diski değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi	25
Şekil 4.2 Su sıcaklığının mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi	25
Şekil 4.3 Çözünmüş oksijen miktarının mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi	26
Şekil 4.4 Elektriksel iletkenlik değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi	27
Şekil 4.5 pH değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi	27
Şekil 4.6 Turna balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	31
Şekil 4.7 Turna balığının dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	32
Şekil 4.8 Turna balığının dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	33
Şekil 4.9 Turna balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	35
Şekil 4.10 Turna balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	36
Şekil 4.11 Turna balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	37
Şekil 4.12 Turna balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	39
Şekil 4.13 Kadife balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	42
Şekil 4.14 Kadife balığının dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	43
Şekil 4.15 Kadife balığının dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	44
Şekil 4.16 Kadife balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	46
Şekil 4.17 Kadife balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	47

Şekil4.18 Kadife balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	49
Şekil 4.19 Kadife balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	50
Şekil 5.1 <i>Esox lucius</i> 'daki ağır metal birikiminin mevsimlere ve dokulara göre yüzde dağılımı.....	57
Şekil 5.2 <i>Tinca tinca</i> 'daki ağır metal birikiminin mevsimlere ve dokulara göre yüzde dağılımı	58
Şekil 5.3 Su, sediment, Turna ve Kadife balıklarındaki ağır metal birikiminin dağılımı.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Suda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri.....	5
Çizelge 4. 1 Fizikokimyasal parametrelerin araştırma süresince değişimi	24
Çizelge 4.2 Suda ölçülen ağır metallerin mevsimsel değişimi (mg/L)	28
Çizelge 4.3 Sedimentte ölçülen ağır metallerin mevsimsel değişimi ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık)	29
Çizelge 4.4 Turna balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	30
Çizelge 4.5 Turna balığının dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	32
Çizelge 4.6 Turna balığının dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	33
Çizelge 4.7 Turna balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	34
Çizelge 4.8 Turna balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	35
Çizelge 4.9 Turna balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	37
Çizelge 4.10 Turna balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	38
Çizelge 4.11 Turna balığındaki ağır Metal birikiminin dokulara ve mevsimlere göre dağılımı	40
Çizelge 4.12 Kadife balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	41
Çizelge 4.13 Kadife balığının dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	43
Çizelge 4.14 Kadife balığının dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	44
Çizelge 4.15 Kadife balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	45
Çizelge 4.16 Kadife balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	47
Çizelge 4.17 Kadife balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	48
Çizelge 4.18 Kadife balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)	50
Çizelge 4.19 Kadife balığındaki ağır metal birikiminin dokulara ve mevsimlere göre dağılımı	52

1. GİRİŞ

Dünyamızın dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen bu suyun % 97,4'ü okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su formundadır ve kullanılabilirliği sınırlıdır. Geriye kalan % 2,6'lık tatlısuyun da büyük kısmı buzullarda (%79), bir kısmıda yeraltı suyu (%20) olarak bulunur dolayısıyla toplam suyun sadece % 0,26'lık kısmı kullanılabilir (Kocataş 1996).

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde doğal kaynaklar hızla kirlenmeye başlamıştır. Özellikle sucul sistemlerde meydana gelen kirlenme burada yaşayan canlıların yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Sucul sistemlerde kirlenme evsel ve endüstriyel atıkların direk alıcı ortama boşaltılmasından kaynaklanabildiği gibi, toprağın; pestisit, sentetik ve organik gübrelere kontaminyasyonu sonucu erozyon ya da yıkanma yoluyla kirletici maddeler sucul sistemlere ulaşabilir. Sucul sistemlerde kirlenmeye neden olan en önemli etkenler arasında ağır metaller bulunmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ağır metal kirlenmesi ciddi bir sorun haline almaya başlamıştır (Wang vd. 2001).

Sucul sistemlerde ağır metal kirliliğine neden olacak en önemli etkenler arasında madencilik, endüstriyel faaliyetler, volkanik aktiviteler, evsel atıklar, atmosferik taşınım gelmektedir. Özellikle petrol ve türevlerinin, demir, gübre, deri, tekstil, çimento, petrokimya, elektronik eşya sanayinin faaliyetleri ile hava yoluyla ya da atıkların arıtma yapılmadan toprak ya da sucul sistemlere bırakılması, madencilik sonucu atıkların sucul ortamlara bırakılması birinci derede kirlenmeye neden olmakta ve etkileri kısa sürede canlılarda kendisini göstermektedir (Kumari vd. 2015).

Ağır metal kirlenmesi atmosferin ve su kütlelerinin kalitesini etkilemekte, insan ve hayvan sağlığını ve varlığını tehdit etmektedir (Kumar vd. 2008). Ağır metallerin bir kısmı eser miktarda olup bunların arasında bakır, demir, mangan, molibden ve çinko bulunmaktadır. Kadmiyum, krom ve civa gibi ağır metaller ise eser oranda bulunsalar bile toksik etki göstermektedir. Ağır metallerin en önemli özellikleri arasında canlılarda birikim yapması gelmektedir. Canlıların farklı dokularında görülen birikim besin zinciri

yoluyla üst basamaklarda yer alan karnivor canlılarda artan oranda birikmekte, besin yoluyla insana geçişi ciddi toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Ayrıca ağır metallerin balıklar üzerinde de ciddi toksik etkiler yaptığı, fizyolojik, histolojik ve biyokimyasal olarak değişikliklere neden olduğu da bilinmektedir.

Kirlenici maddelerin sucul sistemlerde neden olduğu toksisite kimyasal biyoyararlanım ve biyobirikim fonksiyonunu etkiler ve bu süreçte metaller gibi toksik maddelerin toksisitesini değerlendirme süreci oldukça zordur. Biyoyararlanım pH, organik karbon, redoks durumu ve alkalinite gibi kimyasal parametrelerden oldukça etkilenir.

Biyobirikim ise toksin maddenin vücuda alımı ve her bir tür tarafından sergilenen eliminasyon kinetiği, kimyasal faktörler, fiziksel faktörler, pH, sıcaklık, sertlik, organizmanın sağlığı, organizmanın ağırlığı ve diğer faktörler gibi biyolojik faktörler tarafından etkilenebilir. Kimyasal toksinlerin potansiyeli değişik faktörlere bağlıdır ve bu türler arasında değişebileceği gibi türün taksonomik konumuna, yaşam evresine, alışma durumuna ve toksik maddenin çeşitli reseptörlerle olan ilişkisi gibi çeşitli iç faktörlere göre de değişebilir.

Balıklar, toksik madde alımını azaltarak, eleme yaparak veya vücutlarına aşırı metal alarak çevrelerindeki yüksek metal konsantrasyonuna alışabilirler. Ayrıca metaller yüksek konsantrasyonlarda olsalar da çeşitli organizmalarda, zamanla dokularda birikip işlenerek biyolojik olarak inaktif olabilir ve böylece toksik etki yapmayabilirler. Metallerle karşı gösterilen bu yüksek tolerans sekresyon ligandların aktivasyonundan kaynaklanabilir (Ör: Metalotionein, NaOH dayanıklı granüller veya diğer inorganik kimyasal maddeler ile kompleks oluşturması) (Meador 2015).

Evsel atıklar da önemli kirlilik kaynağıdır. Şehir şebeke sularının taşınmasını sağlayan borularda bulunan ağır metaller korozyonla alıcı ortamlara taşınmaktadır. Ayrıca evsel atıklar yüksek oranda deterjan içermektedir ve deterjanların yapısında ağır metal bulunabilmektedir. Bu yollardan sucul sistemlere gelen ağır metali kontrol altında

tutmak pahalı olmasına karşın nispeten daha kolaydır. Ancak sulak alanların etrafında yer alan araziden rüzgar erozyonu ya da yüzeysel drenajla gelen ağır metallerin kontrolü oldukça zordur. Özellikle tarımsal alanlarda böceklerle mücadele amaçlı kullanılan pestisitler, sentetik fosfatlı ve azotlu gübreler önemli ağır metal kaynakları arasında bulunmaktadır.

Çalışma alanı olarak seçilen Asartepe Baraj Gölü etrafında tarım ve hayvancılık yapılmaktadır. Ayrıca baraj İlhan Çay'ından beslenmektedir ve bu bölgelerde bulunan köy yerleşim birimlerinden evsel atıkları beraberinde baraja taşımaktadır. Ayrıca Çanılı beldesinin kanalizasyon sistemi gölün çok yakınından geçmektedir.

Bu çalışmada Ankara ilinde bulunan Asartepe Baraj Gölü'nde Turna (*Esox lucius*) ve Kadife (*Tinca tinca*) balıklarının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki ağır metaller ile su ve sedimentte biriken ağır metaller ve göl suyu parametreleri mevsimsel olarak incelenmiştir.

Asartepe Barajı Gölü'nde daha önceki dönemlerde ağır metallerle ilgili yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Çevresel kirlilik tehdidi altında bulunan bu gölde besin zincirinde ağır metallerin belirlenmesine yönelik olarak yapılan bu çalışmanın gerek halk sağlığı gerekse daha önceden yapılmış araştırmalarda önemli bir halkayı tamamlaması bakımından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

1.1 Ağır Metaller

Yoğunlukları 5 g/cm^3 'den yüksek olan metallerdir (Nies 1999). Çevremizin endüstriyel ve evsel kaynaklı atıklarla kontaminasyonu, ekosistem ve dahası insan sağlığı açısından önemli bir mesele haline gelmiştir (Anderson vd. 1996). Ağır metaller en tehlikeli çevre kirleticilerdir, çünkü fiziksel yöntemlerle ayrışmamakta ve uzun süreler mevcudiyetleri devam etmektedir (Kasassi vd. 2008). Ağır metaller normal koşullarda sucul ortamlarda belirli miktarlarda ve denge halinde bulunurlar fakat endüstriyel ve kentsel bölgelerde daha yoğundurlar. Ağır metaller çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenemezler. Bu nedenle organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler,

kompleks yapılar şeklinde ya biota tarafından absorbe edilirler ya da zamanla sedimentte birikir ve uzun yıllar sedimente bağlı kalırlar (Shrivastava vd. 2003, Wildi vd. 2004, Köse 2007). Bunların sonucu olarak ağır metal kirlenmesi atmosferin ve su kütlelerinin kalitesini etkilemekte, insan ve hayvan sağlığını ve varlığını tehdit etmektedir (Kumar vd. 2008). İster esansiyel olsun ister olmasın tüm metallerin biyolojik sistemdeki birikimleri belli bir eşik değerinden sonra toksiktir (Antón vd. 2000).

Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metaller besin, solunum ve bazı durumlarda deriden emilim yoluyla vücuda alındıklarında insan sağlığı için risk teşkil ederler (Zhang vd. 2009).

Ağır metal bakımından sucul sistemlerde çevresel kalitenin belirlenmesi; su, sediment ve yaşayan organizmaları içine alan bir dizi ölçümü içermektedir (Schilerman vd. 1999, Karadede ve Ünlü 2000, Samecka-Cymerman ve Kempers 2001).

Sulardaki inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturmaktadır. Bazı ağır metaller uygun konsantrasyonlarda canlı yaşamı için gerekli olup eksikliklerinde çeşitli semptomatik bozukluklar ortaya çıkmaktadır. Ancak bu metaller doğal konsantrasyonları aştığında önemli bir enzim engelleyici grubu oluştururlar. Gümüş, civa, bakır, kadmiyum ve kurşun gibi metaller bu nedenle zehirlidirler. Ağır metaller, organizmalara gerekli olsun ya da olmasın yüksek konsantrasyonlarda potansiyel olarak zehirlidirler (Ağcasulu 2007).

Sucul sistemlerde balıklar besin zincirinin en tepesinde oldukları için vücutlarında yüksek konsantrasyonda ağır metal barındırabilirler. Ağır metaller ve balık dokuları arasındaki farklı bağlantılardan kaynaklı ağır metaller farklı balık organları tarafından tutulurlar. Yani balık vücudunda ağır metal konsantrasyonu değişik organlarda değişik seviyededir. Bundan dolayı özellikle ticari balıklarda, tüketimden kaynaklı riskleri belirlemek için balık vücudundaki ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek oldukça önemlidir (Yılmaz vd. 2007).

Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı (ATSDR) tarafından hazırlanan tehlikeli maddelerin öncelik listesine göre tehlikeli ağır metaller şu şekilde sıralanmıştır As>Pb>Cd>Ni>Zn>Cr>Cu>Mn (Leung vd. 2014).

Balıklar kaliteli yüksek protein kaynaklarıdır, fakat çevresel kontaminasyondan dolayı bu özelliklerini kaybedebilirler. Sucul ekosistemlerde toksisiteye neden oldukları için ve canlıların vücudunda biriktikleri için son yıllarda ağır metal çalışmaları son derece ilgi görmektedir.

Bazı metaller, düşük konsantrasyonda bile organizmalar için son derece toksiktirler. Bazı metaller ise biyolojik fonksiyonlar için gereklidirler, fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Balıklar sucul ekosistemlerde besin zincirinin en üst basamağındadırlar bu nedenle antropojenik kirleticilerin izlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda en çok balıklar kullanılır. Balıklar iz elementleri ya doğrudan solungaçları yoluyla ya da besinler yoluyla vücutlarına alırlar. Ağır metal birikimini biyolojik faktörler, kimyasal faktörler ve elementler arasındaki etkileşim veya suyun içerdiği organik bileşikler etkileyebilir (Bajc vd. 2005).

Sucul ortamlardaki ağır metallerin ulusal ve uluslararası bazı kuruluşlara göre kabul edilebilir limit değerleri çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Suda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonymous 2005, www.cdph.ca.gov, Anonim 2011, Anonim 2015)

Kuruluş Adı	WHO,2011	U. S. EPA, 2008	TSE, 2005	YSKYY
Metaller	Sudaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (mg/L)			
Cd	0.003	0.005-0.010	-	≤0,002
Cr	0.05	0.05-0.1	0.05	≤0,02
Cu	2	1.3	2	≤0,02
Fe	-	-	-	≤0,3
Mn	0.4	0.05	-	≤0,1
Pb	0.01	0.015	0.01	≤0,01
Zn	-	-	0.2	≤0,2

1.1.1 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum esasnsiyel olmayan toksik bir iz elementtir genellikle çinko, bakır ve kurşun ile birlikte bulunur. Kadmiyum endüstride korozyon önleyici olarak, PVC ürünlerinde sabitleyici ve renk pigmenti olarak kullanılır. Mesleki maruziyet dışında kadmiyumun en büyük kaynağı beslenmedir. Kadmiyum insanlar ve diğer canlılar için yüksek derecede toksiktir. Kadmiyumun suda çözünme özelliği çok yüksektir bu özelliğinden dolayı Cd^{2+} bitkiler ve sucul organizmalar tarafından akümüle edilir (Kahvecioğlu vd. 2003, Kayhan vd. 2009). Sucul organizmaların vücutlarında biriken kadmiyum deniz ürünleri tüketimi ile insana ulaşır. Kadmiyumun böbrekler, kemik ve akciğer üzerinde oldukça zararlı olduğunu gösteren birçok çalışma vardır. Balıklar da kadmiyuma karşı oldukça duyarlıdır. Yüksek miktarda kadmiyuma maruz bırakılan balıklarda hiperglisemi, kardiyovasküler düzensizlikler ve hormonal düzensizlikler gözlenmiştir (Gill ve Pant 1983, Jureša ve Blanuša 2003, Godt vd. 2006). Ayrıca kadmiyum DNA, RNA, bazı enzimlerin aktivitelerini ve ribozom sentezini engelleyerek toksik etki göstermektedir (Atamanalp vd. 2013).

Kirliliğin görülmediği yerlerde sudaki kadmiyum düzeyi 0,01-5 mg/L arasındadır. Kirliliğin yoğun olduğu sularda ise kadmiyum 1000 mg/L ye ulaşabilir (Serafım vd. 2002, Kayhan vd. 2009).

Düşük düzeyde bile olsa Cd^{2+} çevrede yaygın olarak bulunması ve toksik olması nedeniyle ekolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılır (Uçar vd. 2012).

1.1.2 Krom (Cr)

Kromun başlıca kaynağı yer kabuğudur (Begum vd. 2006). Krom ve kromlu bileşikler genellikle çevre kirletici olarak kabul edilir ve biyolojik sistemlerde toksik, mutajenik ve kanserojen etki yapar (Palaniappan ve Karthikeyan 2009).

İnsanlar kroma; soluma, yeme, içme ve krom veya krom bileşikleri ile deri temasında bulunma yoluyla maruz kalmaktadırlar. Krom miktarı hava ve suda genellikle düşüktür.

Özellikle içme suyunda, krom miktarı düşüktür fakat kontamine kuyu suları tehlikeli olan Cr (VI) içerebilirler. Krom biyolojik sistemlerde bulunan en toksik ve mutajenik metal iyonudur (Hussein vd. 2004). Alerjilere, yaralara, solunum yolu hastalıklarına ve egzamaya neden olabilir (Petrilli ve DeFlora 1977). Bu toksisitenin nedeni sülfat iyonu kanalları yardımıyla membranı kolayca geçebilen hegzavalent krom iyonlarıdır. Membranı geçen iyonlar redüksiyon tepkimelerine katılarak çeşitli reaktif ara ürünlerin oluşmasına neden olurlar. Bu ara ürünler de hücre organellerine, proteinlere ve nükleik asitlere zarar verirler.

Krom metaline, endüstrinin hemen her dalında rastlanır. Isı değiştiricilerinde korozyon inhibitörü olarak, soğutma sularında pompaları korumak için birçok alaşımın yapısında ve metal kaplamada, tekstil boyalarında, tekstil endüstrisinde alglerin kontrol altında tutulmasında, dericilikte krom bileşiklerine çok rastlanır. Krom çok farklı formlarda bulunabilmesine rağmen en yaygın ve kararlı formları, üç değerlikli Cr (III) ve altı değerlikli Cr (VI) türleridir. Cr (VI), Cr (III)' e göre daha kararlı ve 1000 kez daha toksiktir. (Beszedits 1988, Morales ve Urbina 2005). Krom, çevrede doğal olarak trivalan (+3) formuyla Cr₂O₃ şeklinde bulunmaktadır Krom (III) yeraltı suyunda çok az çözünmekte ve toprak tarafından kuvvetlice tutunmaktadır. Bu nedenle çevrede yaratacağı toksik etki de en aza inmektedir. Fakat Cr (VI) yüksek derecede çözüner olup oksijen ile birleşerek kromat (CrO₄²⁻) veya dikromat (Cr₂O₇²⁻) iyonu şeklinde bulunmaktadır (Muter vd. 2002). Bu nedenle Cr (VI) biyolojik membranla etkileşime girer ve madde taşıma bozukluğuna neden olur (Begum vd. 2006, Çiftçi ve Cicik 2011).

1.1.3 Bakır (Cu)

Bakır; elektrik ve elektronik, inşaat, ulaşım ve askeri sanayi ile diğer bir çok alanda kullanılır. Bakır organizmaların yaşamsal faaliyetleri için gereklidir. Vücutta demir ve çinkodan sonra en fazla bulunan iz element bakırdır (Sorensen 1991). Bakır elektiriği gümüşten sonra en iyi ileten metaldir bu nedenle kullanım alanı çok geniştir (Başaran 2010).

Hayvansal organizmalar, gelişme ve üreme gibi yaşamsal olaylar için belli miktarda bakır, çinko gibi ağır metallere ihtiyaç duyarlar. Bakır hayvansal organizmalarda, kemik oluşumu, omuriliğin miyelinleşmesi, hemoglobinin ve metalloenzimlerin sentezinde işlev görmekte, sitokrom oksidaz gibi hücredeki redoks reaksiyonlarına katılan enzimlerin başlıca yapısal bileşenini oluşturur (Nusseay vd.1995).

Bakır ve diğer ağır metaller, balıklar tarafından ortamdan solungaçlar, deri ve beslenme yoluyla alınır. Vücuda giren metaller, proteinlere bağlanarak kan yoluyla doku ve organlara taşınırlar (Heath 1995, Cicik 2003).

Yüksek konsantrasyondaki Cu^{2+} balıklarda besin alımında azalma, iyon kaybı, gelişim bozukluğu, solunum bozukluğu ve ölüme sebep olabilir (McGeer vd. 2000). Dokulardaki bakırın düşük konsantrasyonları anemiye yol açarken, çok yüksek konsantrasyonları karaciğer hasarına yol açmaktadır. Memelilerde bakırın yüksek konsantrasyonuna maruz bırakılan bireylerde magnezyum yetersizliği sendromları görülmektedir ve magnezyum hemoglobinin sentezini stimule etmektedir (Lontie 1984).

Bakırın genel olarak toksik etkilerini hidromineral dengesini bozarak gösterdiği ve büyümeyi olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Priya vd. 1999, McGeer vd. 2000). Ayrıca bakırın eritrosit membranlarına direk zarar verebildiği ve alyuvarlar içinde oksidatif harabiyete sebep olabildiği saptanmıştır (Yang vd. 2004).

1.1.4 Demir (Fe)

Demir, son derece yaygın kullanılan bir metaldir. Biyolojik sistemler için en önemli metallere biridir. Demir hücresel olaylarda önemli bir rol oynar ve olası istisnalar dışında bu elementin yokluğunda neredeyse hiç bir canlının yaşaması mümkün değildir (Jagadevan vd. 2012).

Tüm canlı sistemler için temel bir unsur olmasına rağmen, demirin kademeli birikimi bir dizi hastalıklara yol açar (Antharama vd. 2012, Corti vd. 2009). Vücutta demir

fazlalığı karaciğer ve böbrek hasarına (hemokromatoz), eksikliği ise anemiye neden olmaktadır (Meroño vd. 2010, Lee vd. 2012).

İnşaatlarda beton kolon, kiriş ve yüzeylerin güçlendirilmesinde kullanılır. Ayrıca çelik sanayinin ana hammaddesidir (Çağlar 2010).

Demir, bitkilerin ve hayvanların yaşamı için son derece önemli bir elementtir. Hemoglobinin yapısında oksijen taşıyıcı olarak iş görür. Saf halde demir olarak, sıklıkla karbon ve diğer metallerle alaşım halinde kullanılır. Su ortamındaki kolloidal demir çok yoğun olduğu zaman solungaçlar üzerinde birikerek balıkların ölümüne neden olabilir. Ayrıca dokularında fazla miktarda demir birikmiş balıkların besin olarak tüketilmesi de insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir (Tekin-Özan vd. 2004).

1.1.5 Mangan (Mn)

Mangan önemli bir mikrobisleyicidir (Dallas ve Day 1993). Mangan sularda bir ağır metal etkisi yapmasa da yüksek konsantrasyonlarda kirletici maddelerin oluşmasına uygun ortamı hazırlar bu nedenle sudaki miktarı önemlidir (Bendell-Young ve Harvey 1986.)

Mangan, suya toprak ve tortul kütlelerin çeşitli atmosferik olaylar sonucu çözünmesiyle geçer. Yer altı sularında mangan iki değerlikli halde bulunur. Göl ve baraj gibi yüzeysel suların dip kısmındaki çamur ve çökeltilerde bulunur ve indirgeyici bir ortamda çamurdan suya geçer. Mn'in suda bulunması halinde sudaki bakteri sayısında artış görülür ve suya kötü bir tat verir (Şentürk vd. 1975).

Mangan, insan ve hayvanlarda esansiyel olan bir elementtir. Manganın içme sularında bulunması kalp ve damar hastalıklarından korunma sağlar. Mangan ağır metaller içerisindeki toksik etkisi en az olan elementtir (Anonymous 1985).

Mangan tatlı su ekosistemlerine, tekstil boya ları, boya, cila, gübre, yem katkı maddeleri, seramik ve mantar ilaç ları, çelik ve madencilik gibi sektörler tarafından salınır (Srivastava ve Agrawal 1983).

Manganın canlılar üzerine nörotoksik etkisi vardır. Sulama ve içme suyunda yüksek Mn konsantrasyonları bitki ve insan varlığı için oldukça tehlikelidir (Buschmann vd. 2007).

1.1.6 Kurşun (Pb)

Kurşunun yayılması, sulardaki kurşun kayaç larından, topraktan ve insan faaliyetlerinden kaynaklanabilir. Kurşun ihtiva eden yakıtların kullanılması ve kurşunun işlenmesi esnasında atmosfere ve suya az miktarda da olsa kurşun karışır. Ayrıca endüstride kurşun; akümülatör, boya, metal yağ ları, boru, patlayıcı, matbaacılık, fotoğraf malzemesi yapımı gibi alanlarda kullanılır (Mc Nelly vd. 1979).

Suda yaşayan canlılarda karaciğer, solungaç, böbrek ve kemiklerde kurşunun biriktiği ve kurşunun uzun yarılanma ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle toprak ve sedimentte birikme eğilimindedir. Kurşun, larvalar üzerinde önemli problemlere neden olabilmektedir. İskelet sisteminde biriken kurşunun canlı vücudundan atılması 20 yılı bulabilir. Kurşun ayrıca yumurta ve embriyo gibi yapılarda da birikebilir (Çalışkan 2005).

1.1.7 Çinko (Zn)

Çinko, çinko sülfür ve çinko karbonat şeklinde maden yataklarında ve toprakta bulunur. Kadmiyum'un bulunduğu yerlerde genellikle çinko da görülür. Kağıt yapımında, ilaç yapımında, ormancılık ve bazı sanayi alanlarında ve boyalarda kullanılır (Kaya vd. 2002).

Çinko; çelik, alüminyum ve bakırdan sonra dünyada miktar olarak yıllık tüketimi en fazla olan metaldir. Kimyasal yönden aktif olması ve diğer metallerle kolayca alışım

yapabilmesi nedeniyle çinko, endüstride birçok alaşımın ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır.

Çinko, organizmalar için esasiyel bir mineraldir. Çinko bir çok metaloenzimin hem yapısına girer hem de bu enzimlerin fonksiyonlarını düzenler (Vallee ve Auld 1990). Ayrıca çinko bağışıklık sisteminin güçlenmesinde, yumurtanın olgunlaşmasında, derinin yapısının güçlenmesinde, yaraların çabuk iyileşmesinde, protein, yağ ve karbonhidrat metabolizmasının düzenlenmesinde, nükleik asit sentezinde olmak üzere birçok metabolik faaliyetler için önemli bir elementtir (Türkoğlu 2008). Çinkonun nispeten non-toksik bir element olduğu kabul edilmesine rağmen, diğer tüm ağır metaller gibi yüksek dozlara maruz kalmak toksik etki gösterir (Borovansky vd. 1997, Chukhlovin vd. 2001, Wood 2001).

Çinkonun toksik etkilerini esasen demir metabolizması üzerinden gösterdiği düşünülmektedir. Aşırı çinko yüklemesinde karaciğer ve böbrekteki çinko seviyesi belirgin bir şekilde artarken, demir seviyesinin düştüğü ve buna paralel olarak demir içeren enzimlerin aktivitesinin de düşebileceği bildirilmektedir. Ayrıca kronik uygulamalarda anemiye yol açabildiği ve meydana gelen aneminin aslında demir eksikliğinden kaynaklandığı öne sürülmektedir. Çinkonun ayrıca bakır metabolizması üzerinde de etkisi olduğu ama gözlenen olumsuz etkilerin asıl sebebinin demir eksikliğine, özellikle de çinkonun ferritin üzerindeki etkisine bağlı olduğu vurgulanmaktadır (Gallagher 1957, Dempsey vd. 1958, Smith ve Larson 1946). Vücuda aşırı miktarda çinko alınması sonucunda iştah kaybı, immün sistemde problemlerin ortaya çıkması, yaraların olağandan geç iyileşmesi, kolesterolün artması, ishal, karın ağrısı, deride aşırı hassasiyet ve sindirim sisteminde problemler görülür (Çalışkan 2005).

Çinkonun toksik etkisi suyun yapısındaki diğer metaller ve suyun kimyasal yapısına göre değişebilmektedir. Çinkonun suda yoğun miktarda bulunması balıklarda solungaç dokusunun zarar görmesine ve hatta balığın ölümüne sebebiyet verebilir (Kruger 2002).

1.2 Turna Balığı (*Esox lucius*)

Vücutun rengi genellikle sarımsı yeşildir. Genç balıklarda vücutun yan taraflarında yeşil renkli enine bantlar varken, erişkin bireylerde bu bantlar kahverengi lekelerle dönüşürler. Karın bölgesi açık sarı veya kirli beyazdır (Şekil 1.1). Boyları en fazla 1,5 m civarında ve ağırlıkları ise 35 kg kadar ulaşabilmektedir. Ancak ülkemizde en çok 15-20 kg ağırlığındaki bireylere rastlanabilmektedir. Ömürleri 30 yıl civarındadır. Cinsel olgunluğa ancak 4-5 yaşlarında erişirler. Yumurta bırakma periyodu Mart- Nisan ayları olup bu mevsimde yumurtaların bırakılması belli aralıklarla 3-4 haftada tamamlanır. 5 kg ağırlığındaki bir dişi balık ortalama 90.000 yumurta verebilir (Geldiay ve Balık 2007).

Turna, iç su balıkları içerisinde en yırtıcı olanıdır. Diğer balıkları, kendi türünden küçük balıkları, kurbağa ve yılanlar ile ördek, su sıçanı gibi hayvanları da avlayarak yemektir (Çağiltay 2007).

Esox lucius'un sistematikteki yeri aşağıdaki şekildedir;

Alem: Animalia (Hayvanlar)

Şube: Chordata (Kordalılar)

Sınıf: Actinopterygii (Işımsal yüzgeçliler)

Takım: Teleostei

Familya: Esocidae (Turna balığıgiller)

Cins: *Esox*

Tür: *Esox lucius* Linnaeus, 1758



Şekil 1.1 *Esox lucius*

1.3 Kadife Balığı (*Tinca tinca*)

Yeşil sazan olarak da adlandırılan Kadife balığı (*Tinca tinca* 1758) sadece Türkiye iç sularında değil ayrıca Avrupa’da ve batı Sibirya’da da oldukça geniş yayılım gösteren Cyprinidae (Sazangiller) familyasına ait bir türdür (Şekil 1.2). Tür sayısı bakımından en zengin balık familyalarından biridir ve dünyanın farklı bölgelerine yayılmıştır. (Lukowicz ve Proske 1979, Kuru 1979, Geldiay ve Balık 1996, Kuru vd. 2001).

Kadife balığının doğal rengi yeşil zeytin rengidir. Ancak, bulunduğu ortamdaki su kalitesine göre rengi daha açık veya daha koyu olanlarına da rastlanmaktadır. Kadife balıkları yavaş akan suların ve durgun göllerin dip kısımlarında bulunur. Genel olarak su kalitesi parametrelerindeki değişimlere direnci yüksek olduğu kabul edilmektedir. Oksijen seviyesindeki düşümlere karşı toleransı yüksektir. Bir dip balığı olmasına karşın besin tercihi sazan ile benzerlik göstermektedir (Ergönül 2011).

Tinca tinca'nın sistematikteki yeri aşağıdaki şekildedir;

Alem :Animalia (Hayvanlar)

şube : Chordata (Kordalılar)

Sınıf : Actinopterygii (Iřınsal yűzgeçliler)

Takım : Cypriniformes (Sazansılar)

Famılya : Cyprinidae (Sazangiller)

Cins : Tinca (Cuvier, 1816)

Tűr : *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)



şekil 1.2 *Tinca tinca*

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Yurtiçi ve Yurtdışı Kaynaklı Çalışmalar

Bu çalışma ile yakından ilgili yurtdışı ve yurtiçi kaynaklı çalışmalar bulunmaktadır. 1997 yılında Rusya, Norveç sınırında tatlı su balıkları üzerine yapılan bir çalışmada alabalık, turna, tatlısu levreğinin kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn birikimleri araştırılmış ve en az birikimin kas dokusunda en çok birikimin ise karaciğer veya solungaç dokusunda olduğu saptanmıştır (Amundsen vd. 1997).

1999 yılında Atatürk Baraj Gölünde yapılan çalışmada su, sediment ve *Acanthobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carasobarbus luteus*, *Capoeta trutta* ve *Cyprinus carpio* dokularında ağır metal birikimi incelenmiştir. Cu, Fe, Mn ve Zn seviyeleri dokular arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Karadede vd. 1999).

2001 yılında Mısır'da Nasser Gölünde *Tilapia nilotica*'nın kas, solungaç, bağırsak, karaciğer, omurga dokularında Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sr ve Zn ağır metalleri çalışılmıştır. *Tilapia nilotica*'nın tüm dokularında, sedimentte ve su örneklerinde tüm ağır metaller rastlanmıştır. Cu ve Zn konsantrasyonunun en yüksek olduğu doku karaciğer olarak tespit edilmiştir. Co, Cr, Ni ve Sr solungaç ve omurgada en yüksek oranda tespit edilmiştir. Belirlenen ağır metal konsantrasyonları gıda koteksi limitleri içerisinde bulunmuştur (Rashed 2001).

Altındağ ve Yiğit (2005), Beyşehir Gölü'nde su, sediment, plankton ve Balık dokularında Cd, Pb, Hg ve Cr'un birikimine çalışmışlardır. Beyşehir gölü kuşların göç yolları üzerindedir. Sulama ve içme suyu kaynağı olarak kullanılır. Çalışmada gözlenen ağır metallerin sıralaması, su için Cd > Pb > Cr > Hg, sediment için Pb > Cd > Cr > Hg, plankton için Pb > Cd > Cr > Hg ve balık kas ve solungaç dokusu için Pb > Cd > Cr > Hg olmuştur.

2005 yılında Eğirdir Gölü'nde yapılan çalışmada, gölün sulama ve balıkçılık için kullanıldığı, aynı zamanda kuşların göç yollarını üzerinde olduğu ve içme suyu olarak kullanıldığını belirtmiştir. Bu çalışmada suyun Pb, Cd, Cr ve Hg ile kontamine olmasının insan ve hayvan sağlığına zararları, çevrenin bu kontaminasyondan nasıl etkilendiğine ve ağır metallerin direkt olarak organizmalar tarafından absorbe edilebileceğine veya düşük seviyeden yüksek seviyeye doğru besin zinciri yoluyla transfer edilebileceği ifade edilmiştir. Ağır metal kontaminasyonu sediment, su, plankton ve balık örneklerinde çalışılmıştır. Sudaki ağır metal konsantrasyonu sırasıyla Cd>Pb>Cr>Hg, sedimentte Cr>Pb>Cd> Hg, planktonda Pb>Cd>Cr>Hg, *Ctenopharyngodon idella* kas dokusunda, Cd>Cr> Pb>Hg, *Ctenopharyngodon idella* solungaç dokusunda Cd>Pb>Cr>Hg olarak gözlenmiştir (Yiğit ve Altındağ 2006).

2005 yılında Muğla Sarıçay da yapılan çalışmada *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus* türlerinin karaciğer, kas ve solungaç dokularındaki ağır metal konsantrasyonlarına bakılmıştır. Çalışma için iki istasyon belirlenmiştir. Çalışma sonucunda metal accumulasyonu hem *Leuciscus cephalus* hemde *Lepomis gibbosus* için benzer sonuçlar göstermiştir. Bulunan ağır metal miktarları Türk Gıda Kodeksine göre belirlenen limitlerde çıkmıştır (Yılmaz vd. 2007).

2011 yılında Hindistan Doğu Kolkata sulak alanında yapılan çalışmada 35 balık üzerinde yapılan çalışmada, balıkların kas dokusunda; Cu, Zn, Mn, Fe, Cd, Ni, Hg ve As miktarlarına bakılmış ve ağır metal konsantrasyonları Fe>Zn>Cu>Mn>Ni>As>Hg>Cd olarak tespit edilmiştir. Farklı balık türlerinin kas dokusundaki ağır metal konsantrasyonu ise balık türlerine göre *Hypophthalmichthys molitrix* > *Oreochromis nilotica* > *Labeo rohita* > *O. mossambica* > *Channa marulius* > *Catla catla* > *Punctius ticto* olarak tespit edilmiştir (Bhupander vd. 2011).

Gül vd. (2011), Hirfanlı Baraj Gölü'nde, Zn, Cu, Pb ve Cd ağır metallerinin *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)'nin karaciğer, kas ve solungaç dokularında birikimi analiz etmişlerdir. En yüksek konsantrasyon karaciğerde çinko için gözlenmiştir. Çinko, kurşun ve kadmiyum en çok karaciğerde gözlenmiş olup bunu kas ve solungaç

izlemiştir. Bakır ise yine en çok karaciğerde gözlenmiş olup, bunu solungaç ve kas dokusu izlemiştir.

Hindistan’da yapılan bir çalışmada bazı balık türlerinin kas dokularında Cu, Zn, Mn, Fe, Cd, Hg ve As metallerinin konsantrasyonları araştırılmıştır. Cu, Zn, Mn, Fe, Cd, Hg ve As metallerinin konsantrasyonları sırasıyla 0.5-28.2, 3.0-99.1, 0.5-12.0, 10.4-249.7, 0.01-1.10, 0.05-1.60 ve 0.02-2.37 µg /g olarak gözlenmiştir. Ağır metal konsantrasyonları türler arasında farklılık göstermiştir. Ağır metallerin arasında en yüksek biyoakümülyasyon, *Trichiurus trichiurus*, *Pampus argentius*, *Harpadon nehereusand* ve *Arius sp.* de gözlenmiş ve bunları *Daysciaena albida*, *Formio niger*, *Hilsa ilisha* ve *Rastrelliger kanagurt* izlemiştir. Ağır metallerin konsantrasyonlarıda Fe>Zn>Cu>Mn>As>Hg>Cd olarak gözlenmiştir. Yapılan çalışmada balık dokusundaki Mn miktarı WHO/FAO ‘nın belirlediği güvenli miktarın üstünde çıkmıştır (Kumar vd. 2012).

2014 yılında yapılan bir çalışmada su örnekleri ve çeşitli sazan balığı türleri (*Barbus prespensis*, *Oxynoemachileus pindus*, *Alburnoides bipuntatus*, *Squalius cephalus* ve *Pachichilon pictum*) Güney Arnavutluk’taki Devolli Nehri’nden alınmış ve kurşun, krom, kadmiyum, bakır ve civa ağır metalleri üzerine çalışılmış ve en yüksek konsantrasyondaki ağır metal 4.06 mg/kg olarak krom olarak belirlenmiştir. Sudaki ağır metal konsantrasyonu Hg>Pb>Cd olarak tespit edilmiştir. Kas dokusundaki ağır metal konsantrasyonu Cu>Cr>Pb>Hg>Cd olarak tespit edilmiştir (Shumka vd. 2014).

2015 yılında Çin’in Nansi Gölünde yapılan çalışmada *Carassius auratus*, *Pelteobagrus fulvidraco*, *Hypophthalmichthys nobilis* türlerine ait toplam 136 birey üzerinde As, Cd, Pb, Hg biyobirikimi çalışılmış ve ağır metal biyobirikimi en çok *P.fulvidraco* da görülmüştür bunu *C.auratus* ve *H.nobilis* izlemiştir (Li vd. 2015).

2015 yılında Suudi Arabistan’da yapılan bir çalışmada Kızıldeniz’in güneyinden oniki farklı balık türünün kas dokusunda As, Se, Sn, Pb, Mn, Cr birikimine bakılmıştır (Idris vd. 2015).

2015 yılında yapılan başka bir çalışmada Mısır'daki Manzala Gölü'nden sekiz farklı istasyondan toplam kırksekiz balık ve sediment örneği alınmış ve Al, Ag, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Sn, Sr, Zn, V, Hg elementlerinin birikimine bakılmıştır. Gölde yüksek miktarda Pb, Zn ve Ag elementleri gözlenmiştir (Elkady vd. 2015).

Asartepe Baraj Gölünde yapılan bir çalışmada kıyı bölgesindeki Bacillariophyta dışındaki algler kalitatif ve kantitatif yönden incelenmiştir. Başka bir çalışmada Asartepe Baraj Gölü'ndeki bentik algler üzerine çevresel değişikliklerin etkisi incelenmiştir (Çalışkan 2005). 2010 yılında yapılan bir çalışmada da bazı fizikokimyasal ve çevresel özelliklerin Asartepe Baraj Gölü'ndeki diatomeler üzerindeki etkisi çalışılmıştır (Atıcı ve Obalı 2010). Fakat daha önce Asartepe Baraj Gölü'nde ağır metaller üzerinde çalışma yapılmamıştır.

Sulak alanlar barındırdıkları yaban hayatı ve ekolojik dengenin korunmasının yanı sıra buldukları bölge ve ülke ekonomisine sağladıkları doğal kaynaklar nedeniyle çok önemli bir yere sahiptirler. Balık avcılığı yapılan bir gölde besin zincirinde ağır metal birikiminin ne düzeyde olduğunun bilinmemesi büyük bilgi eksikliği olarak düşünülmekte, bu açıdan mevcut boşluğun mutlaka doldurulması gerekmektedir. Bu bakımdan ağır metal kirliliği yönünden gölde araştırma yapılması buradaki biyolojik çeşitliliğin korunması ve ekonomiye katkı bakımından yarar sağlayacaktır.

Bu alanda yapılmış çalışma örnekleri göz önünde bulundurulduğunda Asartepe Baraj Gölünde (Ankara) Turna balığı (*Esox lucius*), Kadife balığı (*Tinca tinca*)'nın; kas, solungaç ve karaciğer dokuları ile su ve sedimentte biriken ağır metal miktarının saptanması ve bu alanda literatüre katkıda bulunması amaçlanmıştır. Dolayısıyla sonuçların uygulamaya aktarılabilmesi için elde edilen somut veriler ve öneriler yaptırım gücü olan kurumlara tavsiye edilebilir ve böylece çalışmalar sonucu elde edilen veriler, bölgenin korunabilmesi ve gelecekte su kalitesinin izlenebilmesi için bir veri tabanı teşkil edebilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak öngörülen Asartepeler Baraj Gölü Ankara ili sınırları içinde olup coğrafi konum itibarıyla $40^{\circ} 08'$ - $41^{\circ} 76'$ kuzey enlemleri ile $32^{\circ} 23'$ - $49^{\circ} 82'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Ankara'da, İlhan Çayı ve Kırmir Çayının bir kolu üzerine sulama amacı ile 1975-1980 yılları arasında inşa edilmiş ve Çanılı Beldesi sınırları içerisinde bulunan bir barajdır. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 408.000 m^3 , akarsu yatağından yüksekliği 50 metre, normal su kotunda göl hacmi 20 hm^3 , normal su kotunda gölalanı $1,77 \text{ km}^2$ 'dir. 2.850 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir. Maksimum derinlik 36 m ve maksimum su kapasitesi $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ tür (Atıcı ve Obalı 2010).



Şekil 3.1 Asartepe Baraj Gölü'nün Coğrafik Konumu ve Örneklem İstasyonları (GIS)

3.2 Örneklemelerin Yapılması

Örneklemeler Asartepe Baraj Gölü'nün tamamını temsil edecek düzeyde ve gölü besleyen kaynakların giriş bölgeleri de göz önünde bulundurularak 3 istasyondan mevsimsel olarak yapılmıştır (Şekil 3.1). Toplamda 40 olmak üzere her mevsim 5 turna, 5 kadife balığı ile su ve sediment örnekleri alınmıştır.

3.3 Su Örneklerinin Alınması ve Saklanması

Arazi çalışmaları sırasında göl suyunun bazı fizikokimyasal özellikleri ile sudaki ağır metaller mevsimsel periyotlarla tespit edilmiştir. Bu amaçla; çözünmüş oksijen miktarı, pH, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik ve ışık geçirgenliği arazi çalışmaları sırasında yerinde ölçülürken, kimyasal ölçümleri yapmak amacıyla 3 istasyondan yüzeysel olarak su örnekleri alınmıştır. Su örnekleri WTW 340i Multiparametre cihazı ile ölçülmüştür. Ağır metal analizi yapılacak su örnekleri arazi çalışmaları sırasında pH 2'nin altına düşüncüye kadar HNO₃ ile muamele edilmiştir. Ağır metal analizleri (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) ise ICP-MS (İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.4 Sediment Örneklerinin Alınması ve Saklanması

Arazi çalışmaları sırasında mevsimsel olarak üç istasyondan dip sedimanı Ekman kepçesi yardımıyla alınarak plastik kavanozlar içerisinde laboratuvara getirilmiştir.

3.5 Canlı Örneklerin Alınması ve Saklanması

Arazi çalışmaları ile birlikte gölde bulunan *Esox lucius* (Turna) ve *Tinca tinca* (Kadife)'ya ait örnekler mevsimsel olarak çeşitli ağ gözeneklerine sahip ağlarla ve balıkçıların yardımıyla her tür için beş örnek buz kutuları içerisinde laboratuvara getirilmiştir.

3.6 Laboratuvar Koşullarında Gerçekleştirilen Çalışmalar

Arazide çalışmaları sırasında ağır metal analizleri için pH değeri 2'nin altına düşürülmüş su örneklerinde, ağır metaller ICP-MS (İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi) cihazında tespit edilmiştir. Araziden getirilen sediment örneklerinin öncelikle 100°C'lik etüvde 24 saat bekletilerek kuruması sağlanmış, daha sonra iyice ezilen sediment örneği 2 mm gözenek çapına sahip elekten geçirilmiştir. Bu yolla elek

içerisinde kalan 2 mm den büyük partiküller uzaklaştırılmıştır. Bu işlemin ardından 1 gram sediman örneği alınarak bunun üzerine 1:6 oranında perklorik asit (HClO_4) ve HCl (hidroklorik asit) eklenmiş, örnek ısıtma tablası üzerinde 80°C 'de ısıtıldıktan sonra 10 N HCl ile örnek hacmi 50 ml'ye tamamlanmıştır (Bernhard 1976). Bu şekilde hazırlanan örnekler 100 ml'lik balon jojeler içerisine alınıp üzeri alüminyum folyo ile kapatıldıktan sonra ICP-MS (İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi) de okunarak sedimandaki ağır metaller tespit edilmiştir.

Her arazi çalışmasında iki balık türü üzerinde ve her balığın kas, solungaç ve karaciğer dokusunda ağır metal analizi yapılmıştır. Laboratuvarda doku örnekleri alındıktan sonra her örnek ayrı ayrı olarak karıştırıcı yardımıyla homojenize hale getirilmiştir. Analizler için her bir dokudan 1 gram örnek kullanılmıştır. Kurutma işlemi öncesinde petri kaplarına alınan doku örneklerinin yaş ağırlığı alınmış, sonrasında 100°C 'ye ayarlanmış etüvde 24 saat süreyle kurutulduktan sonra tekrar kuru ağırlık tartılmıştır. Önceden 120°C 'de 12 saat kurutulup soğutulmuş krozelere alınan doku örnekleri 600°C 'de kül fırınında tamamı kül hale gelinceye kadar ortalama 48 saat süreyle yakılmıştır. Balon jojelere alınmış örneklerin üzerine 2 ml HNO_3 ve 1 ml HClO_4 ilave edilerek ısıtıcı tabla üzerinde, örnekler tamamen çözününceye kadar 80°C 'de ısıtılmış ve soğumaya bırakıldıktan sonra her birine 5'er ml distile su ilave edilerek alüminyum folyo ile kapatılıp ICP-MS'de okunarak ağır metaller tespit edilmiştir (Bernhard 1976, Dybern 1983).

3.7 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için 'IBM SPSS statistics 23.0' programı kullanılmıştır. Verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığının anlaşılması için 'Kolmogorov-Smirnov' testi ve 'Shapiro-Wilk' testine tabi tutulmuştur. Tüm verilerin normallik grafiği incelenmiş ve hepsi normal bulunmuştur. Yapılan istatistiksel incelemeler sonucu verilerin non-parametrik olduğu saptanmış ve bu nedenle tüm veriler için Non-parametrik bir test olan 'Kruskal-Wallis' testi uygulanmıştır. Testler %95 lik anlam düzeyindedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Fizikokimyasal Parametre Değerleri

Çalışma süresince Asartep Baraj Gölü'nde belirlenen 3 farklı istasyonda, göl suyunun sıcaklığı, pH değeri, çözünmüş oksijen miktarı, elektriksel iletkenlik ve ışık geçirgenliği mevsimsel olarak ölçülmüş ve sonuçlar çizelge 4.1'de verilmiştir. Mevsimleri temsilen Ağustos 2013, Ekim 2013, Aralık 2013 ve Mayıs 2014'te örneklem yapılmıştır. Buna göre sıcaklık miktarı çalışma süresince 5,3°C ile 26,8°C arasında değişmiş, ortalama en yüksek sıcaklık yaz mevsiminde 26,26°C ölçülürken, en düşük sıcaklık kış mevsiminde 5,3°C ölçülmüştür. pH değeri 8,49-9,76 arasında değişim göstermiş ve en yüksek ortalama değer kış mevsiminde 9,33 olarak ölçülürken en düşük ortalama değer ise sonbahar mevsiminde 8.90 olarak ölmüştür. Göl suyunun çözünmüş oksijen değeri çalışma süresince 3,78-13,56 mg/L arasında değişiklik göstermiş ve en yüksek çözünmüş ortalama oksijen miktarı kış mevsiminde 12,18 mg/L ve en düşük çözünmüş oksijen miktarı ise yaz mevsiminde 4,98 mg/L tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri 349-481 µs/cm arasında değişmiştir. En yüksek değer kış mevsiminde 471,33 µs/cm ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 364,66 µs/cm tespit edilmiştir. Işık geçirgenliği değerleri 28 - 86 cm arasında değişim göstermiştir ve en yüksek ortalama değer ilkbahar mevsiminde 65,33 cm ve en düşük değer kış ayında 34,66 cm olarak gözlenmiştir.

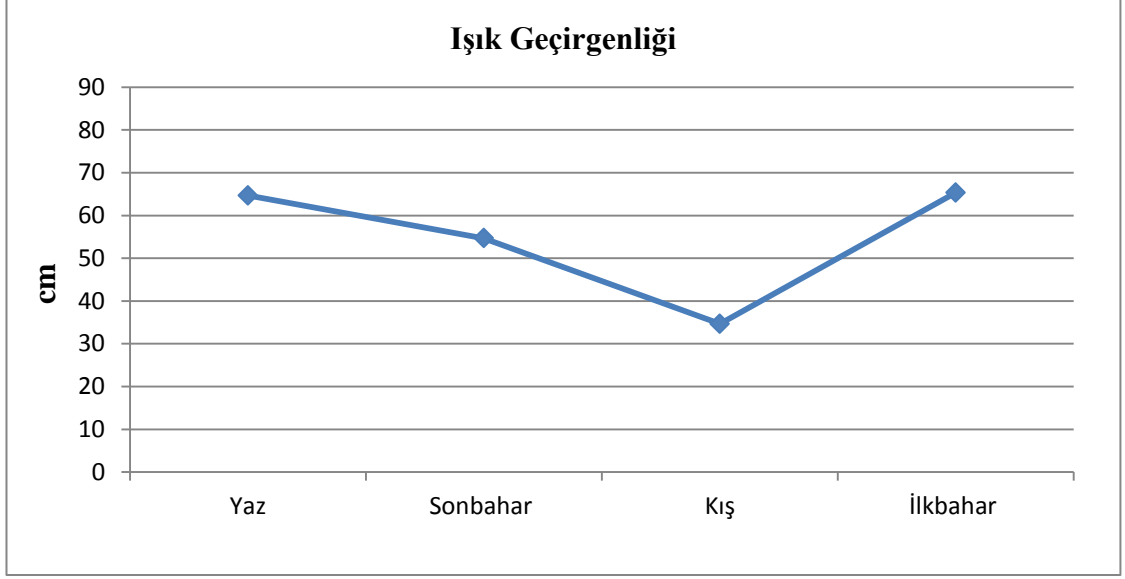
Çizelge 4.1 Fizikokimyasal parametrelerin araştırma süresince değişimi

FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELER	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
	Min.-Mak. Ort.±SS	Min.-Mak. Ort.±SS	Min.-Mak. Ort.±SS	Min.-Mak. Ort.±SS
Su Sıcaklığı (°C)	25,6-26,8 26,26±0,61	11,1-12,3 11,63±0,61	5,3-6,4 5,96±0,58	17-17,6 17,33±0,30
Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)	8,86-9,19 9,00±0,16	8,49-9,40 8,90±0,46	9,05-9,76 9,33±0,37	9,15-9,41 9,32±0,14
Çözünmüş Oksijen Miktarı (mg/L)	3,78-6,78 4,98±1,58	6,24-12,02 8,98±2,90	10,31-13,56 12,18±1,67	10,72-12,34 11,74±0,89
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	378-395 385±8,88	436-448 442±6,0	466-481 471,33±8,38	349-380 364,66±15,50
Işık Geçirgenliği (cm)	54-72 64,66±9,45	32-86 54,66±28,02	28-42 34,66±7,02	56-72 65,33±8,32

(Min.-Mak.: Minimum-Maksimum, Ort.±SS: Ortalama ve Standart Sapma)

4.1.1 Işık geçirgenliği

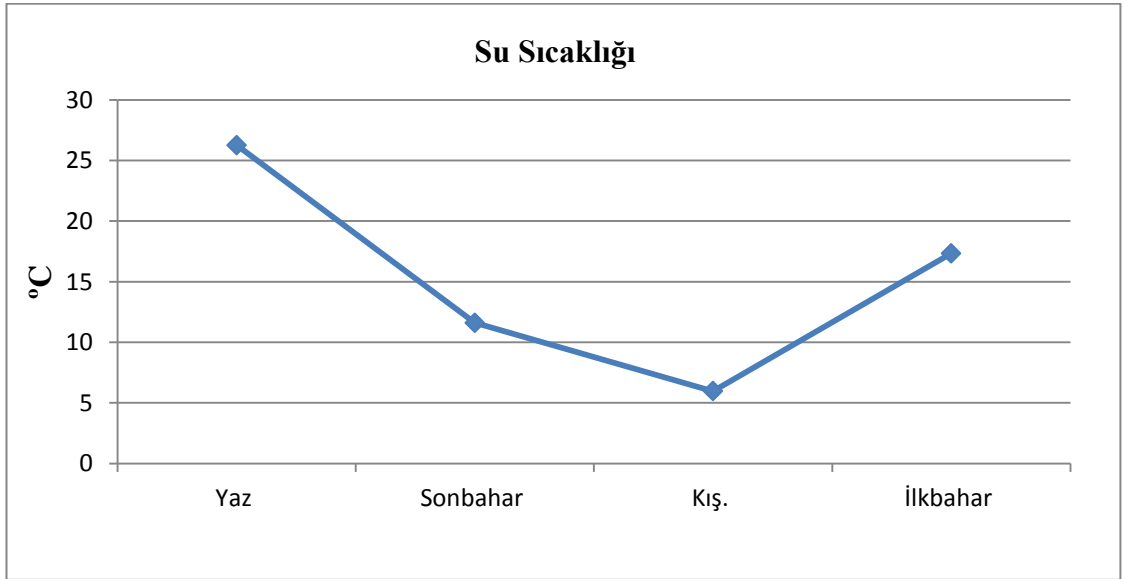
Çalışma alanında ışık geçirgenliği Secchi diski ile ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre ışık geçirgenliği 28-86 cm arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama değer ise 54,83 cm olarak belirlenmiştir. Işık geçirgenliğinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Secchi diski değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi

4.1.2 Su sıcaklığı

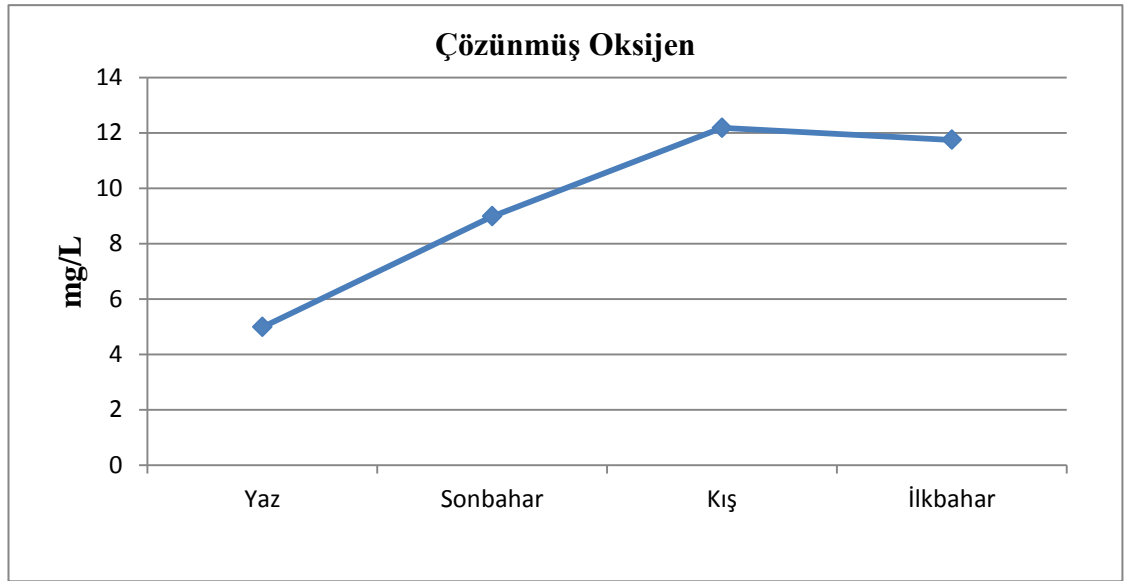
Araştırma süresince ölçülen su sıcaklığı 5,3-26,8°C arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama değer ise 15,3°C olarak bulunmuştur. Su sıcaklığının mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Su sıcaklığının mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi

4.1.3 Çözünmüş oksijen miktarı

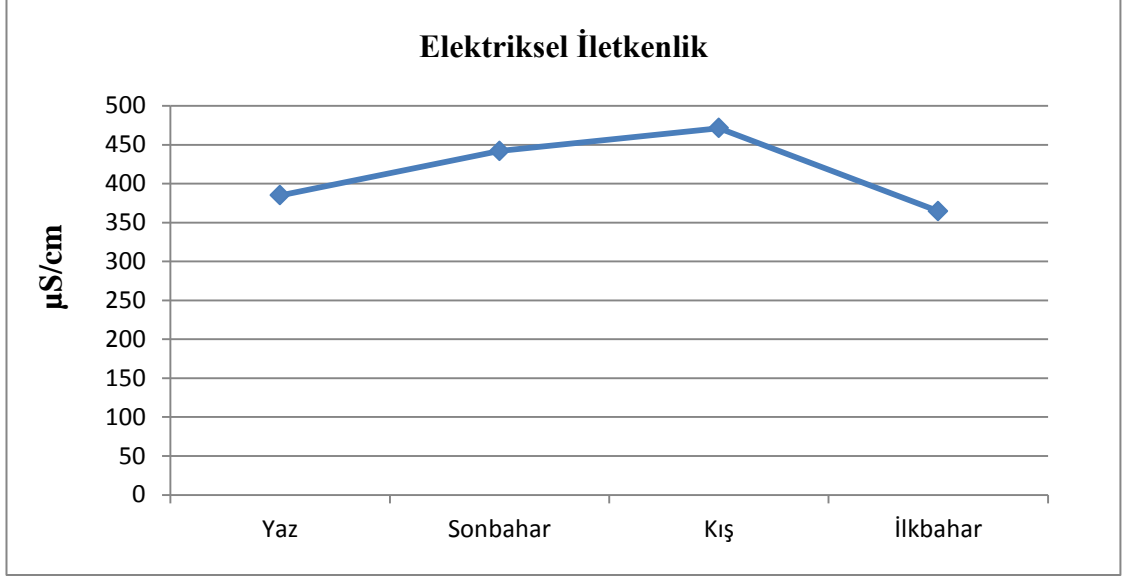
Çalışma bölgesinde ölçülen çözünmüş oksijen miktarı 3,78-13,56 mg/L arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama değer ise 9,47 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen miktarının mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Çözünmüş oksijen miktarının mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi

4.1.4 Elektriksel iletkenlik

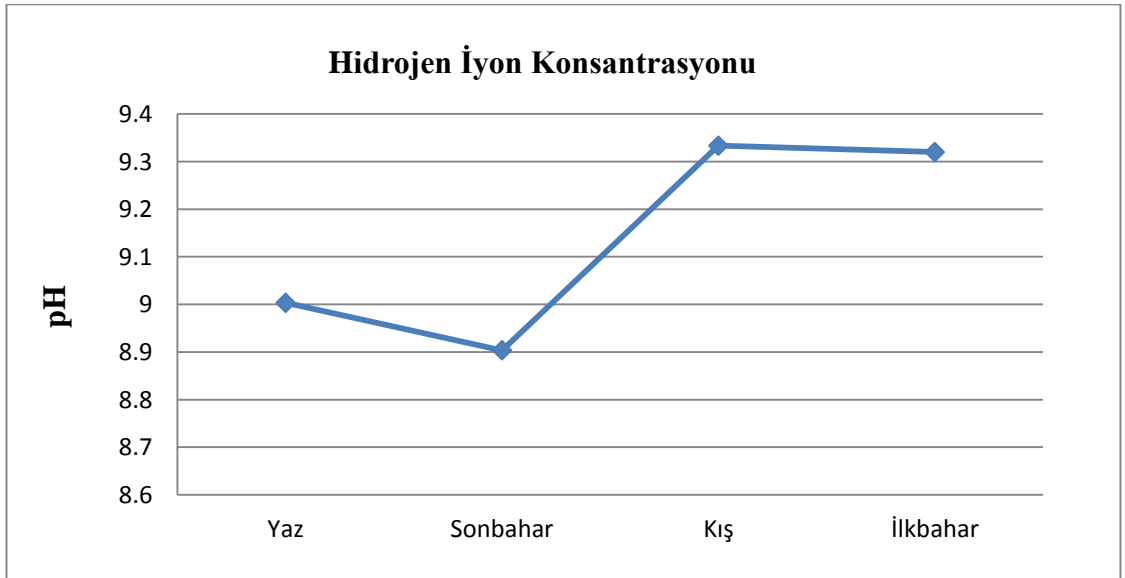
Araştırma süresince belirlenen elektriksel iletkenlik değeri 349-481 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama değer ise 415,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Elektriksel iletkenlik değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi

4.1.5 Hidrojen iyonu konsantrasyonu

Çalışma süresince gölün pH değeri 8,49-9,76 arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama pH değeri ise 9,14 olarak tespit edilmiştir. pH'ın mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5 pH değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi

4.2 Su Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Asartepe Baraj Gölü suyunda ölçülen ağır metallerin ortalama değerleri (mg/L) ve standart sapmaları çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Suda ölçülen ağır metallerin mevsimsel değişimi (mg/L)

Ağır Metal	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	ORT±SS
Cd	0,033±0,001	0,033±0,001	0,034±0,001	0,034±0,000	0,033±0,0005
Cr	0,047±0,001	0,046±0,001	0,046±0,001	0,043±0,000	0,045±0,001
Cu	0,020±0,003	0,019±0,001	0,025±0,008	0,017±0,001	0,020±0,003
Fe	0,040±0,030	0,051±0,002	0,022±0,017	0,071±0,060	0,046±0,020
Mn	0,067±0,006	0,077±0,000	0,058±0,005	0,069±0,008	0,067±10,007
Pb	0,022±0,003	0,022±0,003	0,025±0,003	0,032±0,003	0,025±0,004
Zn	0,049±0,002	0,034±0,002	0,051±0,001	0,032±0,003	0,041±0,009

Asartepe Baraj Gölü’nün suyunda yapılan ağır metal analizinde; Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn her istasyon ve her mevsimde belirlenmiştir. Mevsimlere göre değerlendirme yapıldığında; Yaz döneminde, Mn 0,067 mg/L ile ilk sırada yer alırken, Cu 0,02 mg/L ile son sırada yer almıştır. Sonbaharda, Mn 0,077 mg/L ile en yüksek seviyede yer almış, Cu ise 0,019 mg/L ile en düşük seviyede görülmüştür. Kış döneminde, Mn 0,058 mg/L ile ilk sırada, Fe 0,022 mg/L ile son sırada yer almıştır. İlkbaharda döneminde, Fe 0,071 mg/L’lik değer ile en yüksek seviyede belirlenmiş, Cu ise 0,017 mg/L’lik değer ile en düşük seviyede belirlenmiştir. Ağır metaller arasında Mn>Fe>Cr>Zn>Cd>Pb>Cu ilişkisi saptanmıştır. Suda belirlenen ağır metal miktarları ve Dünya Sağlık Örgütü’nün içme suları için uygun gördüğü ağır metal değerleri ile karşılaştırıldığında, Cd ve Pb miktarı, Dünya Sağlık Örgütü’nün içme suyu için uygun gördüğü değerlerin üzerinde olduğu gözlenmiştir (WHO 2011).

Asartepe Baraj Gölü’nün suyunda tespit edilen metal miktarlarının istatistikî

değerlendirilmesinde çinko (Zn) düzeyinin mevsimler arasında ki değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

4.3 Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Asartepe Baraj Gölü sedimentinde ölçülen ağır metallerin ortalama değerleri ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) ve standart sapmaları çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Sedimentte ölçülen ağır metallerin mevsimsel değişimi ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık)

Ağır Metal	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	ORT \pm SS
Cd	1,333 \pm 0,611	1,066 \pm 0,450	0,767 \pm 0,153	0,8 \pm 0,00	0,992 \pm 0,264
Cr	0,580 \pm 0,417	0,599 \pm 0,010	1,633 \pm 0,0104	0,830 \pm 0,014	0,901 \pm 0,503
Cu	10,633 \pm 4,680	12,033 \pm 1,904	12,6 \pm 1,637	18,7 \pm 3,675	13,492 \pm 3,569
Fe	89,729 \pm 87,903	47,37 \pm 51,854	69,979 \pm 25,861	25,313 \pm 27,749	08,097 \pm 34,779
Mn	3,345 \pm 1,298	3,676 \pm 1,412	3,784 \pm 1,424	5,963 \pm 2,414	4,193 \pm 1,195
Pb	21,7 \pm 0,608	17,733 \pm 2,892	18,867 \pm 2,994	21,9 \pm 2,5	20,05 \pm 2,074
Zn	44,267 \pm 9,212	44,533 \pm 4,554	48,367 \pm 5,620	60,333 \pm 2,836	49,375 \pm 7,541

Sedimentte yapılan ağır metal analizi mevsimlere göre değerlendirildiğinde; Fe tüm mevsimlerde en yüksek miktarda görülürken, Cr yaz ve sonbahar, Cd ise kış ve ilkbaharda en düşük miktarda görülmüştür. Ağır metaller arasında Fe>Zn>Pb>Cu>Mn>Cd>Cr ilişkisi saptanmıştır.

Asartepe Baraj Gölü’nün sedimentinde tespit edilen metal miktarlarının istatistiksel değerlendirilmesinde ağır metal düzeyinin mevsimler arasındaki değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

4.4 Turna Balığının (*Esox lucius*) Bazı Doku ve Organlarında Belirlenen Ağır Metaller ve Konsantrasyonları

Arazi çalışmaları sırasında her mevsim 5 Turna balığı olmak üzere toplamda 20 Turna balığı toplanmıştır. Balıkların 13'ü erkek 6'sı dişi ve 1 balıkta cinsel olgunluğa erişmemiştir. Ortalama total boy 42,8 cm olurken, ortalama ağırlık 973,5 gr olarak ölçülmüştür. Turna balığı (*Esox lucius*)'nın kas, karaciğer ve solungaç dokularında tespit edilen Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn konsantrasyonlarının ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) mevsimlere ve dokulara göre ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler her bir dokudan alınan örneğin üç tekrarlı okunması sonucu elde edilmiştir.

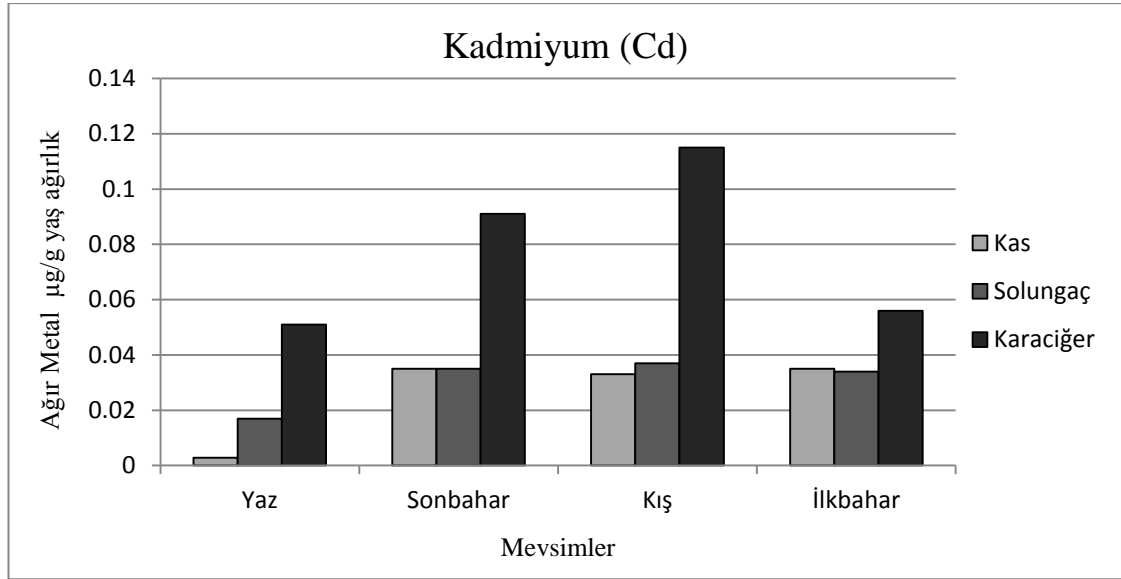
4.4.1 Kadmiyum (Cd)

Dört mevsim boyunca Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Cd miktarları çizelge 4.4'te verilmiştir. En az birikimin yaz mevsiminde kas dokusunda ($0,003 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin ise kış mevsiminde karaciğerde ($0,115 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Cd miktarının en yüksek görüldüğü mevsimler sonbahar ve ilkbahar ($0,035 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), Solungaçtaki Cd miktarının en yüksek görüldüğü mevsim kış ($0,037 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Cd miktarının en yüksek görüldüğü mevsimin ise yine kış mevsimidir ($0,037 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık).

Çizelge 4.4 Turna balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$, yaş ağırlık)

Turna	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort \pm SS
Kas	0.003 \pm 0.001	0.035 \pm 0.002	0.033 \pm 0.001	0.035 \pm 0.002	0.026 \pm 0.015
Solungaç	0.017 \pm 0.012	0.035 \pm 0.015	0.037 \pm 0.005	0.034 \pm 0.002	0.030 \pm 0.009
Karaciğer	0.051 \pm 0.030	0.091 \pm 0.022	0.115 \pm 0.080	0.056 \pm 0.009	0.078 \pm 0.030

Dört mevsim boyunca Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Cd miktarları şekil 4.6’da verilmiş olup Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel olarak kas dokusu için anlamlı bulunurken ($p<0,05$), solungaç ve karaciğer için anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).



Şekil 4.6 Turna balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

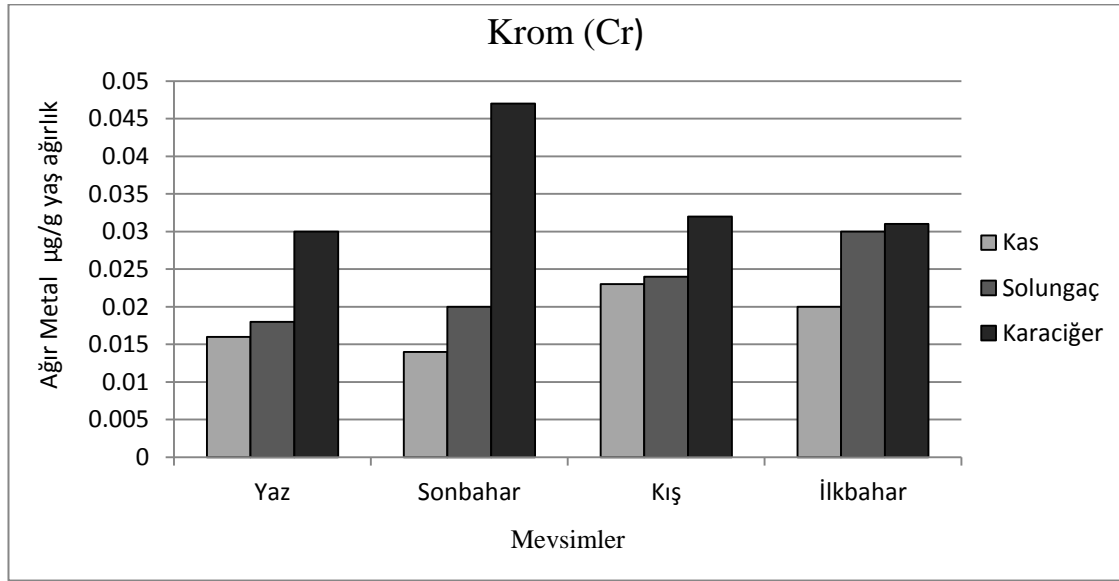
4.4.2 Krom (Cr)

Analizi yapılan Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Cr miktarları çizelge 4.5’te verilmiştir. En az birikim sonbaharda kas dokusunda ($0,014 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin ise yine sonbaharda kasta ($0,047 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Cr miktarının en yüksek görüldüğü mevsim kış ($0,023 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), solungaçtaki Cr miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar ($0,030 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Cr miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ise sonbahar ($0,047 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Turna balığının Dokularındaki Cr Konsantrasyonunun Mevsimlere Göre Dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Turna	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort \pm SS
Kas	0,016 \pm 0,015	0,014 \pm 0,011	0,023 \pm 0,018	0,020 \pm 0,009	0,018 \pm 0,004
Solungaç	0,018 \pm 0,011	0,020 \pm 0,007	0,024 \pm 0,030	0,030 \pm 0,023	0,023 \pm 0,005
Karaciğer	0,030 \pm 0,032	0,047 \pm 0,005	0,032 \pm 0,028	0,031 \pm 0,003	0,035 \pm 0,008

Dokulardaki Cr miktarının mevsimlere ve dokulara göre değişimi şekil 4.7’de verilmiş olup, Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki Cr değişiminin mevsimsel farklılıkları istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.7 Turna balığının dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre Dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

4.4.3 Bakır (Cu)

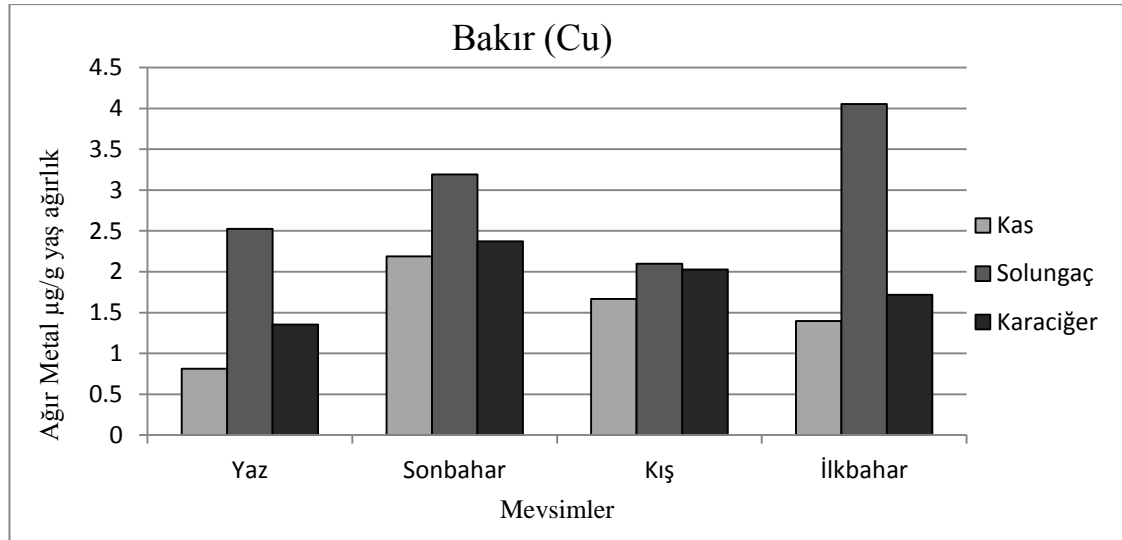
Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Cu miktarları çizelge 4.6’da verilmiştir. En az birikimin yaz mevsiminde kasta (0,811 $\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin ise ilkbaharda solungaçta (4,054 $\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Cu

miktarının en yüksek görüldüğü mevsim sonbahar (2,189 µg/g yaş ağırlık), solungaçtaki Cu miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar (4,054 µg/g yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Cu miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ise sonbahar (2,372 µg/g yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 Turna balığının dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

Turna	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort±SS
Kas	0,811±0,491	2,189±0,255	1,669±0,789	1,398±0,527	1,516±0,573
Solungaç	2,525±1,647	3,19±1,204	2,099±0,843	4,054±1,318	2,967±0,852
Karaciğer	1,353±0,889	2,372±1,146	2,029±1,814	1,719±0,806	1,868±0,434

Dokulardaki Cu değerinin mevsimsel değişimi şekil 4.8’de verilmiş olup, Solungaç>Karaciğer>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları istatistiksel olarak kas dokusu için anlamlı bulunurken ($p<0,05$), solungaç ve karaciğer dokusu için anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.8 Turna balığının dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

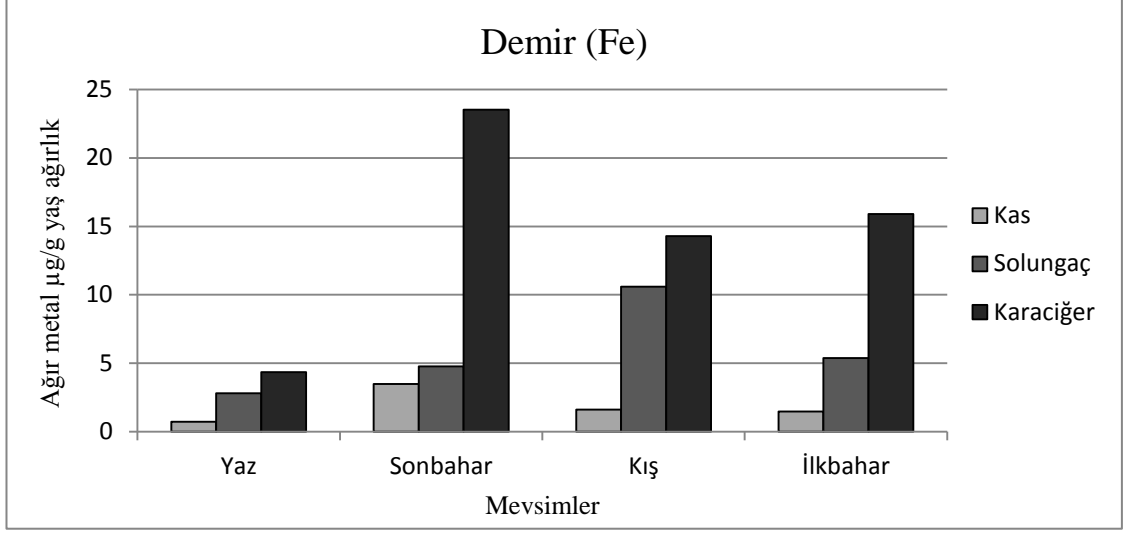
4.4.4 Demir (Fe)

Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Fe miktarları çizelge 4.7’de verilmiştir. En az birikim yaz mevsiminde kasta (0,72 µg/g yaş ağırlık), en fazla birikimin ise sonbahar mevsiminde karaciğerde (23,531 µg/g yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Fe miktarının en yüksek görüldüğü mevsim sonbahar (3,484 µg/g yaş ağırlık), solungaçtaki Fe miktarının en yüksek görüldüğü mevsim kış (10,6 µg/g yaş ağırlık) ve karaciğerde ise Fe miktarı en yüksek sonbahar (23,531 µg/g yaş ağırlık) mevsiminde görülmüştür.

Çizelge 4.7 Turna balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

Turna	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort±SS
Kas	0,72±0,555	3,484±1,992	1,609±0,529	1,481±1,007	1,823±1,174
Solungaç	2,81±0,425	4,77±2,802	10,60±7,412	5,379±1,924	5,379±3,324
Karaciğer	4,349±2,12	23,53±14,463	14,28±6,749	15,892±12,495	14,513±7,886

Dokular arasındaki sıralama şekil 4.9’da verilmiş olup, Karaciğer>Solungaç>Kas şeklinde olduğu belirlenmiştir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde kas ve karaciğer için istatistiksel anlamda önemli bulunmuş ($p<0,05$), solungaç için önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.9 Turna balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

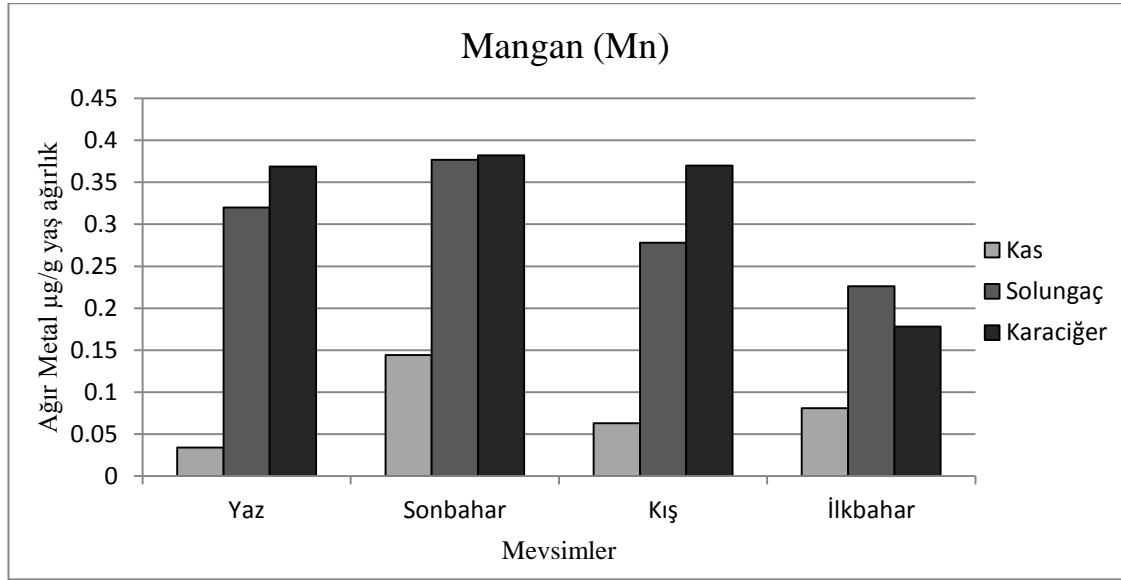
4.4.5 Mangan (Mn)

Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Mn miktarları çizelge 4.8’de verilmiştir. En az birikim yaz mevsiminde kasta ($0,034 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin ise sonbahar mevsiminde karaciğerde ($0,382 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kas, solungaç ve karaciğerdeki Mn miktarının en yüksek görüldüğü mevsimin sonbahar ($0,144$ - $0,377$ - $0,382 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.8 Turna balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Turna	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort±SS
Kas	0,034±0,026	0,144±0,032	0,063±0,059	0,081±0,064	0,080±0,046
Solungaç	0,320±0,146	0,377±0,117	0,278±0,112	0,226±0,081	0,300±0,064
Karaciğer	0,369±0,216	0,382±0,103	0,370±0,307	0,178±0,075	0,324±0,098

Dokulardaki Mn değerinin mevsimsel değişimi şekil 4.10'da verilmiştir. Mn değişiminin sıralaması Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel anlamda kas dokusu anlamlı bulunmuş ($p<0,05$), solungaç ve karaciğer dokusu için anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



şekil 4.10 Turna balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

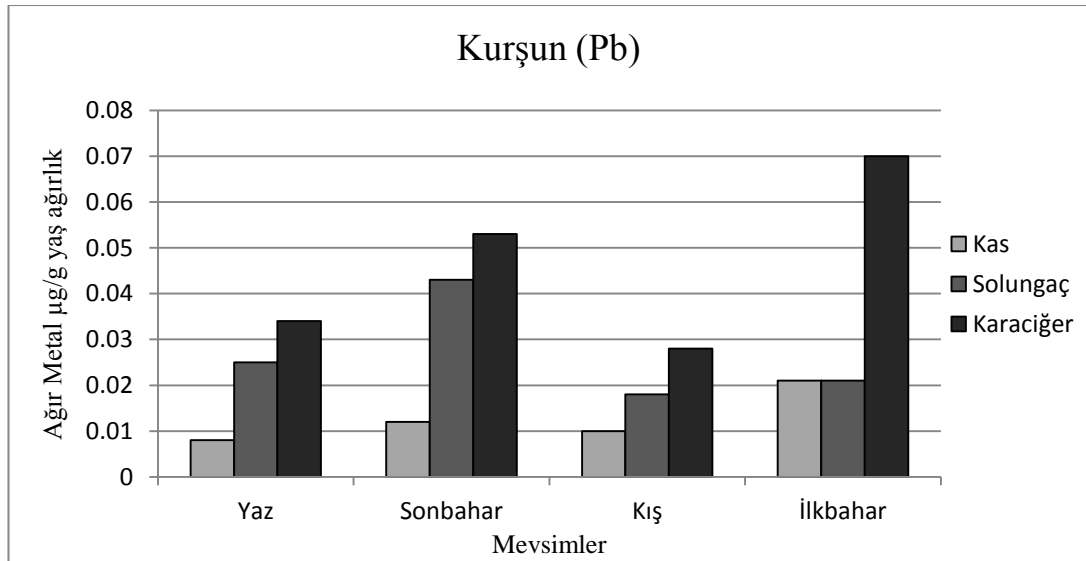
4.4.6 Kurşun (Pb)

Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Pb miktarları izelge 4.9.'da verilmiştir. En az birikim yaz mevsiminde kasta ($0,008 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin ise sonbahar mevsiminde karaciğerde ($0,053 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) belirlenmiştir. Kastaki Pb miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar ($0,21 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), solungaçtaki Pb miktarının en yüksek görüldüğü mevsim sonbahar ($0,043 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Pb miktarının en yüksek görüldüğü mevsimin ise yine sonbahar ($0,053 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.9 Turna balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Turna	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort \pm SS
Kas	0,008 \pm 0,007	0,012 \pm 0,004	0,010 \pm 0,002	0,021 \pm 0,001	0,0127 \pm 0,005
Solungaç	0,025 \pm 0,011	0,043 \pm 0,038	0,018 \pm 0,003	0,021 \pm 0,001	0,026 \pm 0,011
Karaciğer	0,034 \pm 0,028	0,053 \pm 0,028	0,028 \pm 0,015	0,007 \pm 0,002	0,0462 \pm 1,019

Dokulardaki Pb değerlerinin mevsimsel değişimi şekil 4.11’de verilmiş olup, Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde kas ve karaciğer dokuları için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Solungaç dokusundaki değişimin mevsimsel farklılıkları ise anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.11 Turna balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

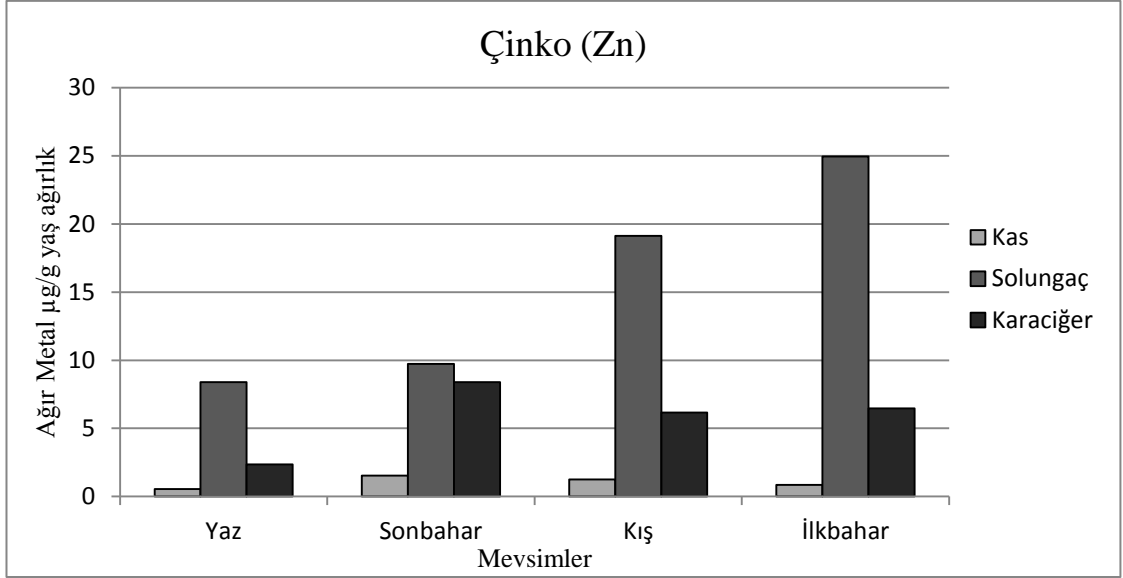
4.4.7 Çinko (Zn)

Turna balığının farklı dokularında tespit edilen Zn miktarları çizelge 4.10'da verilmiştir. En az birikim yaz mevsiminde kasta (0,55 µg/g yaş ağırlık), en fazla birikimin ise ilkbaharda solungaçta (24,941 µg/g yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Zn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim sonbahar (1.544 µg/g yaş ağırlık), solungaçtaki Zn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar (24,941 µg/g yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Zn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim sonbahar (8,394 µg/g yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.10 Turna balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

Turna	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort±SS
Kas	0,550±0,132	1,544±0,564	1,263±0,452	0,854±0,446	1,052±0,438
Solungaç	8,405±3,900	9,732±4,943	19,137±7,904	24,941±8,055	15,553±7,873
Karaciğer	2,361±1,681	8,394±4,709	6,163±6,653	6,478±2,773	5,849±2,525

Dokulardaki Zn değerinin mevsimsel değişimi şekil 4.12'de verilmiş olup Solungaç>Karaciğer>Kas şeklindedir. Dokulardaki ağır metal miktarının mevsimsel değişimi incelendiğinde kas ve solungaç dokularında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ($p<0,05$) karaciğer dokusunda anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$)



Şekil 4.12 Turna balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

4.4.8 Turna balığındaki ağır metal birikiminin dokulara ve mevsimlere göre dağılımı

Turna balığının dokularındaki ağır metal miktarı ve dağılımı çizelge 4.11’de verilmiş olup, Yaz mevsimi için $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Cr}$, sonbahar mevsimi için $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Cr}$, kış mevsimi için $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Pb}$ olarak ve ilkbahar mevsimi için ise $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Cr}$ olarak gözlenmiştir. Ağır metallerin dokulara göre dağılımı incelendiğinde tüm metaller için en az birikim kas dokusunda olmuştur. Bakır ve Çinko için en çok birikim solungaçta olurken; kadmiyum, krom, demir, mangan ve kurşun için en fazla birikim karaciğerde olmuştur.

Çizelge 4.11 Turna balığındaki ağır metal birikiminin dokulara ve mevsimlere göre dağılımı

<i>Esox lucius</i>	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Yaz	Kas	0,016±0,015	0,811±0,491	0,720±0,555	0,034±0,026	0,008±0,007	0,550±0,132
	Solungaç	0,018±0,011	2,525±1,647	2,814±0,425	0,32±0,146	0,025±0,011	8,405±3,9
	Karaciğer	0,03±0,032	1,353±0,889	4,349±2,125	0,369±0,216	0,034±0,028	2,361±1,681
Sonbahar	Kas	0,014±0,011	2,189±0,255	3,484±1,992	0,144±0,032	0,012±0,004	1,544±0,564
	Solungaç	0,02±0,007	3,19±1,204	4,771±2,802	0,377±0,117	0,043±0,038	9,732±4,943
	Karaciğer	0,047±0,005	2,372±1,146	23,531±14,463	0,382±0,103	0,053±0,028	8,394±4,709
Kış	Kas	0,023±0,018	1,669±0,789	1,609±0,529	0,063±0,059	0,01±0,002	1,263±0,452
	Solungaç	0,024±0,030	2,099±0,843	10,600±7,412	0,278±0,112	0,018±0,003	19,137±7,904
	Karaciğer	0,032±0,028	2,029±1,814	14,282±6,749	0,37±0,307	0,028±0,015	6,163±6,653
İlkbahar	Kas	0,02±0,009	1,398±0,527	1,481±1,007	0,081±0,064	0,021±0,001	0,854±0,446
	Solungaç	0,030±0,023	4,054±1,318	5,379±1,924	0,226±0,081	0,021±0,001	24,941±8,055
	Karaciğer	0,031±0,003	1,719±0,806	15,892±12,495	0,178±0,075	0,007±0,002	6,478±2,773

4.5 Kadife Balığının (*Tinca tinca*) Bazı Doku ve Organlarında Belirlenen Ağır Metaller ve Konsantrasyonları

Arazi çalışmaları sırasında her mevsim 5 Kadife balığı olmak üzere toplamda 20 Kadife balığı toplanmıştır. Balıkların 8'i erkek 10'u dişi ve 2 balıkta cinsel olgunluğa erişmemiştir. Ortalama total boy 28,7 cm olurken, ortalama ağırlık 417,5 gr olarak ölçülmüştür. Kadife balığı (*Tinca tinca*)'nın kas, karaciğer ve solungaç dokularında tespit edilen Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn konsantrasyonlarının ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) mevsimlere ve dokulara göre ortalama değerleri ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Elde edilen değerler her bir dokudan alınan örneğin 3 tekrarlı okunması sonucu elde edilmiştir.

4.5.1 Kadmiyum (Cd)

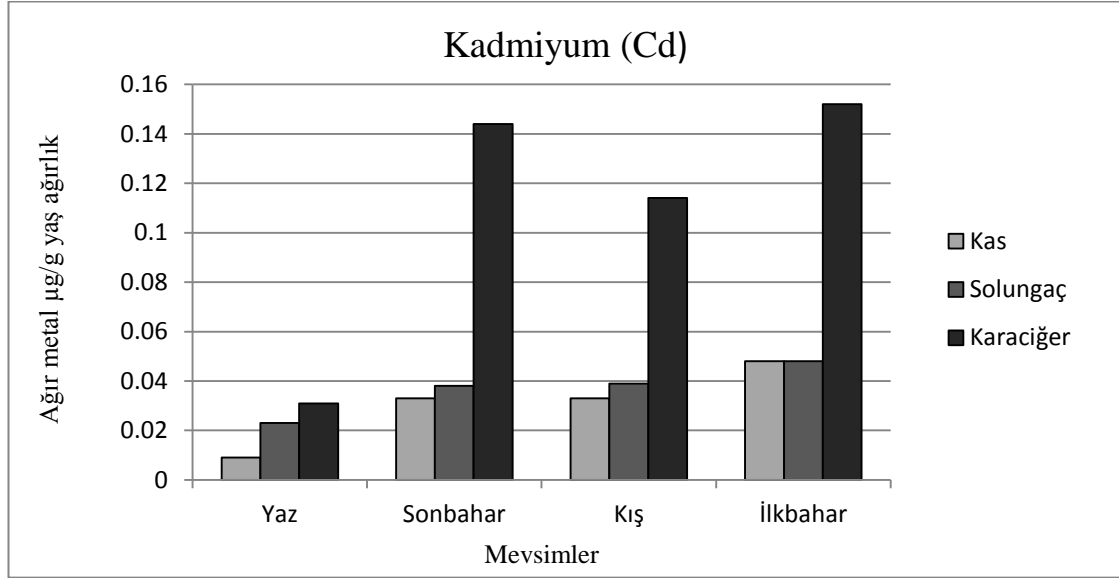
Dört mevsim boyunca kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Cd miktarları çizelge 4.12'de verilmiştir. En az birikimin yaz mevsiminde kasta ($0,009 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin ise ilkbahar mevsiminde karaciğerde ($0,152 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Cd miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar ($0,048 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), solungaçta ($0,048 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) ve karaciğerde ($0,152 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) Cd miktarının en yüksek görüldüğü mevsim yine ilkbahar olmuştur.

Çizelge 4.12 Kadife balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Kadife	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort \pm SD
Kas	0,009 \pm 0,007	0,033 \pm 0,007	0,033 \pm 0,001	0,048 \pm 0,018	0,030 \pm 0,016
Solungaç	0,023 \pm 0,007	0,038 \pm 0,005	0,039 \pm 0,005	0,048 \pm 0,017	0,037 \pm 0,010
Karaciğer	0,031 \pm 0,006	0,144 \pm 0,109	0,114 \pm 0,028	0,152 \pm 0,090	0,110 \pm 0,055

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Cd miktarları şekil 4.13'de verilmiş

olup, Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel olarak tüm dokular için anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.13 Kadife balığının dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

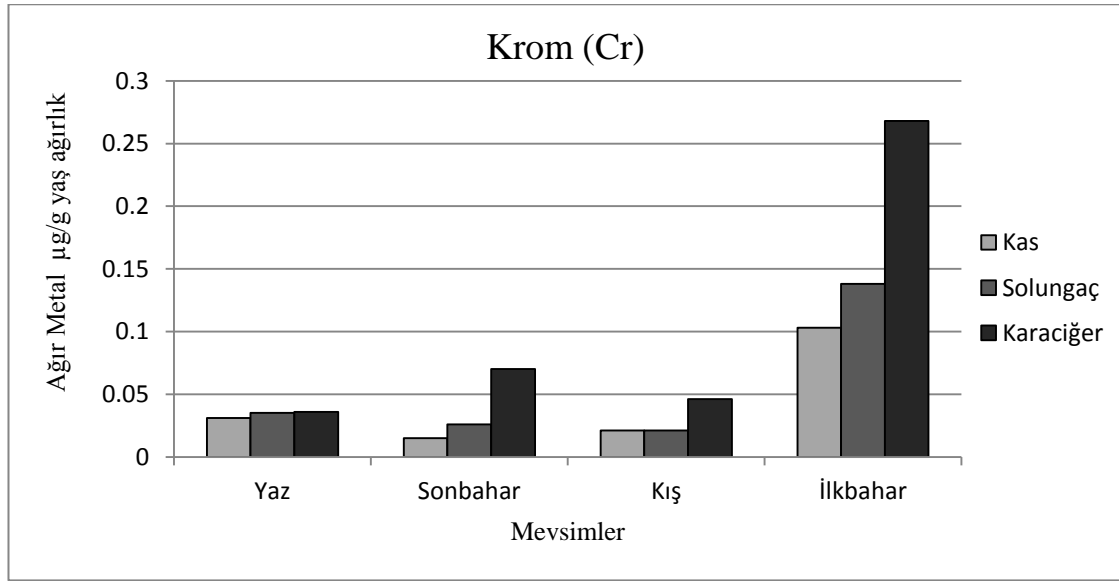
4.5.2 Krom (Cr)

Analizi yapılan kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Cr miktarları çizelge 4.13'te verilmiştir. En az birikim sonbahar mevsiminde kasta ($0,015 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikim ise ilkbahar mevsiminde karaciğerde ($0,268 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) belirlenmiştir. Kas, solungaç ve karaciğerdeki Cr miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar ($0,103 - 0,138 - 0,268 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.13 Kadife balığının dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Kadife	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort \pm SS
Kas	0,031 \pm 0,005	0,015 \pm 0,002	0,021 \pm 0,007	0,103 \pm 0,054	0,042 \pm 0,040
Solungaç	0,035 \pm 0,007	0,026 \pm 0,014	0,021 \pm 0,003	0,138 \pm 0,157	0,055 \pm 0,055
Karaciğer	0,036 \pm 0,029	0,070 \pm 0,124	0,046 \pm 0,020	0,268 \pm 0,257	0,105 \pm 0,109

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Cr miktarları şekil 4.14'te verilmiş olup, Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel anlamda kas ve solungaç dokusu için anlamlı bulunmuş ($p<0,05$), karaciğer için anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.14 Kadife balığının dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

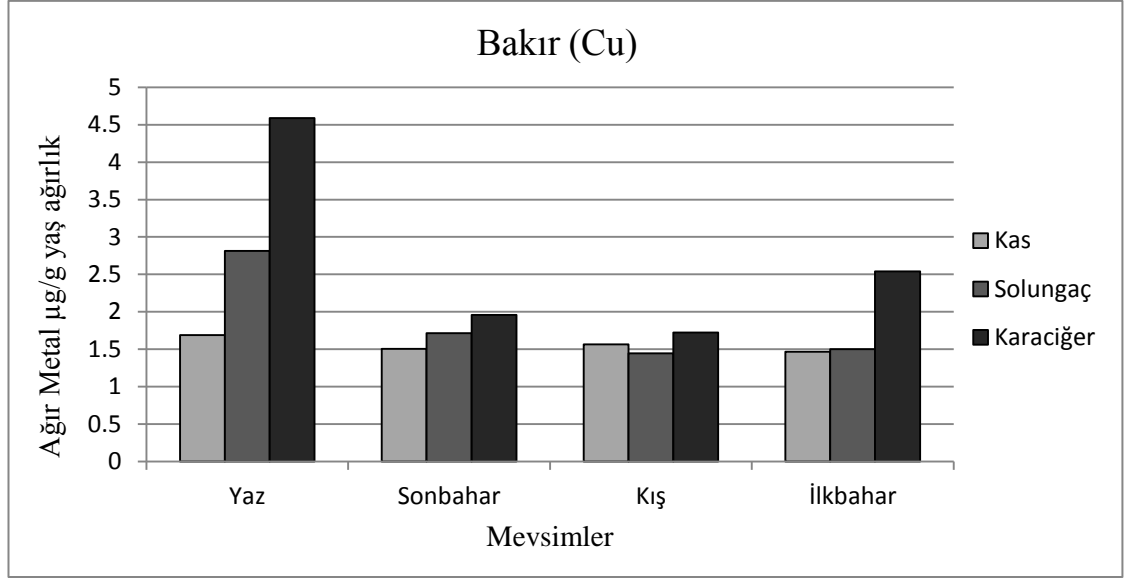
4.5.3 Bakır (Cu)

Analizi yapılan kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Cu miktarları çizelge 4.14'te verilmiştir. En az birikim kış mevsiminde solungaçta (1,446 µg/g yaş ağırlık), en fazla birikimin yaz mevsiminde karaciğerde (4,588 µg/g yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kas, solungaç ve karaciğerdeki Cu miktarının en yüksek görüldüğü mevsim yaz (1,690 – 2,813 – 4,588 µg/g yaş ağırlık) mevsimi olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.14 Kadife Balığının Dokularındaki Cu Konsantrasyonunun Mevsimlere Göre Dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

Kadife	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort±SS
Kas	1,690±0,258	1,505±0,252	1,563±0,403	1,468±0,138	1,556±0,097
Solungaç	2,813±0,410	1,715±2,224	1,446±0,296	1,502±0,600	1,869±0,639
Karaciğer	4,588±1,393	1,959±1,389	1,724±0,417	2,539±0,371	2,702±1,302

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Cu miktarları şekil 4.15'te verilmiş olup Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel olarak solungaç ve karaciğer dokuları için anlamlı bulunmuş ($p<0,05$), kas için anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.15 Kadife balığının dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

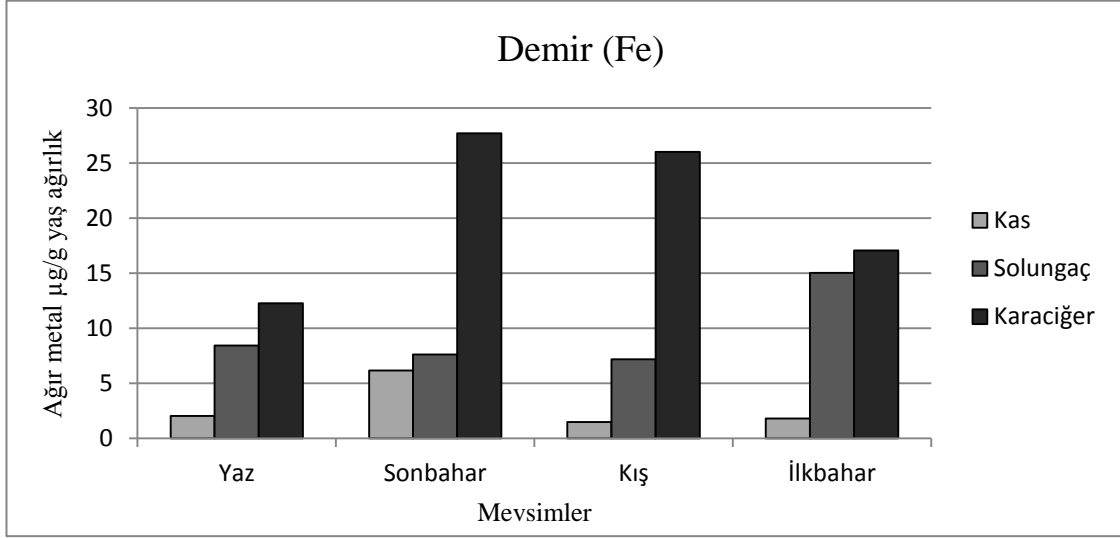
4.5.4 Demir (Fe)

Analizi yapılan Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Fe miktarları çizelge 4.15'te verilmiştir. En az birikim kış mevsiminde kasta (1,505 µg/g yaş ağırlık), en fazla birikimin ise sonbahar mevsiminde karaciğerde (27,695 µg/g yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Fe miktarının en yüksek görüldüğü mevsim sonbahar (6,170 µg/g yaş ağırlık), solungaçtaki Fe miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar (15,019 µg/g yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Fe miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ise sonbahar (27,695 µg/g yaş ağırlık) mevsimidir.

Çizelge 4.15 Kadife balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

Kadife	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort±SD
Kas	2.055±1.523	6.170±9.163	1.505±0.990	1.798±1.189	2.882±2.203
Solungaç	8.434±2.246	7.635±6.643	7.173±1.530	15.019±8.942	9.565±3.672
Karaciğer	12.266±9.029	27.695±10.213	26.008±7.331	17.063±3.990	20.758±7.336

Dokular arasındaki sıralama şekil 4.16’da verilmiş olup Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel anlamda karaciğer dokusu için anlamlı bulunmuş ($p<0,05$), kas ve solungaç dokusu için anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.16 Kadife balığının dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

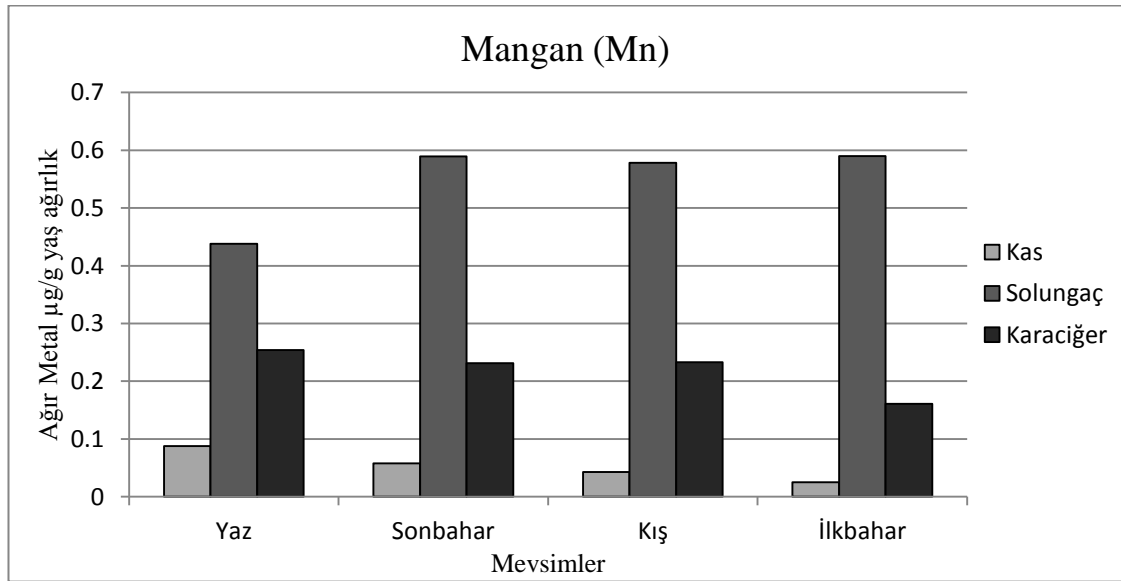
4.5.5 Mangan (Mn)

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Mn miktarları çizelge 4.16’da verilmiştir. En az birikim ilkbahar mevsiminde kasta ($0,025 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin yine ilkbahar mevsiminde solungaçta ($0,59 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olarak görülmüştür. Kastaki Mn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim sonbahar ($0,058 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), solungaçtaki Mn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar mevsimi ($0,59 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Mn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ise kış ($0,233 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.16 Kadife balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Kadife	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort \pm SS
Kas	0,088 \pm 0,081	0,058 \pm 0,011	0,043 \pm 0,015	0,025 \pm 0,024	0,053 \pm 0,026
Solungaç	0,438 \pm 0,111	0,589 \pm 0,545	0,578 \pm 0,209	0,590 \pm 0,402	0,548 \pm 0,074
Karaciğer	0,254 \pm 0,102	0,231 \pm 0,12	0,233 \pm 0,053	0,161 \pm 0,141	0,219 \pm 0,04

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Mn miktarları şekil 4.17’de verilmiş olup, Solungaç>Karaciğer>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde hiçbir doku için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.17 Kadife balığının dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

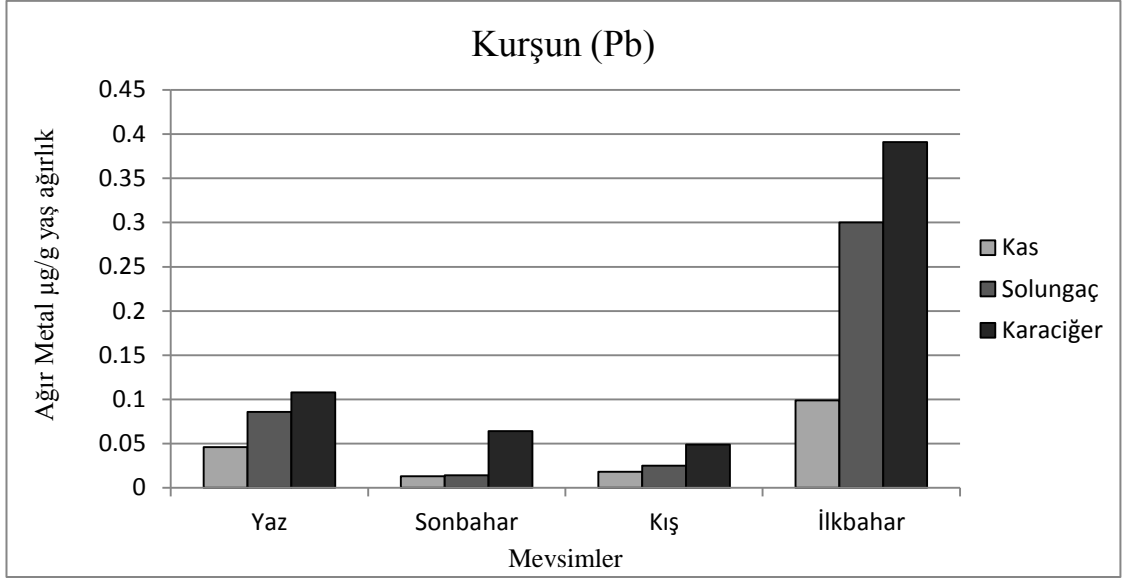
4.5.6 Kurşun (Pb)

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Pb miktarları çizelge 4.17’de verilmiştir. En az birikim sonbahar mevsiminde kasta (0,013 µg/g yaş ağırlık), en fazla birikimin ise ilkbahar mevsiminde karaciğer (0,391 µg/g yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kas (0,099 µg/g yaş ağırlık), solungaç (0,3 µg/g yaş ağırlık) ve karaciğerdeki (0,391 µg/g yaş ağırlık) Pb miktarlarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.17 Kadife balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (µg/g yaş ağırlık)

Kadife	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort±SD
Kas	0,046±0,034	0,013±0,007	0,018±0,003	0,099±0,008	0,044±0,039
Solungaç	0,086±0,021	0,014±0,003	0,025±0,009	0,300±0,292	0,106±0,132
Karaciğer	0,108±0,060	0,064±0,069	0,049±0,015	0,391±0,281	0,153±0,160

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Pb miktarları şekil 4.18’de verilmiş olup, Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel anlamda kas ve solungaç dokuları için anlamlı bulunmuş ($p<0,05$), karaciğer dokusu için anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.18 Kadife balığının dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

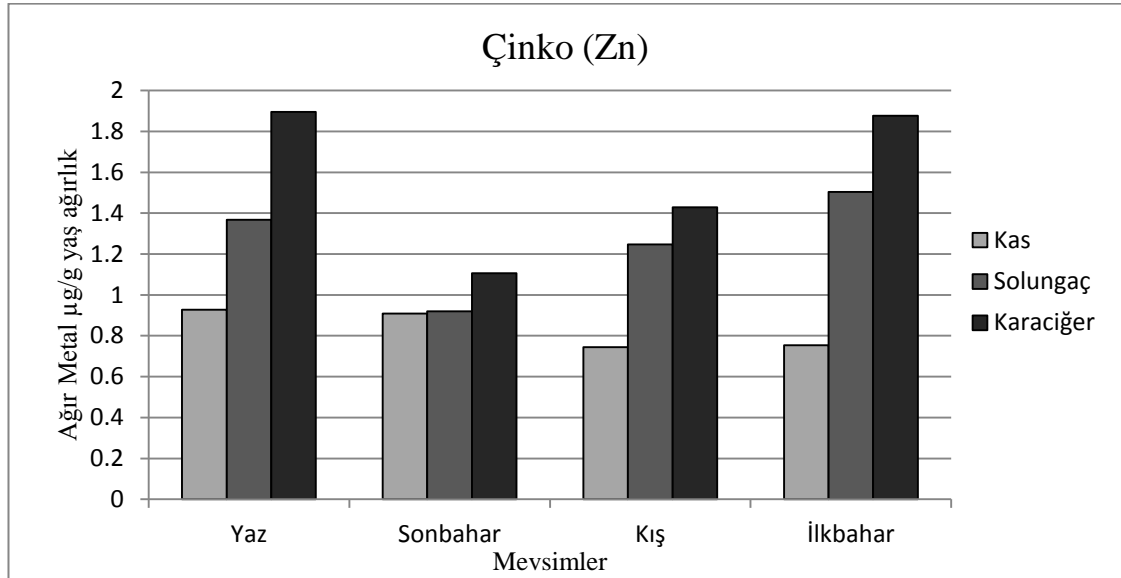
4.5.7 Çinko (Zn)

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Zn miktarları çizelge 4.18’de verilmiştir. En az birikim kış mevsiminde kasta ($0,745 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), en fazla birikimin ise kış mevsiminde karaciğerde ($1,895 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Kastaki Zn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim yaz ($0,982 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık), solungaçtaki Zn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ilkbahar ($1,503 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) ve karaciğerdeki Zn miktarının en yüksek görüldüğü mevsim ise yine yaz ($1,895 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.18 Kadife balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Kadife	Mevsimler				
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort \pm SS
Kas	0,982 \pm 0,519	0,908 \pm 0,208	0,745 \pm 0,100	0,754 \pm 0,266	0,833 \pm 0,097
Solungaç	1,368 \pm 0,181	0,919 \pm 0,841	1,247 \pm 0,029	1,503 \pm 0,347	1,259 \pm 0,249
Karaciğer	1,895 \pm 1,009	1,106 \pm 0,462	1,429 \pm 0,147	1,876 \pm 0,705	1,576 \pm 0,380

Kadife balığının farklı dokularında tespit edilen Zn miktarları şekil 4.19’da verilmiş olup Karaciğer>Solungaç>Kas şeklindedir. Dokulardaki değişimin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.19 Kadife balığının dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

4.5.8 Kadife balığındaki ağır metal birikimi ve dokulara göre yüzde dağılımı

Kadife balığının dokularındaki ağır metal miktarı dağılımı çizelge 4.19'da verilmiş olup, Yaz mevsimi için Fe>Cu>Zn>Mn>Pb>Cr>Cd olarak gözlenmiş, sonbahar mevsimi için Fe>Cu>>Zn>Mn>Cd>Cr>Pb, kış mevsimi için Fe>Cu>Zn>Mn>Cd>Pb>Cr ve ilkbahar mevsimi için Fe>Cu>Zn>Pb>Mn>Cr>Cd olarak gözlenmiştir. Ağır metallerin dokulara göre dağılımı incelendiğinde tüm metaller için en az birikim kas dokusunda olmuştur. Mangan için en çok birikim solungaç dokuda olurken; kadmiyum, krom, bakır, demir, kurşun ve çinko için en fazla birikim karaciğer dokusunda olmuştur.

Çizelge 4.19 Kadife balığındaki ağır metal birikiminin dokulara ve mevsimlere göre dağılımı

<i>Tinca tinca</i>	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Yaz	Kas	0,009±0,007	0,031±0,005	1,69±0,258	2,055±1,523	0,088±0,081	0,982±0,519
	Solungaç	0,023±0,007	0,035±0,007	2,813±0,41	8,434±2,246	0,438±0,111	1,368±0,181
	Karaciğer	0,031±0,006	0,036±0,029	4,588±1,393	12,266±9,029	0,254±0,102	1,895±1,009
Sonbahar	Kas	0,033±0,007	0,015±0,002	1,505±0,252	6,170±9,163	0,058±0,011	0,908±0,208
	Solungaç	0,038±0,005	0,026±0,014	1,715±2,224	7,635±6,643	0,589±0,545	0,919±0,841
	Karaciğer	0,144±0,109	0,070±0,124	1,959±1,389	27,695±10,213	0,231±0,12	1,106±0,462
Kış	Kas	0,033±0,001	0,021±0,007	1,563±0,403	1,505±0,99	0,043±0,015	0,745±0,1
	Solungaç	0,039±0,005	0,021±0,003	1,446±0,296	7,173±1,53	0,578±0,209	1,247±0,029
	Karaciğer	0,114±0,028	0,046±0,02	1,724±0,417	26,008±7,331	0,233±0,053	1,429±0,147
İlkbahar	Kas	0,048±0,018	0,103±0,054	1,468±0,138	1,798±1,189	0,025±0,024	0,754±0,266
	Solungaç	0,048±0,017	0,138±0,157	1,502±0,6	15,019±8,942	0,590±0,402	1,503±0,347
	Karaciğer	0,152±0,09	0,268±0,257	2,539±0,371	17,063±3,99	0,161±0,141	1,876±0,705

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ağustos 2013 - Mayıs 2014 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Asartepe Baraj Gölü (Ankara)'nden alınan su, sediment, *Esox lucius* (Turna) ve *Tinca tinca* (Kadife) örneklerinde toksik etkiye sahip Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb ve Zn gibi ağır metallerin konsantrasyonları ve bunların mevsimlere göre değişimleri araştırılmıştır. Ayrıca gölün bazı fizikokimyasal parametreleri de ölçülerek elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Göllerde suyun şeffaflığını ve ışık geçirgenliğini etkileyen, plankton yoğunluğu, su içindeki çözülmüş organik ve inorganik maddeler, suyun kimyasal yapısı, ışığın gelme açısı ve dalga boyu, su yüzeyinin durumu, bulutluluk durumu gibi birçok faktör vardır. Asartepe Baraj Gölü suyunun berraklığı ve rengi, örnekleme süresi göz önüne alındığında özellikle İlkbahar ve Yaz mevsiminde fitoplankton yoğunluğuna bağlı olarak mavi-yeşil ve hafif yeşil renkte görülmüştür. Su renginin değişiminde yalnızca fitoplankton yoğunluğunun değil aynı zamanda organik maddelerin, toprağın ve rüzgârın da etkili olduğu bildirilmiştir (Temponeras vd. 2000).

Trofik durumun bir göstergesi olarak kullanılan Secchi diski görünürlüğü sudaki organik ve inorganik partiküllerden ileri gelen toplam bulanıklığın ölçüsüdür. Görünürlük derinliği ilgili suyun verimliliği hakkında yaklaşık bir fikir verir (Gülle 1999). Asartepe Baraj Gölü'nde yapılan ölçümlerde Secchi diski değeri ortalama 54.8 cm olarak tespit edilmiştir. Trofik sınıflandırma sistemi için OECD sınır değerine göre, Secchi derinliği 0,8-1,5 m aralığındaki göller ötrofik olarak; 1,5-2,4 m aralığındaki göller mezotrofik olarak; 3,6-5,9 m arasındaki göller ise oligotrofik olarak adlandırılmaktadır (Ryding ve Rast 1989).

Elektriksel iletkenlik değeri sucul ortamlarda oldukça karmaşık ilişkileri olan bir değerdir. Bu değer suda çözülmüş olarak bulunan tuzların miktarına bağlı olarak değişir. Elektriksel iletkenlik değeri suda çözülmüş olan iyonik formdaki mineral bileşiklerinin yani çözülmüş toplam katı madde miktarının göstergesidir. Yüksek elektriksel iletkenlik değerinin ötrofik suların iyi bir göstergesi olduğu bilinmektedir

(Gülle 1999). Asartepe Baraj Gölü'nde çalışma boyunca ölçülen ortalama elektriksel iletkenlik (EC) değeri 415 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tespit edilmiştir.

Tatlı sularda elektriksel iletkenlik 10-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişiklik göstermektedir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek olmaması suyun tuz içeriği bakımından normal olduğunun göstergesidir. Asartepe Baraj Gölü'nde ölçülen elektriksel iletkenlik; su ürünleri standartları ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması hakkındaki protokolda belirtilen değerler (maksimum 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ile uyum göstermektedir (Uslu ve Türkman 1987).

Gölün coğrafik konumuna, mevsimlere, derinliğine, alanına, içinde bulunan çözünmüş madde miktarına ve soğurduğu güneş enerjisine bağlı olarak değişen su sıcaklığı, sucul ekosistemlerde oldukça önemli bir parametredir (Tanyolaç 2011). Göllerin su sıcaklığı mevsimsel değişiklikler gösterir. Sıcaklık artışıyla birlikte suda çözünmüş halde bulunan oksijen miktarı azalmakta kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar ise hızlanmaktadır (Wetzel 2001). Asartepe Baraj Gölü'nde yapılan ölçümlerde ortalama yüzey suyu sıcaklığı 15,3°C olarak belirlenmiştir. Yaz mevsiminde su sıcaklığının ve buna bağlı olarak buharlaşmanın artmasıyla birlikte yoğunlaşan gölde, produktivitenin arttığı düşünülmektedir.

Çözünmüş oksijen sularda, özellikle göllerde, kimyasal süreçler ve canlılar için en önemli parametrelerden biridir. Sudaki çözünmüş oksijen kaynakları atmosfer ve suda gerçekleşen fotosentezdir. Ancak atmosferden gelen miktar fotosentezden gelen miktarın yanında çok düşük olduğundan, sudaki çözünmüş oksijen miktarı doğrudan fotosentezle ilişkilendirilebilir. Sudaki oksijen çözünürlüğü, su sıcaklığı ve sudaki tuz içeriği ile ters orantılıdır (Wetzel 2001). Araştırma süresince Asartepe Baraj Gölü'nde ölçülen ortalama çözünmüş oksijen miktarı 9,55 mg/L'dir. Tatlı su ekosistemlerinde aerobik koşullarda sucul yaşamın sürdürülebilmesi için suyun minimum çözünmüş oksijen değerinin 5 mg/L'den az olmaması gerekmektedir (Gülle 1999). Asartepe Baraj Gölü'nde ortalama çözünmüş oksijen miktarı yaşamı sınırlayıcı bir faktör olarak bulunmamıştır. Ayrıca elde edilen bulgular, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri ile karşılaştırıldığında göl

suyu 1. sınıf (>8 mg/L) suya sahiptir (Anonim 2004).

Sucul ekosistemin diğler önemli bir parametresi ise pH'dır. pH suyun asidik ve bazik özelliğinin bir göstergesi olmasının yanında, tatlı sularda diğler birçok kimyasal parametreyle devamlı ilişki halindedir. Göllerde pH 6-9 arasında değışir ve her canlının belli bir pH toleransı vardır. Fotosentezin artmasıyla birlikte CO₂ azaldığı için pH artış göstermekte, sedimentte organik maddelerin parçalanması sonucunda CO₂ açığa çıkmakta ve pH azalmaktadır (Wetzel 2001, Tanyolaç 2011). Asartepe Baraj Gölü'nde çalışma süresince ortalama pH değeri 9,14 olarak tespit edilmiştir. Ortalama pH değerine göre göl alkali özellik göstermektedir.

Asartepe Baraj Gölü'nün suyunda yapılan analizler sonucunda; Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn tüm mevsimlerde ve örnekleme istasyonlarında tespit edilmiştir. Araştırma süresince suda en fazla bulunan ağır metal ortalama 0,067 mg/L ile Mn, en az bulunan ağır metal ise ortalama 0,02 mg/L ile Cu olmuştur. Ağır metaller arasında Mn>Fe>Cr>Zn>Cd>Pb>Cu ilişkisi saptanmıştır. Asartepe Baraj Gölü'nün suyunda tespit edilen metal miktarlarının istatistikî değerlendirilmesinde çinko (Zn) düzeyinin mevsimler arasında ki değışiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Diğler ağır metaller için mevsimler arasındaki değışim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05). Fe ve Zn tüm mevsimlerde inişli çıkışlı değerlere sahip olmuş ve demir ilkbahar döneminde Zn ise kış mevsiminde en yüksek seviyelere ulaşmıştır.

Sedimentte yapılan analizler sonucunda; Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn her mevsim ve her istasyonda tespit edilmiştir. Araştırma süresince sedimentte en fazla birikim gösteren ağır metal ortalama 308,097 µg/g kuru ağırlık ile Fe, en az birikim gösteren ağır metal ise ortalama 0,99 µg/g kuru ağırlık ile Cd olmuştur. Sedimentte yapılan analizler sonucunda ağır metaller arasındaki ilişki Fe>Zn>Pb>Cu>Mn>Cd>Cr olarak saptanmıştır. Tespit edilen ağır metaller tüm mevsim ve istasyonlarda homojen bir dağılım göstermiştir. İlkbahar mevsiminde nispeten biraz daha yüksek değerler görülmüştür. Bu duruma gerekçe olarak, İlkbaharda sıcaklık artışıyla buharlaşma sonucu suda artan metal konsantrasyonunun daha kolay ve daha fazla sedimente

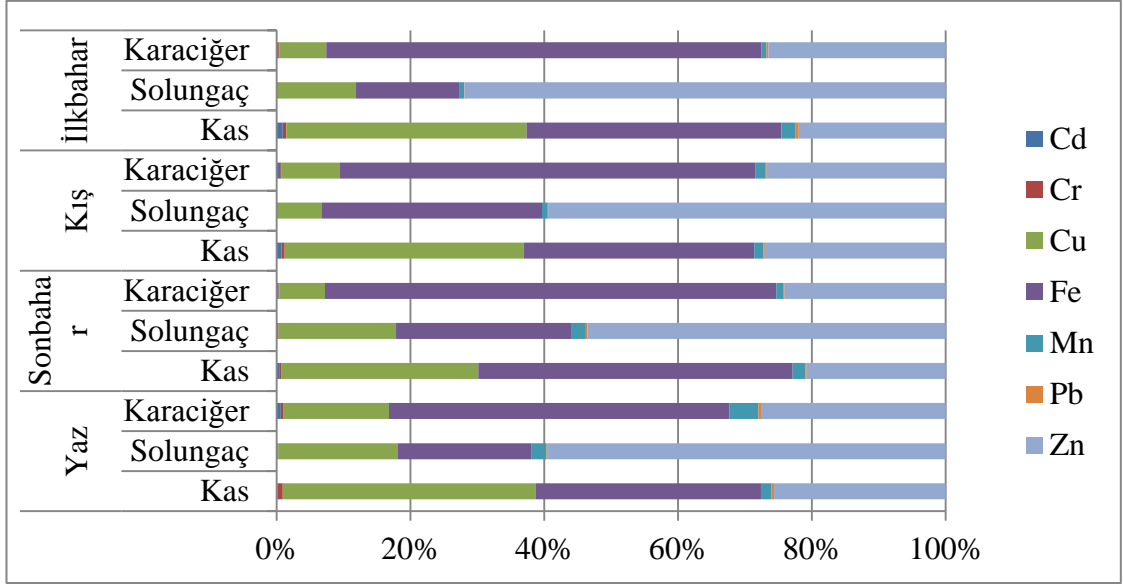
geçmesi gösterilebilir. Ayrıca yağışlı mevsimlerde ve sonrası sedimentte metal birikiminin yüksek olmasının sebebi, toprakta bulunan metalin yağmur sularıyla beraber yıkanarak baraja aktarılması ve böylece ağır metal konsantrasyonunu artırması gösterilebilir (Yüzereroğlu vd. 2010).

Sedimentte biriken ağır metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sediment parçacıklarının oranına, parçacıkların boyutuna ve sedimentte organik maddelerin bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösterir. Sediment, ağır metaller için önemli bir birikim yeridir. Bu nedenle sucul ortamların metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılır (Salomons vd. 1987). Harding ve Whitton (1978), göl sedimentinin suda bulunan ağır metalleri kendine doğru çekerek bünyesinde biriktirdiğini bildirmişlerdir.

Asartepe Baraj Gölü'nün sedimentinde tespit edilen metal miktarlarının istatistiki değerlendirilmesinde ağır metal düzeyinin mevsimler arasındaki değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

Asartepe Baraj Gölü'nde yaşayan *Esox lucius*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn her mevsim ve bütün dokularda tespit edilmiştir. Araştırma süresince *Esox lucius*'un dokularında en fazla birikim gösteren ağır metal ortalama 7,48 µg/g yaş ağırlık ile Zn olmuş, en az birikim gösteren ağır metal ise ortalama 0,025 µg/g yaş ağırlık ile Cr olmuştur

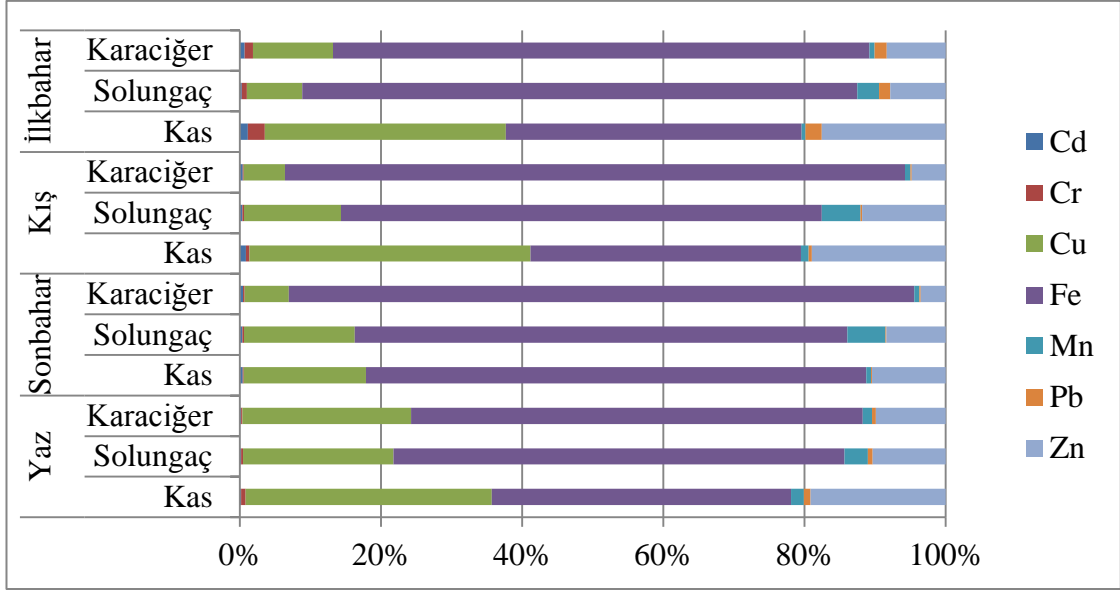
Esox lucius'daki ağır metal birikiminin mevsimlere ve dokulara göre yüzde dağılımı şekil 5.1'de görülmektedir. Buna göre en çok birikim ilkbahar mevsiminde Zn için solungaç dokuda gözlenmiş ve en az birikim Cd için yaz mevsiminde kas dokuda gözlenmiştir.



Şekil 5.1 *Esox lucius*'daki ağır metal birikiminin mevsimlere ve dokulara göre yüzde dağılımı

Tinca tinca'nın kas, karaciğer ve solungaç dokularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn her mevsim ve bütün dokularda tespit edilmiştir. Araştırma boyunca *Tinca tinca*'nın dokularında en fazla birikim gösteren ağır metal ortalama 11,06 µg/g yaş ağırlık ile Fe olmuş, en az birikim gösteren ağır metal ise ortalama 0,05 µg/g yaş ağırlık ile Cd olmuştur.

Tinca tinca'daki ağır metal birikiminin mevsimlere ve dokulara göre yüzde dağılımı şekil 5.2'de görülmektedir. Buna göre en çok birikim sonbahar mevsiminde Fe için karaciğer dokuda gözlenmiş ve en az birikim Cd için yaz mevsiminde kas dokuda gözlenmiştir.



Şekil 5.2 *Tinca tinca*'daki ağır metal birikiminin mevsimlere ve dokulara göre yüzde dağılımı

Tekin-Özan vd. (2007) , Işıklı Gölü'nde yaşayan *Esox lucius*'un karaciğerinde Cu, Mn ve Cr'ü analiz limitinin altında olduğu için tespit edemezken, Fe ve Zn'yu turna balığının karaciğerinde belirlemişlerdir. Asartepe Baraj Gölü'nde yapılan bu çalışmada da Turna balığında genel olarak Fe ve Zn miktarları yüksek olarak bulunmuştur.

Tekin-Özan vd. (2004), Kovada Gölü'ndeki *Tinca tinca*'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki Cu, Fe, Zn ve Mn miktarlarının yaz mevsiminde artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Asartepe Baraj Gölü için de Cu ve Zn miktarının yaz mevsiminde artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmada elde edilen bulgular sedimentteki ağır metal konsantrasyonunun sudaki konsantrasyondan daha fazla olduğunu göstermiştir. Yılmaz vd. (2007), yaptıkları çalışmada benzer bir sonuca rastlamışlardır. Su içerisinde bulunan birçok askıda parçacık metallere karşı aşırı derecede bir ilgi ile bağlanma özelliğine sahiptirler o yüzden suya deşarj edilen metal askıda maddelerle kompleks oluşturarak sedimente çöktüğü ve dolayısı ile sedimentte ağır metal birikmesi meydana getirir şeklinde belirtmişlerdir. Abdel-Baky vd. (1998), Manzalla Gölü (Mısır)'nde yaptıkları çalışmada, sedimentteki ağır metal içeriğinin sudakinden daha yoğun olduğunu tespit

etmişlerdir. Elde edilen bulgular Asartepe Baraj Gölünde yapılan bu çalışmayı destekler niteliktedir.

Balık dokularında tespit edilen metal seviyeleri suya göre yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Bunun nedeni sudaki ağır metallerin çökerek, dip kısmında birikmesi ve balıkların bu metalleri sedimentten veya besinlerden alıp doku ve organlarında biriktirmesinden kaynaklanmaktadır. İncelenmiş olan *Esox lucius* ve *Tinca tinca* örneklerinde en az birikim tüm mevsimler için kas dokusunda, en fazla birikim ise solungaç ve karaciğer dokularında meydana gelmiştir. Bunun sebebi genellikle ağır metallerin letal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesi şeklinde açıklanabilir (Karadede 1997).

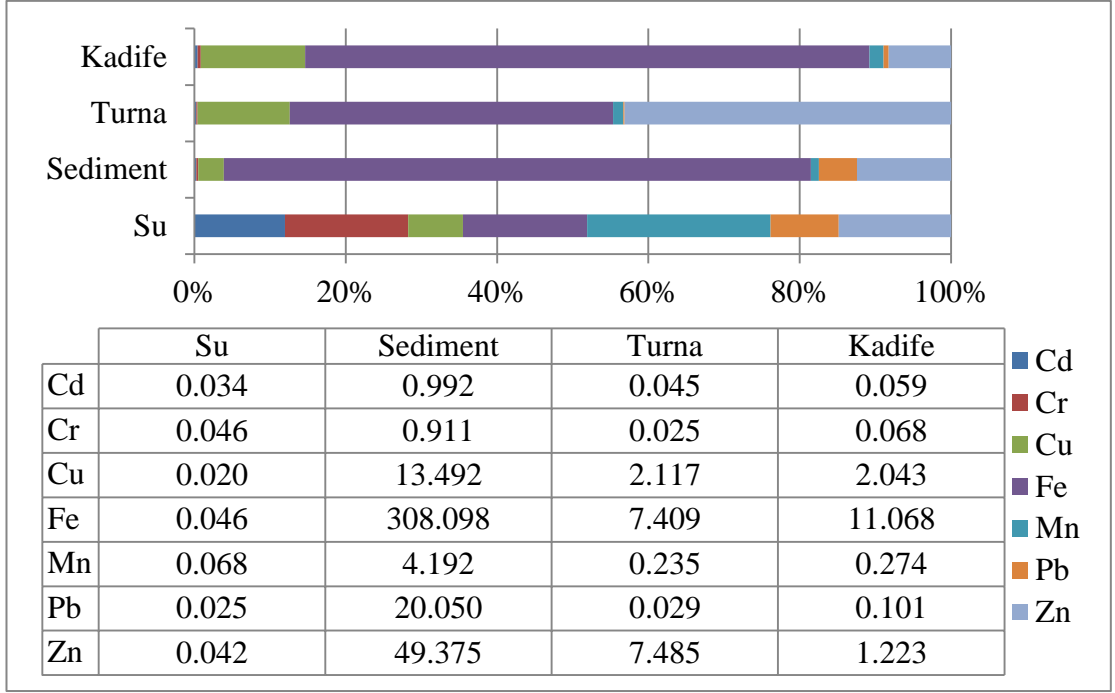
Amundsen vd. (1997) yaptıkları çalışmada, Norveç ve Rusya arasında bulunan tatlı su kaynaklarından aldıkları farklı balık türlerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında Cd, Cu, Cr, Hg, Ni ve Zn içeriklerini belirlemişler ve bu ölçümler sonucunda genellikle metal konsantrasyonlarının en düşük kas dokusunda, en yüksek ise solungaç ve karaciğer dokularında biriktiğini bildirmişlerdir (Amundsen vd. 1997).

Ağır metal miktarlarının farklı konsantrasyonlarda olması bütün metallerin vücut için gereksiniminin çok değişik miktarlarda olması ve farklı metabolizma hızlarının olmasından kaynaklanmaktadır. Karaciğer ve solungaçlar en fazla birikim gösteren dokulardır. Çünkü karaciğerin detoksifikasyon ve depo etme görevleri vardır. Benzer şekilde solungaçta balıklarda madde alımı ve atımında görevlidir. Ayrıca karaciğerden sentezlenen ve metal konsantrasyonu arttığı zaman fazla metali bağlamakla görevli olan metallothionein enzimi de karaciğerde metal birikiminin artmasına sebep olabilir. Solungaçta yüksek konsantrasyonlarda metale rastlanmasının en önemli sebebi solungaç dokusunun doğrudan su ile temas etmesi olabilir. Ayrıca solungaçtan salınan mukus sıvısı ile metaller reaksiyona giriyor olabilirler (Karadede-Akin ve Ünlü 2007, Erdoğan ve Erbilir 2007, Alhas vd. 2009, Malik vd. 2010). Tatlı su balıklarının dokularındaki ağır metal konsantrasyonları çok fazla değişiklik göstermektedir. Bunun sebebi, sudaki metal konsantrasyonu, suyun fizikokimyasal özellikleri, ekolojik gereksinimler, balıkların beslenme rejimi ve çalışmanın yapıldığı mevsim olabilir.

Birçok çalışmada balıkların çeşitli organ ve dokularında ölçümler yapılmış ve en yüksek metal birikiminin karaciğer ve solungaç dokusunda olduğu, en düşük birikimin ise kas dokusunda olduğu görülmüştür (Kargın ve Erdem 1992, Ünlü ve Gümgüm 1993, Canlı vd. 1998, Karadede ve Ünlü 2000, Gümgüm vd. 2001, Ciminli 2005, Özkurt 2000, Alam vd. 2002, Cicik 2003, Köse 2007, Yılmaz ve Doğan 2007, Fidan vd. 2008, Köse ve Uysal 2008, Tekin-Özan ve Kır 2007, Türkoğlu 2008, Alhas vd. 2009). Asartepe Baraj Gölü'nde elde edilen bulgular da metal birikiminin organlara ve metalin çeşidine göre değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Karaciğer ve solungaçta kas dokuya göre daha yüksek metal birikim oranları görülmüştür. Ağır metallerin tamamının, kas dokusunda az tespit edilmesinin sebebi aktif bir organ olmamasından kaynaklanıyor olabilir.

Balıklarda farklı ağır metallerin farklı doku ve organlarda farklı oranlarda biriktiği ve belirli bir metalin hangi doku ve organda öncelikle depo edileceğinin türlere göre değişim gösterdiği bildirilmektedir (Karadede 1997, Singh vd. 2005, Erdoğan ve Ateş 2006, Tekin-Özan 2008).

Asartepe Baraj Gölü'nde gerçekleştirilen çalışma sonucunda su, sediment ve balık örneklerinde ağır metal birikimi ile ilgili Sediment>Turna balığı>Kadife balığı>Su şeklinde bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ayrıca balık dokularında belirlenen ağır metallerin ortalama birikimleri; Fe>Zn>Cu>Mn>Pb>Cd>Cr şeklinde sıralanmışlardır. Araştırma boyunca su, sediment, Turna ve Kadife balıklarındaki ağır metal birikiminin yüzde dağılımı ve birbirleriyle ilişkisi şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3 Su, sediment, turna ve kadife balıklarındaki ağır metal birikiminin dağılımı

Bütün sediment örneklerinin ağır metal konsantrasyonları su ve balık dokularından oldukça yüksek çıkmıştır. Bu durum sedimentin denizler ve özellikle göllerde ağır metaller açısından depo görevi görmesine bağlanabilir. Türkoğlu (2008), Van Gölü'nün su, balık ve sedimentinde yaptığı çalışmada en fazla birikimin sedimentte olduğunu tespit ederek Asartepe Baraj Gölü'ndeki çalışmayı desteklemektedir. Yine yapılan bazı çalışmalarda da en fazla ağır metal birikiminin sedimentte olduğu bildirilmiştir (Çalışkan 2005, Kır vd. 2007).

Sonuç olarak, Asartepe Baraj Gölü ekolojik ve ekonomik öneme sahip bir sulak alandır. Yerleşim yeri (Çanılı Beldesi) üzerinde yer alması nedeniyle evsel ve tarımsal kirlenmeye açıktır. Yapılan bu çalışma baraj gölünden bildirilen ilk ağır metal çalışmasıdır. Birçok noktada tamamen kontrolsüz ya da yetersiz olarak arıtılmış sular gölün muhtelif yerlerine bırakılmaktadır. Kirlenmenin kaynağında yeterli önlemlerin alınmaması durumunda kirliliğin sürekli olarak artması kaçınılmazdır. Bu konuda halkın bilinçlendirilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Su, sediment ve sucul biyotada ağır metal birikim çalışmalarının periyodik olarak yapılması oldukça önemlidir. Bu çalışmada elde edilen bilgilerin daha sonraki çalışmalar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Baky, T.E., and Zyadah, M.A. 1998. Effect of accumulation of copper, cadmium, and zinc on some biological parameters of some marine fishes from the northern region of Lake Manzalah, *Journal of Egyptian Zoology.*, 27, 1-19.
- Agcasulu, Ö. 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yasayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nin Dokularında Agir Metal Birikiminin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 43s, Ankara.
- Alam, M.G.M., Tanaka, A., Allinson, G., Laurenson, L. J. B., Stagnitti, F., and Snow, E. T. 2002. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and environmental safety*, 53(3), 348-354.
- Alhas, E., Oymak, S.A. and Akin, H.K. 2009. Heavy metal concentrations in two barb, *Barbus xanthopterus* and *Barbus rajanorum mystaceus* from Atatürk Dam Lake, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 148(1-4), 11-18.
- Altındağ, A. and Yiğit, S. 2005. Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. *Chemosphere*, 60(4), 552-556.
- Amundsen, P.A., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A., and Reshetnikov, Y.S. 1997. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *Science of the Total Environment*, 201(3), 211-224.
- Anderson, M.B., Preslan, J.E., Jolibois, L.S., Bollinger, J.E. and George, W.J. 1996. Bioaccumulation of lead in red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Faseb Journal*. 10(3): 1005-1005
- Anonim. 2004. Türkiye Çevre Atlası. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 457s.
- Anonim.2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. TSE (Türk Standartları Enstitüsü), Ankara.
- Anonim. 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Madde 7, Sayı : 29327
- Anonymous. 1985. Drinking Water Criteria Document on Nitrate/Nitrite, Final Draft, EPA, Office of Drinking Water, Washington DC.
- Anonymous. 2008. www.cdph.ca.gov/certlic/drinkingwater/Documents/DWdocumentEPAandCDPH-11-28-2008.pdf, Erişim Tarihi:15/01/2016

- Anonymous. 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, WHO (World Health Organization), NLM classification: WA 675.
- Antharama V., Collingwood, J.F., Bullivant J., Davidson, M.R., Chandra, S., Mikhaylova, A., Finnegan, M.E., Batichc, C., Forde, J.R. and Dobson, J. 2012. Modified Carbon Paste Ion Selective Electrodes for the Determination of Iron (III) in Water, Soil and Fish Tissue Samples. International Journal of Electrochemical Science. 8, 1469 -1486.
- Antón, A., Serrano, T., Angulo, E., Ferrero, G. and Rallo, A. 2000. The use of two species of crayfish as environmental quality sentinels: the relationship between heavy metal content, cell and tissue biomarkers and physico-chemical characteristics of the environment. The Science of the Total Environment. 247: 239-251
- Atamanalp, M., Uçar, A. ve Alak, G. 2013. Balıkların Bağışıklık Sistemi Üzerine Çevresel Toksikantların Etkileri. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6 (1), 124-127.
- Atıcı, T., and Obalı, O. 2010. The diatoms of Asartepe Dam Lake (Ankara), with environmental and some physicochemical properties. Turkish Journal of Botany, 34(6), 541-548.
- Bajc Z., Gačnik K.Š., Jenčič V. and Doganoc D.Z. 2005. The contents of Cu, Zn, Fe, and Mn in Slovenian freshwater fish Slovenian Veterinary Research, 42 (1/2), 15-21
- Başaran, G. 2010. Kapulukaya Baraj Gölü (Kırıkkale) ve Aşağı Havzası Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 183s, Kırıkkale.
- Begum, G., Venkateswara Rao, J., Srikanth, K. 2006. Oxidative Stress and Changes in Locomotor Behavior and Gill Morphology of *Gambusia affinis* Exposed to Chromium. Toxicological Environmental Chemistry, 88 (2), 355-365.
- Bendell-Young, L. I. and Harvey, H. H. 1986. Uptake and tissue distribution of manganese in the white sucker (*Catostomus commersoni*) under conditions of low pH. Hydrobiologia, 133(2), 117-125.
- Bernard, M. 1976. Manual of methods in aquatic environment research, FAO, Fisheries Technical Paper Rome, 58.

- Beszedits, S. 1988. Chromium removal from industrial wastewaters. Chromium in the natural and human environments, 232-263.
- Bhupander, K., Mukherjee, D. P., Sanjay, K., Meenu, M., Dev Prakash, S. K., & Sharma, C. S. 2011. Bioaccumulation of heavy metals in the muscle tissue of fishes from selected aquaculture ponds in east Kolkata wetlands. Ann. Biol. Res, 2(5), 125-134.
- Borovansky, J., Blasko, M., Siracky, J., Schothorst, A.A., Smit, N. P.M. and Pavel, S. 1997. Cytotoxic interactions of Zn *in vitro*: melanoma cells are more susceptible than melanocytes. Melanoma Res, 7, 449-453.
- Buschmann, J., Berg, M., Stengel, C., and Sampson, M. L. 2007. Arsenic and manganese contamination of drinking water resources in Cambodia: coincidence of risk areas with low relief topography. Environmental science and technology, 41(7), 2146-2152.
- Canli, M., Ay, O., & 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, 149-158.
- Chukhlovin, A.B., Tokalov, S.V., Yagunov, A.S., Westendorf, J., Reincke, H. and Karbe, L. 2001. In vitro suppression of thymocyte apoptosis by metal rich complex environmental mixtures: potential role of zinc and cadmium excess. Sci. Tot. Environ, 281, 153-163.
- Cicik, B. 2003. Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio* L.)'ın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri. Ekoloji Çevre Dergisi, 12 (48), 32-36.
- Ciminli, C.S. 2005. Gölbaşı Gölü'nde Su, Sediment ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, Antakya.
- Corti, A. , Duarte, T.L., Giommarelli C., De Tata, V., Paolicchi, A., Jones, G.D.D. , Pompella, A. 2009. Membrane gamma-glutamyl transferase activity promotes iron-dependent oxidative DNA damage in melanoma cells. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 669 ,112.
- Çağltay, F. 2007. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği, Nobel Yayınları, 189-193.
- Çağlar, C. 2010. Suğla Gölünde Yaşayan Phoxinellus anatolicus Hanko, 1924 ve *Cyprinus carpio* Linneaus, 1758'nun Karaciğer, Kas ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s, Konya.

- Çalışkan H. 2005. Asarteppe Baraj Gölü (Ankara) Kıyı Bölgesi Bacillariophyta Dışındaki Alglerinin Kalitatif ve Kantitatif Yönden İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü Tezi .
- Çalışkan, E. 2005. Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinu Burchell, 1822*)'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s, Hatay.
- Çiftçi, N., Cicik, B. 2011. Krom (VI)"nın *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Clarias gariepinus* ile *Callinectes sapidus*' un Dokularında Birikimi, Protein ve Glikojen Düzeylerine Etkileri. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 7 (2), 37-55.
- Dallas, H. F., & Day, J. A. 1993. The effect of water quality variables on riverine ecosystems: A review. Freshwater Research Unit, University of Cape Town.
- De Vet, W. W. J. M., Dinkla, I. J. T., Rietveld, L. C., & Van Loosdrecht, M. C. M. 2011. Biological iron oxidation by *Gallionella* spp. in drinking water production under fully aerated conditions. Water research, 45(17), 5389-5398.
- Dempsey, H., Cartwright, G.E. and Wintrobe, M.M. 1958. Studies on copper metabolism. XXV. Relationship between serum and liver copper. Proc. Soc. Exp. Biol. Med, 98, 520-527.
- Dybern, B.I. 1983. Manuel of Methods in Aquatic Environment Research. Analyses of Metals in Fish: FAO Technical paper No.212
- Elkady, A.A., Sweet, S. T., Wade, T. L., & Klein, A. G. 2015. Distribution and assessment of heavy metals in the aquatic environment of Lake Manzala, Egypt. Ecological Indicators, 58, 445-457.
- Erdoğan, Ö., and Ateş, D. A. 2006. Determination of cadmium and copper in fish samples from Sir and Menzelet Dam Lake Kahramanmaraş, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 117(1-3), 281-290.
- Erdoğan, Ö., and Erbilir, F. 2007. Heavy metal and trace elements in various fish samples from Sir Dam Lake, Kahramanmaraş, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 130(1-3), 373-379.
- Ergönül M.B. 2011. Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Çinko (Zn) ve Bakırın (Cu) Lethal ve Sub-lethal Konsantrasyonlarına Maruz Bırakılan Kadife Balıklarında (*Tinca tinca* L., 1758) Bazı Kan Parametrelerinin İncelenmesi Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.

- Fidan, A. F., Ciğerci, İ. H., Konuk, M., Küçükkurt, İ., Aslan, R., & Dündar, Y. 2008. Determination of some heavy metal levels and oxidative status in *Carassius carassius* L., 1758 from Eber Lake. Environmental monitoring and assessment, 147(1-3), 35-41.
- Gallagher, C. H. 1957. The pathology and biochemistry of copper deficiency. Australian Vet. J. 33, 311-317.
- Geldiay, R. ve Balık, S. 1996, Türkiye Tatlı Su Balıkları, Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova-İzmir, 1-532.
- Geldiay, R., Balık, S. 2007. "Türkiye Tatlı Su Balıkları, Ege Üni." Kitapları serisi S.97.
- Gill, T.S., Pant J.C. 1983. Cadmium toxicity: Inducement of changes in blood and tissue metabolites in fish. Toxicology Letters. 18, 195–200.
- Godt, J., Scheidig F., Grosse-Siestrup C., Esche V., Brandenburg P., Reich A. and Groneberg D.A. 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. Journal of Occupational Medicine and Toxicology 1:22.
- Gül, A., Yılmaz, M., Benzer, S., & Taşdemir, L. 2011. Investigation of zinc, copper, lead and cadmium accumulation in the tissues of *Sander lucioperca* (L., 1758) living in Hirfanlı Dam Lake, Turkey. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 87(3), 264-266.
- Gülle, İ. 1999. Kovada Gölü Zooplanktonun Sistemik ve Ekolojik Yönden Araştırılması, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111s.
- Gümgüm, B., Ünlü, E., Akba, O., Yıldız, A., & Namlı, O. 2001. Copper and zinc contamination of the Tigris River (Turkey) and its wetlands. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, 40, 233-239.
- Harding, J. P. C., & Whitton, B. A. 1978. Zinc, cadmium and lead in water, sediments and submerged plants of the Derwent Reservoir, northern England. Water Research, 12(5), 307-316.
- Heath, A. G. 1995 Water Pollution and Fish Physiology. 2nd edition, CRC Press, New York
- Hussein, H., Farat, S., Kandil, K., Moawad, H. 2004. Tolarence and Uptake of heavy metals by *Pseudomonas* sp. Process Biochemistry.40, 951- 961.
- Idris, A. M., Said, T. O., Omran, A. A., & Fawy, K. F. 2015. Combining multivariate analysis and human risk indices for assessing heavy metal contents in muscle tissues of commercially fish from Southern Red Sea, Saudi Arabia. Environmental Science and Pollution Research, 22(21), 17012-17021.

- Jagadevan, S., Jayamurthy, M., Dobson, P., & Thompson, I. P. 2012. A novel hybrid nano zerovalent iron initiated oxidation–Biological degradation approach for remediation of recalcitrant waste metalworking fluids. *water research*, 46(7), 2395-2404.
- Jureša D. and Blanuša M. 2003. Mercury, arsenic, lead and cadmium in fish and shellfish from the Adriatic Sea *Food Additives and Contaminan.*, 20(3): 241–246.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. 2003. Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136: 47-53.
- Karadede, H. 1997. Atatürk Baraj Gölü'nde Su, Sediment ve Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, S. 72.
- Karadede, H., & Ünlü, E. 1999. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41(9), 1371-1376.
- Karadede-Akin, H., Ünlü E. 2007. Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, Fish and Some Benthic Organisms from Tigris River, Turkey. *Environ Monit Assessment*, 131:323–333.
- Kargın, E., Erdem, C. 1992. Bakır-çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. *Doga Tr. J. Of Zoology*, 16, 343-348.
- Kasassi, A., Rakimbei, P., Karagiannidis, A., Zabaniotou, A., Tsiouvaras, K., Nastis, A. and Tzafeiropoulou, K. 2008. Soil contamination by heavy metals: Measurements from a closed unlined landfill. *Bioresource Technology*. 99: 8578–8584.
- Kaya, S., Pirinççi, İ. Ve Bilgili, A. 2002. Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji, *Medisan Yayınevi*, Ankara, 212-221, 224-233, 235-239.
- Kayhan, F.E., Muşlu, M.N., Koç, N.D. 2009. Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Tarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar. *J. Fish. Sci.*, 3(2): 153-162.
- Kır, İ., Tekin-Özan, S., Tuncay, Y. 2007. Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24 (1-2), 155–158.
- Kocataş, A. 1996. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları No: 51, Ege Üniv. Basımevi, İzmir. 564 s.

- Köse, E. 2007. Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 50s, 70s, Kütahya.
- Köse, E. ve Uysal, K. 2008. Cinsi Olgunluğa Erişmemiş Pullu Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ların Kas, Deri ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Karşılaştırılması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17.
- Kruger, T. 2002. Effects of zinc, copper and cadmium on *Oreochromis mossambicus* free-embryos and randomly selected mosquito larvae as biological indicators during acute toxicity testing (Doctoral dissertation, Rand Afrikaans University).
- Kumar, B., Sajwan, K. S., Mukherjee, D. P. 2012. Distribution of heavy metals in valuable coastal fishes from north east coast of India. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12(1).
- Kumar, G.P., Yadav, S.K., Thawale, P.R., Singh, S.K. and Juwarkar, A.A. 2008. Growth of *Jatropha curcas* on heavy metal contaminated soil amended with industrial wastes and Azotobacter – A greenhouse study. Bioresource Technology. 99: 2078–2082.
- Kumari, M., Pittman C.U., Mohad D. 2015. Heavy metals [chromium (VI) and lead (II)] removal from water using mesoporous magnetite (Fe₃O₄) nanospheres. Journal of Colloid and Interface Science, 144:120–132
- Kuru, M. 1979. Freshwater fishes of south-eastern Turkey 2 (Euphrates-Tigris System), Hacettepe Bulletin of Natural Science and Engineering, 7-8, 105-114.
- Kuru, M., Balık, S., Ustaoglu, M. R., Ünlü, E., Taşkavak, E., Gül, A., Yılmaz, M., Sarı, H. M., Küçük, F., Kutrup, B. ve Hamalosmanoğlu, M. 2001, Türkiye'de bulunan sulak alanların Ramsar sözleşmesi balık kriterlerine göre değerlendirilmesi, T.C. Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü ve Gazi Üniversitesi Vakfı, Ankara, 1-289.
- Lee, T. W., Kolber, M. R., Fedorak, R. N., van Zanten, S. V. 2012. Iron replacement therapy in inflammatory bowel disease patients with iron deficiency anemia: a systematic review and meta-analysis. Journal of Crohn's and Colitis, 6(3), 267-275.

- Leung, H. M., Leung, A. O. W., Wang, H. S., Ma, K. K., Liang, Y., Ho, K. C. and Yung, K. K. L. 2014. Assessment of heavy metals/metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl River Delta (PRD), China. *Marine pollution bulletin*, 78(1), 235-245.
- Li, P., Zhang, J., Xie, H., Liu, C., Liang, S., Ren, Y., Wang, W. 2015. Heavy Metal Bioaccumulation and Health Hazard Assessment for Three Fish Species from Nansi Lake, China. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 94(4), 431-436.
- Lontie, R. 1984. *Copper proteins and copper enzymes*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Lukowicz, M. V. and Proske, C. 1979. Production and reproduction of tench. *Riv. It. Piscic. A. XIV-N*, 4, 109-112.
- Malik, N., Biswas, A. K., Qureshi, T. A., Borana, K., Virha, R. 2010. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1-4), 267-276.
- McGeer, J. C., Szebedinszky, C., McDonald, D. G., Wood, C. M. 2000. Effects of chronic sublethal exposure to waterborne Cu, Cd or Zn in rainbow trout. 1: Iono-regulatory disturbance and metabolic costs. *Aquatic Toxicology*, 50(3), 231-243.
- McNeely, R.N., Neimanis, V.P., Dwyer, L. 1979. *Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters*. Indanl Water Directorate, Water Quality Branch, 89p, Canada
- Meador, J. P. 2015. Tissue concentrations as the dose metric to assess potential toxic effects of metals in field-collected fish: Copper and cadmium. *Environmental Toxicology and Chemistry*.
- Meroño, T., Sorroche, P., Rosso, L. A. G., Casañas, L., Boero, L. E., Arbelbide, J. A. and Brites, F. D. 2010. Proatherogenic disturbances in lipoprotein profile, associated enzymes and transfer proteins in women with iron deficiency anaemia. *Clinical biochemistry*, 43(4), 416-423.
- Morales, L. and Urbina, E. 2005. Removal of hexavalent chromium by *Trichoderma viride* in an airlift bioreactor. *Enzyme and Microbial Technology*.
- Muter, O., Lubinya, I., Miller, D., Grigorjeva, L., Ventinya, E., Rapoport, A. 2002. Cr (VI) Sorption by inact and dehydrated *Candida utilis* cells in the presence of the other metals. *Process Biochemistry*, 38, 123- 131.

- Nies, D.H. 1999. Microbial heavy metal resistance. *Microbial Biotechnology*, 51, 730-750
- Nussey, G., Van Vuren, J. H. J., Du Preez, H. H. 1995. Effect of copper on the haematology and osmoregulation of the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 111(3), 369-380.
- Özkurt, Ş. 2000. Çatören ve Kunduzlar (Kırka-Eskisehir) Baraj Göletlerindeki Sazanların (*Cyprinus carpio* L., 1758) Dokularında Bor Birikimi. *Turk J Biol Tübitak*, 24, 663–676.
- Palaniappan PL. RM. and Karthikeyan S. 2009. Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish *Cirrhinus mrigala* individually and in binary solutions with nickel. *Journal of Environmental Sciences* 21, 229–236.
- Petrilli, F.L. and DeFlora, S. 1977. Toxicity and mutagenicity of hexavalent chromium on *Salmonella thphimuruim*. *Applied and Environmental Microbiology*, 33, 805- 839.
- Priya, K., Dinesh, K.P.B., Ramesh, M. and Manavalaramanujam, R. 1999. Impact of copper sulphate toxicity on plasma electrolytes of a freshwater teleost fish; *Cyprinus carpio* var *communis*. *Indian J. Fish*, 46, 73-77.
- Rashed, M. N. 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment International* 27.1 :27-33.
- Ryding, S.O. and Rast, W. 1989. *The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs. Man and The Biosphere Series Volume I. The Parthenon Puplicing Group.* 1-314.
- Salomons, W., De Rooij, N. M., Kerdijk, H., Bril, J. 1987. Sediments as a source for contaminants. *Hydrobiologia*, 149(1), 13-30.
- Samecka-Cymerman, A. and Kempers, A.J. 2001. Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. *The Science of the Total Environment*. 281: 87 98.
- Schilderman, P.A.E.L., Moonen, E.J.C., Maas, L.M., Welle, I., Kleinjans, J.C.S. 1999. Use of crayfish in biomonitoring studies of environmental pollution of the River Meuse. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 44: 241-252.

- Serafim, M. A., Company, R.M., Bebianno, M.J., Langston, W.J. 2002. Effects of Temperature and Size on Metallothionein Synthesis and in the Gill of *Mytilus galloprovincialis* Exposed to Cadmium. *Marine Environmental Research*. 54 (3-5), 361-365.
- Shrivastava, P., Saxena, A., Swarup, A. 2003. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 8:1-4
- Shumka, S., Sandlund, O. T., Aleks, P., Dervishi, I. 2014. Heavy Metal Concentrations in Tissues of Freshwater Fishes in a Central River System of Albania. *World*, 6(2), 131-135.
- Singh, K. P., Mohan, D., Singh, V. K., Malik, A. 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments—a tributary of the Ganges, India. *Journal of hydrology*, 312(1), 14-27.
- Smith, S.E. and Larson, E.J. 1946. Zinc Toxicity In Rats: antagonistic effects of copper liver J. *Biol. Chem*, 163, 29-38.
- Sorensen, EMB. 1991. Copper. In Sorensen, EMB, editor. *Metal Poisoning in Fish*. CRC, Boca Raton, FL, USA, pp 235–284.
- Srivastava, A. K., & Agrawal, S. J. 1983. Changes induced by manganese in fish testis. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 39 (11), 1309-1310.
- Şentürk, F., Sayman, Y., Yalçın, H., Dumlu, G. 1975. *Kirlisu El Kitabı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Yayın no: 582, Ankara.*
- Tanyolaç, J. 2011. *Limnoloji. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 237s.*
- Tekin-Özan, S. 2008. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, 145(1-3), 295-302.
- Tekin-Özan, S., Kır, İ. 2007. Accumulation of some heavy metals in *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779) and its host (*Esox lucius* L., 1758). *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 31(4), 327-329.
- Tekin-Özan, S., and Kir, İ. 2008. Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, 138(1-3), 201-206.
- Tekin-Özan, S., Kır, İ., Barlas, M., 2004. Kovada Gölü (Isparta) Suyunda ve Sudak Balığı (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'nda Bazı Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. I. Ulusal Limnoloji Çalıştayı, İstanbul Üniversitesi, 16-19.

- Temponeras, M., Kristiansen, J., & Moustaka-Gouni, M. 2000. Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia*, 424(1-3), 109-122.
- Türkoğlu, M. 2008. Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Van.
- Uçar, A., Alak, G., Topal, A., Arslan, H., Parlak, V., Sensurat, T., Atamanalp, M. 2012. Investigation of Preservative Effect of Humic Acid Versus Cadmium Toxicity on Electrolyte of Brown Trout (*Salmo trutta fario*). *Tarım Bilimleri Arastirma Dergisi*, 5 (2), 139-143.
- Uslu, O. ve Türkman, A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi I, Ankara, 344 s.
- Ünlü, E., & Gümgüm, B. 1993. Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, 26(11), 2055-2061.
- Vallee, B. L., & Auld, D. S. 1990. Zinc coordination, function, and structure of zinc enzymes and other proteins. *Biochemistry*, 29(24), 5647-5659.
- Wang, H., Kimberley, M.O., Schlegelmilch, M. 2001. Biosolids derived nitrogen mineralization and transformation in forest soils. *J. Environ. Qual.* 32, 1851-1856.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology*. Second Edition, 767p.
- Wildi, W., Domink, J., Thomas, R. L., Favarger, P., Haller, L., Perroud, A. ve Peytremann, C. 2004. River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 9: 75-87.
- Wood, C.M. 2001. Toxic responses of the gill. In: Schlenk, D., Benson, W.H. (Eds.), *Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts*. Taylor & Francis, London, pp: 1-87.
- Yang, C.C. and Wu, M.L., Deng, J.F. 2004. Prolonged hemolysis and methemoglobinemia following organic copper fungicide ingestion. *Vet. Hum. Toxicol*, 46, 321-323.
- Yılmaz, A.B., Doğan, M. 2007. Heavy Metals in Water and in Tissues of Himri (*Carasobarbus luteus*) from Orontes (Asi) River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144, 437-444.

- Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A., & Tuna, A. L. 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. Food Chemistry, 100(2), 830-835.
- Yigit, S., Altındağ, A. 2006. Concentration of heavy metals in the food web of Lake Eğirdir, Turkey. Journal of environmental biology, 27(3), 475-478.
- Yüzereroğlu T.A., Gök G., Fırat Ö., Aslanyavrusu S., Maruldaı O., Kargin F. 2010. Heavy metals in *Patella caerulea* (mollusca, gastropoda) in polluted and nonpolluted areas from the Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey)., Environmental Monitoring and Assessment, 167:257–264
- Zhang, X.Y., Tang, L.S., Zhang, G. and Wu, H.D. 2009. Heavy metal contamination in a typical Mining Town of a minority and mountain area, South China. Bull Environ Contam Toxicol 82: 31–38.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pınar KARACAKAYA

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 19.01.1984

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu:

Lise : Tınaztepe Lisesi, (1997-2000)

Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü (2002- 2006)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı (2006- 2009)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Erişkin Hastanesi Kan Merkezi (Nisan 2009- Devam ediyor)

Yayınları:

Karacakaya, P., Kılıç, N. K., Duygu, E., & Dönmez, G. (2009). Stimulation of reactive dye removal by cyanobacteria in media containing triacontanol hormone. *Journal of hazardous materials*, 172(2), 1635-1639.

Kılıç, N. K., Karacakaya, P., Duygu, E., & Dönmez, G. (2012). Biodegradation of phenol by *Synechocystis* sp. in media including triacontanol hormone. *Water and Environment Journal*, 26(1), 94-99.

Akıncı, H., Erdoğan, S., Atasagun, S., Karacakaya, P. Seasonal Dynamics of Cladocera species in Keçi Lake (Bolu). *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(1):51-56 (2012).

Diğer Yayınları (Sempozyum, Kongre vb)

- Pınar Karacakaya, Nur Koçberber Kiliç, Gönül Dönmez, Phenol Degradation by *Synechocystis* sp. In Media with Triacantanol (14th European Congress on Biotechnology, Barcelona- Spain).
- Pınar Karacakaya, Gönül Dönmez, Reactive Dyes Removal from Wastewater with Using *Synechocystis* sp. (19th National Biology Congress).
- Hilal Akinci, Sercan Erdoğan, Sibel Atasagun, Pınar Karacakaya, Keçi Lake (Bolu) Physicochemical Properties and Seasonal Dynamics of Some Cladocera Species. (V. National Symposium Limnology Oral Presentations)
- Sercan Erdoğan, Pınar Karacakaya, Sibel Atasagun, Diversity and distribution of Planktonic Communities in Kirazdibi Pond (Ankara), (FABA 2014: International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences).
- Sercan Erdoğan, Pınar Karacakaya, Sibel Atasagun, Composition and Abundance of Plankton in Bayat Pond(Ankara), (FABA 2014: International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences).
- Jane R. Poulsen, Pınar Karacakaya, Carl C. Hoffmann, Brian Kronvang, Validation of National Model for Nitrogen Retention in Restored Wetlands, (3rd Science for the Environment Conference, Aarhus- Denmark).