

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIDIKLI KÜÇÜKBOĞAZ BARAJ GÖLÜ'NDE
YAŞAYAN TURNA BALIĞI (*Esox lucius* L., 1758)'NDA
AĞIR METAL BİRİKİMİ

Esra ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Mahmut YILMAZ

KIRŞEHİR 2013

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIDIKLI KÜÇÜKBOĞAZ BARAJ GÖLÜ'NDE
YAŞAYAN TURNA BALIĞI (*Esox lucius* L., 1758)'NDA
AĞIR METAL BİRİKİMİ

Esra ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Mahmut YILMAZ

KIRŞEHİR 2013

II

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma; jürimiz tarafından **BİYOLOJİ** Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ / DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mahmut YILMAZ (Danışman)

Üye : Doç. Dr. Muhammet GAFFAROĞLU

Üye : Doç. Dr. Harun ÇİFTÇİ

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

28/06/2013

Doç. Dr. Mahmut YILMAZ

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Esra ÖZDEMİR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansa başladığım ilk günden itibaren özverisi ve desteğiyle beni yetiştirmeye çalışan danışman hocam Doç. Dr. Mahmut YILMAZ'a,

Tez çalışmalarımız boyunca öneri, yorum ve bilgilerini esirgemeyen Doç. Dr. Harun ÇİFTÇİ'ye,

Örneklerin istatistikî analizlerinin yapılmasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Ufuk KARADAVUT'a,

Çalışmalarımızın laboratuvar aşamasını beraber yürüttüğümüz Doktora Öğrencisi Çiğdem ER ÇALIŞKAN ve Çiğdem TEBER'e,

Bütün bölüm hocalarıma,

Araştırma süreci ve tez düzenlenmesinde yardımcı olan Prof. Dr. M. Hanefi PALABIYIK ve A. Alperen PALABIYIK'a,

Tez çalışmamda kullanılmak üzere gerekli olan çeşitli balık, sediment ve su örnekleri temininde yardımcı olan İsmail TEBER ve Balıkçı Ali AYDEMİR'e,

Eğitim hayatım boyunca büyük fedakârlık göstererek desteklerini esirgemeyen Sevgili Ailem'e,

Çalışmamıza FBA-11-05 kodlu projeye destek veren Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Esra ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	V
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER	VI
RESİMLERİN LİSTESİ	X
HARİTALARIN LİSTESİ	XI
TABLoların LİSTESİ	XII
GRAFİKLERİN LİSTESİ	XIII
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	XIV
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	XV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XVI
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. <i>Esox lucius</i> 'un Genel Özellikleri	4
2.1.1. Sistematik	5
2.1.2. Yaş, Cinsiyet ve Boy İlişkisi	6
2.2. Ağır Metallerin Genel Özellikleri	7
2.2.1. Ekolojik Dengeyi Bozan Kirletici Unsurlar	8
2.3. Balıklarda Ağır Metal Birikimi	10
2.3.1. Biyolojik Anlamda Metaller	11
2.3.1.1. Esas Elementler	11
2.3.1.2. Yan Elementler	11
2.3.1.3. İz Elementler	11
2.3.1.3.1. Çevrede İz Elementlerin Taşınma Yolları	12
2.4. Sucul Ortamlarda ve Balık Dokularında Ağır Metallerin Kabul Edilebilir Değerleri	13
2.5. Sediment Kalite Yönergesi	14
2.6. Ağır Metallerin Vücuda Alınımı ve Dağılımı	15
2.6.1. Solungaçlardan Absorbsiyon	16
2.6.2. Sindirim Sisteminden Absorbsiyon	16
2.6.3. Deriden Absorbsiyon	16
2.7. Sucul Ekosistemlerdeki Canlılarda Ağır Metal Birikimini Etkileyen Organik ve İnorganik Faktörler	16
2.8. Besin Zinciri ve Doğal Etkiler Sonucu Ağır Metallerin Taşınımı	17
2.9. Ağır Metallerin Toksik Etkieri	18
2.9.1. Enzim İnhibisyonu	18
2.9.2. Esansiyel Elementlerin Yerini Alma	19
2.9.3. Proteinlerle Birleşme	19
2.9.4. Metallerin Oksidasyon Basamağı ve Birleşik Şekli	19
2.9.5. Dış Faktörler	19
2.10. Çalışılan Ağır Metaller	20
2.10.1. Bakır (Cu)	20
2.10.1.1. Canlılardaki Bakır Kaynakları ve Etkisi	21
2.10.2. Demir (Fe)	21

2.10.2.1. Canlılardaki Demir Kaynakları ve Etkisi	22
2.10.3. Mangan (Mn)	23
2.10.3.1. Canlılardaki Mangan Kaynakları ve Etkisi	23
2.10.4. Krom (Cr)	24
2.10.4.1. Canlılardaki Krom Kaynakları ve Etkisi	24
2.10.5. Çinko (Zn)	25
2.10.5.1. Canlılardaki Çinko Kaynakları ve Etkisi	26
2.10.6. Alüminyum (Al)	26
2.10.6.1. Canlılardaki Alüminyum Kaynakları ve Etkisi	27
2.11. Türkiye İç Sularında Ağır Metal Kirliliği Üzerine Yapılan Çalışmalar	28
2.12. Araştırma Yapılan Bölgenin Özellikleri	32
3. MATERYAL VE METOT	36
3.1. Ölçümlerde Kullanılan Düzenekler	36
3.2. Örneklerin Toplanması	36
3.3. Araştırma Yöntemi	36
3.4. Sedimentin Analize Hazırlanışı	37
3.5. Su Örneklerinin Analize Hazırlanışı	38
3.6. Deneyde Kullanılan Asitler	38
3.6.1. Nitrik Asit	38
3.6.2. Hidrojen Peroksit	38
3.6.3. Hidroklorik Asit	39
3.6.4. Perklorik Asit	39
3.7. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)	39
3.7.1. Kalibrasyon Yöntemi	40
3.7.2. Standart Katma Yöntemi	41
3.8. İstatistiksel Analizler	41
4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA	42
4.1. Deneysel Bulgular	42
4.2. Sediment Örnekleri	65
4.3. Su Örnekleri	66
4.4. Suda Ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri	66
4.5. Tartışma	68
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	85

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 1. <i>Esox lucius</i> L.,1758 'un Genel Görünümü	6
Resim 2. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (a)	33
Resim 3. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (b)	34
Resim 4. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (c)	34
Resim 5. AAS Cihazı	40

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita 1. Kırşehir Sıdıklı Barajının Uydu Harita Görüntüsü

32

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo 1. <i>Esox lucius</i> 'un İlkbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri	42
Tablo 2. <i>Esox lucius</i> 'un Yaz mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri	48
Tablo 3. <i>Esox lucius</i> 'un Sonbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri	54
Tablo 4. <i>Esox lucius</i> 'un Kış mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri	60
Tablo 5. Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	65

GRAFİKLERİN LİSTESİ

Grafik 1. İlkbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cu Düzeyi	44
Grafik 2. İlkbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Fe Düzeyi	44
Grafik 3. İlkbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Mn Düzeyi	45
Grafik 4. İlkbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Zn Düzeyi	45
Grafik 5. İlkbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cr Düzeyi	46
Grafik 6. İlkbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Al Düzeyi	46
Grafik 7. Yaz Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cu Düzeyi	50
Grafik 8. Yaz Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Fe Düzeyi	50
Grafik 9. Yaz Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Mn Düzeyi	51
Grafik 10. Yaz Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Zn Düzeyi	51
Grafik 11. Yaz Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cr Düzeyi	52
Grafik 12. Yaz Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Al Düzeyi	52
Grafik 13. Sonbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cu Düzeyi	56
Grafik 14. Sonbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Fe Düzeyi	56
Grafik 15. Sonbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Mn Düzeyi	57
Grafik 16. Sonbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Zn Düzeyi	57
Grafik 17. Sonbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cr Düzeyi	58
Grafik 18. Sonbahar Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Al Düzeyi	58
Grafik 19. Kış Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cu Düzeyi	62
Grafik 20. Kış Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Fe Düzeyi	62
Grafik 21. Kış Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Mn Düzeyi	63
Grafik 22. Kış Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Zn Düzeyi	63
Grafik 23. Kış Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Cr Düzeyi	64
Grafik 24. Kış Mevsiminde <i>Esox lucius</i> 'un Organ ve Dokularındaki Al Düzeyi	64
Grafik 25. Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	65
Grafik 26. Su Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	66
Grafik 27. Sıdıklı KüçükBoğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri	67

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1. Çevrede İz Elementlerin Taşınma Yolları	12
Şekil 2. Ağır Metallerin Vücuda Alınımı ve Dağılımı	15
Şekil 3. Ağır Metallerin Besin Zinciriyle Balıklara Geçişi	18

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 1. Sucul Ortamda Ağır Metallerin Kabul Edilebilir Değerleri	13
Çizelge 2. Balık Dokularında ve Sucul Ortamda Ağır Metallerin Kabul Edilebilir Değerleri	13
Çizelge 3. Sediment Kalite Yönergesi	14
Çizelge 4. Sıdıklı KüçükBoğaz Baraj Gölü'nün Genel Özellikleri	35
Çizelge 5. Sıdıklı KüçükBoğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Cr	Krom
Pb	Kurşun
Hg	Cıva
Cd	Kadmiyum
Se	Selenyum
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Au	Altın
Na	Sodyum
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Co	Kobalt
Mn	Mangan
Br	Brom
CuSO₄	Bakır(II)sülfat
MnO₄⁻	Permanganat
Fe₂O₃	Demir oksit
Fe(OH)₃	Demir-3-oksit
CrO₄	Kromat
ClO₃	Klorat
Al₂O₃	Alüminyum oksit
Al₂(SO₄)₃	Alüminyum sülfat
HNO₃	Nitrik asit
HClO₄	Perklorik asit
H₂O₂	Hidrojen peroksit
C₂₀H₁₂	Benzopiren

Kısaltmalar	Açıklama
DDT	Diklorodifeniltrikloroethan(C ₁₂ H ₉ Cl ₅)
PCB	Poliklorlu bifenil
ppm	Parts per million
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
UNEP	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
AD	Alzheimer Demansı
LDH	Laktat Dehidrogenaz
TGK	Türk Gıda Kodeksi
pH	Power of Hydrogen
MW	Mega Watt
GWH	Giga Watt Hours
mg	miligram
g	gram
m	metre
kJ(kcal)	Kilojoule (kilokalori)
cm	santimetre
km	kilometre
km²	kilometre kare
ha	hektar alan
mm	milimetre
μ	mikro
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrometrisi

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Endüstriyel gelişim sonucu tüm dünyada her geçen gün artan çevre kirliliği; kara, hava ve su ekosistemlerinde giderek artan oranlarda birikerek doğayı tehdit etmektedir. Sanayileşme sürecinde sayısız evsel ve endüstriyel atık ortaya çıkmaktadır. Hızlı ve kontrolsüz nüfus artışı, sağlıksız kentleşme ve yapılaşma, plansız ve denetimsiz endüstrileşme, nükleer denemeler, tarım alanlarında verimi arttırmak amacıyla kullanılan tarım ilaçları, yapay gübreler, deterjan gibi kimyasal maddeler, petrol ve türevleri, turizm ve eğlence atıkları ile evsel ve endüstriyel atıklar hızla çevreyi kirletmektedir. Çeşitli yollardan deniz ortamına gelen kirleticiler ekosistemdeki canlı hayatını olumsuz etkilemektedir (Uslu ve ark., 1999, Egemen ve ark., 1997). Akarsu ve göllerin kirlenmesi burada yaşayan canlıların yaşamını sınırlandırarak birçok türün yok olmasına veya yok olma tehlikesiyle karşı karşıya gelmesine sebep olmaktadır. Böyle kirlenmiş ortamlarda yaşayan balıklarda da hastalık ve enfeksiyon oranı artmaktadır.

Doğal çevreyi kirleten toksik maddelerin başında ağır metaller gelmektedir. Ağır metaller ekosistem içinde tüm organizmalarda besin zinciri aracılığıyla giderek artan oranlarda birikim meydana getirerek yaygın bir tehdit oluştururlar (Muşlu, 2008). Biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda giderek artan ağır metal birikimi hem balıklarda toksik etki yapmakta hem de insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Dural ve ark., 2007, Canbek ve ark., 2007).

Sulardaki inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturur. Ağır metaller suda kolayca çözünebildikleri için su organizmaları tarafından çok kolay bir şekilde alınabilmekte ve canlıların proteinlerine çok kuvvetli bir şekilde bağlanabilmektedirler (Kalay ve ark., 2004).

Kıyılarımız, atık maddelerin en ekonomik şekilde elden çıkarılması, ulaşım için gemilerin yanaşması, petrol ve diğer mineral kaynakların (madenler) işletilmesi ile kirlenmektedir. Fabrika atıkları, modern tarımda kullanılan kimyasal gübre, tarım koruma ilaçları, petrol atıkları, evsel atıklar, deterjanlar ve kanalizasyon atıkları kıyılarımızı kirleten en önemli unsurlardır. Yapay gübreler, petrol türevleri ve birçok

organik madde atıkları ve tarım ilaçlarının bazıları doğada kolayca ayrışabilmektedir. Buna karşılık organik kokulu insektisidler (DDT vb bileşikler), PCB atıkları, benzopirenler, nitrozaminler ve ağır metaller (civa, kurşun, kadmiyum vs.) ile radyoaktif maddeler doğada ya hiç ayrışmaz ya da kısmen ayrışarak değişime uğrarlar. Bu çeşit maddeler birikim yapıcı niteliktedir (Tabiat ve İnsan, 1983) .

Değişik türdeki atıklarla sucul ortama verilen demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), krom (Cr), kurşun (Pb), civa (Hg) gibi elementler ortamda belirli bir düzeyin üzerine çıktıklarında, sucul sistemdeki doğal dengeyi bozmakta ve besin zincirini oluşturan organizmalar yoluyla da toplum sağlığının tehlikeye girmesinde ve çevre sağlığı yönünden önemli sorunların doğmasında etkili olmaktadır (Segar ve Pellenbarg, 1971). Örneğin civa ile kirlenmiş deniz ürünlerinin yol açtığı çevre sorunları ile ilk kez Japonya'nın Minimata kentinde karşılaşmıştır. Halkta görülen epidemi tipindeki zehirlenmelere, Minimata Körfezi'nden avlanan deniz ürünlerinin neden olduğu ve bunların da körfez kenarında kurulmuş vinil klorür fabrikasından dökülen civalı atıklarla anormal şekilde kirlendiği belirlenmiştir (Şanlı, 1978).

Bugün çevremizi, sağlığımızı ve ekonomimizi tehdit eden kirlilik olayı, her geçen gün biraz daha artmakta olup, günün en aktüel konusunu oluşturmaktadır. İşte bu nedenle, Avrupa Konseyi "1970 Avrupa Tabiatı Koruma Yılı Kongresi"nde bir deklarasyon yayımlayarak, Avrupa Konseyine dahil her devletin, bulunduğu ortamı ve çevresini doğal olarak korumak üzere koordine bir çalışmaya girme zorunluluğunu ilgili devletlere duyurmuştur (Geldiay ve Kocataş, 1972). F.A.O (Gıda ve Tarım Örgütü), UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı), UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı), WHO (Dünya Sağlık Örgütü) gibi Avrupa ve dünya çapında çeşitli organizasyonlarda bu konuda düzenledikleri kongre, seminer ve sempozyumlarda bu işin önemini dile getirmekte ve bu sahada çok değerli araştırmaların ortaya çıkmasını teşvik etmektedirler.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde daha önce bu konuyla ilgili bir çalışma yapılmamış olması, bölgenin yöre halkı tarafından avcılık ve sulama alanı olarak kullanılması çalışmanın yapılmasındaki en büyük etkendir.

Bu çalışmanın amacı Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaşayan Turna

Balığı'nın organ ve dokularında birikmiş olan ağır metallerin seviyelerini saptamaktır. Bu çalışmanın doğal sonucu olarak Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün ağır metal kirliliği hakkında da bir fikir elde etmek mümkün olacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. *Esox lucius* ' un Genel Özellikleri:

Füze şeklinde ama yan tarafları düz olan bir vücutları ve içeriye dönük "köpek dişleri" ile dolu olan uzun, ördek gagasını andıran bir ağızları vardır. Alt çenesinin ileri doğru çıkıntı yapması tipik özelliğidir. Zaman zaman diş değiştirir Kuyruk yüzgeci büyük olduğundan hızlı yüzer. Sırt ve anal yüzgeçleri vücutlarının çok arka kısmında kalır, kuyruğa yakındır. Bu özellik, pusuda bekleyen ve avına ani saldıran balıklarda görülür Vücudu ince sık pullarla örtülüdür. Pulların üzerinde yer yer sarımsı yeşil benekler bulunur. Genç yaşlardakiler yeşil, olgun yaşlara ulaşanların ise sarımsı kahverengi renkleri vardır. Sazlıklar arasında pusu kurar. Uzun ömürlüdür. 100 yıldan fazla yaşayabilir.

Turna balıklarının üreme zamanı hemen karlar eridikten sonra başlar ve Mayıs ayında sona erir. Dişilerin ürettikleri 3 mm büyüklüğünde olan, 100.000 ila 1 milyon arasındaki yumurta, su bitkilerine yapışık şekilde bırakılır. 10 ila 30 gün içinde yavrular dünyaya gelir ve ömürlerinin ilk günlerinde yumurtalardan arta kalanlar ile beslenirler. Turna balıkları üç dört yaşlarına varınca ilk kez çiftleşirler.

Turna balıkları çok aç gözlü avcılardır ve yamyamlık bile onlar için çok doğaldır; yavru turna balıklarının %90'ı kardeşleri tarafından yenilir. Bir turna balığı kendi büyüklüğünün %70'i büyüklüğünde olan diğer bir turna balığını tamamen yutabilir. Turna balıkları yemek seçenekleri konusunda hiç çekingen değillerdir. Bütün balık türlerini, kurbağaları, fareleri, kemeleri, yavru ördekleri ve bazen yengeçleri bile avlar. Besinin kıt olduğu dönemlerde ise solucan ve büyük mayıs sülükleri bile yerler.

Esocidae (turna balıkları) familyasının Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'da yayılış gösteren 5 türü bulunmaktadır. Bu türlerden kuzey turnası olarak bilinen *Esox lucius*, hem Kuzey Amerika'da hem de Avrasya'da nadir bulunan birkaç tatlı su balığından biridir. *E. lucius* Atlantik, Arktik ve Pasifik okyanusları ile Missisipi Nehri havzası ve Kuzey Avrasya'dan Kuzey İtalya'ya kadar geniş bir coğrafik

bölgede yayılış gösterir (Page ve Brooks, 1991). Ülkemizde ise Sakarya Nehri, Küçükçekmece, Sapanca, Manyas, İznik, Apolyont, Akşehir, Eber, Işıkli (Çivril) ve Çapalı göllerinde bulunmaktadır (Geldiay ve Balık, 1996; Çubuk ve ark., 2001; İlhan ve Balık, 2003). Temiz ve yoğun su bitkili göllerde, durgun gölcüklerde ve büyük nehirlerin alt havzalarında yaşarlar. Türkiye'nin özellikle kuzeyinde ve büyük ırmakların İç Anadolu'ya düşen kesimlerinde ve iç Anadolu'da da bulunur. Kuzey turna balığı (*Esox lucius*) 1,5 metre uzunluğa ve 35–40 kilo ağırlığa kadar varabilir, ama bu büyüklüktekilere rastlamak nadirdir. Bir metreyi geçenleri çok seyrek tutulur. Bu büyüklükteki balıklar genelde Sakarya bölgesindeki göletlerde ve Sapanca Gölü'nde rastlanır. Hele 1,3 metreye varan tutulursa bu mucize sayılır. Turna balıkları her şeyden önce, oltada savaşmalarından ve enerjilerinden dolayı sevilirler. Oltaya takılmış bir turna balığı kurtulmak için her şeyi dener ve bu mücadele esnasında sudan dışarıya sıçrayarak takla da atar ve balıkçıyı heyecanlandırır. Oltaya avlanacağı zaman çelik tel kullanılması oltanın solungaç ve balığın dişleri tarafından kesilmemesi için şarttır.

Ama tabii ki sadece oltada değil, mutfakta da kalitesini ortaya koyar. Diğer etçil balıklar gibi turna balığı da lezzetli bir balıktır ama birçok Y şeklinde küçük kılıçları vardır. Yumurtalarından havyar yapılır. Bu yüzden etini ayırıp köfte yapan aşçılarda vardır. Etinin 100 gramında 372 kJ (89 kcal) bulunur.

2.1.1. *Esox lucius* 'un Sistematigi

Alem: Animalia

Şube: Chordata

Sınıf: Actinopterygii

Takım: Teleostei

Familya: Esocidae

Cins: *Esox* Linnaeus, 1758

(http://tr.wikipedia.org/wiki/Turna_bal%C4%B1%C4%9F%C4%B1.)

2.1.2. *Esox lucius* L., 1758' un Yaş, Cinsiyet ve Boy İlişkisi;

Küçük boy turnalar genelde erkek olurlar. Erkekler hem boyca hem aynı boydaki dişiye göre ağırlıkça daha küçük olurlar. Boyları maksimum 80 cm kadar olur. 80 cm üzeri erkek balık rapor edilmemiştir. Dişiler bu boya 7-8 yılda gelirken erkekler 14-15 yaşında anca gelirler. Yaş ile birlikte turnanın yumurta iriliği ve sayısında önemli bir artış olur. Bir dişi turna balığı için en ideal yavru yaşı 7-12 yaş arasındadır. Yapılan araştırmalar en sağlıklı yavruların bu yaşlarda alındığını göstermiştir. Bu nedenle 80-110 cm arasındaki dişi turnaların saliverilmesi prensibi yaygınlaşmıştır. 120 cm üzeri olanların doğal ömrü dolmak üzere olduğundan istenirse yemek için alıkonulabilmektedir. Yine yabancı kaynaklara göre en lezzetli oldukları iddia edilen boylar ise 40-60 cm arası olanlarıdır (www.angelfire.com/ne/rastgele/turna.html).



Resim 1. *Esox lucius* L.,1758'un Genel Görünümü

2.2. Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgi:

Ağır metaller yerkabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler. Küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin bakır, selenyum, çinko vb.) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için elzemdirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metal zehirlenmesi emisyon kaynaklarına yakın ortam hava konsantrasyonunun yüksek olmasından veya gıda zinciri yoluyla oluşabilmektedir, örneğin kontamine olmuş içme suyu (örneğin kurşun borular).

Ağır metaller tehlikelidir çünkü biyobirikme eğilimlidirler. Biyobirikim zamanla biyolojik bir organizmada bir kimyasal konsantrasyonun, kimyasalın doğadaki konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında artması demektir. Bileşikler herhangi bir zamanda canlı şeylerde birikebilirler ve onların vücuda alınmaları ve depolanması metabolize edilmelerinden veya atılmalarından daha hızlıdır.

Halen daha, ağır metallerden kaynaklanan gıda zehirlenmeleri çok nadirdir ve çoğu durum sadece çevresel kirlenmeden sonra meydana gelir. Böyle bir çevresel kirlenmenin en bilinen örneği 1932–55 yılları arasında Japonya'da meydana gelenidir.

1932'den itibaren, Japonya'da Chisso's kimyasalları tarafından cıva içeren lağım Minimata sahiline serbest bırakılmıştır. Cıva deniz ürünlerinde birikmiş ve daha sonra nüfusta cıva zehirlenmeleri gözlemlenmiştir. 1952'de, cıva zehirlenmesinin ilk kanıtı Japonya'da Minimata nüfusunda ortaya çıkmış ve bunun nedeni olarak da cıva ile kirlenmiş balıkların tüketimi gösterilmiştir. 1950'lerde toplam 500 ölüm vakası kaydedilmiştir. Ondan sonra; Japonya, endüstri dünyasının en katı çevresel kanunlarını çıkarmış ve hastalık da Minimata sendromu olarak bilinmiştir (www.lenntech.com/heavy-metals.htm).

Aşağıdaki ağır metaller toksisite semptomları içermektedir:

Alüminyum (Al), Altın (Au), Arsenik (As), Bakır (Cu), Baryum (Ba), Bizmut (Bi), Cıva (Hg), Galyum (Ga), Gümüş (Ag), Hafniyum (Hf), İndiyum (In), İridyum (Ir), Kadmiyum (Cd), Kalay (Sn), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Lantan (La), Manganez (Mn), Nikel (Ni), Niobyum (Nb), Palladyum (Pd), Platin (Pt), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Scandium (Sc), Stronsiyum (Sr), Tantalum (Ta), Talyum (Tl), Tungsten (W), Vanadium (V), Yttrium (Y), Zirconyum (Zr) (www.lenntech.com/periodic-chart.htm).

Ağır metaller su canlılarında hücresel ve moleküler düzeyde yapısal işlev bozukluklarına ve DNA kırılmaları frekanslarında artışa sebep olmaktadır (Kalay ve Karataş 1999, Levesque ve ark., 2002, Giordano ve ark., 1989).

2.2.1. Ekolojik Dengeyi Bozan Kirlenici Unsurlar

Bazı organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol ve türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler, ağır metaller ve atık ısı olarak bilinen maddelerdir. Bu maddeler doğal dengeyi olumsuz yönde tehdit eden unsurlardır.

Birçok ağır metal sanayide kullanılmakta ve atık olarak doğaya terk edilmektedir. Özellikle son on yıldaki endüstriyel gelişmeler deniz çevrelerinin ağır metaller tarafından kirlendiği ve bu kirlenmenin besin zincirine de yansıdığı gerçeğini ortaya koymaktadır. Su ve besinler ile bünyeye alınan ağır metaller canlılarda birikerek tüm yaşam aktivitelerine zarar verebilme ve değiştirebilme potansiyeline sahiptirler (Hu, 2000).

Normal koşullarda ağır metallerin doğadaki oranı düşüktür. Doğal ortamdaki konsantrasyon oranı arttığında, gümüş, cıva bakır, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller özellikle organizmalar üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimleri inhibe etmektedir. Canlılardaki bazı enzimatik aktiviteler için bazı metaller belli konsantrasyonlarda olmak şartı ile gereklidir. Organik maddeye bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve organik maddelerin bozulması ile çözülmüş olarak tekrar serbest hale geçer (Balkıs ve Algan, 2005). Ağır metaller,

subletal ortam derişimlerinin etkisinde balıkların karaciğer, böbrek ve dalak gibi metal metabolizması ve metal detoksifikasyonu ile ilgili organlarda yüksek düzeyde birikmektedir. Balıklarda karaciğer, ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin azaltılmasında işlev gören metallothionein ve glutatyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yerlerinden biridir.

Ağır metallerin alım ve birikim mekanizması, sucul ortamdaki ağır metallerin balıklar tarafından bünyelerine alınması en fazla solungaçlar, vücut yüzeyi ve sindirim sistemi ile olmaktadır. Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun en geniş yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleri ile etkileşmesidir. Solungaç epitelinde çevresel kirlenmeye fizyolojik tepki olarak görülebilecek hiperplazi (organ ve dokuda, ihtiyacı karşılamak için bölünebilme kabiliyeti olan hücre sayısındaki artış), mukoz hücrelerin fazla aktif olması, primer lamellerin ayrılması gibi defektler biyolojik yanıtların sadece bazılarıdır. Değişik yollardan canlı bünyesine alınan ağır metaller her organ ve dokuda farklı düzeyde birikirler. Canlı bünyesinde çeşitli metabolik yollara katıldıktan sonra vücut dışına atılabilen metallere fizyolojik öneme sahip olanlar depolanır. Eğer bunlar toksik metallere biri ise, enzimlerin yapısını bozabilmektedir (Yazkan ve ark., 2004). Toksik maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak, eritrositlerin membran yapılarını, iyon geçirgenliğini ve hücre metabolizmasını bozduğu ortaya konulmuştur.

Araştırmacılar, kirliliği belirlemede kullanılabilecek herhangi bir fizyolojik yanıt için, belirlenen organizmanın üreme periyodunun göz önüne alınmasını ve bu tip çalışmaların iki veya üçer aylık dönemler (mevsimsel) halinde gerçekleştirilmesini önermektedir (Widdows, 1985, Nikinmaa, 1992).

Karaciğer dokusu ağır metallerin taşınmasında ve detoksifikasyonunda görev yapan metal bağlayıcı proteinler ve buna benzer proteinlerin başlıca sentez yerlerinden biri olduğu için, kadmiyum detoksifikasyonundaki işlevi oldukça fazladır. Buna rağmen, kadmiyum birikim düzeyi bakımından özellikle kronik çalışmalarda, karaciğer dokusuna oranla birikimin en fazla böbrek dokusunda olduğu belirtilmiştir (De Conto ve ark., 1999, De Smet ve ark., 2001, Wu ve ark., 1999, Serafim ve ark., 2002). Balık dokuları (kas, karaciğer, böbrek, gonad, mide vs) deniz ortamındaki ağır metal konsantrasyon derecesini belirlemek için indikatör olarak

kullanılmaktadır. Özellikle karaciğer dokusu balığın diğer organlarına göre su kirliliğinin çevresel indikatörü olarak sıklıkla tavsiye edilmektedir. Karaciğer dokusu ağır metal birikiminde büyük öneme sahiptir (Olsvik ve ark., 2001). Bazı çalışmalarda ağır metallerin metabolik aktivitesi yüksek olan organ ve dokularda total protein derişimini arttırdığı rapor edilmiştir (De Souza ve ark., 2003, Chan ve Cherian, 1992).

Ağır metaller hücrelerde plazmanın sertleşmesine şişme ve büzülmeye neden olmaktadır. Proteinleri de çöktürmekte, bu da solunum intensitesi ve buna bağlı olarak oksijen tüketimini azaltmaktadır (Haktanır, 1983).

Genellikle sucul ortamda mevcut ortalama derişimlerdeki ağır metallerle organizmaların temasta olma hali onları öldürmez, fakat gözle görülebilen çeşitli arazlara sebep olmaktadır. Örneğin, morfolojilerini ve davranışlarını değiştirebilirler. Bazı organizmaların muayyen metallerle temasa girdiklerinde şekilleri, renkleri hatta lezzetleri değişebilmektedir örneğin BRYAN tarafından tatlı su balıkları ve krustaseler bir süre Cu, Zn, Pb gibi metallerle bir arada bulduklarında dokularında histolojik değişmeler meydana geldiği gözlenmiştir. Yine belirli derişimlerdeki bazı metallerin organizmaların büyümesine ket vurduğu gözlenmiştir. Bu etki balık ve krustaselerden fitoplanktonlara ve hatta bakterilere kadar görülebilir. Yapılan deneylerde çeşitli metal derişimlerinin organizmaların davranışını etkilediği de gözlenmiştir. Metallerin bu görünebilir etkileri yanında, organizmaların enzim sistemini de etkilediği bilinmektedir (Geldiay ve Kocataş, 1972).

2.3. Balıklarda Ağır Metal Birikimi:

Canlılar için hayati öneme sahip metaller, endüstri ve uygarlığın temelini oluşturmaktadır. Tas devrinde bakırı işlemeyi öğrenen insan giderek değişik metallerle uğraşmaya başlamıştır. Bu şekilde bir taraftan kendisi bu metallere maruz kalmış, diğer taraftan da çevresini kirletmeye başlamıştır (Timbrell, 1992).

2.3.1. Biyolojik Anlamda Metaller

3 gruba ayrılabilir (Clark, 1992):

2.3.1.1. Esas elementler (Hafif metaller): Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Sodyum, potasyum, kalsiyum vb.

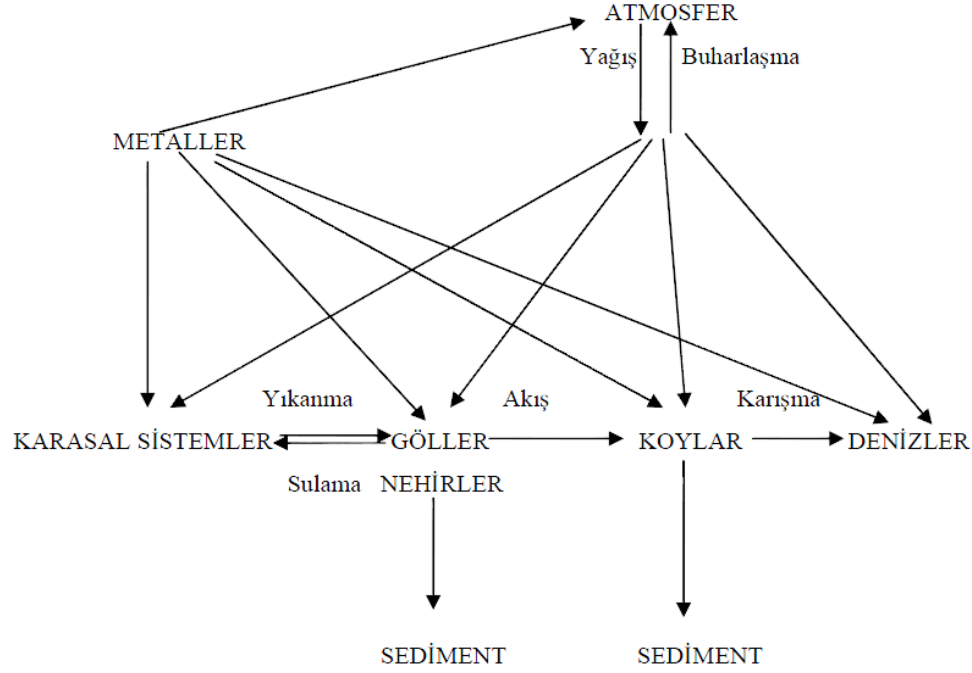
2.3.1.2. Yan elementler (Geçiş elementleri): Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementler. Demir, bakır, kobalt, mangan vb.

2.3.1.3. İz elementler (Metalloitler): Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementler. Civa, kurşun, kalay, selenyum, arsenik vb.

Bunlardan yan elementler ve iz elementler genelde ağır metal olarak adlandırılırlar.

Metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgârın taşıdığı tozlarla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınır. Kimyasal kirleticiler atmosfer yoluyla da önemli ölçüde sucul ortama karışır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgâr ve yağışlarla suya geçmekte ve sucul sistem üzerinde etkili olmaktadır (Şekil 1.)

2.3.1.3.1. Çevrede İz Elementlerin Taşınma Yolları



Şekil 1. Çevrede iz elementlerin taşınma yolları (Goyer, 1986)

Sulardaki ağır metal kirliliğinin sebeplerinin başında madencilik endüstrisi gelmektedir. Maden cevherlerinden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, çoğu kez tabii tutuldukları işlemlerle aktifleşip birer kirlilik kaynağı haline gelir (Tümen ve ark., 1992). Bu metaller daha sonra atmosferik etkilerle çözünerek yeryüzü ve yeraltı sularına geçmektedir. Önemli kirleticiler arasında bulunan bu ağır metaller sonuçta organizmalarda birikerek zararlı seviyelere ulaşmakta ve canlı hayatını tehdit etmektedir.

Ağır metallerin sudaki konsantrasyonu ortamın pH değerinden etkilenir. Ortamın asidik olması durumunda ağır metaller daha çözünür durumda olacaklarından ortamda daha fazla tespit edilirler. Suyun pH'nın bazik olduğu durumlarda ise metallerin birleştikleri iyonlardan ayrılmaları zorlaşmaktadır (Morel ve Hering, 1993; Kılıç ve Köseoğlu, 1996).

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının su ürünleri yönetmeliğine göre sucul ortamdaki ve balık dokularındaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri Çizelge 1. ve 2.'de verilmiştir (Anonim, 2002).

Çizelge 1. Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2002)

Ağır Metalin Adı	Kabul Edilebilir Değerler (mg/L)
As	0,1
Cu	0,01
Hg	0,004
Zn	0,003
Fe	0,7
Ag	0,003
Cd	0,01
Co	1
Pb	0,1
Cr	0,1
Mn	1
Ni	0,3
Se	0,05
Sn	1,2

2.4. Sucul Ortamda Ağır Metallerin Kabul Edilebilir Değerleri

Çizelge 2. Balık dokularında ve sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2002, [http:// www.epa.gov](http://www.epa.gov))

Ağır Metaller	Balıktaki Kabul Edilebilir Değerler (mg/kg)	Suda Kabul Edilebilir Değerler (mg/L)
Hg	0,5	0,004
Cd	0,1	0,01
Pb	1	0,1
Cu	20	0,01
Zn	50	0,003
Ni	0,3	0,3
Cr	4,1	0,11
Fe	410	0,7
Se	*	0,05

2.5. Sediment Kalite Yönergesi

Çizelge 3. Sediment kalite yönergesi (mg/kg)

(<http://www.ene.gov.on.ca/envision/gp/B1-3.pdf>)

Metaller	En Düşük Etkili Konsantrasyon	Yüksek Etkili Konsantrasyon
Hg	0,2	2
Cd	0,6	10
Pb	31	250
Cu	16	110
Zn	120	820
Mn	460	1100
Ni	16	75
Fe	20000	40000
Cr	26	110
As	6	33

Canlı organizmalar Fe, Co, Zn, Cu, Mn, Cr, Mo, Se, Ni ve Sn gibi yan ve iz elementlere ihtiyaç duyarlar. Bunlar enzim aktivitesi için çok önemli olup, genellikle biyokimyasal işlemlerde proteinlerle birleşirler. Bunlar ya metaloproteinlerde olduğu gibi sıkı bağlı veya metal-protein bileşiklerinde olduğu gibi gevsek bağlıdır. Hemoglobin ve hemosiyanin gibi oksijen taşıyıcıları metaloproteinler olup Fe ve Cu ihtiva ederler (Johnston, 1976; Gerlach, 1981).

Biyolojik fonksiyona sahip metallerin yanında herhangi bir fonksiyonu olmayan metallerde vardır. Bunlara örnek olarak Cd, Hg, Ag, Pb ve As verilebilir. Vücut için esansiyel olan eser miktarlardaki metaller metabolize edilebildiği halde esansiyel olmayanlar metabolize edilememektedir. Esansiyel olmayan bu ağır metaller ne parçalanarak zararları azaltılabilmekte ne de vücuttan atılabilmektedirler. Dolayısıyla bunlar metabolik fonksiyonda görev almadıklarından hücreler için toksiktirler (Güven ve ark., 1995).

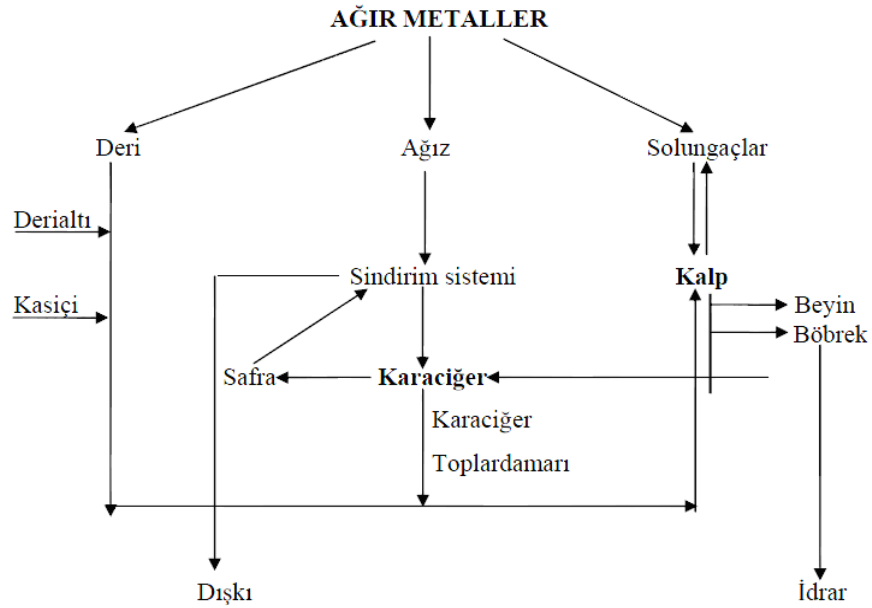
Ağır metallere karşı biyolojik tolerans farklıdır. Biyolojik sistemlerde birçok element eser halde bulunduğundan bunları zararsız halde iletmek ve depolamak için gerekli mekanizmalar geliştirilmiştir. Bu gibi taşıma ve depolama işini çoğunlukla proteinler yapmaktadır. Cd, büyüme ve gelişme için gerekli olmadığı halde herhangi bir biyolojik sistemle karşılaştığında organizma için gerekli elementler olan Zn ve Cu

gibi davranır. Burada Cd esansiyel iz elementlerinin metabolizmasını fonksiyonel olarak yerine getiren proteinlere bağlanarak karaciğer ve böbreklerde birikir (Vallee, 1991).

Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığına ve vücuda alınan metale bağlı olup, doku ve organlar arasında farklılık göstermektedir. Genellikle karnivor balıklardaki ağır metal konsantrasyonu, herbivor balıklardaki konsantrasyondan daha yüksektir. Besin zincirinin üst basamaklarında bulunan balıklar besin yoluyla diğer canlılarda bulunan metalleri de alırlar. Böylece fazla biriken bu metaller akut veya kronik zehirlenmelere yol açarlar (Haesloop ve Schirmer, 1985).

2.6. Ağır Metallerin Vücuda Alınımı ve Dağılımı

Balıklar ağır metalleri vücut yüzeyinden, solungaçlardan ve sindirim sisteminden olmak üzere 3 yolla alırlar (Şekil 2.)



Şekil 2. Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı (Dökmeci, 1988)

Bunlardan en önemli olanı solungaçlardan absorpsiyondur. Ağır metallerin vücut yüzeyinden alınması ise oldukça azdır (Amundsen ve ark., 1997).

2.6.1. Solungaçlardan Absorbsiyon: Balıklar, ağız yoluyla alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan geçmesi sırasında suda çözülmüş veya askıda bulunan materyalleri de alırlar. Bu sırada suda bulunan ağır metallerde solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine alınır (Heath, 1987).

2.6.2. Sindirim Sisteminden Absorbsiyon: Balıklarda en çok zehirlenmeler ağız yoluyla alınan toksik maddelerle olmaktadır. Bu nedenle gastrointestinal absorbsiyon oldukça önemlidir. Sindirim kanalından absorbe olan toksik madde, kan dolaşımı yolu ile tüm vücuda dağılarak zehirlenmeye yol açabilir. Bu zehirlenme; zehrin türüne, şiddetine ve absorbe konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorbsiyonlarının fazla olduğu yer ince bağırsaklardır (Dökmeci, 1988).

2.6.3. Deriden Absorbsiyon: Deri genellikle toksik maddelerle temas halindedir. Ancak derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle canlıların bu yolla zehirlenmeleri daha az görülür. Deride epidermis bölgesinde bulunan stratum corneum tabakası epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir (Dökmeci, 1988).

2.7. Sucul Ekosistemlerdeki Canlılarda Ağır Metal Birikimini Etkileyen Organik ve İnorganik Faktörler

Suyun;

- ısı,
- oksijen miktarı,
- sertliği,
- organik bileşimi,
- pH değeri

Canlının;

- genel fizyolojik davranışı,

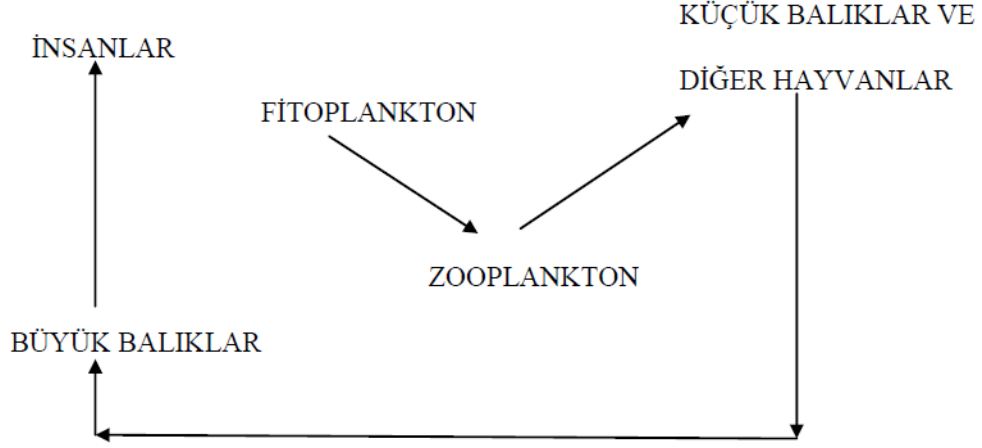
- yaşam döngüsü ve öyküsü,

- spesifik ve mevsimsel değişebilirlikleri,

-beslenme alışkanlığı gibi özellikleri biyolojik sistemlerin metal kirliliğinin değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. Bu kriterler özellikle besin zinciriyle ağır metal birikiminin tayininde yardımcı olmaktadır (Förstner ve Wittmann, 1981).

2.8. Besin Zinciri ve Doğal Etkiler Sonucu Ağır Metallerin Taşınımı

Besin piramidinde, üreticilerden tüketicilere doğru gidildikçe detoksife edilemeyen ağır metallerin birikimi artar. Canlılar her ne kadar belirli oranlarda birikici etki göstermeye başlayan metalleri uzaklaştırsalar da alt basamaktaki canlılarda biriken metaller, besin zinciri ile bir üst basamaktaki canlılara geçebilir ve toksik etkilerini ortaya çıkarabilirler. Karalarda bulunan kayaçlardaki iz elementler, parçalanma, taşınma, birikme, tortulaşma gibi sedimenter süreçler ile bir yerden başka bir yere taşınma halindedirler (Üşenmez, 1985). Bu taşınma olaylarına yağmur ve akarsuların da karışmasıyla iz elementler, su akışıyla beraber denizlerin ve göllerin tabanlarında toplanırlar. Sucul ekosistemlerdeki canlılar, sedimentlerde biriken ağır metallerle etkileşirler. Böylelikle bu inorganik maddeler, besin zinciri içerisinde doğadaki taşınımlarını sürdürürler (Şekil 3.). Sucul ekosistemlerin sedimentlerinde biriken bu maddelerin madde döngüleriyle tekrar karasal ekosistemlere dönüşü, karadan deniz ve göl diplerine geçişe göre çok zayıftır. İz elementler, sanayileşmenin de etkisi ile çevreye daha çok yayılmaya başlamışlardır. Bu durum besin zincirinin halkalarını oluşturan canlılar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu nedenle, ağır metallerin alınan besinlerde ne düzeyde bulunuyor olduğu daha çok önem kazanmıştır.



Şekil 3. Ağır metallerin besin zinciriyle balıklara geçişi (Beğenirbeş, 2002; Çetinbaş, 2003).

Balıkların doku ve organlarında biriken ağır metaller, etkide kalınan süreye ve ortamdaki konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirli bir metalin hangi doku ve organda depo edileceği türlere göre değişim göstermektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir (Kargın ve Erdem, 1992). Bunun en önemli nedeni ise genellikle ağır metallerin ölümcül olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesidir. Çeşitli balık türleri üzerinde yapılan çalışmalarda karaciğerdeki metal birikiminin diğer organlara oranla oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. (Kargın ve Erdem, 1988). *Tilapia nilotica*'nın farklı doku ve organlarındaki Cu miktarını tespit etmeye yönelik çalışmalarında en yüksek metal birikiminin dalakta olduğunu, bunu karaciğer, bağırsak, mide, solungaç ve kas dokusunun takip ettiğini belirtmişlerdir.

2.9. Ağır Metallerin Toksik Etkileri

Ağır metallerin toksik etkileri birçok grupta toplanarak incelenebilir (Vural, 2005).

2.9.1. Enzim İnhibisyonu

Birçok metal birden fazla organ sistemini etkiler. Bu toksik etki yerleri

biyokimyasal proseslerin yani enzimlerin bulunduğu hücre membranları ve organellerdir. Çok toksik olan metaller, esansiyel aminoasitlerin sülfidril, histidil veya karboksil gruplarına yüksek afinite gösterirler ve proteinlerle etkileserek enzimatik reaksiyonları inhibe ederler.

2.9.2. Esansiyel Elementlerin Yerini Alma:

Bazı metaller, metabolik olarak benzedikleri elementlerin yerine geçerek toksik etki gösterirler. Örneğin kursunun merkezi sinir sistemini etkilemesi, kalsiyuma benzer metabolizması ile “hem” metabolizmasını etkilemesi de demir ve çinkonun yerini alması ile açıklanır.

2.9.3. Proteinlerle Birleşme

Bazı toksik metaller ise proteinlerle birleşip intersellüler birikimlerine rağmen hücre hasarına neden olmazlar. Metallerin bu şekilde proteinlerle kompleks oluşturması detoksikasyon veya koruyucu bir mekanizma olarak ortaya çıkar.

2.9.4. Metallerin Oksidasyon Basamağı ve Bileşik Şekli

Toksisitelerini önemli derecede etkiler. Cr^{+6} bileşiklerinin Cr^{+3} den daha toksik olması; organik metal bileşiklerinin (alkil kursun ve alkil civa gibi), inorganik bileşiklerine göre (kursun asetat ve civa-2- klorür gibi) daha çok toksik olmaları örnek verilebilir.

2.9.5. Dış Faktörler

Besin, çevre ve endüstride toksik bir metale maruziyet, esansiyel elementin organizmadaki (moleküler, hücre, doku ve organdaki) biyolojik düzeyini değiştirebilir. Örneğin bakır eksikliği, aşırı miktarda çinkoya maruziyet sonucu görülür.

2.10. Çalışılan Ağır Metaller

2.10.1. Bakır (Cu)

Bakır ve bileşikleri çevrede dolayısıyla yüzeysel sulara bulunabilirler. Sudaki bakır, suyun pH sı ve karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham su kaynağında ve arıtılmış suda bulunan bakır miktarından fazla olabilir. Çünkü bakır tuzlarının dağıtım sistemlerindeki çamur kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalizlemesi yönünden, depolardaki bakteri büyümelerinin kontrolünde kullanılır. Pirinç, bronz borular ve bağlantılarının korozyonu sonucunda, suda ölçülebilecek miktarlarda bakır bulunabilir. (WHO, 1984; Parada, 1987). İnsan metabolizmasında bakır esas elementlerden birisidir. Yetişkinlerin günde 2,0 mg bakıra ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir. İnsan kanında ise litrede 0,8 mg Cu⁺⁺ iyonu vardır. Eritrosit oluşumu için doku demirinin serbest bırakılmasında, kemik, merkezi sinir sistemi ve bağ doku gelişmesinde önemli rol oynar. Fazla miktarda alınması halinde mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve depresyonla seyreden merkezi sinir sistemi irritasyonları görülebilir (Jenkins, 1989). Bakır çok yaygın kullanılan bir metal olmakla birlikte alınan bakır vücuttan atılmadığında Wilson hastalığına neden olmaktadır. Bakırın neden olduğu bu hastalık, birçok organda ve dokuda özellikle de karaciğerde, beyinde ve gözde toksik seviyelerde bakır depolanması ile karakterize edilir. Bakırın emilimi ve karaciğere taşınımı ilgili başlangıç basamakları normaldir. Fakat emilen bakır, seruloplazmin şekilde dolaşıma giremez ve bakırın safraya atılımı belirgin özellikte azalmıştır. Bakırın karaciğerde birikimi hızla artarak, toksik karaciğer hasarına yol açar. Bu hasar bakırın serbest radikal oluşumunu artırıcı etkisiyle hücresel proteinlerin sülfidril gruplarına bağlanmasıyla ve hepatik metalloenzimlerden diğer metalleri ayırmasıyla oluşur. Genelde beş yaşına gelen bir hastada, seruloplazmine bağlı olmayan bakır dolaşıma yayılarak hemolize uğrar ve beyin, kornea, böbrekler, kemik eklemler, paratiroidler gibi bölgelerde patolojik değişimlere neden olur. Bu sırada bakırın idrarla atılımı belirgin şekilde artmıştır. Wilson hastalığı karaciğerdeki hafif veya şiddetli değişikliklerle kendini gösterir. Bu değişiklikler sırasıyla: hafif ya da orta şiddette izlenen yağlı değişim, akut hepatit, kronik hepatit ve sirozdur (Toscalı ve Eren, 2004).

2.10.1.1. Canlılardaki Bakır Kaynakları ve Etkisi

Bakır insan vücudundaki otuzdan fazla enzimin bir bileşeni olarak bütün canlılar için gereklidir. Çeşitli ülkelerin ilgili otoriteleri tarafından günlük tavsiye edilen bakır miktarı 3 yaşına kadar olan çocuklar için 0,34 mg, 5 ile 8 yaş arasındakiler için 0,44 mg, yetişkinler için 0,9 mg, emziren anneler için 1,3 mg olarak belirlenmiştir. Sağlıklı yetişkinler için günlük üst sınır 10 mg'dır. Büyük şehirlerin su şebekesi borularının bakırdan yapıldığı içme suları özellikle küçük çocuklar için aşırı bakır alınmasına neden olunabilir. Bakır bileşiklerinin (özellikle CuSO₄) büyük miktarının alınması sinir sistemi, karaciğer ve böbreğe zarar vermesi sonucu ölüme neden olabilir. Bazı çalışmalarda aşırı bakırın kalp damar hastalığına neden olduğu, kan basıncını arttırdığı gözlenmiştir. Bazı çalışmalarda ise bakır eksikliğinin kalp damar hastalığına neden olduğu rapor edilmiştir. İçme sularında yüksek bakır düzeyleri kusma, karın ağrısı, bulantı, ishale neden olduğu belirtilmiştir. Bakırın kanserde bir rol alıp almadığı ise bilinmemektedir (Denkhaus ve Salnikow 2002).

Bakır vücutta ince bağırsakların üst kısmında emilir. Kana geçen bakır önce albüminde ve bir miktarı da amino asitlerde yer alır. Plazmada azalır, plazma ve eritrosit arasında dağılmış olur. Bu arada alınan bakırın en büyük kısmı karaciğerde depo edilir. Bir kısmı da diğer dokulara dağılır. Karaciğere albümin ve yüksek orana kadar amino asitlerden kolayca verilen bakır seruloplazmin sentezini artırır. Seruloplazmin, gereği kadar plazmaya salgılanır. Fakat bakırın albümin ve aminoasitlerin verildiği kadar kolaylıkla dokulara veremez, bakırlı enzimlere aktarılır. Bu da onun taşımacılık görevi olduğunun açık ifadesidir. Seruloplazmin karaciğer ve kimi dokularda yakılır. Vücuda giren bakırın tutulması dokuların ihtiyacı ile ilişkilidir. Genellikle vücuda giren bakırın %80-95'i atılır.

2.10.2. Demir (Fe)

Doğada çok bulunmasına rağmen, doğal suların kapsamında az miktarda bulunur. Bunun nedeni demirin sudan hızla çökerek ayrılmasıdır. Suda demir iki değerlikte olabilir. Bunlar iki değerlikli demir (ferro) ve üç değerlikli demir (ferri) halindedir. Ferro demir kararlı bir iyon olmayıp ortamda oksijen varsa; demir -3-hidroksit halinde çökerek sudan ayrılır. İndirgeyici koşullar altında suda bol miktarda

ferro demir bulunan bir pH değerinin 6-8 değerlikleri arasında üç değerlikli ferri demirin çözünürlüğü sınırlandırılmış olur. Daha düşük pH değerlerinde ferri demirin çözünürlüğü artar, çoğunlukla alkali karakterdeki sulara ferri demir, koloidal halde görülür. Havanın etkisi ya da klor ilavesiyle demir, ferri (+3) haline yükseltgenir ve hidrolize olarak çözünmeyen demir 3 oksit haline döner. Özel koşullar altında havadan sakınmaksızın toplanan laboratuvar numunelerinin çoğunda demir bu şekilde bulunur. Alkali yüzey sularında demir ender olarak 1 mg/l değerinden daha fazla konsantrasyonlarda bulunur (Parada, 1987). Demir insan organizmasında özellikle kırmızı kan hücrelerinin yapısında bulunan hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması yönünden önemlidir. Bunun dışında demir, kasların miyoglobininde, sitokrom, peroksidaz ve katalaz sistemlerinde yer alan yaşamsal önemde bir elementtir. Bütün insan vücudundaki total miktarının ancak 4-5 gr arasında olmasına karşın bunun 700 mg kadarı karaciğerdedir. Demirin biyokimyasal reaksiyonlar yönünden özellikle solunum sistemi yönünden büyük görevleri vardır. Hayvansal organizma büyük kısmıyla alyuvarlarda yer alan demir içeriğini tekrar tekrar kullanma yeteneğindedir. Bu nedenle günlük demir gereksinimi oldukça düşüktür. Bu miktar çocuklar için 10-15 mg arasında değişir. Büyüklerin demir gereksinimi de kadın, erkek, genç, yaşlı oluşuna göre farklılık gösterir. Vücuttan dışkı, idrar ve ter yoluyla atılan demir miktarı sadece 1 mg civarındadır. Fazlası karaciğer, kemik iliği ve dalakta birikir. Demirin yüksek miktarda sindirilmesi ile haemochromatosis olarak bilinen (normal düzenleyici mekanizmanın etkisiz işlemi) demir birikiminden dolayı dokuya zararlı durum ortaya çıkar (Şanlı ve Kaya, 1995).

2.10.2.1. Canlılardaki Demir Kaynakları ve Etkisi

Demir yerkürenin en temel (kütle olarak %34,6) elementi olup en fazla kullanılan metaldir. Araba ve gemilerin, binaların yapısında kullanılır. Çelik en sık rastlanılan demir alaşımıdır. Akut demir zehirlenmesi genellikle çocuklarda kazayla fazla miktarda alınması şeklinde görülür. 0,5 gramdan fazla demirin yenmesi gastrointestinal yolun yüzeyini kaplayan epitelyum hücrelerini tahriş eder ve hepatik siroza yol açabilir. Klinik semptomları arasında mide bulantısı ve kusma, abdominal ağrı, ishal yer alır (Burtis ve ark., 2002).

2.10.3. Mangan (Mn)

Toprak veya tortul kütlelerdeki mangan atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçer. Demiri fazla olan sularda, çok defa mangana rastlanır. Fakat miktarı çok az olup; litrede 0,3 mg'ı geçmez. Yer altı sularında bulunan mangan ortamda oksijenin bulunmayışı nedeniyle iki değerlidir. Yüzeysel sularda, özellikle göl ve baraj gibi rezervuarların dip çökeltisi, çamurları içinde bulunur ve indirgeyici ortamda çamurdan suya geçer. Manganın suda bulunmasının zararı endüstri sularında hemen hemen demirin aynısıdır. Bu da suda bazı bakterilerin çoğalmasını sağladığı gibi, boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. 0.5 mg/l mangandan daha fazlası sulara kötü bir lezzet verir. Çay ve kahve hazırlamaya, çamaşır yıkamaya uygun değildir. Endüstride mangan sularının arıtımı gerekmektedir (Dumlu, 1975).

Yiyeceklerdeki mangan miktarları önemli derecede farklılık gösterir. Süt ürünlerinde düşük konsantrasyonlarda, etlerde 0-0,8 mg/kg, balıkta 0-0,1 mg/kg bulunur (Parada, 1987). İnsan ve hayvanlarda mangan temel elementtir. Ancak alınan manganın %3'ü absorbe edilir. Kalp damar hastalıklarında ölüme mani olmak için, içme sularında mangan olması önerilmektedir. Mangan en az zehirli elementtir. Birkaç olay dışında sudaki mangandan dolayı bir zehirlilik görülmemiştir. 1941 yılında Japonya'da beyinle ilgili hastalık nedeni 14 mg/l manganla kirlenmiş kuyu suyuna bağlanmıştır. Bununla birlikte yalnız mangan konsantrasyonunun bu hastalığın nedeni olduğu iddia edilemez (ICAIR, 1987).

2.10.3.1. Canlılardaki Mangan Kaynakları ve Etkisi

Manganez tuğlalarda kullanılan birleştirici bir pigmenttir. Demir ve çelik üretimi için gereklidir. Düşük maliyetli paslanmaz çeliğin üretiminde ve metal alaşımlarda korozyon önleyici bir ajan şeklinde kullanılır. Cam malzeme temizleyicisi olarak kullanılır. Motorda sürtünmeyi azaltmak amacıyla benzine ilave edilebilir. Bu alanlara ilaveten boya ve parlaticılarda da sıkça bulunan bir pigmenttir. Bu metali içeren toza, yoğun olarak maruz kalmış insanlarda zehirlenme görülür. Bu duruma tuğla imalatı ya da parçalanmasıyla uğraşanlarda ya da madenlerde Mn alaşımlarını parçalayanlarda rastlanır. Yetişkinlerde serum veya plazma Mn düzeyi

0,4-1,1 ng/ml, tam kan düzeyi ise 7,7-12,1 ng/ml arasındadır (Burtis ve ark., 2002).

2.10.4. Krom (Cr)

Krom suda 3 ve 6 değerliklerde bulunur. Ancak 3 değerlikli kroma nadir rastlanır. Krom 6 tuz ile karsinojenik özelliktedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük sularda eser miktarda bulunabilir. Sularda kromat bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Biyolojik olarak krom sindirim ve solunum sistemlerinden absorbe olur. Emilme krom şekline ve emildiği yola bağlıdır. İnsanlar için trivalan krom esas elementtir. Hexavalan krom ise (Cr^{+6}) toksiktir. Trivalan krom nisbeten az emilir. Trivalan krom tuzlarının %1-2 kadarı emilmektedir. Gıda içindeki kromun en az %10'unun absorbe edildiği tahmin edilmektedir. İçme sularına bir yıl süre ile hexavalan krom ilave edilen ratların dokularındaki krom seviyesi 25 mg/l yani; trivalan kromdan 9 kat (%10) daha fazladır. Solunum sistemlerinden emilme oranı bilinmemektedir. Emilen kromun büyük bir miktarı deri, kas ve yağ dokusunda toplanır. Hemostatik mekanizma, karaciğer ve intestinal nakil mekanizmalarla birlikte fazla trivalan krom birikimini önler. Krom başta idrar olmak üzere gaita ile de atılmaktadır. İnsanlara zararlı etki yapabilecek krom sulardaki hexavalan kromdur. Trivalan krom ise nispeten daha az toksik ve lokal veya yaygın sistemin bir etkisi olmayan ve gerekli olan bir krom çeşididir. Dokularında krom seviyesi yüksek olan şahıslarda arteriosderosis nispeten daha azdır. Krom glikoz ve yağ metabolizması için gerekli bir madde olduğu gibi çeşitli sistemlerde amino asitlerin kullanılması için de gereklidir (Dumlu, 1975).

2.10.4.1. Canlılardaki Krom Kaynakları ve Etkisi

Krom, paslanmaz çelik üretiminde, krom kaplamalarda, bir tekstil boyası olarak derinin boyanmasında, temizleme solisyonu olarak ve soğutma sistemlerinde korozyon önleyici olarak fazlaca kullanılır. Topraktaki konsantrasyonu 15-20 $\mu\text{g/g}$ olabilir. Toprakta bulunan Cr çoğunlukla çözünmez haldedir. Nadiren rastlanan Cr^{+6} , toksik formudur. Sık rastlanılan şekli olan Cr^{+3} 'ün toksik etkisi yoktur.

Oksijen varlığında yüksek sıcaklığa tabii tutulmak ve elektriksel kaplamalarda yüksek voltaj Cr^{+3} 'ü Cr^{+6} 'ya dönüştürebilmektedir. Cr^{+6} buharının solunması, nazal

epitelyum hücrelerine zarar vermekte ve akciğerlerde skuamoz hücre karsinomlarına sebep olmaktadır. Cr^{+6} yağda iyi çözünebilir ve membranlardan geçebilir. Diğer yandan Cr^{+3} ise yağda pekiyi çözülmez ve biyolojik membranlardan geçemez. Cr^{+6} hücreye alındıktan sonra indirgenerek bilinen bir toksikliğı olmayan Cr^{+3} 'e çevrilir. Bu nedenle krom zehirlenmesinin teşhisinde Cr^{+6} 'nın biyolojik örneklerde ölçülmesi anlamlı değildir (Burtis ve ark., 2002).

2.10.5. Çinko (Zn)

Bol miktarda bulunan çinko yeryüzü kabuğunun %0.004'ünü oluşturur. Çevrede, havada, su sistemlerinde ve bütün canlılarda çinko bulunur. En çok bulunan minerali sfalerit çinkosülfürdür (ZnS). Bu bileşik Pb, Cu, Cd ve demirsülfür (FeS) beraberdir. Gerek doğal gerekse bulaşmış ortamlarda olsun çinkonun daima kadmiyum ile birlikte bulunması ilginç bir durum yaratır. Çinko gerek insan gerekse hayvanlar için gerekli esansiyel elementlerden birisidir. Çinkonun vücutta çok çeşitli fonksiyonları vardır. Bazı enzim çeşitleri ve enzimatik etkinliklerle, protein sentezi ve karbonhidrat metabolizması için canlı yapısında bulunması gereken bir elementtir (WHO, 1995). Et, süt, baklagiller ve balık zengin çinko kaynağıdır. Biyokimyasal yönden çinkonun önemi, bazı enzimlerin aktivasyonu için vazgeçilmez bir madde olmasından kaynaklanmaktadır. Çinko karbonik anhidraz, alkol ve laktat dehidrogenaz enzimlerinin önemli yapı taşlarından birini oluşturur (Parada, 1987; Koizumi, 1989). En fazla çinko prostatta bulunur. Pankreasta oldukça büyük miktarda bulunur. Pankreastaki çinko insülin ile birleşmiş haldedir. İnsülin pankreasta çinko bileşiğı halinde depo edilir. Gerek insan ve gerekse hayvanlarda çinkonun absorpsiyonu, protein, vitamin ve metallerin alınması gibi birçok faktörlerden etkilenmektedir. Alınan çinkonun fazlası atılır, vücutta depo edilmez. Çinkonun böbrek, karaciğer ve kemik gibi dokularda biriktikleri bildirilmektedir (Milhaud ve Mehennoovi, 1988; Koizumi, 1989; Jenkins, 1989).

2.10.5.1. Canlılardaki Çinko Kaynakları ve Etkisi

Çinko çelikte olduğu gibi metalleri korozyona karşı korumak amacıyla galvanizlemede ve çeşitli alaşımlarda otomobil endüstrisinde kalıp aşamasında ve pillerde kullanılır. İnsanlar için çinko gerekli bir elementtir. 3000 kadar proteinin yapısında olduğu tahmin edilmektedir. Sığır, domuz ve kümes hayvanları gibi hayvansal proteinlerin çoğunda bulunur. Vücut için faydalı bir metal olsa da fazla miktarda alınması zararlıdır. Aşırı miktarda çinko emilimi, demir fonksiyonlarında azalmaya ve bağışıklık sisteminde hasara sebep olur (Burtis ve ark., 2002).

2.10.6. Alüminyum (Al)

Alüminyum en yaygın olarak kullanılan metallerden birisidir ve ayrıca yer kabuğunda en sık bulunan bileşiklerden birisidir. Bu gerçeklerden dolayı, alüminyum genel olarak zararsız bir bileşen olarak bilinmektedir. Fakat yine de yüksek konsantrasyonlarına maruz kalındığında, sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Alüminyumun suda çözünen formu zararlı etkilere neden olmaktadır, bu parçacıklar da iyon olarak adlandırılmaktadır. Bunlar genellikle diğer iyonlarla kombine haldeki alüminyum solüsyonlarında bulunmaktadır, örneğin alüminyum klorür.

Alüminyumun yüksek alımları gıdalar, soluma ve deri teması yollarıyla mümkün olmaktadır. Alüminyumun yüksek konsantrasyonlarının uzun süreli yüksek alımları ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir, örneğin:

- Merkezi sinir sistemine zarar
- Demans
- Hafıza kaybı
- Halsizlik
- Ciddi titreme

Alüminyum, maden ocakları gibi bazı çalışma ortamlarında bir risk olabilir ve suda da bulunabilir. Üretim proseslerinde alüminyum kullanılan fabrikalarda çalışan insanlar, alüminyum tozu soluduklarında akciğer sorunlarına yakalanmaları söz konusu olabilmektedir. Alüminyum böbrek hastalarında vücuda böbrek diyalizi

esnasında girerse sorunlara neden olabilir.

İyice bölünmüş alüminyum ve alüminyum oksit tozunun solunmasının pulmoner fibrosise ve akciğer hasarına neden olduğu rapor edilmiştir. Bu etki, Shaver Hastalığı olarak bilinmektedir, silis ve demir oksitleri içeren solunmuş havanın varlığı ile karmaşıklaşmaktadır. Bu kimi zaman Alzheimer hastalığıyla ilişkilendirilebilmektedir.

Alüminyumun bugüne kadar saptanan en önemli etkisi sinir sistemi üzerinedir. Alüminyumun güçlü bir nörotoksik madde olduğunu gösteren ilk çalışmalar deneyseldir. 1897'de Alman araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda Al'un hayvanlarda patolojik reaksiyonunu araştırırken Al'un bir nörotoksin olduğunu saptamışlar ve bu daha sonra yapılan araştırmalarla da desteklenmiştir. 1965 yılında yapılan tavşan deneyleri, alüminyum ile Alzheimer demansı (AD) arasında ilişki olabileceğini düşündürmüştür (Klatzo ve ark., 1965). 1973 yılında ise AD hastalarının beyinlerinde alüminyum miktarının artmış olduğu gösterilmiştir. Aynı dönemlerde kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda gözlenen diyaliz ensefalopatisi ise bu düşünceleri güçlendirmiştir. İlerleyen yıllarda beynin alüminyum kaynaklı hasara yatkın olduğu ve alüminyum katkı maddeli besinler ile yüksek düzeyde alüminyum olan suların tüketilmesinin AD gelişiminde etkili olabileceği gösterilmiştir (Bakar ve Baba 2009, Crapper ve ark., 1973).

Al'nin diğer bir sistemik etkisi, hematolojik sisteme olan etkisidir. Gelişmekte olan civcivlerde Al alınımı karaciğer ve bağırsaklarda demir depolarını azaltmış, dokularda ferritin düzeyleri daha fazla olmak üzere nonhem demir düzeylerinde azalmaya ve sonuçta anemiye yol açmıştır. Yine döllenen Ross cinsi besi tavuk yumurtalarına kuluçka döneminde verilen alüminyum sülfatın civciv karaciğerinde yaygın inflamatuvar ve oksidatif hasara yol açtığı bildirilmiştir (Oğuz ve ark., 2008).

2.10.6.1.Canlılardaki Alüminyum Kaynakları ve Etkisi

Oldukça hafif ve kolaylıkla şekillendirilebilen birçok uygulaması olan bir metaldir. Yer kabuğunda yaklaşık %8 oranında bulunur. Asit yağmurları alüminyumun biyoloji sistemler tarafından alınmasını arttırmaktadır. Asit yağmurları

ile toprakta ve kayalarda doğal olarak bulunan alüminyum eritmektedir. Bu şekilde alüminyumlu bileşikler toprağa ve suya geçebilmektedir. Alüminyumun birçok alanda kullanımı bulunmaktadır. Bakır, çinko, magnezyum ve manganez gibi elementlerle alaşımlar yapmaktadır. Alüminyum alaşımları, hava taşıtlarında, roketlerde, arabalarda, kamyonlarda ve inşaat malzemesi olarak kapı ve pencerelerin yapısında kullanılmaktadır.

İnsanlarda normal fizyolojik durumlarda 5-10 mg alüminyum günlük beslenme ile alınır. Bu miktarın tamamı glomerulustan süzülerek atılır. Alüminyum vücuda fazla miktarda alındığında ya da bir böbrek yetmezliği durumu söz konusu olduğunda kanda birikerek albümin gibi proteinlere bağlanırlar. Proteinlere bağlandıktan sonra vücut içinde hızla dağılırlar. İnsanlarda albümin kemikler ve beyin olmak üzere iki önemli bölgede birikir. Kemiklerde alüminyumun, mineralizasyon bölgesinde kalsiyumun yerini alır ve normal osteoid oluşumuna zarar verir. İlâveten kemiklerdeki kalsiyumun kana geçmesine de engel olur. Vücuda fazla miktarda alüminyum alan ya da bir böbrek yetmezliği olan bireylerin serumlarında alüminyum düzeyi 6 μ g/L'yi aşar (Burtis ve ark., 2002).

Alüminyum bitkiler içinde toksik olabilir. Kök uçlarında düzenleyici mekanizmalar üzerinde etkili olur. Aktin ve mikrofilamentlerin oluşumunu önler. Apikal dominansın kaybına sebep olur.

2.11. Türkiye İçsularında Ağır Metal Kirliliği Üzerine Yapılan Çalışmalar

İç sularımızın ağır metal kirlilik seviyesini tespit etmeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Karapire (1998), Gediz Nehri sedimentinde bazı ağır metalleri tayin etmiş ve metal derişimlerinin Gediz Havzasının sanayi bölgelerinde yüksek olduğunu saptamıştır. Tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin yer aldığı yoğun yerleşim alanlarında kurşun, krom, mangan ve bakır derişimlerinin önemli boyut kazandığını bildirmiştir.

Canlı ve ark., (1998), Seyhan Nehri'nde yaptıkları çalışmada *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*' un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni düzeylerini belirlemişlerdir. Karaciğer ve solungaç dokularında, kas dokusundan dahayüksek düzeylerde metal birikimi belirlenmiştir. Ağır metal

düzeyleri için, solungaçlarda Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni değerlerinin sırasıyla 1.26-6.10 mg/kg; 9.41-44.75 mg/kg; 5.43-58.63 mg/kg; 1.72-6.10 mg/kg ve 6.83-28.03 mg/kg; karaciğerde sırasıyla 0.96-4.72 mg/kg; 5.22-37.15mg/kg; 5.91-201.1 mg/kg; 0.23-5.35 mg/kg ve 3.42-27.05 mg/kg; kas dokusunda sırasıyla 0.51-1.67 mg/kg; 2.94-13.73 mg/kg; 3.27-7.35 mg/kg; 0.36-1.71 mg/kg; 1.62-13.35 mg/kg kuruağırlık arasında olduğu bildirilmiştir.

Çiçek ve Koparal (1999), Porsuk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus*'da kurşun, krom ve kadmiyum seviyelerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda yağ dokusundaki kadmiyum seviyesinin, tehlike arz edecek kadar yüksek olmadığı belirtilmiştir. Kurşun ve krom konsantrasyonları ise ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

Karadede ve ark., (2000), Atatürk Baraj Gölü'nde, su, sediment ve balık türlerinde bazı ağır metal oranlarını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Cd, Co, Hg, Mo, Ni ve Pb sazan karaciğerinde ve kas dokularında tespit edilememiştir. Çalışmada, araştırılan ağır metallerin suda yoğun olarak bulunmadığı, sediment ve balık doku ve organlarında düşük oranlarda bulunduğu görülmüştür.

Yarsan ve ark., (2000), Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) örneklerinde ağır metal düzeylerinin tespit edilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada; arsenik, bakır, kadmiyum, çinko ve kurşun düzeylerini ölçmüşlerdir. Midyelerde; kurşun 1.43 ± 0.81 ppm, kadmiyum 0.09 ± 0.02 ppm, bakır 5.83 ± 0.73 ppm, çinko 15.93 ± 3.26 ppm ve arsenik 0.06 ± 0.05 ppm olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarının değerlendirilmesi ile örneklerde tespit edilen metal yoğunluklarının, ülkemiz ve diğer ülkeler için kabul edilen normal değerler içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Temmuz 2001-Nisan 2002 tarihleri arasında Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi'nin Gediz Nehri'ne boşalttığı su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) konsantrasyonlarının belirlenmesi için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen analiz sonuçlarına göre; su örneklerinde ağır metallerin ortalama değerleri; bakır 0,0161 ppm; demir 0,0103 ppm; mangan 0,0075 ppm; çinko 1,0579 ppm; kadmiyum 0,0036 ppm; kobalt 0.0063

ppm; krom 0.1055 ppm; nikel 0.0796 ppm; kurşun 0.2183 ppm olarak bulunmuştur. Bu değerler, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen, sulara boşaltılacak atıklar için deşarj kriterleri ile karşılaştırılmış ve atık sudaki ağır metal konsantrasyonlarının yüksek düzeyde olmadığı saptanmıştır. Sediment örneklerinde ortalama değerler; bakır 346 ppm; demir 3072 ppm; mangan 145 ppm; çinko 631 ppm; kadmiyum 0.95ppm; kobalt 0.98 ppm; krom 159 ppm; nikel 135 ppm; kurşun 25,5 ppm olarak bulunmuştur (Minareci ve ark., 2004).

Seyhan Baraj Gölü'nde yapılan bir çalışmada; *Cyprinus carpio* ve *Stizostedion lucioperca*'da ağır metal birikimi $Fe > Zn > Cd$ şeklinde bulunmuştur. Aynalı sazanda Fe: $1.93 \pm 0.36 \mu\text{gg}^{-1}$, Zn: $0.84 \pm 0.57 \mu\text{gg}^{-1}$ ve Cd: $0.46 \pm 0.10 \mu\text{gg}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak tespit edilmiştir. Aylara göre bakıldığında ise; çalışılan her iki balık türünde de, en yüksek Fe ve Zn birikiminin Ocak-Şubat-Mart döneminde olduğu gözlenmiştir (Göksu ve ark., 2003).

Beyşehir Gölü'nde yapılan bir araştırmada; gölden alınan *Cyprinus Carpio* türüne ait örneklerde, kas dokusu, karaciğer ve solungaçlardaki Fe, Cu, Mn, Cr, Pb ve Cd içeriği analiz edilmiş ve ağır metal içeriğinin mevsimsel değişimi tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda; Cr, Pb, ve Cd değerlerinin tespit edilebilir limitin altında olduğu görülmüştür. En yüksek metal konsantrasyonları sırasıyla, en fazla karaciğerde, daha sonra solungaçlar ve kas dokusunda tespit edilmiştir (Tekin-Özan, 2005).

Doğan (2004), Hatay'daki tatlı su kaynaklarından olan Asi Nehri, Yenişehir Gölü, Kırıkhan Gölbaşı Gölü ve Tahta Köprü Barajı'ndan aldığı su örneklerinde ve bu sulara yaşayan *Carasobarbus luteus* Heckel, 1843 (sarı benli) türünde örneklerin deri, karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ağır metal düzeylerini incelemiştir. *Carasobarbus luteus*'un ağır metal konsantrasyonlarının organlara göre oldukça değişken olduğunu gözlemiştir. Genel olarak karaciğer ve solungacın, kas dokudan daha yüksek metal birikimi gösterdiğini ve kastaki birikimlerin su ürünleri için belirlenen tüketilebilirlik sınırlarının altında olduğunu bildirmiştir.

Hatay bölgesinin sahip olduğu en önemli su kaynaklarından biri olan Asi Nehri'ndeki ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada;

Asi Nehri'nden alınan su, sediment ve *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 (karabalık) örneklerinde Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları incelenmiştir. Genellikle en yüksek birikim, su ve balık örneklerinde yazın, sedimentte ise kışın ölçülmüştür. Ayrıca balık dokuları arasında birikim genellikle karaciğerde en yüksek olmasına rağmen Cr ve Mn solungaçta, Zn ise deride en fazla birikmiştir. En az Cd, Cu, Mn ve Pb birikimi deride, Co, Cr, Fe, Ni ve Zn birikimi ise kas dokuda tespit edilmiştir. Sedimentteki birikimin, balıklardaki ve sudaki birikime göre (sudaki Cd hariç) daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Cd birikimi suda en fazla bulunmuştur. Genelde birikim sıralaması su < balık < sediment olmasına rağmen Cr ve Ni metallere sıralamanın balık < su < sediment olarak değiştiği gözlenmiştir. Su, sediment ve balık örneklerindeki Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri (suda Cd hariç) kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur. Asi Nehri'nin, çalışılan dönemde incelenen metaller bakımından henüz biyolojik ve ekolojik dengeyi tehdit edici bir risk taşımadığı belirtilmiştir (Çalışkan, 2005).

Erdoğrul ve Erbilir (2006), Kahramanmaraş Sır Baraj Gölü'nden sağlanan çeşitli balık örneklerinde ağır metallerin tespit edilmesi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada *Cyprinus carpio*, *Acanthobrama marmid*, *Chondrostoma regium* ve *Silurus glanis* türlerinden örneklerin solungaçlarında ve kas dokularında ortalama ağır metal birikim değerleri 'mg/kg yaş ağırlık' cinsinden tespit edilmiştir. *Cyprinus carpio*'nun kas dokusunda tespit edilen değerler; Fe: 0.8 mg/kg, Mn: 0.3 mg/kg, Pb: 0.13 mg/kg, Co: 0.01 mg/kg, solungaçlarında tespit edilen değerler ise Fe: 5.71 mg/kg, Mn: 1.96 mg/kg, Pb: 0.50 mg/kg şeklindedir. *Acanthobrama marmid*'in kas dokusunda tespit edilen değerler; Fe:1.22 mg/kg, Mn: 0.38 mg/kg, Co: 0.005 mg/kg, solungaçlarında tespit edilen değerler; Fe: 5.07 mg/kg, Mn: 0.85 mg/kg'dır. *Chondrostoma regium*'un kas dokusunda tespit edilen değerler Fe: 0.91 mg/kg, Mn:0.27 mg/kg, Pb: 0.06 mg/kg solungaçlarında tespit edilen değerler Fe: 5.61 mg/kg, Mn: 3.42 mg/kg, Pb: 0.06 mg/kg'dır. *Silurus glanis*'in kas dokusunda Fe, Mn, Co, Ni ve Pb tespit edilememiştir. *Silurus glanis*'in solungaçlarında ise Fe: 1.03 mg/kg, Mn: 0.17 mg/kg, Pb: 0.42 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada incelenen balıkların kas dokularında tespit edilen Ni oranlarının; *Cyprinus carpio*'da 0.06 mg/kg ile 1.34 mg/kg, *Acanthobrama marmid*'te 0.38 mg/kg ile 1.93 mg/kg, *Chondrostoma regium*'da 0.14 mg/kg ile 1.89

mg/kg yaş ağırlık arasında değişen değerlerde olduğu belirtilmiştir.

Mendil ve Uluözlü (2007), Tokat'taki Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy ve Akın göllerinde, sedimentte izelement seviyelerini tespit etmişlerdir. Sediment örneklerinde en yüksek Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr ve Ni konsantrasyonları sırasıyla 2138 µg/g, 232 µg/g, 38.90 µg/g, 8.20 µg/g, 7.00 µg/g, 10.70 µg/g ve 55.40 µg/g olarak ölçülmüştür.

Köse (2007), Enne Baraj Gölü'nde yaşayan *Carassius carassius*, *Chondrostoma nasus*, *Leuciscus cephalus*, *Alburnus alburnus* ve *Cyprinus carpio* türlerinin karaciğer, solungaç, deri, bağırsak ve kas dokularında metal akümülyasyon miktarlarını araştırmıştır. Bu çalışmada, genelde yenilebilir kısımlarda (deri ve kas) diğer dokulara göre daha az metal birikiminin olduğu bulunmuştur. *Carassius carassius*'un kas dokusundaki Cd birikiminin Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen limitten daha yüksek olduğu tespit edilmiş, incelenen diğer türlerin ise ağır metal birikimi açısından insan sağlığı için risk oluşturmadığı belirtilmiştir.

2.12. Araştırmanın Yapıldığı Bölgenin Özellikleri



Harita 1. Kırşehir Sıdıklı Barajının Uydu Harita Görüntüsü

Orta Kızılırmak Havzası'nda Kırşehir İli'nin Güneybatısında Körpeli Boğaz Deresi üzerinde Hirfanlı Baraj Gölü'nün kuzeyindedir. Toplam göl hacmi 28.500.000 m³ dür. Sulayacağı alan 4.945 hektardır. Kret uzunluğu 280 m olup, yüksekliği 5.020 m dir.

Kırşehir il merkezine 30 km olup yolu asfalt kaplıdır. Yön olarak Kırşehir'in batısına, Kaman ilçesinin güneyine düşer. Baranlı dağlarına yaklaşık 5 km mesafede kurulmuştur. Komşu köyler; İbrişim, Yeşilli, Sıdıklı Küçük Boğaz, Yağmurlu Büyük Oba, Yağmurlu Armutlu, Yağmurlu Sayobaşı, Çadırılı Hacı Bayram ve Tepe köydür. Arazi geniş olup hayvancılığa uygundur.

İsmi Kepez Özü olarak bilinen küçük akarsunun önüne bağlanan Sıdıklı Sulama Barajı köyün alt kısmındaki saz bölgesine kadar yükselmiş fakat son iki yılda yanlış ve aşırı sulama yüzünden su seviyesi hızla aşağılara çekilerek azalmıştır (T.C. Kırşehir Valiliği) (Resim 2,3,4.).



Resim 2. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (a)



Resim 3. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (b)

Baraj gölünde *Cyprinus carpio* (Sazan), *Silurus glanis* (Yayın), *Tinca tinca* (Kadife), *Capoeta tinca* (Siraz), *Squalius cephalus* (Tatlu Su Kefali), *Esox lucius* (Turna) ve akarsuyun kendine has balık çeşitleri bulunmaktadır.



Resim 4. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (c)

Çizelge 4. Sıdıklı KüçükBoğaz Baraj Gölü'nün genel özellikleri (DSİ)

Barajın yeri	Kırşehir
Akarsuyu	Körpeli Boğaz Deresi
Amacı	Sulama
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1991-2001
Gövde dolgu tipi	Kaya dolgu
Gövde hacmi	0.75 hm ³
Yükseklik (Talvegden)	53
Normal su kotunda göl hacmi	28,11 hm ³
Normal su kotunda gölalanı	1,65 km ²
Sulama alanı	4945 ha
Güç	-MW
Yıllık üretim	-GWH
Yağış alanı (km ²)	256
Yıllık ortalama su miktarı (hm ³)	22,13

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Ölçümlerde Kullanılan Düzenekler

Metal analizleri CONTR AA 300 Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda ayrıca; etüv, elektronik terazi, saf su cihazı, değişik büyüklükte cam pipet, erlen, balon joje, mezür, huni, kapaklı cam tüp, spor, porselen havan, pH metre, baget, cam petri, paslanmaz makas ve bistüri kullanılmıştır. Cam malzemeler kullanılmadan önce 1M HNO₃ çözelti içinde bir gece bekletildikten sonra saf suyla yıkanmış ve etüvde kurutulmuştur.

3.2. Örneklerin Toplanması

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaşayan *Esox lucius*'un doku ve organlarındaki ağır metal birikim seviyelerini araştırmak amacı ile yapılan bu çalışmada; balık örnekleri, gölün değişik bölgelerinden aylık periyotlar halinde alınmıştır. Ayda iki defa ağ atılmış, örnek bulunamadığı zamanlarda ise olta ile örnek alınmıştır. Balık örnekleri 18x18, 22x22, 32x32 ve 45x45 mm göz aralıklı fanyalı ağlar ve oltalarla toplanmıştır. Ağlar, akşam atılıp sabah toplanmıştır. Şubat 2012 – Mart 2013 tarihleri arasında bir yıllık periyotta her ay örnekleme yapılarak 15 adet *Esox lucius* avlanmıştır. Uygun ebatlardaki poşetlerde laboratuara getirilmiştir. Balık materyalleri dissekte edilene kadar -30 °C de dondurucuda bekletilmişlerdir.

Su örnekleri 500 ml lik kahverengi şişelere alınmıştır.

Sediment örnekleri sahilden 3 m içeriye girilerek göl tabanından plastik kürek ile alınmıştır. Sediment numuneleri plastik poşetlere konularak laboratuara getirilmiştir.

3.3. Araştırma Yöntemi

- Laboratuar ortamına getirilen balıkların boyları milimetrik metre yardımıyla, ağırlıkları ise terazide ölçülerek her bir balık ilgili forma kaydedilmiştir.
- Örnekler steril edilmiş pens ve bistüri kullanılarak her bir balığın solungaç, bağırsak, deri, doku ve karaciğer örnekleri alınarak analiz yapılana kadar

derin dondurucuda bekletilmiştir.

- Alınan örnekler 45 °C 'de 4 gün kurutulmuştur.
- Kurutulan örnekler ezilmiş ve 0,5 gr tartılarak teflon tüplere alınmıştır.
- Tartılan örnekler ilk olarak derişik (% 65 w/w) 5 ml HNO₃ ilave edilmiş ve bir süre bekletilmiştir.
- Örneklerin üzerine daha sonra (% 60 w/w) 1 ml HClO₄ ilave edilmiştir. Tüplerin ağızları açık olacak biçimde bırakılarak 1 saat bekletilmiştir.
- Tüpler mikrodalga çözünürleştirme cihazına yerleştirilmiş ve 10 'ar dk.lık periyotlarla 6 kez 450 W'lık mikrodalga gücüyle etkileştirilmiştir (Her defasında tüplerin gazları alınmıştır).Tüpler soğumaya bırakılmıştır.
- Ortamın fazla asitler 50 – 100°C'de buharlaştırılmış ve çözünen örneklerdeki asit uzaklaştırılmıştır. (Bu işlem sonrasında çözünmeyen örnekler kalırsa derişik (%30 w/w) Hidrojen peroksit-H₂O₂. eklenerek buharlaştırmaya devam edilmiştir.)
- Örnekler saf su kullanılarak 10 ml ye tamamlanmış ve süzölmüştür.
- Cam tüplere aktarılan örnek AAS'de analiz edilinceye kadar ışık almayan serin bir ortamda bekletilmiştir.
- Hazır hale getirilen örnekler Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazında analiz edilmiştir..

3.4. Sedimentin Analize Hazırlanışı

Çamur örnekleri, Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün kıyısından belli bir uzaklıktaki mesafesinden Plastik kepçe ile alınarak 500 ml'lik renkli şişelere konularak analiz için laboratuara getirilmiştir. Bir petri kabı içerisinde konularak etöv de 60 °C de kurutulmuş ve toz haline getirilene dek havanda dövölmüştür. 0.1 g tartılarak teflon tüpe alınmıştır ve üzerine önce 5 ml derişik HNO₃ sonra da 1ml derişik HClO₄ ilave edilerek 1 saat bekletilmiştir. 1 saat çözünürleştirme işlemi yapılmış, oda şartlarında soğumaya bırakılmıştır. Ortamdaki fazla asitler 50 – 100 °C de buharlaştırılmıştır. Saf su ile 10 ml ye tamamlanmış, süzme işlemi de yapılarak cam tüplerde analiz edilinceye kadar ışık almayan serin yerde muhafaza edilmiştir.

Sediment çözünürleştirme işlemi mikrodalga fırınında yapılmıştır. Mikrodalga

çözünürleştirme yöntemi, kısa zaman, daha az asit tüketimi ve olabilecek metal kaybını önlemek açısından çok büyük avantajlar sağlamaktadır (Karadede ve ark., 2004).

3.5. Su Örneklerinin Analize Hazırlanışı

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nden alınan su örneklerinin önce arazi sırasında pH ı ölçülmüş, 500 ml lik kahverengi şişelere alınarak laboratuara getirilmiş ve tekrar pHı ölçülerek kaydedilmiştir. Daha sonra süzülerek aynı ebatlardaki başka bir şişeye alınarak üzerine 1 ml derişik HNO₃ eklenmiş (oluşabilecek bakterileri önlemek için) ve analiz yapılmaya dek serin ve güneş görmeyen bir ortamda muhafaza edilmiştir.

3.6. Deneyde kullanılan asitler

3.6.1. Nitrik asit

Nitrik asit birçok metali yükseltgeyebilen bir asittir. 2 M derişimin altında yükseltgeme gücü zayıftır. Ancak yükseltgeme gücü klorat, permanganat, hidrojen peroksit ve brom katılmasıyla veya basınç ve sıcaklık yükselttilerek artırılabilir. Nitrik asit altın ve platini yükseltgeyemezken, bazı metallerde de pasifleşirler. Bu metaller asit karışımları ile yükseltgenebilir (Toscalı ve Eren, 2004).

3.6.2. Hidrojen peroksit

Genelde % 30'luk hidrojen peroksit çözünürleştirme için yeterlidir. Hidrojen peroksit yüksek derişimde tek başına birçok organik bileşikle patlayıcı reaksiyon verir. Hidrojen peroksit, oksitleme gücünü arttırmak için genelde başka asitlerle karıştırılarak kullanılır. Sülfürik asitle kombinasyonu olan monoperoksoşülfürik asit çok güçlü bir yükseltgeyicidir. Bu nedenlerle hidrojen peroksit çözünürleştirme işlemlerinde en çok yeğlenen asittir. Perklorik asit kullanımındaki gibi mikrodalga kapalı çözünürleştirme işlemlerinde patlama riski vardır (Toscalı ve Eren, 2004).

3.6.3. Hidroklorik asit

Yükseltgeyici değildir. Metal karbonatlar, peroksitler ve alkali hidroksitler hidroklorik asitle çözülebilir. Altın, kadmiyum, demir ve kalay gibi bazı metaller hidroklorik asitle çözülebilir ancak başka asitlerle çözümlükleri arttırılabilir. Genellikle nitrik asit ile birlikte kullanılır (Toscalı ve Eren, 2004).

3.6.4. Perklorik asit

Perklorik asit, HClO_4 , suda çözünebilir renksiz bir sıvı olan bir klor oksoasididir. Sülfürik asit ya da nitrik asit ile kıyaslanabilecek kadar güçlü bir asittir. Perklorik asit suyla bir azeotrop (eşkaynar) oluşturur. Asidin bu formu kararlıdır ve ticari olarak uygundur. Bu tür solüsyonlar higroskopiktir (nem), açıkta bırakılırsa havadaki nemi çekerek kendisini seyreltir. Anhidros ve monohidrat olan perklorik asit patlayabilir, normal sıcaklıkta ise yavaşça ayrışır. Perklorik asit son derece tehlikelidir. Deri ve gözler için aşındırıcıdır ve dokunurken azami ölçüde dikkat edilmesi gerekir. Ayrıca kumaş veya ahşap bir malzemeye temas ettiğinde tutuşabilir ya da patlayabilir. Perklorik asit tuzları çoğunlukla patlayıcı düzeneklerinde kullanılan güçlü oksitleyicilerdir.

3.7. Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS)

AAS yöntemi ile metalik özellik gösteren yaklaşık 70 kadar elementin nicel tayinini yapmak mümkündür. Cihazın gerçek anlamda kullanımı 1955 yılında başlamıştır. Walsh, Alkemade ve Milatz, birbirinden bağımsız olarak yürüttükleri çalışmalar neticesinde 1955 yılında yaptıkları yayınlarda atomik absorbsiyon spektroskopisinin temel bir analitik yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır (Haswell, 1991). Serbest haldeki tüm element atomları, üzerlerine düşen kendilerine özgü dalga boylarındaki ışınları absorblar. Spektroskopik tayinlerde elementin bu absorbsiyon dalga boylarından biri kullanılır. Genellikle seçilen dalga boyu, absorbsiyonun en şiddetli olduğu dalga boyu olup rezonans dalga boyu olarak ifade edilir. Böylece seçilen dalga boyunda küçük derişimlerde bile absorbsiyon değerleri okunabilir. Tayin ortamında elementin rezonans hattıyla spektral girişim oluşturan element veya moleküller varsa, girişimin olmadığı fakat absorbsiyon şiddetinin derişim tayini için yeterli olabileceği başka bir absorbsiyon hattı seçilir. AAS yönteminde bir elementin

nicel tayini, derişimleri bilinen standart çözeltilerin absorbanlarıyla örnek çözeltilinin absorbanı karşılaştırılarak yapılır. Katı veya sıvı örnekleri atomlaştırmadan önce uygun çözeltileri hazırlanır. Örnek çözeltileri hazırlanırken tayin elementinin atomlaşma verimini olumsuz yönde etkilemeyen, girişimlerin olmadığı ve yeterli absorbsiyon şiddetinin alınabileceği ortam şartları ayarlanmalıdır. Örnek ve standartların absorbanları, cihazın bütün parametreleri ayarlandıktan sonra aynı şartlarda ara verilmeden ölçülmelidir.

AAS'de örnek çözeltilinin derişimini belirlemek amacıyla iki farklı yöntem izlenir (Yalçınkaya, 2005).



Resim 5. AAS Cihazı

3.7.1. Kalibrasyon Yöntemi

Bu yöntem için, tayin edilecek elementin stok standart çözeltilerinden belirli derişimlerde en az üç kalibrasyon çözeltisi hazırlanır. Kalibrasyon ve örnek çözeltilerinin absorbanları ölçülür. Kalibrasyon çözeltilerinin derişimlerine karşılık absorbanları grafiğe geçirilir ve elde edilen noktalar birleştirilerek bir doğru çizilir. Bu grafiğe "kalibrasyon eğrisi" denir. Kalibrasyon eğrisinden yararlanarak, absorban değerlerine karşılık gelen derişim bulunur. Örnek çözeltilerinin absorbanları kalibrasyon eğrisinde absorbanın derişimle doğrusal olarak değiştiği aralıkta olmalıdır. Örnek çözeltilerinin absorbanları bu aralığın dışında ise seyreltme veya deriştirme yolu ile bu aralığa çekilmelidir. Çok sayıda örnek çözeltilisine uygulanabilmesi bu yöntemin üstünlüğüdür (Yalçınkaya, 2005).

3.7.2. Standart Katma Yöntemi

Genellikle tayini yapılacak örnek çözeltilerinin çok çeşitli bileşenler içermesi, kalibrasyon çözeltilerinin ise bu bileşenleri içermemesi tayinler için önemli bir sorundur. Böyle çözeltilerin analizinde örnek bileşenlerinden dolayı oluşabilecek girişimler nedeniyle doğru sonuca ulaşmak oldukça güçtür. Standart katma yöntemi kullanılarak daha doğru sonuçlara ulaşmak mümkündür. Standart katma yönteminde tayini yapılacak örnekten en az üç eşit kısım alınır. Birinci kısma yalnızca çözücü, diğerlerine ise artan belirli miktarlarda kalibrasyon çözeltileri katılıp her biri çözücü ile eşit hacme tamamlanır. Absorbanslar okunur ve katılan derişime karşı absorbans grafiğı çizilir. Elde edilen doğrunun derişim eksenini kestiğı noktanın absorbans eksenine olan uzaklığı örneğın derişimine karşılık gelir. Bu yöntem, analiz edilecek örneklerin sayısının fazla olması halinde, çözeltilerin hazırlanması için çok fazla zaman gerektirmesi ve analiz süresinin uzaması sebebiyle kolay değildir (Yalçınkaya, 2005).

3.8. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizlerin yapılmasında “SPSS 16.0 for Windows” paket programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar “One-Way Anova” testine tabi tutulmuştur. Su, sediment, balık doku ve organlarında belirlenen metal birikimleri ve mevsimler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla “Kruskal-Wallis Testi” yapılmıştır. Balık örneklerinde belirlenen ağır metal değerlerinin incelenen organlar arasındaki farklılık derecesini saptamak için “t” testi uygulanmıştır.

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Deneysel Bulgular

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaşayan *Esox lucius*'un doku ve bazı organlarındaki Cu, Fe, Mn, Zn, Cr ve Al birikim değerleri tablo ve grafiklerde verilmiştir.

Tablo 1. *Esox lucius*'un İlkbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri ($\mu\text{g/g}$)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
	Ortalama	0,1123	0,1178	0,0973	0,113	0,3764
	S	2,875	2,875	2,875	2,875	2,875
Cu	S H	15	15	15	15	15
	Maks	0,18	0,21	0,1455	0,16	0,5599
	Min	0,0446	0,0256	0,0492	0,066	0,2
	Ortalama	4,3135	4,879	0,965	1,7027	9,505
	S	62,52	62,52	62,52	62,52	62,52
Fe	S H	15	15	15	15	15
	Maks	7,3	9,502	1,93	2,7	13,81
	Min	1,327	0,2563	0	0,7055	5,2
	Ortalama	0,5442	0,1501	0,2845	0,3575	0,1684
	S	53,85	53,85	53,85	53,85	53,85
Mn	S H	15	15	15	15	15
	Maks	1,01	0,28	0,544	0,69	0,24
	Min	0,0784	0,0203	0,025	0,025	0,0969
	Ortalama	3,3065	10,12	2,305	1,054	2,475
	S	44,75	44,75	44,75	44,75	44,75
Zn	S H	15	15	15	15	15
	Maks	5,147	15,23	3,55	1,429	3,379
	Min	1,466	5,01	1,06	0,6802	1,572
	Ortalama	0,1889	0,3384	0,1259	0,17	2,517
	S	22,73	22,73	22,73	22,73	22,73
Cr	S H	15	15	15	15	15
	Maks	0,4385	0,67	0,2518	0,34	5,034
	Min	-0,0307	0,0668	0	0	0
	Ortalama	2,17	0,325	0,555	0,56	1,045
	S	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2
Al	S H	15	15	15	15	15
	Maks	3,93	0,63	0,76	0,91	1,8
	Min	0,41	0,02	0,35	0,21	0,29

Bakır deęeri; solungaç için en dűşük: 0,0446 ppm – en yüksek: 0,18 ppm, baęırsak için en dűşük: 0,0256 ppm – en yüksek: 0,21 ppm, deri için en dűşük: 0,0492 ppm – en yüksek: 0,1455 ppm, doku için en dűşük: 0,066 ppm – en yüksek: 0,16 ppm, karacięer için en dűşük: 0,2 ppm – en yüksek: 0,5529 ppm dir.

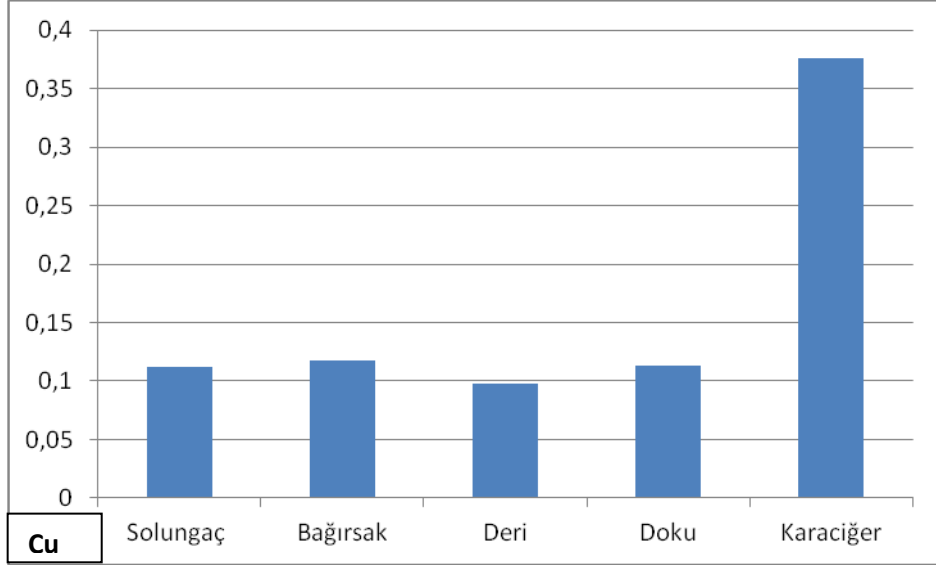
Demir deęeri; solungaç için en dűşük: 1,327 ppm – en yüksek: 7,3 ppm, baęırsak için en dűşük: 0,2563 ppm – en yüksek: 9,502 ppm, deri için en dűşük: 0 ppm – en yüksek: 1,93 ppm, doku için en dűşük: 0,7055 ppm – en yüksek: 2,7 ppm, karacięer için en dűşük: 5,2 ppm – en yüksek: 13,81 ppm dir.

Mangan deęeri; solungaç için en dűşük: 0,0784 ppm – en yüksek: 1,01 ppm, baęırsak için en dűşük: 0,0203 ppm – en yüksek: 0,28 ppm, deri için en dűşük: 0,025 ppm – en yüksek: 0,544 ppm, doku için en dűşük: 0,025 ppm – en yüksek: 0,69 ppm, karacięer için en dűşük: 0,0969 ppm – en yüksek: 0,24 ppm dir.

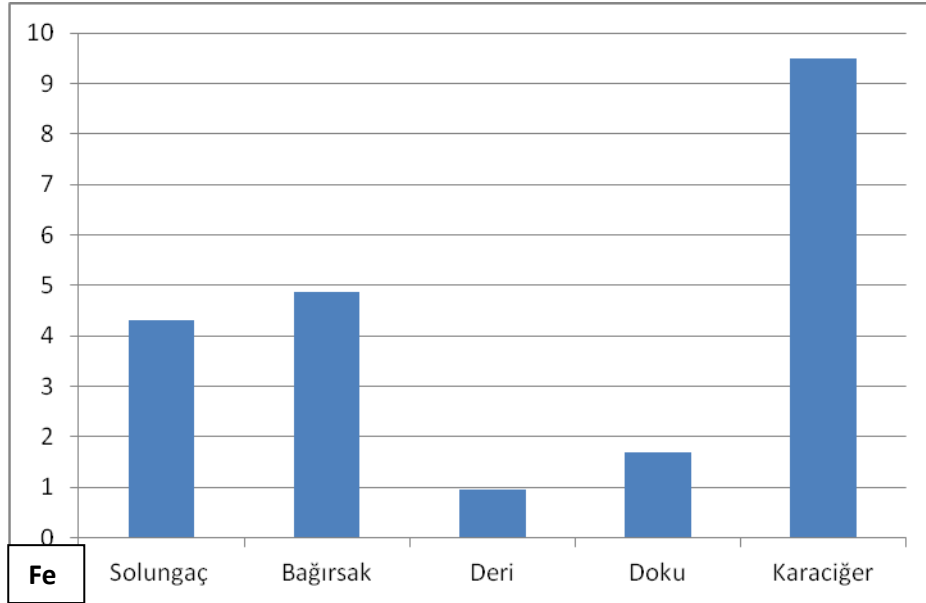
Çinko deęeri; solungaç için en dűşük: 1,466 ppm – en yüksek: 5,147 ppm, baęırsak için en dűşük: 5,01 ppm – en yüksek: 15,23 ppm, deri için en dűşük: 1,06 ppm – en yüksek: 3,55 ppm, doku için en dűşük: 0,6802 ppm – en yüksek: 1,429 ppm, karacięer için en dűşük: 1,572 ppm – en yüksek: 3,375 ppm dir.

Krom deęeri: solungaç için en dűşük: -0,0307 ppm – en yüksek: 0,4085 ppm, baęırsak için en dűşük: 0,0068 ppm – en yüksek: 0,67 ppm, deri için en dűşük: 0 ppm – en yüksek: 0,2518 ppm, doku için en dűşük: 0 ppm – en yüksek: 0,34 ppm, karacięer için en dűşük: 0 ppm – en yüksek: 5,034 ppm dir.

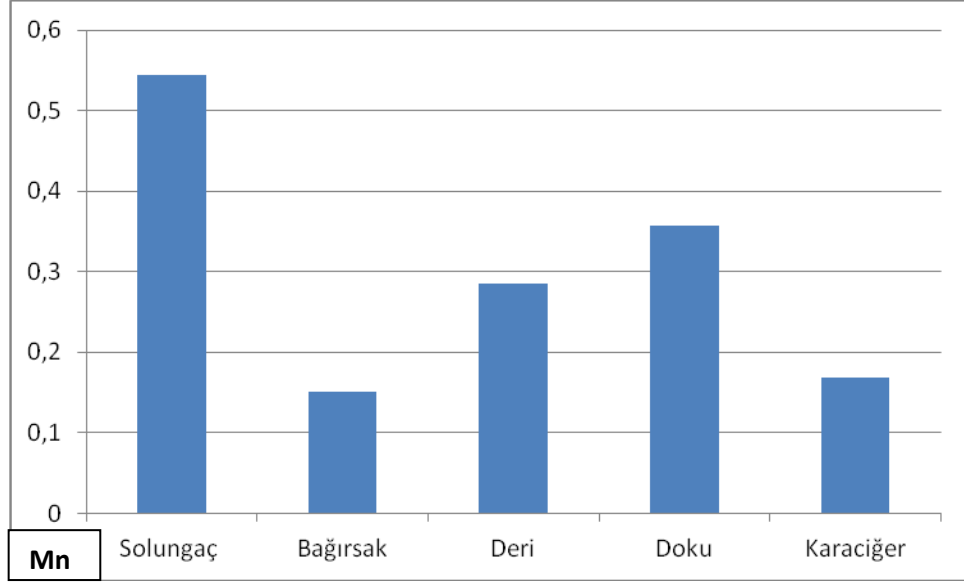
Alüminyum deęeri: solungaç için en dűşük: 0,41 ppm – en yüksek: 3,93 ppm, baęırsak için en dűşük: 0,02 ppm – en yüksek: 0,63 ppm, deri için en dűşük: 0,35 ppm – en yüksek: 0,76 ppm, doku için en dűşük: 0,21 ppm – en yüksek: 0,91 ppm, karacięer için en dűşük: 0,29 ppm – en yüksek: 1,8 ppm dir (Tablo 1.).



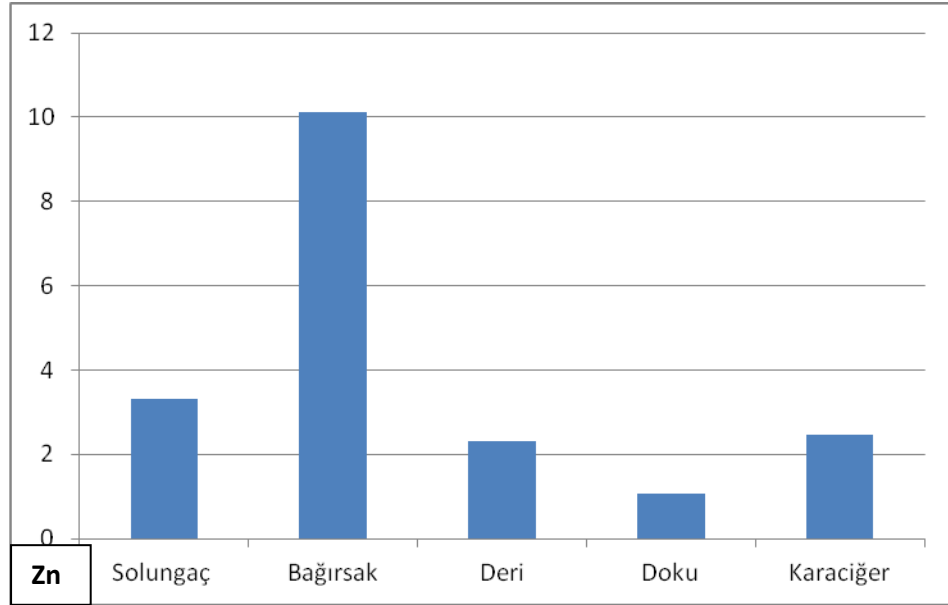
Grafik 1. İlkbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cu düzeyi (µg/g)



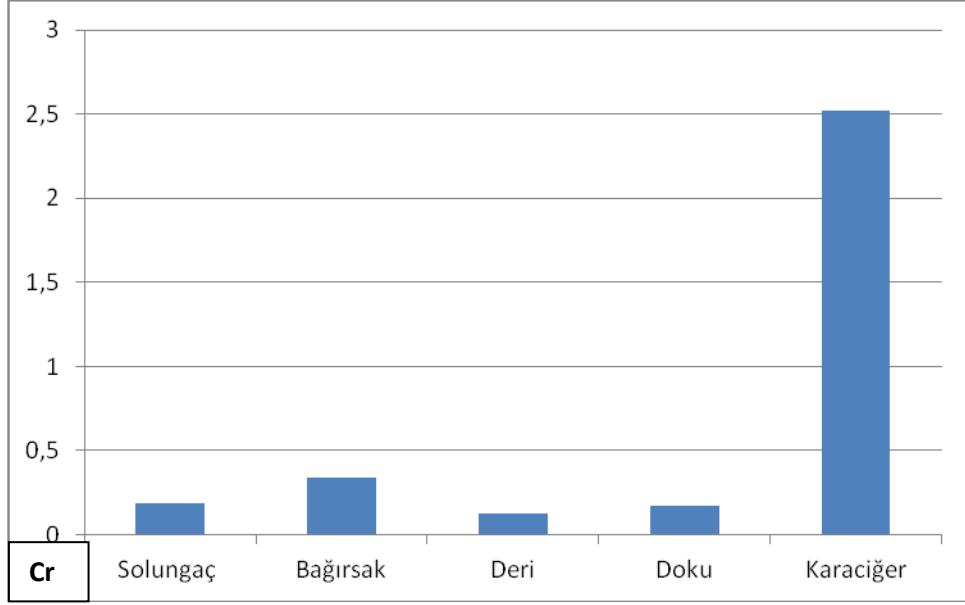
Grafik 2. İlkbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Fe düzeyi (µg/g)



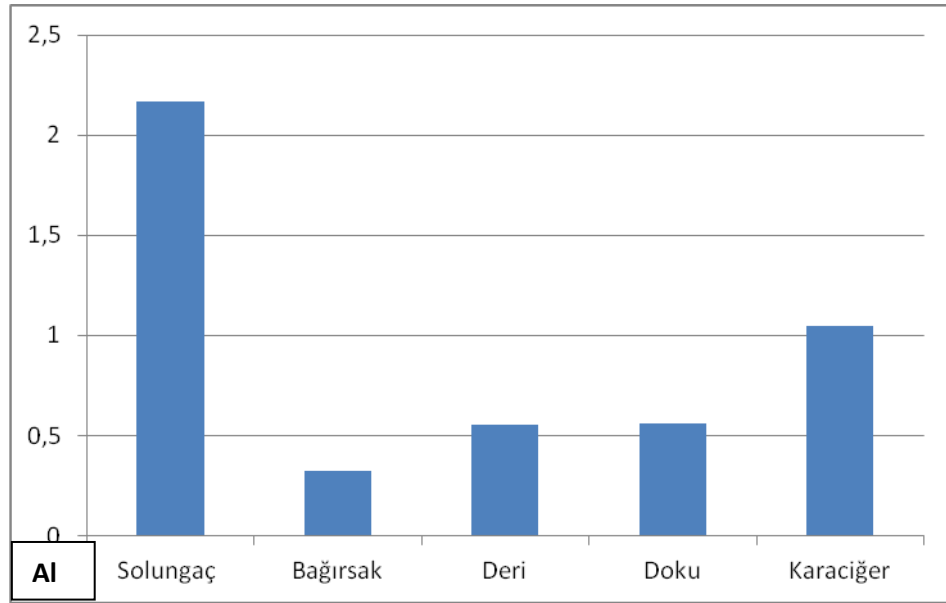
Grafik 3. İlkbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Mn düzeyi (µg/g)



Grafik 4. İlkbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Zn düzeyi (µg/g)



Grafik 5. İlkbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cr düzeyi (µg/g)



Grafik 6. İlkbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Al düzeyi (µg/g)

Fe değeri; karaciğerde en yüksek, deride ise en düşük düzeydedir. Zn değeri; bağırsak ve solungaçta en yüksek düzeyde, deri, doku ve karaciğerde ise en düşük düzeydedir. Cu değeri ise; karaciğerde en yüksek, bağırsak, solungaç, deri ve kasta ise en düşük düzeydedir.

Tablo 2. *Esox lucius*'un Yaz mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri ($\mu\text{g/g}$)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
	Ortalama	0,0588	0,2536	0,1267	0,0553	0,673
	S	4,894	4,894	4,894	4,894	4,894
Cu	S H	20	20	20	20	20
	Maks	0,0919	0,4366	0,2218	0,0858	1,172
	Min	0,0258	0,0707	0,0317	0,0248	0,174
	Ortalama	1,7021	2,454	0,588	0,7413	11,65
	S	36,74	36,74	36,74	36,74	36,74
Fe	S H	20	20	20	20	20
	Maks	2,61	4,692	0,9112	0,9846	18,14
	Min	0,7943	0,2165	0,2649	0,4981	5,171
	Ortalama	0,7809	0,4247	0,5946	0,0399	0,086
	S	5,302	5,302	5,302	5,302	5,302
Mn	S H	20	20	20	20	20
	Maks	0,8895	0,6279	1,135	0,0521	0,1618
	Min	0,6724	0,2215	0,0542	0,0277	0,0103
	Ortalama	5,7035	10,39	3,2105	2,05	3,4295
	S	53,33	53,33	53,33	53,33	53,33
Zn	S H	20	20	20	20	20
	Maks	6,415	13,14	4,217	2,356	4,348
	Min	4,992	7,647	2,204	1,744	2,511
	Ortalama	2,2015	0,047	0,037	0,0653	0,147
	S	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62
Cr	S H	20	20	20	20	20
	Maks	0,403	0,094	0,0074	0,1306	0,294
	Min	-0,0782	-0,065	-0,07	-0,0637	-0,077
	Ortalama	1,6655	1,5185	0,6883	0,5833	0,5971
	S	33,35	33,35	33,35	33,35	33,35
Al	S H	20	20	20	20	20
	Maks	2,721	2,142	1,182	0,1826	0,7646
	Min	0,61	0,8951	0,1947	0,284	0,4297
	Ortalama	1,6655	1,5185	0,6883	0,5833	0,5971

Bakır değeri; solungaç için en düşük: 0,0258 ppm – en yüksek: 0,0919 ppm, bağırsak için en düşük: 0,0707 ppm – en yüksek: 0,4366 ppm, deri için en düşük: 0,0317 ppm – en yüksek: 0,2218 ppm, doku için en düşük: 0,0248 ppm – en yüksek: 0,0858 ppm, karaciğer için en düşük: 0,174 ppm – en yüksek: 1,172 ppm dir.

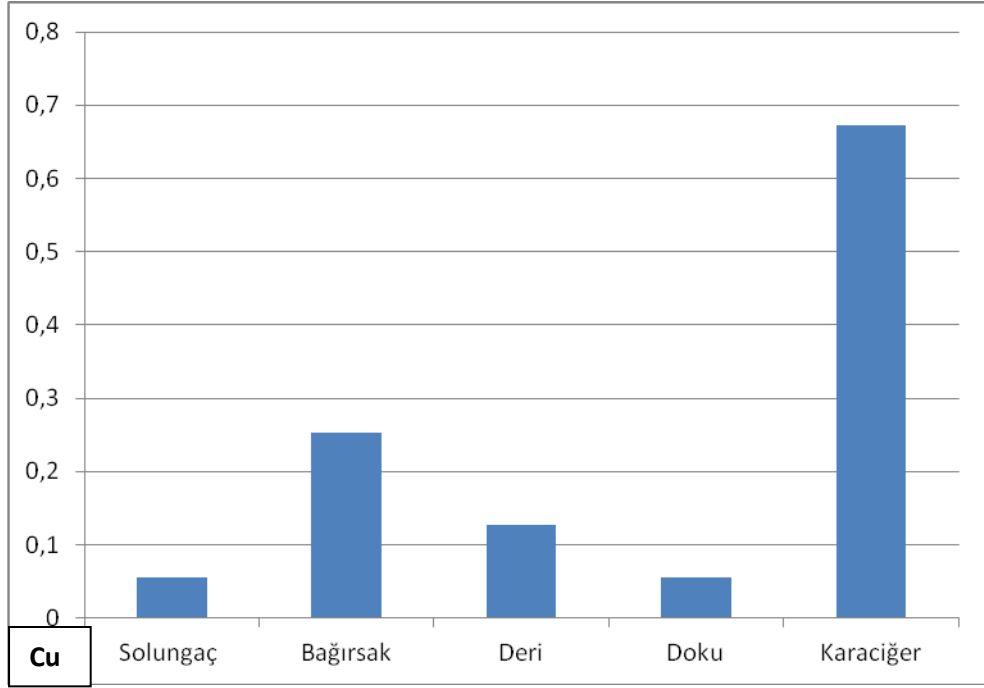
Demir değeri; solungaç için en düşük: 0,7943 ppm – en yüksek: 2,61 ppm, bağırsak için en düşük: 0,2165 ppm – en yüksek: 4,692 ppm, deri için en düşük: 0,2649 ppm – en yüksek: 0,9112 ppm, doku için en düşük: 0,4981 ppm – en yüksek: 0,9846 ppm, karaciğer için en düşük: 5,171 ppm – en yüksek: 18,14 ppm dir.

Mangan değeri; solungaç için en düşük: 4,992 ppm – en yüksek: 6,415 ppm, bağırsak için en düşük: 7,647 ppm – en yüksek: 13,14 ppm, deri için en düşük: 2,204 ppm – en yüksek: 4,217 ppm, doku için en düşük: 1,744 ppm – en yüksek: 2,356 ppm, karaciğer için en düşük: 2,511 ppm – en yüksek: 4,348 ppm dir.

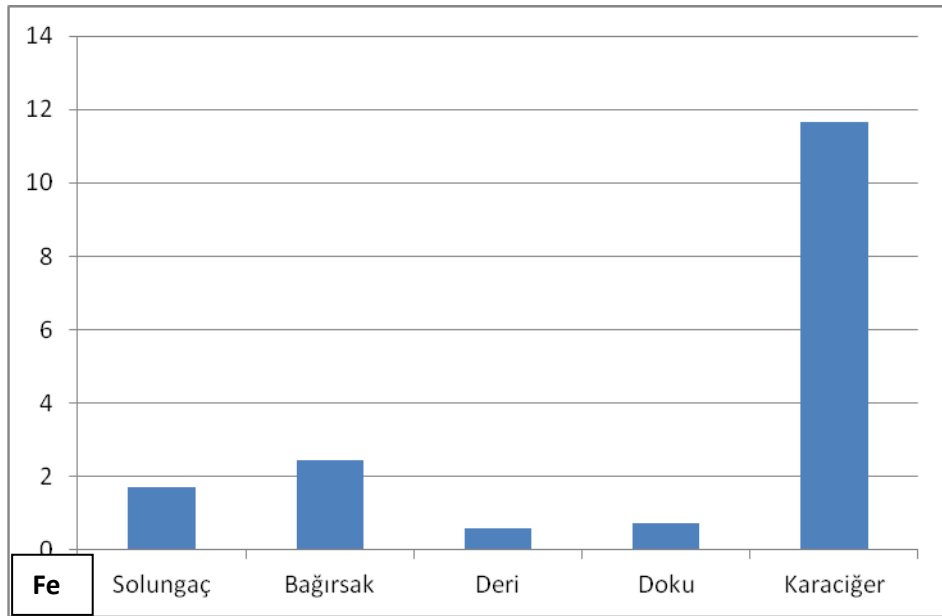
Çinko değeri; solungaç için en düşük: 4,992 ppm – en yüksek: 6,415 ppm, bağırsak için en düşük: 7,647 ppm – en yüksek: 13,14 ppm, deri için en düşük: 2,204 ppm – en yüksek: 4,217 ppm, doku için en düşük: 1,744 ppm – en yüksek: 2,356 ppm, karaciğer için en düşük: 2,511 ppm – en yüksek: 4,348 ppm dir.

Krom değeri: solungaç için en düşük: -0,0782 ppm – en yüksek: 0,403 ppm, bağırsak için en düşük: -0,065 ppm – en yüksek: 0,094 ppm, deri için en düşük: -0,07 ppm – en yüksek: 0,0074 ppm, doku için en düşük: -0,0637 ppm – en yüksek: 0,1306 ppm, karaciğer için en düşük: -0,077 ppm – en yüksek: 0,294 ppm dir.

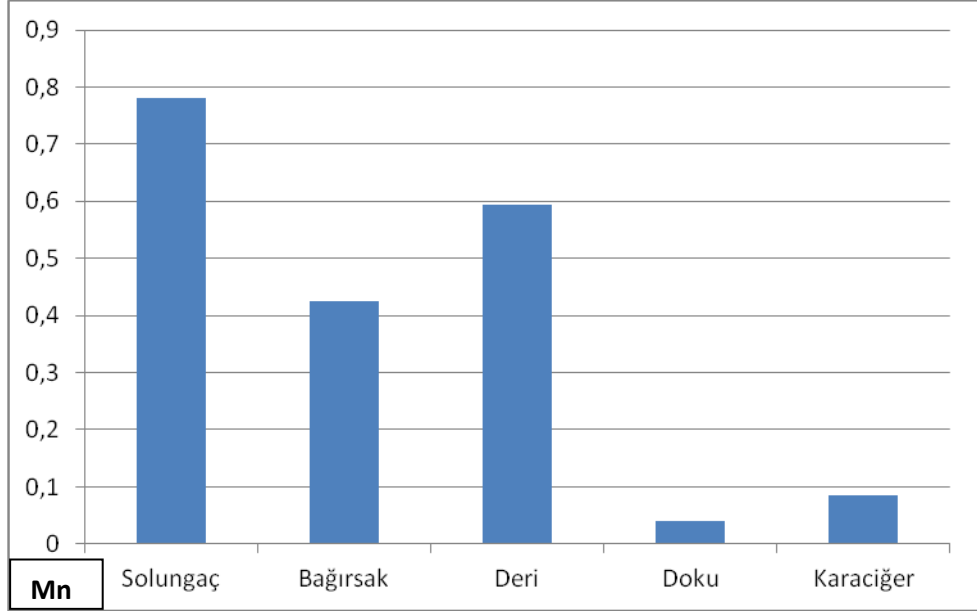
Alüminyum değeri: solungaç için en düşük: 0,61 ppm – en yüksek: 2,721 ppm bağırsak için en düşük: 0,8951 ppm – en yüksek: 2,142 ppm, deri için en düşük: 0,1947 ppm – en yüksek: 1,182 ppm, doku için en düşük: 0,284 ppm – en yüksek: 0,8826 ppm, karaciğer için en düşük: 0,4297 ppm – en yüksek: 0,7646 ppm dir (Tablo 2.).



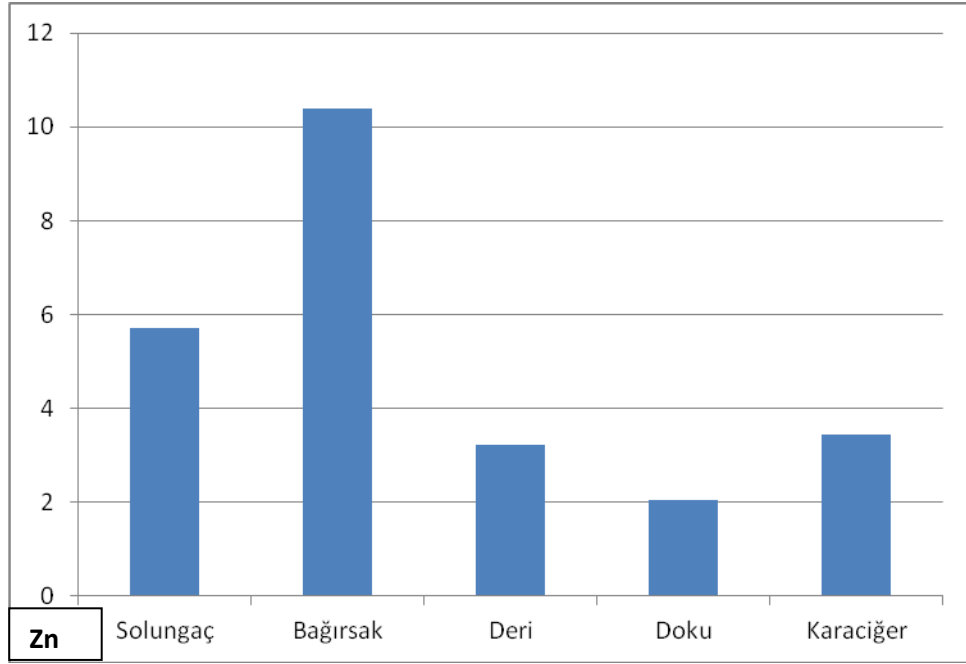
Grafik 7. Yaz mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cu düzeyi (µg/g)



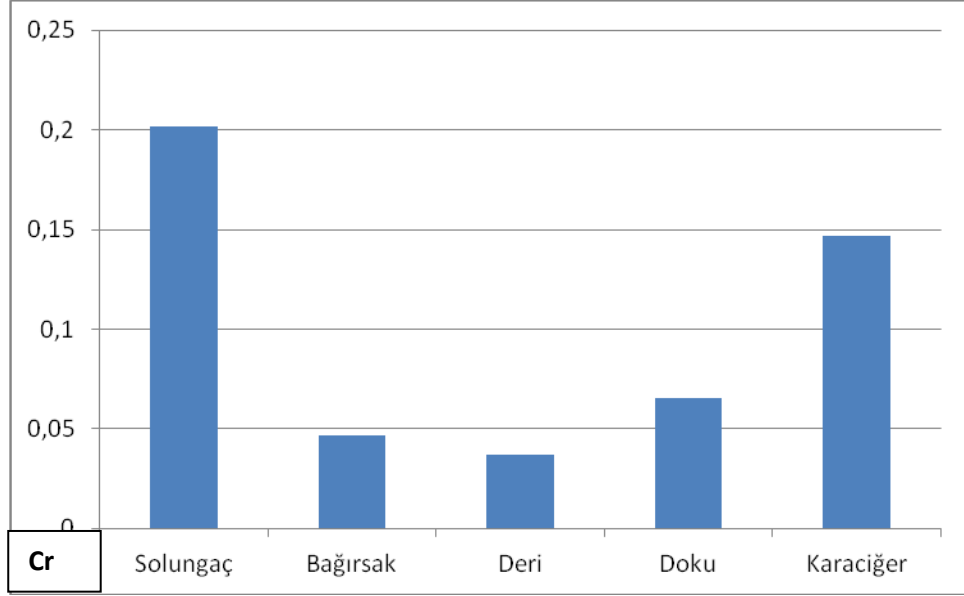
Grafik 8. Yaz mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Fe düzeyi (µg/g)



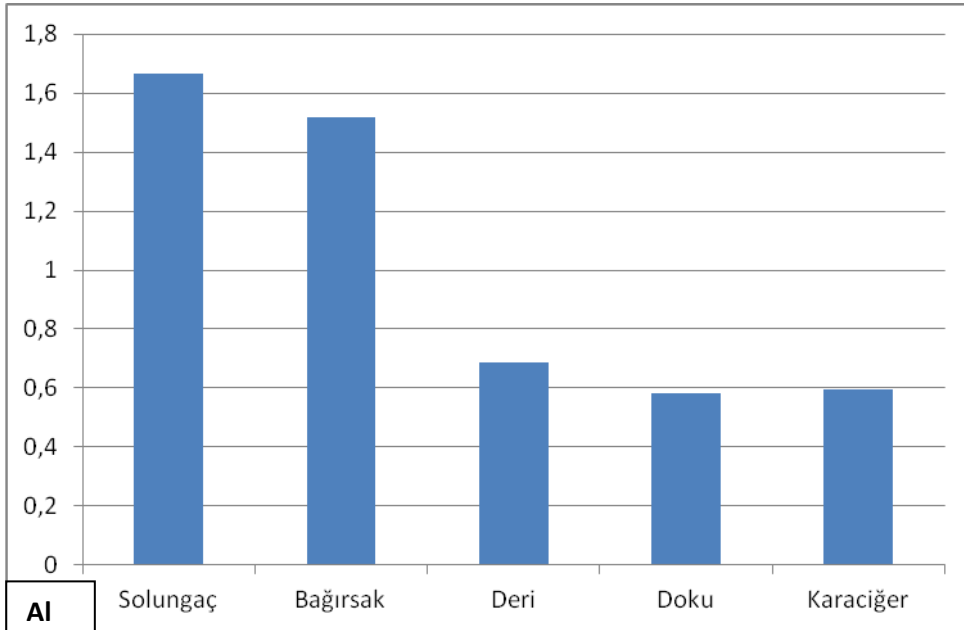
Grafik 9. Yaz mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Mn düzeyi (µg/g)



Grafik 10. Yaz mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Zn düzeyi (µg/g)



Grafik 11. Yaz mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cr düzeyi (µg/g)



Grafik 12. Yaz mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Al düzeyi (µg/g)

Cu değeri; karaciğerde en yüksek, solungaç, deri ve dokuda ise en düşük düzeydedir. Fe değeri; karaciğerde en yüksek, deri ve dokuda ise en düşük düzeydedir. Mn değeri; solungaç ve deri de en yüksek, bağırsak, doku ve karaciğer de ise en düşük düzeydedir. Zn değeri; bağırsakta en yüksek, deri ve dokuda ise en düşük düzeydedir. Al değeri; bağırsak, solungaç ve karaciğerde en yüksek, deri ve dokuda ise en düşük düzeydedir.

Tablo 3. *Esox lucius*'un Sonbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri ($\mu\text{g/g}$)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
	Ortalama	0,3898	0,2465	0,3575	0,1607	1,0527
	S	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Cu	S H	5	5	5	5	5
	Maks	0,1129	0,3031	0,5628	0,2148	1,238
	Min	0,0667	0,19	0,1523	0,1067	0,8675
	Ortalama	2,669	1,9015	0,8149	0,8159	10,34
	S	12,12	12,12	12,12	12,12	12,12
Fe	S H	5	5	5	5	5
	Maks	3,898	2,334	0,8659	0,9301	10,36
	Min	1,44	1,469	0,7639	0,7017	10,32
	Ortalama	0,8164	0,1608	0,1771	0,0208	0,134
	S	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17
Mn	S H	5	5	5	5	5
	Maks	1,143	0,1806	0,1978	0,022	0,1987
	Min	0,4898	0,1411	0,1555	0,0196	0,0694
	Ortalama	5,398	10,363	2,999	1,552	2,9565
	S	24,63	24,63	24,63	24,63	24,63
Zn	S H	5	5	5	5	5
	Maks	5,705	10,83	3,136	1,579	2,966
	Min	5,092	9,896	2,862	1,525	2,947
	Ortalama	-0,0547	0,0663	0,0305	-0,0582	-0,0607
	S	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
Cr	S H	5	5	5	5	5
	Maks	-0,0255	0,0808	0,06	-0,0313	-0,0313
	Min	-0,084	0,0518	-0,0958	-0,0852	-0,0902
	Ortalama	0,7318	0,5303	0,6888	0,6077	0,5419
	S	4,893	4,893	4,893	4,893	4,893
Al	S H	5	5	5	5	5
	Maks	0,8558	0,601	0,8328	0,8797	0,6619
	Min	0,6079	0,4596	0,5448	0,3357	0,4219

Bakır değeri; solungaç için en düşük: 0,0667 ppm – en yüksek: 0,1129 ppm, bağırsak için en düşük: 0,19 ppm – en yüksek: 0,3031 ppm, deri için en düşük: 0,1523 ppm – en yüksek: 0,5628 ppm, doku için en düşük: 0,1067 ppm – en yüksek: 0,2148 ppm, karaciğer için en düşük: 0,8675 ppm – en yüksek: 1,238 ppm dir.

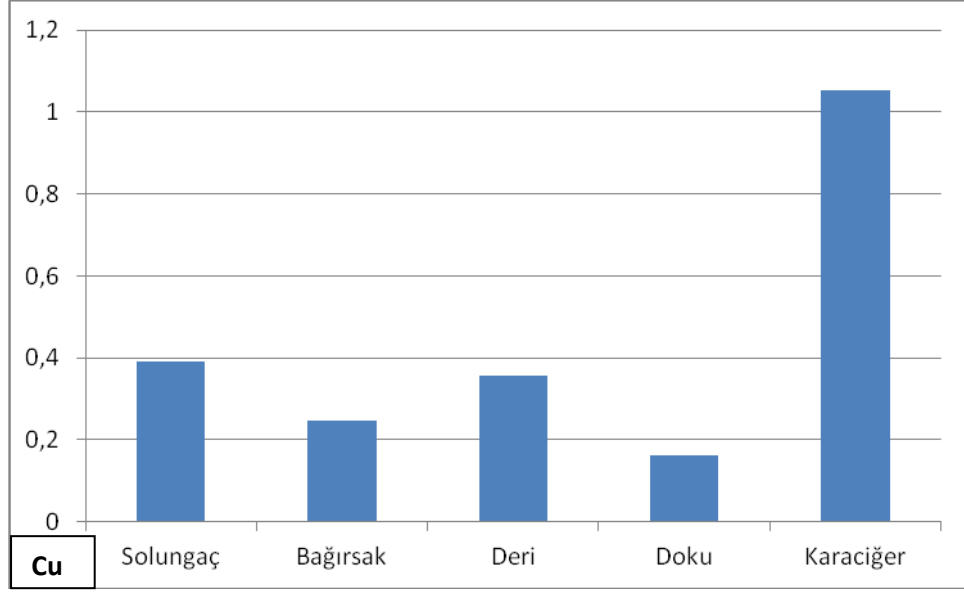
Demir değeri; solungaç için en düşük: 1,44 ppm – en yüksek: 3,898 ppm, bağırsak için en düşük: 1,469 ppm – en yüksek: 2,334 ppm, deri için en düşük: 0,7639 ppm – en yüksek: 0,8659 ppm, doku için en düşük: 0,7017 ppm – en yüksek: 0,9301 ppm, karaciğer için en düşük: 10,32 ppm – en yüksek: 10,36 ppm dir.

Mangan değeri; solungaç için en düşük: 0,4898 ppm – en yüksek: 1,143 ppm, bağırsak için en düşük: 0,1411 ppm – en yüksek: 0,1806 ppm, deri için en düşük: 0,1555 ppm – en yüksek: 0,1978 ppm, doku için en düşük: 0,0196 ppm – en yüksek: 0,022 ppm, karaciğer için en düşük: 0,0694 ppm – en yüksek: 0,1987 ppm dir.

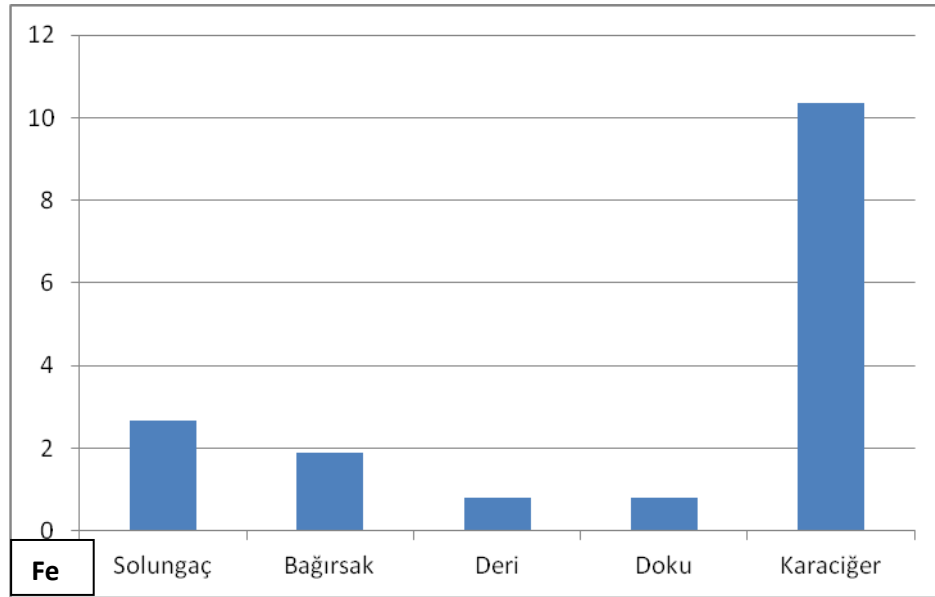
Çinko değeri; solungaç için en düşük: 5,092 ppm – en yüksek: 5,705 ppm, bağırsak için en düşük: 9,896 ppm – en yüksek: 10,83 ppm, deri için en düşük: 2,862 ppm – en yüksek: 3,136 ppm, doku için en düşük: 1,525 ppm – en yüksek: 1,579 ppm, karaciğer için en düşük: 2,947 ppm – en yüksek: 2,966 ppm dir.

Krom değeri; solungaç için en düşük: -0,084 ppm – en yüksek: -0,0255 ppm, bağırsak için en düşük: 0,0518 ppm – en yüksek: 0,0808 ppm, deri için en düşük: -0,0958 ppm – en yüksek: 0,06 ppm, doku için en düşük: -0,0852 ppm – en yüksek: -0,0313 ppm, karaciğer için en düşük: -0,0902 ppm – en yüksek: -0,0313 ppm dir.

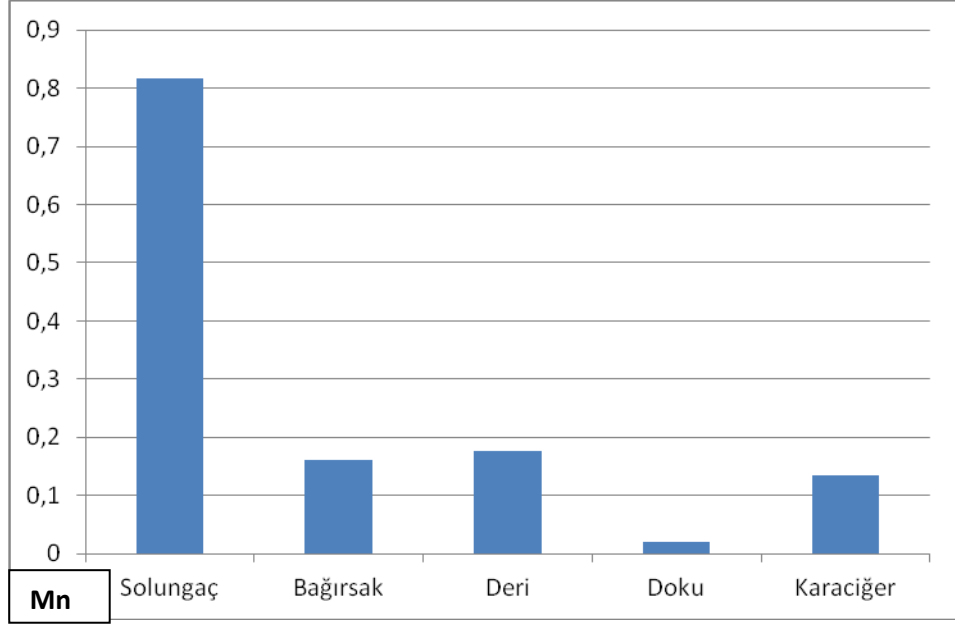
Alüminyum değeri; solungaç için en düşük: 0,6079 ppm – en yüksek: 0,8558 ppm, bağırsak için en düşük: 0,4596 ppm – en yüksek: 0,601 ppm, deri için en düşük: 0,5448 ppm – en yüksek: 0,8328 ppm, doku için en düşük: 0,3357 ppm – en yüksek: 0,8798 ppm, karaciğer için en düşük: 0,4219 ppm – en yüksek: 0,6619 ppm dir (Tablo 3.).



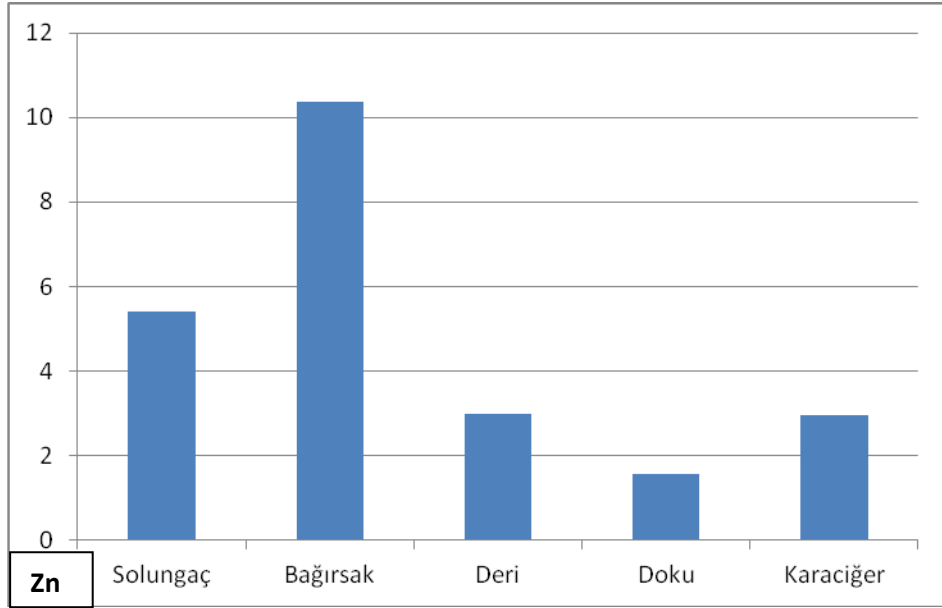
Grafik 13. Sonbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cu düzeyi (µg/g)



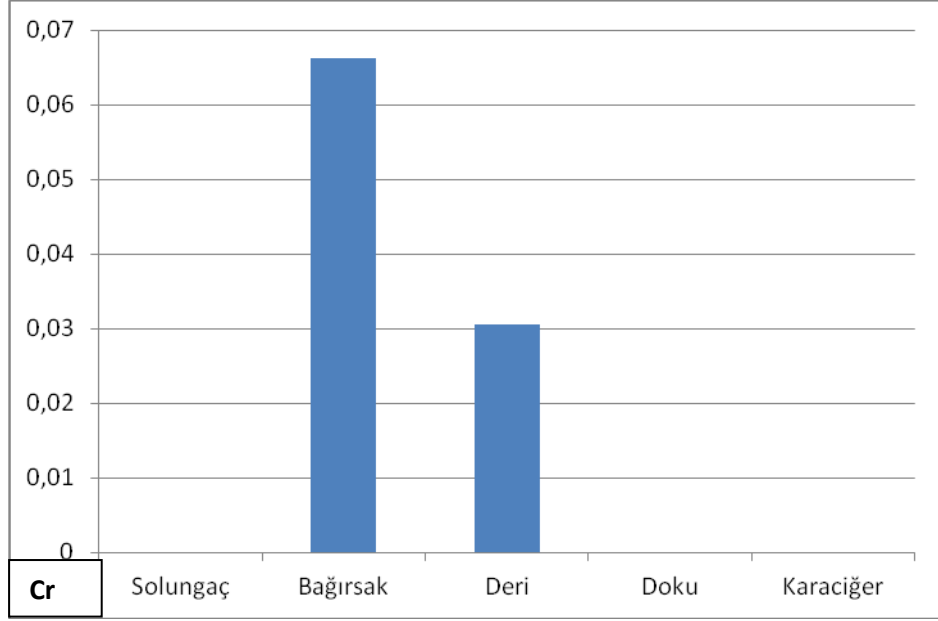
Grafik 14. Sonbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Fe düzeyi (µg/g)



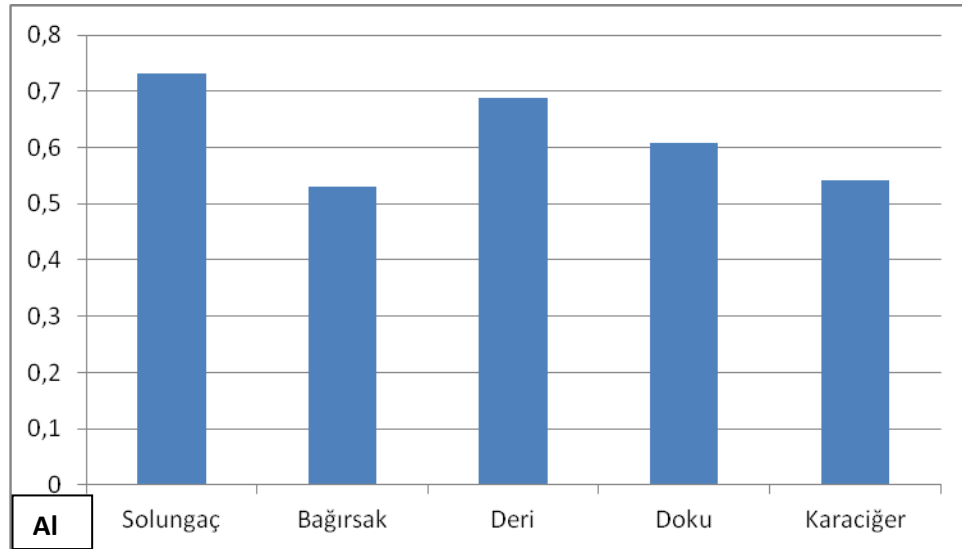
Grafik 15. Sonbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Mn düzeyi (µg/g)



Grafik 16. Sonbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Zn düzeyi (µg/g)



Grafik 17. Sonbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cr düzeyi (µg/g)



Grafik 18. Sonbahar mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Al düzeyi (µg/g)

Cu değeri; karaciğerde en yüksek, bağırsak, solungaç, deri ve kasta ise en düşük düzeydedir. Fe değeri; karaciğerde en yüksek, bağırsak, solungaç, deri ve kasta ise en düşük düzeydedir. Zn değeri; bağırsak ve solungaçta en yüksek, deri, doku ve karaciğerde ise en düşük düzeydedir.

Tablo 4. *Esox lucius*'un Kış mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri (µg/g)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
	Ortalama	0,1847	0,2042	0,0788	0,7616	0,1867
	S	8,369	8,369	8,369	8,369	8,369
Cu	S H	10	10	10	10	10
	Maks	0,3286	0,3601	0,0988	1,464	0,3266
	Min	0,0408	0,0483	0,0588	0,0593	0,0468
	Ortalama	2,5315	3,675	1,888	1,6671	10,711
	S	194,5	194,5	194,5	194,5	194,5
Fe	S H	10	10	10	10	10
	Maks	2,864	5,48	2,75	2,68	9,065
	Min	2,199	1,87	1,026	0,6542	1,646
	Ortalama	0,6605	0,1534	0,2703	0,0483	0,0502
	S	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44
Mn	S H	10	10	10	10	10
	Maks	0,7438	0,2585	0,4213	0,0747	0,0825
	Min	0,5773	0,0483	0,1194	0,0219	0,0179
	Ortalama	4,339	8,175	2,8395	1,9525	1,913
	S	137,2	137,2	137,2	137,2	137,2
Zn	S H	10	10	10	10	10
	Maks	5,045	10,87	3,454	2,214	2,692
	Min	3,633	5,48	2,225	1,691	1,134
	Ortalama	-0,1006	0,1594	-0,0993	-0,1107	0,0928
	S	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
Cr	S H	10	10	10	10	10
	Maks	-0,0355	0,3189	-0,0131	-0,027	0,2266
	Min	-0,1657	-0,1411	-0,1855	-0,1944	-0,041
	Ortalama	1,626	1,0767	1,287	1,099	1,0231
	S	149,6	149,6	149,6	149,6	149,6
Al	S H	10	10	10	10	10
	Maks	2,246	1,308	1,7	1,304	1,203
	Min	1,006	0,8454	0,875	0,894	0,8432
	Ortalama	1,626	1,0767	1,287	1,099	1,0231

Bakır değeri; solungaç için en düşük: 0,0408 ppm – en yüksek: 0,3286 ppm, bağırsak için en düşük: 0,0483 ppm – en yüksek: 0,3601 ppm, deri için en düşük: 0,0588 ppm – en yüksek: 0,0988 ppm, doku için en düşük: 0,0593 ppm – en yüksek: 1,464 ppm, karaciğer için en düşük: 0,0468 ppm – en yüksek: 0,3266 ppm dir.

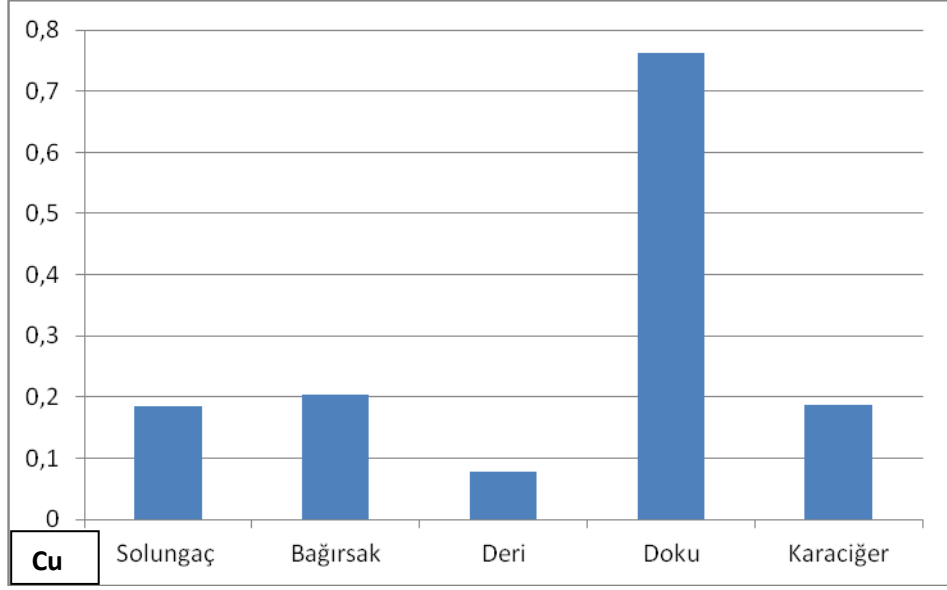
Demir değeri; solungaç için en düşük: 2,199 ppm – en yüksek: 2,864 ppm, bağırsak için en düşük: 1,87 ppm – en yüksek: 5,48 ppm, deri için en düşük: 1,026 ppm – en yüksek: 2,75 ppm, doku için en düşük: 0,6542 ppm – en yüksek: 2,68 ppm, karaciğer için en düşük: 1,646 ppm – en yüksek: 9,065 ppm dir.

Mangan değeri; solungaç için en düşük: 0,5773 ppm – en yüksek: 0,7438 ppm, bağırsak için en düşük: 0,0483 ppm – en yüksek: 0,2585 ppm, deri için en düşük: 0,1194 ppm – en yüksek: 0,4213 ppm, doku için en düşük: 0,0219 ppm – en yüksek: 0,0747 ppm, karaciğer için en düşük: 0,0179 ppm – en yüksek: 0,0825 ppm dir.

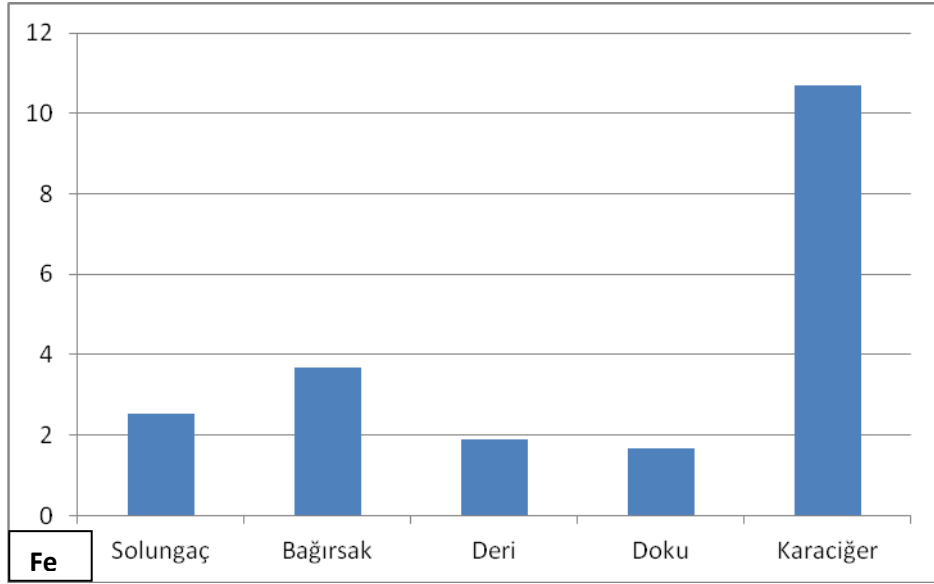
Çinko değeri; solungaç için en düşük: 3,633 ppm – en yüksek: 5,045 ppm, bağırsak için en düşük: 5,48 ppm – en yüksek: 10,87 ppm, deri için en düşük: 2,255 ppm – en yüksek: 3,454 ppm, doku için en düşük: 1,691 ppm – en yüksek: 2,214 ppm, karaciğer için en düşük: 1,134 ppm – en yüksek: 2,692 ppm dir.

Krom değeri; solungaç için en düşük: -0,1657 ppm – en yüksek: -0,0355 ppm, bağırsak için en düşük: -0,1411 ppm – en yüksek: 0,3189 ppm, deri için en düşük: -0,1855 ppm – en yüksek: -0,0131 ppm, doku için en düşük: -0,1944 ppm – en yüksek: -0,027 ppm, karaciğer için en düşük: -0,041 ppm – en yüksek: 0,2266 ppm dir.

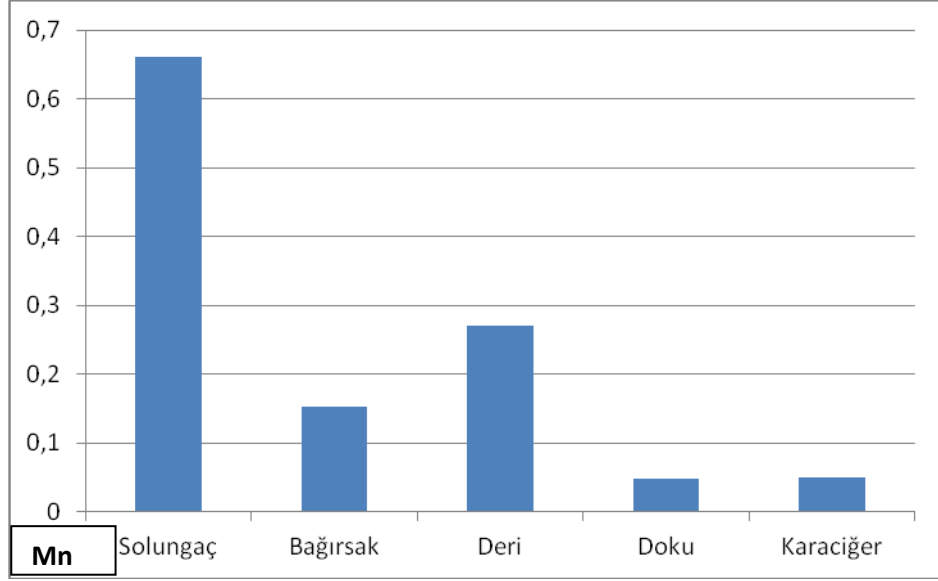
Alüminyum değeri; solungaç için en düşük: 1,006 ppm – en yüksek: 2,246 ppm, bağırsak için en düşük: 0,8454 ppm – en yüksek: 1,308 ppm, deri için en düşük: 0,875 ppm – en yüksek: 1,7 ppm, doku için en düşük: 0,894 ppm – en yüksek: 1,304 ppm, karaciğer için en düşük: 0,894 ppm – en yüksek: 1,203 ppm dir (Tablo 4.).



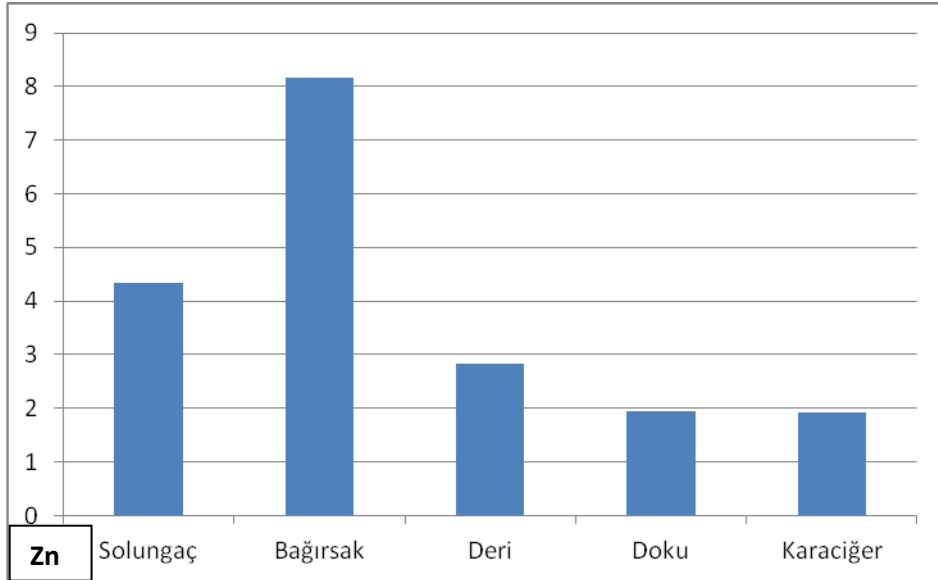
Grafik 19. Kış mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cu düzeyi (µg/g)



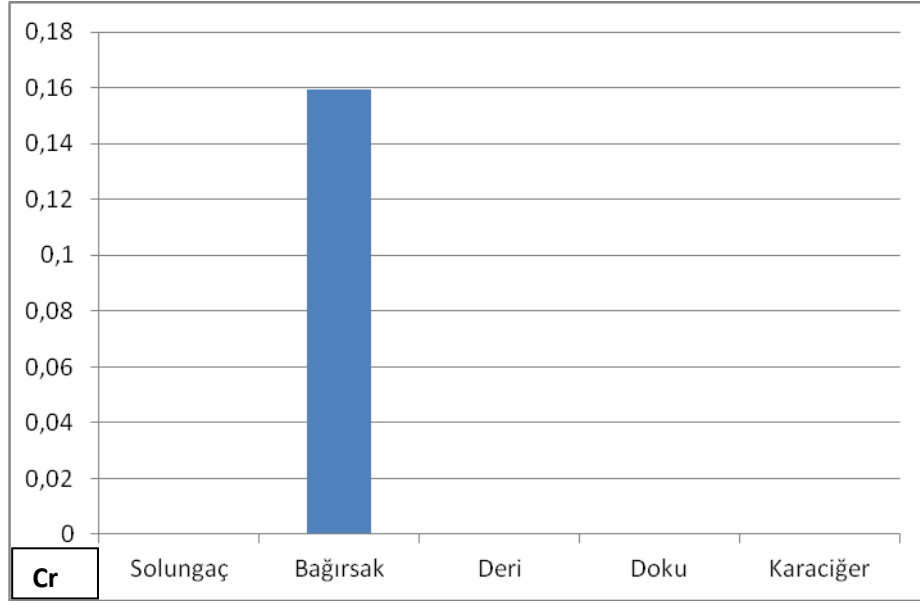
Grafik 20. Kış mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Fe düzeyi (µg/g)



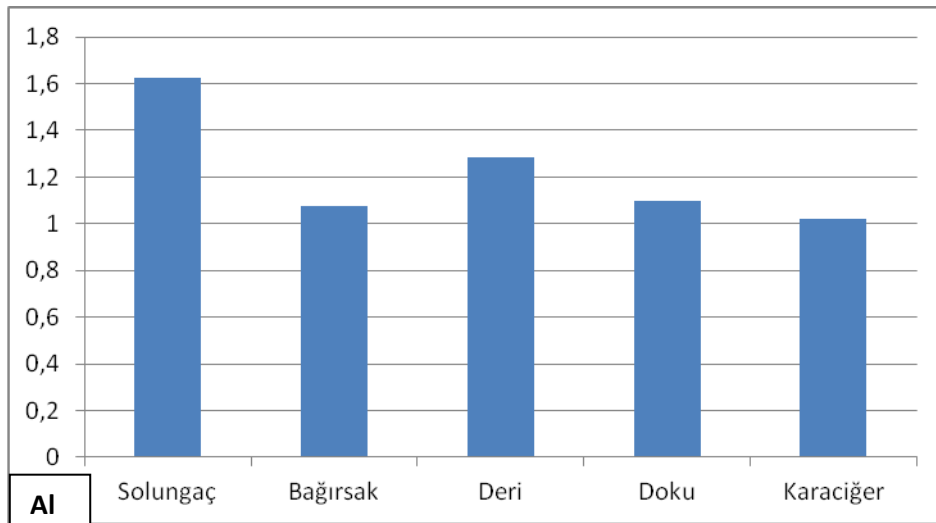
Grafik 21. Kış mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Mn düzeyi (µg/g)



Grafik 22. Kış mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Zn düzeyi (µg/g)



Grafik 23. Kış mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Cr düzeyi (µg/g)



Grafik 24. Kış mevsiminde *Esox lucius*'un organ ve dokularındaki Al düzeyi (µg/g)

Mangan (Mn) değeri; solungaçlarda en yüksek, dokuda ise en düşük düzeydedir. Bakır, demir, çinko, krom, alüminyum değerleri ise dokular arasında farklılık göstermemektedir.

4.2. Sediment Örnekleri

Sediment örneklerindeki ağır metal düzeyleri Tablo 5’te verilmiştir.

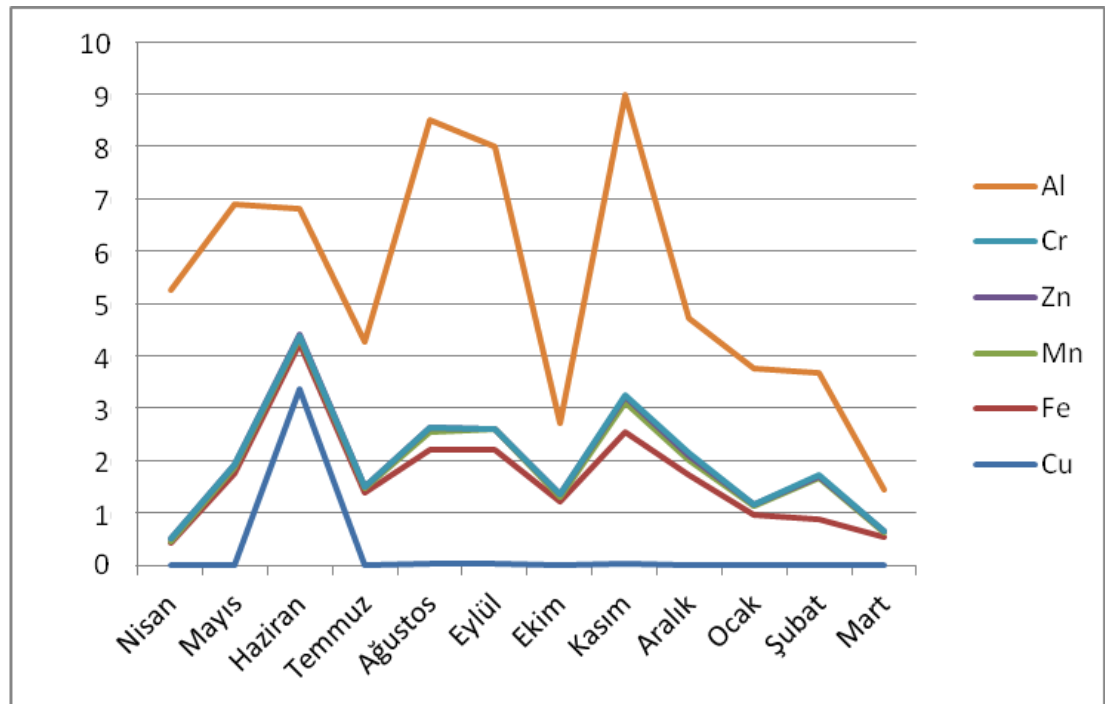
Tablo 5. Sediment örneklerindeki ağır metal düzeyleri

	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Al
t	0,1651	21,7495	5,9197	0,8997	0,1701	51,6133
p	önemli	önemli	önemsiz	önemli	önemli	*

($p < 0,005$: önemli, $p > 0,005$: önemsiz)

*çalışılmayan değer

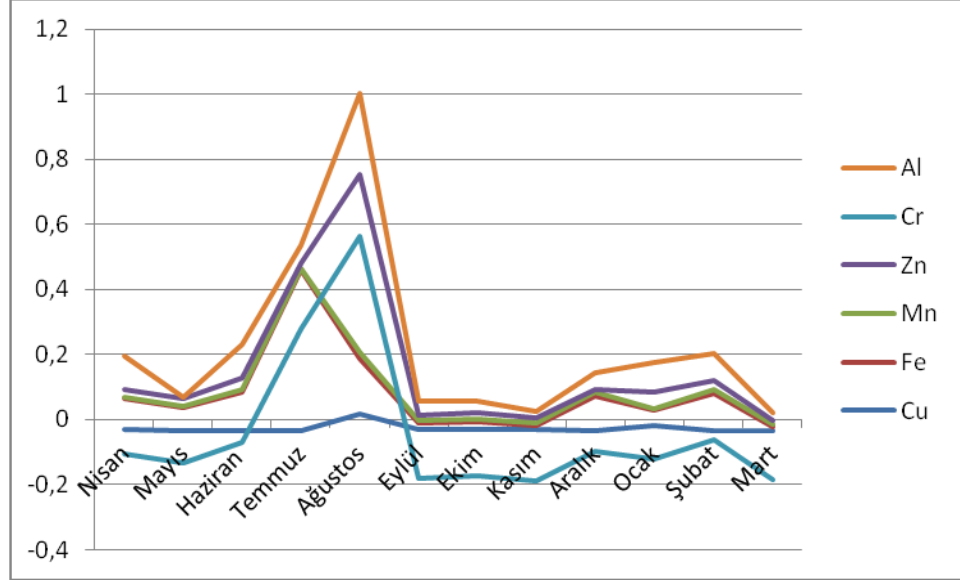
Cu, Fe, Zn ve Cr birikim düzeylerinin önemli, Mn birikim düzeyinin ise önemsiz olduğu ölçülmüştür (Tablo 5.).



Grafik 25. Sediment örneklerindeki ağır metal düzeyleri (µg/g)

4.3. Su Örnekleri

Cu ve Cr birikim düzeyleri analiz limitinin altında ölçülmüştür. Zn birikim düzeyi önemsiz, Fe ve Mn birikim düzeylerinin ise önemli olduğu tespit edilmiştir.



Grafik 26. Su örneklerindeki ağır metal düzeyleri ($\mu\text{g/L}$)

4.4. Suda Ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri

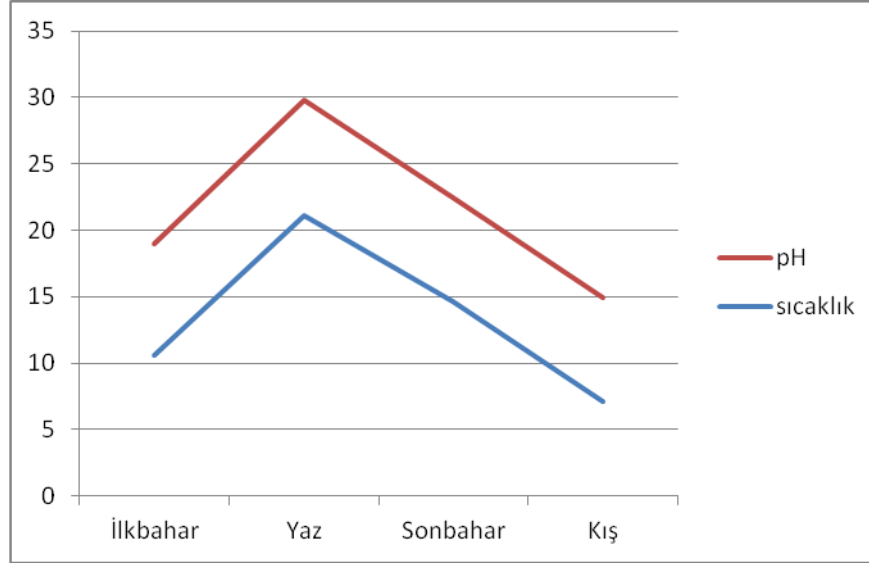
Araştırma süresince Sıdıklı KüçükBoğaz Baraj Gölü suyunda mevsimsel olarak ölçülen pH ve sıcaklık değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri

Mevsim	Sıcaklık °C	pH
İlkbahar	10,63	8,4
Yaz	21,06	8,7
Sonbahar	14,6	8,2
Kış	7,06	7,9

Sudaki sıcaklık değerleri 7,06-21,06 arasında ölçülmüştür. pH değerinin en yüksek olduğu mevsim Yaz, en düşük olduğu mevsim ise Kış'tır (Çizelge 5).

Sudaki pH değerleri 7,9-8,7 arasında ölçülmüştür. Sıcaklık değerinin en yüksek olduğu mevsim Yaz, en düşük olduğu mevsim ise Kış'tır (Çizelge 5).



Grafik 27. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri

4.5. Tartışma

01.03.2012-28.02.2013 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada, Orta Anadolu Bölgesinde yer alan Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nden alınan su, sediment ve *Esox lucius* örneklerinin solungaç, bağırsak, deri, doku ve karaciğerinde toksik etkiye sahip Cu, Fe, Mn, Zn, Cr ve Al gibi ağır metallerin konsantrasyonları ve bunların mevsimlere göre değişimleri araştırılmıştır.

Bu çalışmada; *Esox lucius* bireylerinde tüm mevsimlerde Cu değeri karaciğerde en yüksek seviyede ölçülürken, solungaç, deri, bağırsak ve dokuda en düşük seviyede ölçülmüştür.

Fe değeri tüm mevsimlerde karaciğerde en yüksek seviyede ölçülürken, deri ve dokuda en düşük seviyede ölçülmüştür.

Mn değeri tüm mevsimlerde solungaç ve deride en yüksek seviyede ölçülürken, bağırsak, doku ve karaciğerde en düşük seviyede ölçülmüştür.

Zn değeri tüm mevsimlerde bağırsak ve solungaçlarda en yüksek seviyede ölçülürken, deri, doku ve karaciğerde en düşük seviyede ölçülmüştür.

Tüm mevsimlerde Cr analiz limitinin altında ölçülmüştür.

Al değeri yaz mevsiminde bağırsak, solungaç, karaciğerde en yüksek seviyede ölçülürken, deri ve dokuda en düşük seviyede ölçülmüştür. İlkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde Al değerleri dokular arasında bir farklılık göstermemiştir.

Su örneklerinde Cu ve Cr birikim düzeyleri analiz limitinin altında ölçülmüştür. Zn birikim düzeyi önemsiz, Fe ve Mn birikim düzeylerinin ise önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$ önemli, $p > 0,05$ ise önemsizdir).

Sediment örneklerinde Cu, Fe, Zn, Cr ve Al birikim düzeyleri istatistiksel olarak önemsiz, Mn birikim düzeyi ise önemlidir ($p < 0,05$ önemli, $p > 0,05$ ise önemsizdir).

Tekin-Özan ve Kır (2007)'da Işıklı Gölü'nde yaşayan turna balığı (*Esox lucius* L., 1758)'nın karaciğerinde Cu, Mn ve Cr'ü analiz limitinin altında tespit ederken, Fe ve Zn'yi belirlemişlerdir. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yapmış olduğumuz bu çalışmada ise *Esox lucius* (L., 1758)'un karaciğerinde Cu ve Fe miktarları belirlenmiştir.

Al-Yousuf ve ark., (2000), yapmış oldukları çalışmada *Lethrinus lentjan*'da çinko, bakır, kadmiyum ve manganez konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Çinko, bakır ve manganezin karaciğerde en fazla, kasta ise en az oranda biriktiğini belirlemişlerdir. Kadmiyum ise karaciğerde en fazla, deride ise en az oranda bulunmuştur.

Eastwood ve Couture, (2002), *Perca flavescens*'de ağır metal birikimini araştırmışlardır. Mevsimlere bağlı olarak yaptıkları değerlendirmede, bakır ilkbahar mevsiminde en yüksek oranda bulunurken, çinko ve nikel ise sonbahar mevsiminde en yüksek oranda bulunmuştur.

Rashed, (2001), farklı yaşlardaki *Tilapia nilotica*'da kobalt, krom, bakır, demir, manganez, nikel ve çinkonun konsantrasyonlarının tespitine yönelik çalışmasında bakır ve çinkonun karaciğerde, manganezin ise mide ve bağırsakta en yüksek değerde olduğunu belirlemiştir.

Farkas ve ark., (2002), *Abramis brama*'da, kadmiyum, bakır, kurşun ve çinkoyu en konsantrasyonda solungaçta, civayı ise kasta tespit etmişlerdir.

Karadede ve ark., (2004), Atatürk Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada *Liza abu* ve *Silurus triostegus*'da en fazla metal birikimini karaciğer ve solungaçta tespit etmişler. Bununla birlikte kasların daha az metal biriktirme eğiliminde olduğunu ifade etmişlerdir.

Mendil ve Uluözlü (2007) Tokat'taki altı gölden (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy ve Akın) yakaladıkları *Cyprinus carpio*, *Capoeta tinca*, *Leuciscus cephalus*, *Carassius gibelio* ve *Silurus glanis*'te AAS yöntemiyle bazı metallerin (Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni ve Cd) birikimini araştırmışlardır. Buna göre, balıklarda en fazla konsantrasyona sahip element Fe olarak tespit edilmiştir. *Capoeta*

tinca'da Zn en fazla 28,9 µg/g, Pb en fazla 1,4 µg/g, Cu ise en fazla 3,0 µg/g olarak tespit edilmiştir.

Demirak ve ark., (2006), Dipsiz Çayı'nın Yatağan Termik Santrali etkisi altında kalan bir alanında yaptıkları çalışmada, *Leuciscus cephalus*'un kas ve solungaç dokularındaki Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn metallerinin birikimini incelemiş ve solungaçtaki Zn, Cd, Pb ve Cr metallerinin kas dokusundakinden daha yüksek konsantrasyonda olduğunu; Cu seviyesinin ise kasta, solungaca göre daha yüksek oranda bulunduğunu bildirmiştir. Bulunan bu değerlerin Cu ve Cd'nin yasal limitlerin altında, Cr, Pb ve Zn'nin yasal sınırların üzerinde olduğu bildirilmiştir. Cu ve Zn metallerinin kastaki ve sedimentteki konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuşken diğer metallerin kas, solungaç ve sedimentteki birikimlerinde bir korelasyon bulunamamıştır.

İzmit Körfezi'nden avlanan *Trachurus trachurus*'un dokularında bakır ve çinko birikimini araştıran Çetinbaş, (2003), balıkların yas ağırlıklarını esas alarak ölçümler yapmıştır. Elde ettiği verilere göre; karaciğerde bakır 2,42 mg/kg, çinko 16,26 mg/kg; solungaçta bakır 0,81 mg/kg, çinko 18,93 mg/kg; kasta ise bakır 1,25 mg/kg, çinko 6,15 mg/kg olarak saptanmıştır. Başka bir deyişle bakırın sırasıyla 34 en fazla karaciğer, kas ve solungaçta; çinkonun ise en fazla solungaçta, sonra sırasıyla karaciğer ve kasta birikime uğradığı belirtilmiştir.

Sarıçay'dan yakaladıkları *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus*'un dokularında metal birikimini araştıran Yılmaz ve ark., (2007), çinkoyu 6,35-28,55 µg/g, bakır 0,065-6,362 µg/g, kurşunu 0,068-0,874 µg/g, kadmiyumu ise 0,001-0,084 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Metal birikimleri yasal sınırları geçmediği için insan sağlığı için tehlike oluşturmamaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar metal birikimlerinin dokulara göre farklılık gösterdiğini, en yüksek birikimin karaciğer ve solungaçlarda olduğunu doğrulamaktadır.

Deniz ürünlerinin elde edilmesinde önemli bir potansiyele sahip Güllük Körfezi'ndeki araştırmada *Dicentrarchus labrax*'daki metal birikimi araştırılmış, kurşun <0,02-0,4 mg/kg, kadmiyum <0,01-0,04 mg/kg, bakır 0,1 mg/kg ve çinko <0,5-7,2 mg/kg olarak saptanmıştır. Özellikle balığın besin olarak tüketilen kas

dokusundaki metal birikimleri yasal sınırların oldukça altında bulunduğu için tüketiminde insan sağlığı açısından bir tehlike bulunmamıştır. Dalman ve ark., (2006), *D. labrax*'ın kas dokusu ile sedimentteki metal birikimleri arasında korelasyon bulunamadığı için bazı balık türlerinin sucul ekosistemlerdeki kirliliğin araştırılmasında yararlı olmadığını ifade etmiştir.

Kocahan, (1999), Marmara Denizi'nden yakaladığı bazı demersal balık türlerindeki metal birikimini araştırmıştır. Yas ağırlık esas alınarak yapılan analizler neticesinde, bakır konsantrasyonu *Merlucciusmerluccius*'ta 0,012–0,112 µg/g, *Merlangiusmerlangus*'ta 0,043–0,172 µg/g, *Triglalyra*'da 0,071–0,192 µg/g, *Mullusbarbatus*'ta 0,038–0,098 µg/g değerleri arasında bulunmuştur. Çinko değerleri ise *M.merluccius*'ta 0,498–0,96 µg/g, *M. merlangus*'ta 1,008 2,148 µg/g, *T. lyra*'da 1,024–1,536 µg/g ve *M. barbatus*'ta 0,497–0,861 µg/g olarak ölçülmüş ve tüm örneklerdeki bakır ile çinko konsantrasyonlarının dünyada kabul edilen limitlerin altında yer aldığı ifade edilmiştir. Aynı çalışmada; organlarda belirlenen birikim değerlerinde, bakırın en fazla karaciğer, sonra kas ve solungaçta birikime uğradığı, çinkonun ise; öncelikle solungaçta, sonra karaciğer ve kasta olduğu belirlenmiştir.

Karacaören II Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın bazı doku ve organlarında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; Fe ve Zn her mevsimde bütün dokularda, Cu sadece ilkbahar-2009'da karaciğerde, Pb sadece İlkbahar-2009'da karaciğer ve solungaçta tespit edilmiştir. Mn Yaz 2009, Sonbahar-2009 ve Kış-2010'da sadece kasta, Al sadece Sonbahar-2009'da karaciğerde, Sr ise sadece sonbahar-2009 ve Kış-2010'da karaciğer dokusunda analiz limitinin altında bulunmuş, diğer mevsim ve dokularda ise tespit edilmiştir. Cr, Cd ve Hg tüm mevsimlerde hiçbir doku ve organda tespit edilememiştir (Tumantozlu, 2010).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yapılan bu çalışmada suda ölçülen pH değerleri 7,66-8,06 arasında, sıcaklık değerleri ise 5,1-22,9⁰C arasında olduğu tespit edilmiştir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün suyunda yapılan ağır metal analizi sonucunda Cr her mevsimde analiz limitinin altında ölçülmüştür. Cu sadece Ağustos ayında tespit edilmiştir. Fe, Mn ve Zn Haziran ve Eylül ayları arasında tespit edilmiştir. Al Mayıs ve Eylül ayları arasında tespit edilmiştir. Al İlkbahar'da, Al, Zn ve Cr Yaz'da en yüksek oranda tespit edilmiştir. Suda en fazla rastlanılan metallerin Al ve Zn olduğu saptanmıştır.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün sedimentinde yapılan ağır metal analizinde Mayıs-Haziran ve Temmuz ayları dışında Cr analiz limitinin altında ölçülmüştür. Cu, Fe, Mn, Zn ve Al her ay tespit edilmiştir. Sedimentte en fazla birikim gösteren metalin İlkbahar-Yaz-Sonbahar ve Kış mevsimlerinde Al olduğu tespit edilmiştir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaşayan turnanın bazı doku ve organlarında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; İlkbahar'da Fe karaciğerde, Zn bağırsak ve solungaçta, Cu karaciğerde tespit edilmiştir. Yaz 'da Cu karaciğerde, Fe karaciğerde, Mn solungaç ve deri de, Zn bağırsakta, Al bağırsakta tespit edilmiştir. Sonbahar'da Cu karaciğerde, Fe karaciğerde, Zn bağırsak ve solungaçta, Kış'ta ise Mn solungaçlarda tespit edilmiştir. Cu, Fe, Zn, Cr, Al ise dokular arasında farklılık göstermemektedir. Çalışma sonunda ağır metallerin en fazla karaciğer ve solungaçlarda biriktiği saptanmıştır.

Ağır metaller düşük ortam derişimlerinde balıkların genellikle karaciğer, böbrek, dalak gibi metabolik bakımdan aktif dokularında yüksek düzeylerde biriktiği ve birikimin metallerin öncelikle metabolik olayları etkilemesi ve metal detoksifikasyonu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Sharma, 1983; Cicik, 2003).

Bu çalışmada, turnanın solungaç, bağırsak, deri, doku ve karaciğerinde belirlenen ağır metal miktarları Tarım ve Köy işleri Bakanlığı (Anonim, 2002)'nin ve Dünya Sağlık Örgütü (1984)'nün verdiği balık dokularında ağır metallerin kabul

edilebilir değerlerinin altında çıktığından bu bölgedeki turnaların besin olarak tüketilmesinde hiçbir tehlikenin olmadığı belirlenmiştir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün kirlenmesinin önlenmesi için, özellikle baraj gölü ve onu besleyen akarsu üzerinde bulunan ticari faaliyetin denetime tabi tutulması gerekmektedir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan zirai ilaç ve kimyevi gübrelerin göle sızmasının engellenmesi gerekmektedir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün suyu tarımda sulama amaçlı kullanılmasından ve besinsel amaçlı balık tüketiminden dolayı göl suyunun metal kirliliğini arttırabilecek muhtemel tehlikelere karşı tedbirlerin alınması ve düzenli kontrollerin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Al-Yousuf, M. H., El- Shahawi, M. S., Al-Ghais, S. M., “Trace elements in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex”, *The Science of the Total Environment*, 256, 87-94, **2000**.
- Amundsen, P., Staldvik, F. J., Lukin, A. A., Kashulin, N. A., Popova, O. A., Reshetnikov, Y. S., **1997**. “Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Border Region Between Norway and Russia”, *The Science of the Total Environment*, 201, 211-224.
- Anonim, **2002**, “Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği”. *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı*. 63-78. Ankara.
- Bakar, C., Baba, A., *Metaller ve İnsan Sağlığı*, “Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu”, 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştay, **2009**.
- Balkıs, N., Algan, O., **2005**, ”Marmara Denizi yüzey sedimentlerinde metallerin birikimi ve denetleyen mekanizmalar”. *Deniz Kirliliği*, 21, TÜDAV Yayınları, İstanbul.
- Beğenirbeş, C. A. S., **2002**, “Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)’ndeki Tatlısu Midyesi (*Unio sp.*)’nde Bazı Ağır Metallerin Araştırılması”, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, 47s, Eskişehir.
- Burtis, C. A.; Ashwood, R. E., *Fundamentals Of Clinical Chemistry*, *EPHC (Environment Protection & Heritage Council)*, 5th Edition, **2002**, 652-659.
- Canbek, M., Demir, T. A., Uyanoğlu, M., Bayramoğlu, G., Emiroğlu, Ö., Arslan, N, and Koyuncu, O., **2007**, “Preliminary assessment of heavy metals in water and some cyprinidae species from the Porsuk River-Turkey”, *Journal of Applied Biological Sciences*, 1 (3), 91-95 p.
- Canlı, M., Ay, Ö., and Kalay, M., **1998**, “Levels of *Cyprinus carpio* and *Chondrostomata reguim* from the Seyhan River”, Turkey, *Journal of Zoology Tübitak Turkey*, 22, 149-157 p.
- Chan, H. M., Cherian. M. G., **1992**, “Protective roles of MT and glutathione in

hepatotoxicity of Cadmium”. *Toxicology*,72:281-290.

Cicik, B., **2003**. “Bakır Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio*)’nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri” *Ekoloji Çevre Dergisi*, 48, 32 – 36.

Clark, R. B., **1992**. *Marine Pollution*. Third Edition. Clarendon Press. 64-82.

Crapper, D. R., Krishnan, S. S., Dalton, A.J., “Brain Aluminium Distribution in Alzheimer's Disease and Experimental Neurofibrillary Degeneration”, *Science*, **1973**, 180: 511-3

Çalışkan, E., **2005**, “Asi Nehri’nde su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822)’ta ağır metal birikiminin araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünler Anabilim Dalı, 64 s.

Çetinbas, A., “İzmit körfezinde avlanan istavrit (*Trachurus trachurus*,L., 1758) balıklarının dokularında Cu ve Zn birikiminin incelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 45-50, **2003**.

Çiçek, A., Koparal, A. S., **1999**, “Porsuk Baraj Gölü’nde yaşayan *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) ve *Barbus plebejus* Bonaparte, 1832’da kurşun, krom ve kadmiyum seviyeleri”, *Anadolu Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi*, 10 s.

Çubuk, H., Balık, İ., Akyürek, M., Özkök, E., “Uluabat Gölü’ndeki turna (*Esox lucius* L., 1758) populasyonunun bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi”, *SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **2000-2001**, 7, 108-118 s

Dalman, Ö., Demirak, A., Balcı, A., “Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorptionspectrometry”, *Food Chemistry*, 95:157-162, **2006**.

Demirak, A., Yılmaz, F., Tuna, A.L., Özdemir, N. “Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey”. *Chemosphere*, 63: 1451-1458, **2006**.

Denkhaus E. and Salnikow K., *Critical Reviews In Oncology Hematology*, 42, **2002**, 35-56.

De Conto Cinier, C., Ramel., M. P. Faure., R. Garin, D., Bouvet, Y., **1999**, “Kinetics of Cd accumulation and elimination in Carp (*Cyprinus carpio*) tissues”. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 122:345-352.

De Smet, H., De Wachler., B. Lobinski, R., Blust, R., **2001**, “Dynamics of (Cd-Zn) metallothionein in gills, liver and kidney of Common carp (*Cyprinus carpio*) during Cd exposure”. *Aquatic Toxicology*, 52:269-281.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, “*Sıdklı Barajı*”

http://tr.wikipedia.org/wiki/S%C4%B1dd%C4%B1k%C4%B1_Baraj%C4%B1,

(12.05.2011, 10.20)

Devlet Su İşleri 12. Bölge Müdürlüğü,” İşletmedeki Barajlar ve Göller”, Kayseri,

<http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi12/kirsehir.htm>, (24.11.2011, 23.00)

D’Souza, S. H., Menezes G., Venkatesh, T., **2003**, “Role of essential trace minerals on the absorption of heavy metals with special reference to lead”. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 18:154-160.

Doğan, M., **2004**, “Hatay bölgesindeki su kaynaklarından alınan balık (*Carasobarbus luteus*, HECKEL, 1843) ve su örneklerinde ağır metal düzeyleri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 60 s.

Dökmeci, İ., **1988**. “Çevre Kirlenmesinde Rol Oynayan Toksik Maddeler”, 488-489.

Dumlu, G., **1975**. *Kirli Su El Kitabı*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, s. 95, Ankara.

Dural, M., Göksu, M. Z. and Özak, A. A., **2007**, “Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon”, *Food Chemistry*, 102, 415-421 p.

Eastwood, S., Couture, P., “Seasonal variations in condition and liver metal concentrations of Yellow perch (*Perca flavescens*) from a metalcontaminated

environment”, *Aquatic Toxicology* 58, 43-46, **2002**.

Egemen, Ö., Alparslan, M., Sunlu, U., “Çanakkale’de (Karacaören ve Kepez) Toplanan Midyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması”, *Su Ürünleri Dergisi*, 14. **1997**.189-196

Erdoğan, O., ve Erbilir, F., **2006**, “Heavy metal and trace elements in various fish samples from Sir Dam Lake”, Kahramanmaraş Turkey, *Environ Monit Assess*, 1-5 p.

Farkas, A., Salanki, J., Specziar, A., “Relation between growth and the heavy metal concentrations in organs of bream *Abramis brama* L. populating lake Balaton”, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 43, 236-243, **2002**.

Förstner, G., Wittmann. T., “Metal pollution in the aquatic environment, Berlin Heidelberg”, Newyork Springer Verlag, 3, 21, 271-318, **1981**.

Geldiay, R., Kocatş, A., **1972**, “Denizlerde Pollusyon”, Ege Üni. Fen Fak. *Monografiler Serisi* No:13 Bornova – İzmir 32-33 / 50-51

Geldiay, R., Balık, S., **1996**. “Türkiye Tatlısu Balıkları”, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, No:46, 532 s.

Gerlach, S. A., **1981**, *Marine Pollution*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 218 s, Newyork

Giordano, R., Arata., P., Rinaldi, S., Ciaralli, L., Giani, M., Rubbiani, M., Costantini, S., **1989**, “Mercury, cadmium and lead levels in marine organisms (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Italian coasts”. *Annali DellIstituto Superiore Di Sanita*, 25:511-516.

Goyer, R. A., **1986**.” Toxic Effects of Metals”. In: *Casarett and Doull’s Toxicology; The Basic Science of Poisons* (Amdur, M, O., Doull, J., Klaassen, C, D., - eds.). Pergamon Pres. 623-680. London.

Göksu, M. Z. L., Çevik, F., Fındık, Ö., ve Sarıhan E., **2003**, “Seyhan Baraj Gölü’ndeki aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve sudak (*Stizostedion lucioperca* L..1758)’larda Fe, Zn, Cd düzeylerinin belirlenmesi”, *E.Ü. Su Ürünleri*

Dergisi, Cilt: 20, Sayı: 1-2, 69 – 74 s.

Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., **1997**, *Kimyasallar ve Çevre*. 1. Baskı İlköz Matbaa, s.58, Ankara.

Güven, K., Duce, J. A., De Pomerai, D. I., **1995**, “Calcium Moderation of Cadmium Stres Explored Using a Stres-Inducible Transgenic Strain of *Caenorhabditiselegans*”, *Comp. Biochem. Physiol.* 110C, 61-70.

Haesloop, U., Schirmer, M., **1985**, “Accumulation of Orally Administred Cadmium by the Eel (*Anguilla anguilla*)”.*Chemosphere*. 14 (10), 1627-1634.

Haktanır, K., **1983**, *Çevre Kirliliği*. Ankara Üni. Ziraat Fak. Toprak Böl. Teksir No:107.

Haswell, S. J., “Atomic Absorption Spectrometry”, Elsevier Science Publishers B. V.,Netherlands, 310, **1991**.

Heath, A. G., **1987**, “Water Pollution and Fish Physiology”, CRP Press Inc. 245 s, Florida.

“*Heavy Metals*”, <http://www.lenntech.com/heavy-metals.htm>, (14.05.2011, 23.20)

Hu, H., **2000**, “Exposure to metals”, *Occupational and Environmental Medicine*, 27:983-996.

ICAIR, **1987**, “Life Systems, Inc, Drinking Water Criteria Document on Nitrate/ Nitrite, Final Draft, EPA”, *Office of Drinking Water*, Washington DC.

İlhan, A., Balık, S., **2003**. “Işıklı Gölü’ndeki (Çivril – Denizli) turna Balığı (*Esox lucius* L., 1758) populasyonunun biyoekolojik özelliklerinin incelenmesi”, SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi,Cilt 1, Sayı 9, 1-9 s. Eğirdir

Jenkins, K. S., **1989**, “Effect of Copper Leadindof Prenuminant Calves or Intracellular Disirubition of Hepatic Copper, Zinc, Iron and Molybdenum”. *Journal Dairy of Science*, 72,2346-2350.

Johnston, R., **1976**, “Marine Pollution”, Academic Press, 185-290, London

Kalay, M., Karataş, S., **1999**, "Kadmiyumun *Tilapia nilotica*'da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi", *Turkish Journal of Zoology*. 23: 985-991.

Kalay, M., Koyuncu, C. E., ve Dönmez, A. E., **2004**, "Mersin Körfezinden yakalanan *Sparus aurata*(L. 1758) ve *Mullus barbatus*(L. 1758)'un kas ve karaciğer dokularındaki kadmiyum düzeylerinin karşılaştırılması", *Ekoloji*, 13(52), 23-27 s.

Karadede, H., ve Ünlü, E., **2000**, "Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates)-Turkey", *Chemosphere*, 41, 1371-1376 p.

Karadede, H., Oymak, S. A., and Ünlü, E., **2004**, "Heavy Metals in Mullet, Liza abu, and Catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake", Turkey. *Environment International*, 30.183-188.

Karapire, C., **1998**, "Determination of Some Trace Elements in Gediz River Sediments", *Graduate School of Naturel and Applied Sciences of Dokuz Eylül University*, The Degree of Master Science, 98 p.

Kargın, E., Erdem, C., **1988**, "Farklı Ortam Konsantrasyonlarında *Tilapia nilotica*(L.)'nın Doku ve Organlarında Cu Birikimi", *IX. Ulusal Biyoloji Kongresi*, 21-23 Eylül 1988, Sivas.

Kargın, E., Erdem, C., **1992**, "Bakır-Çinko Etkilesiminde *Tilapia nilotica*(L.)'nın Karaciger, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi", *Doga Tr. J. Of Zoology*, 16, 343-348.

Kılıç, E., Köseoglu, F., **1996**. *Analitik Kimya Temelleri*. 7 Baskı. 1. Cilt. Bilim Yayıncılık Ltd. Sti.

Kır, İ., ve Özcan-Tekin S., **2006**, "Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake – Turkey", *Fresenius Environmental Bulletin*, 15 (6), 530-534 p.

Klatzo I, Wisniewski, H. M., Streicher E., *Experimental Production of Neurofibrillary Degeneration*. *J Neuropath Exp Neur*. **1965**, 24: 187-99.

Kocahan, İ., “Marmara Denizi demersal balıklarında ağır metal kirliliği”, *İ.Ü.Deniz Bil, ve İşlet. Enst., Kim. Oşinog. A.D., Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul,158-176, **1999**.

Koizumi, N., **1989**, “Relationship of Cadmium Accumulation to Zinc or copper Concentration”, 49:104-114.

Köse, E., **2007**, “Enne Barajı’nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, *Yüksek lisans tezi*, Dumlupınar Üniversitesi Biyoloji Bölümü, 58 s.

Levesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P. C. G., Hontela, A., **2002**, “Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of Yellow perch (*Perca flevescens*) chronically exposed to metals in the field”, *Aquatic Toxicology*, 60:257-267.

Mendil, D., and Uluözlü Ö. D., **2007**, “Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat Turkey”, *Food Chemistry*, 101 (2), 739-745 p.

Milhaud, G. E., and Mehennooi, S., **1988**, “Indicators of Lead, Zinc and Cadmium Exposurein Catttle: I. Results In A Polluted Area”. *Veterinarian and Human Toxicology*, 30.513-517.

Minareci, O., Öztürk, M., ve Minareci, E., **2004**, “Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi’nin, Gediz Nehri’nin ağır metal kirliliğine olan etkilerinin belirlenmesi”, *Trakya Univ J Sci*, 5 (2): 135-139 s.

Morel, F, M, M., Hering, J, G., **1993**. “Principles and Applications of Aquatic Chemistry”. John Wiley and Sons. Inc.

Nezih–Muşlu, “M. İstanbul Boğazı’ndaki Sarıkuyruk İstavrit Balığı (*Trachurus mediterraneus*) ‘nın Kas ve Solungaçlarındaki Kurşun Düzeyleri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1, **2008**.

Nikinmaa, M., **1992**, “How does environmental pollution effect red cell function in fish?Aquatic Toxicology”, 22:227-238.

Oğuz, E. O, Yüksel, H., Enli, H., ve diğerleri, “Alüminyum Sülfatın "Ross" Cinsi Term Besi Cıvıvi Karaciğerinde Yarattığı Toksik ve İnflamatuar Hasar”, *Ankara*

Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, **2008**, 61(1).

Olvisk, P. A., Gundersen., P., Andersen., R. A., Zachariassen, K. E., **2001**, 'Metal accumulation and MT in Brown Trout *Salmo trutta* from two Norwegian rivers differently contaminated with Cd, Cu and Zn', *Comparative Biochemistry and Physiology*, **128**: 381-385.

Page, L. M., Brooks, M. P., **1991**. "Freshwater Fishes". *Peterson Field Guides*, 432 p. New York, USA.

Parada, R., **1987**, "Industrial Pollution With Copper and Other Heavy Metals In A Beef Cattle Ranch". *Veterinarian and Human Toxicology*, 29.309-324.

"Periodic table", <http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>, (22.07.2011, 09.50)

Rashed, M.N., "Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser lake", *Environmental International*, 27: 27-33, **2001**.

Segar, D. A., Pellenbarg R. E **1971**. "Trace metals in Corbonate and organic rich sediments". *Mar. Pollut marine animals*. II. Mollus. J. Mar. Biol Assoc. U.K. 51.131-136

Serafim, M. A., Bebianno., R. M., Langstone, W. J., **2002**, "Effects of temperature and size on metallothionein synthesis and gill of *Mytilus galloprovincialis* exposed to Cd.", *Marine Environmental Research*.54:361-365.

Sharma, R. P., **1983**. "Ligands Binding Cadmium, Zinc and Copper in a Species of New Zealand Oyster (*Osterialutaria*)". *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 30, 428 – 434

Şanlı, Y., **1978**. "Türkiye'nin Akdeniz Sahillerinde Avlanan Kıyılarıımıza Bağımlı Ekonomik Bazı Balık Türleri ile Karideslerde Total Cıva ve Organik Cıva Bileşikleri Rezidü Düzeylerinin Araştırılması". *Tübitak. Vet. Ve Hayv. Araşt. Gr. Proje No. VHAG-274*, Ankara.

Şanlı, Y. ve Kaya, S., **1995**, *Veteriner Klinik Toksikolojisi*, 2. Baskı Medisan Yayınevi, 95s, Ankara.

Tabiat ve İnsan **1983**. “Avrupa Konseyi Kıyıların Korunması Kampanyası”. *Türkiye Tabiatını Koruma Derneği yayını özel sayısı:3*

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Ankara, **2002**, *Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği*, 63-78 s.

T.C. Kırşehir Valiliği, “Kırşehir’in Konumu”

<http://www.kirsehir.gov.tr/yeni/Default.asp?p=s&ID=48>, (25.06.2011, 18.20)

Tekin- Özán, S. “ Beyşehir Gölü’nde Yaşayan Sazan (*Cyprinus carpio* L.,1758) ve Kadife (*Tinca tinca* L.,1758) ‘ndaki Parazitlerin ve Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, *Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, **2005**

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.

Timbrell, J, A., **1992**. “Principles of Biochemical Toxicology”. Second Edition. Taylor&Francis. 369-378. London&Washington DC

Toscalı, E. ve Eren, M. H., **2004**, “Mikrodalga, Uv ve Hot Plate İle Bozundurulmuş Sirke Örneklerinde Kadmiyum, Kurşun ve Bakır İçeriğinin Potansiyometrik Sıyırma Analizi İle İncelenmesi”, Ege Üniversitesi, s.1-21, İzmir.

Tumantozlu, H., “ Karacaören II Baraj Gölü’ndeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) örneklerinde bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 43-44, **2010**

Tümen, F., Bildik, M., Baybay, M., Cici, M., Solmaz, B., **1992**. “Ergani Bakır İşletmesi Katı Atıklarının Kirlilik Potansiyeli”. *Doga Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences*. 16, 43-53.

“Turna Balığı Nereelerde Yaşar ve Turna Balığının Özellikleri”,

<http://cengizdamar.blogspot.com/2012/02/turna-baligi-nerelerde-yasar.html>,
(05.04.2011, 15.53)

“*Turna Balığı*”,

<http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/turnabal%C4%B1%C4%9F%C4%B1>,
(31.05.2011, 17.45)

“*Turna Balığı*”, http://tr.wikipedia.org/wiki/Turna_bal%C4%B1%C4%9F%C4%B1,
(09.10.2011, 14.28)

Uslu, O., Benli, H.A., Demirkurt, E., “Ege Denizi’ndeki Su Ürünlerinde Ağır Metal Kirliliği”, *Türkiye Bilimsel Araştırma Kurumu*, YDABÇAG-459/G, İzmir **1999**.

Üşenmez, Ş., **1985**, “Sedimentoloji ve sedimenter kayaçlar”, Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksekokulu Yayınevi-Ankara, 247 s.

Vallee, B, L., **1991**. *Introduction to Metallothionein. In: Methods in Enzymology* (Riordan, J, F., Vallee, B, L., -eds.). Academic Press Inc. 3-7. London.

Vural, N., “Toksikoloji”, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 504, 508- 509, 555, **2005**.

www.angelfire.com/ne/rastgele/turna.html (31.05.2011, 17.50)

WHO, **1984**, “Guidelines for Drinking-Water Quality”, Vol. 1. (Recommendations), Geneva.

WHO, **1995**. “Principles and Methods for Assesing Direct Immunotoxicity Associated with Exposure to Chemicals Criteria”, No. 180.

Widdows, J., **1985**, *Physiological responses to pollution*. Marine Pollution Bulletin, 16: 129- 134.

Wu, S. M., Weng, M. J., Yu, C. C., Lin, S. T., Chen, J. C., Hwang., P. P., Hang, P. L., **1999**, Cadmium-inducible metallothionein in Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62:758-768.

[http:// www.epa.gov](http://www.epa.gov)

Yalçinkaya, Ö., “Askorbik asit (C vitamini), iyodür ve tiyosülfatın alevli atomik absorpsiyon spektrometresi ile dolaylı yöntemle tayini”, *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 52,53, 2005.*

Yarsan, E., Bilgili, A., ve Türel, İ., **2000**, “Van Gölü’nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) örneklerindeki ağır metal düzeyleri”, *Turk J Vet Anim Sci. Tubitak*, 24,93-96 s.

Yazkan, M., Özdemir, F. Gölükçü, M., **2004**, “Cu, Zn, Pb and Cd contents in some molluscs and crustacean in the Gulf of Antalya”. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28:95-100.

Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A. Tuna, A.L., “Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*”, *Food Chemistry*, 100: 830-835, **2007.**

[http:// www.ene.gov.on.ca/envision/gp/B1-3.pdf](http://www.ene.gov.on.ca/envision/gp/B1-3.pdf), (22.04.2012, 20.30)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÖZDEMİR, Esra
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 31.05.1987 İSTANBUL
e-mail : esraozdemir.tr@gmail.com

Eğitim

Lise : Beşiktaş Lisesi 2004
Lisans : Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji
Bölümü 2010
Yüksek Lisans : Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji
Anabilim Dalı 2012
Lisans Tezi : Sedef Hastalığı ve Tedavi Yöntemleri
Yüksek Lisans Tezi : Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (Kırşehir)'nde Yaşayan
Turna (*Esox lucius* L., 1758)'nin Doku ve Organlarındaki
Ağır Metal Birikim Seviyeleri
Yabancı Dil : İngilizce