

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ATATÜRK BARAJ GÖLÜ'NDE YAŞAYAN BARBUS TÜRLERİNDEKİ
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN İNCELENMESİ**

Esra ALHAS

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2007**

Yrd. Doç. Dr. S. Ahmet OYMAK danışmanlığında, Esra ALHAS'ın hazırladığı "Atatürk Baraj Gölü'nde Yaşayan Barbus Türlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi" konulu bu çalışma 29/01/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. S. Ahmet OYMAK

Üye :

Üye :

Bu tezin Biyoloji Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 673

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1. KURAMSAL TEMELLER	1
1.1. Atatürk Baraj Gölü	1
1.2. Ağır Metaller	1
1.2.1. Kadmiyum	4
1.2.2. Kurşun	6
1.2.3. Bakır	9
1.2.4. Çinko	10
1.2.5. Demir	11
1.2.6. Krom	12
1.2.7. Mangan	13
1.2.8. Nikel	13
1.2.9. Kobalt	14
1.3. Kirlenme	15
2. MATERYAL ve YÖNTEM	17
2.1. Materyallerin Araziden Toplanması	17
2.2. Materyallerin Analize Hazırlanması	18
2.3. Materyallerin Çözünürleştirilmesi	19
2.3.1. Deneyde kullanılan asitler	19
2.3.1.1. Nitrik asit	19
2.3.1.2. Hidrojen peroksit	19
2.3.1.3. Hidroklorik asit	19
2.3.2. Çözünürleştirme metodu	20
2.3.2.1. Balık örneklerinin çözünürleştirilmesi	20
2.3.2.2. Sediment örneklerinin çözünürleştirilmesi	20
2.4. ICP Spektrofotometre ile Metal Analizi	20
3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	23
3.1. Atatürk Baraj Gölü Su ve Sediment Analiz Sonuçları	23
3.1.1. <i>Barbus xanthopterus</i> 'da ağır metal birikimi	24
3.1.2. <i>Barbus rajanorum mystaceus</i> 'da ağır metal birikimi	27
3.2. Tartışma	30
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	42
ÖZET	43
SUMMARY	44

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ATATÜRK BARAJ GÖLÜ'NDE YAŞAYAN BARBUS TÜRLERİNDEKİ AĞIR METAL
BİRİKİMİNİN İNCELENMESİ**

Esra ALHAS

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. S. Ahmet OYMAK
Yıl: 2007, Sayfa: 44**

Bu çalışma Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan Barbus cinsine ait *Barbus xanthopterus* ve *Barbus rajanorum mystaceus* türlerindeki ağır metal konsantrasyon düzeylerinin incelenmesi ile ilgilidir. Ağır metallerin su kaynaklarına ulaşması endüstriyel atıkların veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına taşınmasıyla olur. Balıklar su ve sedimentte bulunan bu metalleri bünyelerine alıp biriktirirler. İnsanların bu balıklarla beslenmesi sonucu, metaller artan bir oranda insan vücuduna aktarılır. Ağır metaller organizmada belirli konsantrasyonları aştığında zehir etkisi yapmaktadır Balık örneklerinin karaciğer, kas, böbrek ve solungaçları çözünürleştirilip, ICP de analiz edildi. Bu organların ağır metal konsantrasyonları saptandı. Atatürk Baraj Gölü'nde çalıştığımız balıkların kaslarından elde edilen sonuçlardaki Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr, Co değerleri balık için önerilen kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Kurşun metalindeki artış ham petrol sızıntısından kaynaklanmaktadır. Önemli bir protein kaynağı olan balıkların bu kirlilikten etkilenmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

ANAHTAR KELİMELER : Atatürk Baraj Gölü, Barbus, Ağır Metal, ICP, Sediment

ABSTRACT

Master Thesis

EXAMINATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN BARBUS SPECIES IN ATATÜRK DAM LAKE

Esra ALHAS

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. S. Ahmet OYMAK
Year: 2007, Page: 44**

This study is about the analysis of heavy metal concentration level in *Barbus xanthopterus* and *Barbus rajanorum mystaceus* species which belong to barbus genus that live in Atatürk Dam Lake. Heavy metals' reaching to water springs occurs with industrial wastes' or acid rains' dissolving the soil and carrying dissolved heavy metals in rivers, lakes, and subterranean waters. Fish; on the other hand, take these heavy metals that are in the water and sediments into their bodies and accumulate them. As a consequence of people's nutrition from these fish, metals are transferred to the human body in an increasing ratio. Heavy metals demonstrate poison effect if they go beyond the determined concentration in organism. Fish's liver, muscle, kidney, and gill samples were dissolved and analysed in ICP. Heavy metal concentration of these organs was fixed. Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr, Co amounts that we had from the study of fish muscles in Atatürk Dam Lake were found under the suggested amount that can be accepted for a fish. Increase in lead metal results from leaking of pure petroleum. Needed measures must be taken for the fish which are important source for protein in order not to get affected from this pollution.

KEYWORDS : Atatürk Dam Lake, Barbus, Heavy Metal, ICP, Sediment

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansa başladığım ilk günden itibaren beni yetiştirmeye çalışan ve tez çalışmam boyunca da rehberlik eden danışmanım Yrd. Doç. Dr. S. Ahmet OYMAK'a, yorum, öneri ve bilgi desteğiyle çalışmama büyük katkısı olan Yrd. Doç. Dr. Hülya KARADEDE'ye (Dicle Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı), tez çalışmasında kullanılmak üzere gerekli olan çeşitli balık ve sedimentlerin temininde yardımcı olan Necmettin DOĞAN'a (Harran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi), deney aşamasındaki katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Sıtkı BAYTAK'a (Harran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğretim üyesi), Merkez laboratuvarı ICP cihazı kullanımında yardımlarından dolayı Kimyager Eyyüp YAŐAR'a, yüksek lisans tez projeme destek sağladığı için HÜBAK'a, tezimi hazırlarken verdikleri manevi destekten dolayı da eşim, annem, babam ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilirim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Atatürk Baraj Gölü.....	17
Şekil 2.2. Perkin Elmer Optima 5300 ICP-OES.....	22
Şekil 3.1. Atatürk Baraj Gölü'ndeki <i>Barbus xanthopterus</i> 'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarındaki ağır metal konsantrasyonların değişimi.....	26
Şekil 3.2. Atatürk Baraj Gölü'ndeki <i>Barbus rajanorum mystaceus</i> 'un karaciğer, kas böbrek ve solungaçlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.....	29

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Atatürk Baraj Gölü suyunda ölçülen ağır metal değerleri	23
Çizelge 3.2. Atatürk Baraj Gölü sedimentinde ölçülen ağır metal değerleri	23
Çizelge 3.3. Atatürk Baraj Gölündeki <i>Barbus xanthopterus</i> 'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları.....	24
Çizelge 3.4. Atatürk Baraj Gölündeki <i>Barbus rajanorum mystaceus</i> 'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları.....	27

SİMGELER DİZİNİ

Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
CO ₂	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
EPA	Environmental Protection Agency
Fe	Demir
FeS	Demir Sülfür
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
Hg	Cıva
HNO ₃	Nitrik Asit
H ₂ O	Su
ICP	Inductively Coupled Plasma
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission
IQ	Intelligence Quotient
Mn	Mangan
Ni	Nikel
O ₂	Moleküler Oksijen
Pb	Kurşun
PVC	Polyvinyl Chloride
WHO	World Health Organization
Zn	Çinko
ZnS	Çinko Sülfür

1. KURAMSAL TEMELLER

1.1. Atatürk Baraj Gölü

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nce inşa edilmekte olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında yer alan Atatürk Baraj Gölü maksimum işletme kodunda 81 700 hektarlık göl alanı ile ülkemizin en büyük dünyanın ise sayılı baraj göllerinden biridir.

Sulama, enerji, içme suyu amaçlı Atatürk Barajı ve hidroelektrik santrali GAP'ın en önemli ve en büyük tesisidir. Ayrıca Van ve Tuz Gölü'nden sonra ülkemizin en büyük gölüdür.

Adıyaman ve Şanlıurfa illeri arasında Adıyaman'ın 35 km güneyinde Fırat Nehri üzerinde kurulmuştur. Atatürk Barajı'nın yeri, Keban Barajı'nın 346 km Karakaya Barajı'nın 180 km aşağısındadır. Tamamen Üst kratese kireçtaşı (kalker) seriler üzerindedir. Üstten kısmen bütünlü, çok sileksli tabakalara dönüşen, ince tabakalı kireçtaşı (kalker) içeren kayaç serisi bulunmaktadır (Anonim, 1985).

1.2. Ağır Metaller

Zehir etkisi gösteren maddeler, suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları durumunda bile insan sağlığına zararlıdır, hastalıklara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Eser miktarda bile toksik etki yapabilen bu maddeler arasında en önemli grubu; Ag (gümüş), As (arsenik), Be (berilyum), Cd (kadmiyum), Cr (krom), Pb (kurşun), Mn (mangan), Hg (cıva), Ni (nikel), Se (selenyum), Zn (çinko) gibi elementler oluşturmaktadır. Söz konusu elementlerin çoğunluğu ağır metal grubuna girmektedir. Ağır metallerin önemli bir kirletici grubu oluşturdukları bilinmektedir. Bunların toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme

eğilimi de söz konusudur. Krom, cıva, kurşun, kadmiyum, mangan, kobalt, nikel, bakır ve çinko gibi metaller doğada genellikle sülfür, oksit, karbonat, ve silikat, mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Bunların suda çözünürlükleri oldukça düşüktür. Atık suyun içindeki bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler; yörenin iklim şartına ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprakta birikebilir. Bitki tarafından alınabilir veya suda kalabilir. Çok küçük miktarlarda bile genellikle kuvvetli zehir etkisine sahip olan ağır metaller, kirlenmiş sularda metal, katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunurlar. Bunlar hem kirlenmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engelleyebilir, hem de suların arıtılmış halde sulamada kullanılmasını ve arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılmasını sınırlandırabilirler (Anonim, 2007).

Ağır metal terimi kimyada 4 gr/cm^3 veya 5 gr/cm^3 'den daha büyük özgül ağırlık metalleri işaret edebilmekteyken, bu terim çoğunlukla toksik metalleri belirtmek için kullanılır. Bu metallerin bazıları krom ve demir gibi diyetimizde esansiyel besindir. Fakat yüksek dozlarda oldukça toksiktir (Masters, 1991).

Biyolojik etkinliklere katılma derecelerine göre, ağır metaller yaşamsal ve yaşamsal olmayan metaller olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların, organizma yapısında belirli bir derişimde bulunması gereklidir. Ayrıca bu metaller biyolojik tepkimelere katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmalıdır. Örneğin, demir hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve bir çok yükseltgenme ve indirgenme tepkimesinin vazgeçilmez parçasıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2006). Buna karşın, yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük derişimlerde dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır (Duffus ve Howard, 1996). Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin nikel bitkilerde toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz düzeyde bulunması gereken bir elementtir (Kahvecioğlu ve ark., 2006).

Sıklıkla kurşunda olduğu gibi metaller solunabilir ve besinler ile vücut içine alınabilir. Metallerin vücutta emilebilme oranları kendi özelliklerine göre değişiklik gösterir. Kurşun, kalay ve kadmiyum ile oluşturulan bazı metal tuzları zayıf bir

şekilde absorbe edilirken; arsenik ve talyum gibi bazı metallerin tuzları tamamen absorbe edilir. Metallerin vücut dışına çıkarılma yollarından biri ve en önemlisi böbreklerdir. Gerçekte böbreklerin vücuttan toksik maddelerin çıkarılmasını sağlayan kompleks filtreler oldukları kabul edilebilir. Böbrekler nefron denilen milyonlarca salgı birimi içerir ve toksik kimyasallar böbrekte nefrotoksin olarak adlandırılır. Cd, Pb ve Hg nefro toksik metallerdir. Metaller vücutta olumsuz etkilere sahiptir; sinir sistemi ve böbreklere zarar verir, mutasyonlar yaratır ve tümörler oluşturur (Masters, 1991).

500 µg/l'lik bir Pb varlığının algilerin büyümesini engellediği gözlenmiştir. Alabalıklar 300 µg/l'lik bir derişime dayanıklıdır. Pb'un toksik etkisi organizmaya göre çok farklılık göstermektedir. Cd'un deniz ortamındaki dağılımı oldukça homojendir. Bununla birlikte, Hg'da olduğu gibi bazı deniz canlılarında yüksek seviyede birikim gözlenebilir. Bu takdirde lokal zehirlenme olabilir. 320 ppm Cd içeren deniz suyunda karideslerin 96 saatte öldüğü gözlenmiştir. Kuşaklı alabalık daha zayıf derişimlere hassasiyet göstermektedir fakat, tatlı suda 10 mg/l lik bir derişim bu tür için öldürücü olmaktadır (Yaramaz, 1992).

Göl kirlenmesinin ana unsurları akarsular ve atmosferik olaylardır. Akarsularla taşınan çözünmüş ve askıdaki maddelerin önemli miktarı erozyon ve kimyasal çözünme sonucu oluşur. Ayrıca asit yağmurları da kirliliği artırmaktadır. Göle karışan kirlenmelerin büyük bir kısmı akarsular, endüstriyel atıklar ve drenaj yoluyla taşınmasına karşılık, atmosferle kirliliğin taşınması da son derece önemlidir. Havadaki kirlenmelerin yağışlar ve rüzgar gibi atmosferik etkenlerle uzun mesafelere taşınması ve yerüstü sularına karışması sonucu su kirliliği meydana gelmektedir (Anonim, 2007).

Kurşun, kadmiyum ve diğer metallerin toksik etkileri enzim reaksiyonlarını durdurduğu belirtilmektedir. Cd ve tuzları kronik zehirlenmeler gösterir. Akciğerde, böbreklerde, dokularda, merkezi sinir sisteminde birikir. Pb ve Cd tuzları kuvvetli balık zehirleri olduğu bilinmekte, bunlara ek olarak ortamda Zn ve Cu bulunursa balıklar üzerindeki toksik etkinin daha da arttığı belirtilmektedir. İleri safhadaki

deniz organizmaları özellikle heteretrof balıklarda Pb seviyesi önemli yere sahiptir. Deniz organizmalarında kurşunun bir kısmının tutulduğu bir kısmının da dışarı atıldığı saptanmıştır. Balıklarda dokulara yerleşir ve alıcıdan alıcıya geçer (Yaramaz, 1992).

1.2.1. Kadmiyum

Kadmiyum bilinen zehirli elementlerden biridir. Kadmiyum tuzlarının çözünürlük dereceleri önemli ölçüde farklılıklar gösterir. Halojen, sülfat ve nitrat tuzları nispeten suda çözünürlerken; oksit, hidroksit ve karbonat bileşikler aynı ortamda çözünmezler. Bu metal aynı zamanda yüksek buhar basıncına sahip olması bakımından özellikle oksit bileşiği işletilen maden yataklarında ve fabrika kapalı ortamında kolayca buharlaşarak solunum yolu havası yönünden tehlikeli olduğu belirtilmiştir. Kadmiyum oksidin 1 g/m^3 veya daha fazla yoğunluklarda buhar şeklinde alınması ile solunum yollarında tahrişe neden olabilir. Özellikle endüstriyel kirliliklerin yoğun olduğu alanlarda daha sık görülür (Dirican, 1990). En önemli endüstriyel ve çevresel kirleticilerden biri olan ve canlılar üzerindeki çeşitli toksik etkileri bilinen kadmiyum esansiyel olmayan, toksik, ağır metallere biridir. Tüm canlılar için kadmiyumun esas çevresel kaynağı yiyecekler ve içme suyudur (Ohta ve Cherian, 1991). Yerleşim alanlarındaki atmosferin ortalama 0.001 g/m^3 düzeyinde kadmiyum ile kirlendiği hesaplanmıştır. Bunun zorunlu bir sonucu olarak; insanların solunum yolu ile günlük olarak 0.02-1 mg kadmiyum aldıkları saptanmıştır. Kadmiyum oksidin duman şeklinde yüksek oranda solunması akut pnömönitis, akciğer ödemi ve sonuç olarak öldürücü etkiler yaptığı açıklanmıştır (WHO, 1992).

Kadmiyuma uzun süre maruz kalındığı zaman akciğer kanseri başta olmak üzere prostat kanserine de neden olduğu anlaşılmıştır (Ferm ve Hanlon, 1987). Kadmiyum metali veya bileşikler deri içi veya deri altından enjekte edildiği zaman sarkoma tümörüne neden olduğu görülmüştür (WHO, 1995).

Hayvan vücudunda kadmiyum genellikle metallothionein ile birleşmiştir (Watari ve ark., 1989). Metallothionein sistine zengin, düşük moleküler ağırlığa

sahip olan metal bağlayıcı hücre içi bir proteindir. Metallothioneinin pek çok memeliye ait organda bazal seviyede bulunduğu gösterilmiştir (Szcurek ve ark., 2001). Metallothioneinin esansiyel metallere özellikle çinko ve bakıra, esansiyel olmayan metallere de kadmiyum ve cıvaya çok fazla affinitesi vardır (Elsenhans ve ark., 1997). Kadmiyuma maruz kalan deney hayvanlarının karaciğer, böbrek, akciğer, bağırsak ve testisinde metallothionein ekspresyonunda artış olduğu bilinmektedir (Danielson ve ark., 1982). Metallothionein serbest radikal savıçı etkisinden dolayı, antioksidan savunma sisteminin önemli bir unsurudur (Singh ve Rana, 2002).

Kadmiyum ve çinko yerkürede birlikte ve benzer yapılarda bulunurlar. Bu iki metal insan vücudunda da benzer yapısal ve işlevsel özellikler göstermektedirler. Kadmiyum önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alabilmektedir ve bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir. Zn ve Cd'un vücut içindeki oranları, Cd zehirlenmesi Zn yetersizliğiyle arttığından, çok önemlidir. Tahılların rafinasyon işlemi bu oranı düşürmekte ve dolayısıyla Zn eksikliği ve Cd zehirlenmesi fazla rafine edilmiş tahıl ve unların tüketimiyle artış göstermektedir (Toscalı ve Eren, 2004).

Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd²⁺ iyonu halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve birikme özelliğine sahiptir. İnsan vücudundaki Cd seviyesi ilerleyen yaşla beraber artış gösterir ve genellikle 50'li yaşlarda maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Yeni doğmuş bebeklerde hiç kadmiyum bulunmaz ve kadmiyum, kurşun ve cıvanın aksine plasenta ya da kan yoluyla anne karnındaki bebeğe geçmemektedir. Normal olarak vücudumuzda 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 µg'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Bu seviyeler, kadmiyumun çoğunu topraktan yani yiyecekler yoluyla alması nedeniyle bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir (Toscalı ve Eren, 2004).

Uzun süreli maruziyetten en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Yapılan araştırmalarda, böbrekte biriken kadmiyum konsantrasyonunun (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg/kg'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu tespit edilmiştir. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir (İlhan ve ark., 2006).

Kadmiyum vücutta %20 gibi bir oranla çok iyi absorbe edilemiyor olsa bile, bu diğer birçok metale kıyasla oldukça yüksek bir orandır. Kadmiyum içeriği 0.01 mg/m³ havanın 14 günden daha fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliği ortaya çıkar. Çünkü kadmiyum ve bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde birikirler ve ilerleyen yaşlarla böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da sebep olabilmektedir. Kısa süreli olarak 0.05 mg/kg kadmiyum alınımı mide rahatsızlıklarına neden olurken, uzun süreli (>14 gün) 0.005 mg/kg/gün dozu böbrek ve kemiklerde önemli problemlere neden olmaktadır. Kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmelerde öncelikle halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrıyla beraber kusma 24 saat içinde ortaya çıkar ve 3. gün en şiddetli belirtileri göstererek yeni bir yükleme söz konusu değil ise 1 hafta içinde kaybolmaya başlar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki özellikle akciğer ve prostat kanseridir. Kronik zehirlenme böbrek hasarı ile ortaya çıkar ve idrarda düşük moleküllü protein görülür. Aşırı dozda kadmiyum alımı (60-480 µg/g böbrek) böbrekler üzerinde tahrip edici etkinin ortaya çıkmasına yol açar ve etki kuşlar da dahil olmak üzere tüm canlılarda görülmektedir. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklarda görülür. Diğer taraftan kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyumunun yitirilmesi de önemli etkilerdir (Toscalı ve Eren, 2004).

1.2.2. Kurşun

1920 yıllarında kurşun bileşiklerinin benzine ilave edilmesiyle ekolojik olarak insan ve çevre sağlığına etki eden kurşun miktarı artmıştır. Günümüzde ise kurşunlu benzin kullanımı giderek azalmaktadır. Kurşun 20. yy'da yüksek oranlarda

paslanmaya karşı oksit boya hammaddesi olarak kullanılmıştır (Toscalı ve Eren, 2004).

Ağır metallerden biri olan kurşun çoğunlukla gümüş, bakır, çinko, antimon ve demir metalleriyle birleşmiş halde bulunur. Her çeşit doğal çevrede ve canlı organizmalarda iz halinde kurşuna rastlanır. Canlı organizmada bulunan kurşun varlığı fizyolojik yaşam için gerekli olduğu için değil doğal çevrede, yiyecek ve içeceklerde bulunan kurşunun kaçınılmaz bir yansımasıdır (Leita, 1991).

Kurşunun önemli kullanım alanları ise; teneke kutu kapakları, kurşun-kalay alaşımli kaplar, seramik sırları, böcek ilaçları, aküler vb. alanlardır. Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler, tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlar da kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddeler de kurşun içerirler. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilir. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyonu ve geri kazanımı esnasında uygulanan işlemler yasadışı olarak önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır (Toscalı ve Eren, 2004).

Kurşun ocaklarının işletilmesi, kurşun bileşiklerinin üretildiği sanayi dalları ve etkinliklerinde kurşun kullanılan akümülatör fabrikaları, yenileme atölyeleri, matbaalar, lehimleme ve kalay atölyelerinde çalışan insanlar gerek çalışma ortamı kurşun buhar ve tozları ile kirlenmesi ve gerekse doğrudan temas etmeleri sonucu sürekli halde küçük dozlarda kurşun almak zorunda kalırlar. Bu alanlarda çalışan insanlarda sık sık kurşun zehirlenmeleriyle karşılaşılır (Blumenthoî, 1994).

İnsan vücudundaki kurşun miktarı ortalama vücut ağırlığında 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin etkisinde kaldığı günlük miktar 300-400 mg'ı geçmemektedir. Buna karşın çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500-1 000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir (Toscalı ve Eren, 2004).

Vücuda genellikle solunum, su ve besinler yolu ile geçerek çeşitli yollarla vücuttan atılmayacak boyutlara ulaştığında böbrek, karaciğer, kas gibi doku ve organlarda birikirler (Skaare, 1990).

Solunum yolu ile giren kurşun daha çok kurşun içeren tozlar şeklindedir. Bu tozlar, kurşunlu malzeme işleyen endüstri çevreler ile benzine katılan kurşun tetra etildir. Egzoz gazları da önemli bir kurşun kirliliği oluşturarak çevre kirliliğine neden olur. Benzinin yanması sonucunda parçalanan organik kurşun bileşikleri kurşun oksit, klorür, sülfat ve fosfat şekillerine dönüşmüş halde %70-80 kadarı kurşunlu tozlar şeklinde egzoz gazları çevreye yayılarak tüm canlıların buna maruz kalmasına neden olur (Blumenthoî, 1994).

Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi gerekli birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir tür nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda kanda kurşun miktarı arttıkça IQ seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir. Diğer taraftan kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır. Çoğu kemiklerde depolanmakla birlikte kurşun beyne, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebekler ve çocuklarda düşük olan kurşun oranı, ilerleyen yaşla beraber, kurşundan etkilenmeye başlamasıyla artış göstermektedir.

Kanda 40 mg/l düzeyini aşınca tansiyon artırıcı etkisi de ortaya çıkmaktadır (Toscalı ve Eren, 2004).

1.2.3. Bakır

Bakır ve bileşikleri çevrede dolayısıyla yüzeysel sularda 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, bir çok 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 şeklinde 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 arttırıcı 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 yada orta şiddette izlenen yağlı değişim, akut hepatit, kronik hepatit ve siroz (Toscalı ve Eren, 2004).

1.2.4. Çinko

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 bileşiği 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).

1.2.5. Demir

Doğada çok bulunmasına rağmen, doğal suların kapsamında az miktarda bulunur. Bunun nedeni demirin sudan hızla çökerek ayrılmasıdır. Suda demir (Fe) iki değerlikte olabilir. Bunlar iki değerlikli demir (ferro) ve üç değerlikli demir (ferri) halidir.

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 sınırlanmıştır olur. Daha düşük pH değerlerinde ferri demirin çözünürlüğü artar, çoğunlukla alkali karakterdeki sulara ferri demir, koloidal halde görülür. Havanın etkisi yada 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).

1.2.6. Krom

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).

1.2.7. Mangan

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).

1.2.8. Nikel

Nikel her yerde bulunur; başlıca alaşımları arsenid ve sülfittir. Madenlerin işlemleri sonucu çevreye yayılabilir. Gıda, konserve ve fabrikalarındaki tesisatta nikel kullanılması gıdalarda kontaminasyon yapabilir. Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir; bu nedenle bulaşma kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlerle

atılması bu bulaşmada rol oynar. Yüzey sularında 1 mg/l gibi yüksek oranlar bildirilmiştir. Normalde bu sulardaki oran 5-20 µg/L gibi düşük seviyededir. Belirli su işlem metotlarıyla nikelin bir kısmı giderilmektedir. Bu nedenle işlenmiş sularda, işlenmemiş sulara oranla daha az bulunmaktadır. Genel olarak 2-5 µg/L rastlanan tipik değerlerdir. Özellikle nikel karışımı su iletim boruları kullanıldığında bu miktar artabilir. Nadiren 0.5 mg/l miktarlar bildirilmiştir. Günde 2 L su içildiği dikkate alınır normal olarak içme suyu ile alınabilecek miktar 10-20 µg'ı geçmez. Mide ve barsaklarda emilmesi çok zordur. Vücut dokularında birikim yapmadığı, ratlara sularında 5 mg/l olarak verildiğinde bile saptanamamıştır. İnsan ve hayvanlarda metabolizması tam olarak bilinmemektedir. Daha çok gaita ve birazda idrar ile dışarı atılır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Havadaki nikel bileşiklerinin solunması sonucunda, solunum savunma sistemi ile ilgili olarak; solunum borusu irritasyonu, tahribatı, immunolojik değişim, alveoler makrofaj hücre sayısında artış, silia aktivitesi ve immünite baskısında azalma gibi anormal fonksiyonlar meydana gelir (İlhan ve ark., 2006).

Nikel toksik olmayan bir elementtir. Gıda ve sularda bulunan nikelin ciddi bir sağlık problemi yaratacağı düşünülemez. Ancak gıdalarıyla 1600 mg/kg olarak deney hayvanlarına verildiğinde; örneğin yavru adedinde azalma gibi bazı toksik etkisi bildirilmiştir. Farelere hayatları boyunca litrede 5 mg nikel olan su içirilmiş yine de sağlığa zararlı bir etkisi görülmemiştir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

1.2.9. Kobalt

Kobalt doğada yaygın bulunmakla birlikte yer kabuğunun yalnızca %0.001'ini oluşturmaktadır. Yer ve gök taşı kökenli nikelli demirde, Güneşin ve yıldızların atmosferlerinde, ömür elementlerle birleşmiş halde doğal sularda, okyanus tabanlarındaki yumruklarda, toprakta, bitkilerde ve hayvanlarda az miktarda kobalta rastlanır.

Kobalt Orta Asya ve eski Sovyetler Birliđi'ndeki bakırlı kobalt cevherlerinde sülfürler (karolit, sijenit ve lineyit mineralleri) ve yükseltgenmiş heterojenit (hidratlı kobalt oksit), asbolit (manganez oksit ve kobalt oksit karışımı) ve karbonatlı sferokobaltit mineralleri halinde bulunur. Çoğu demir, nikel, bakır, gümüş, mangan, çinko ve arsenik cevherlerinde eser miktarda bulunan kobalt bu cevherlerden bir yan ürün olarak elde edilir. Kobalt, sığır ve koyun gibi geviş getiren hayvanların beslenmesinde ve insandaki alyuvarların olgunlaşmasında gerekli olan B12 vitamininde yer alır (Anonim, 2006).

1.3. Kirlenme

IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission)'a göre kirlenme: deniz çevresine insan oğlu tarafından gerek doğrudan, gerekse dolaylı olarak verilen madde veya enerji sonucunda deniz canlıları için zararlı olan, insan sağlığı için zarar oluşturan, balıkçılıkta dahil olmak üzere denizlerdeki aktiviteyi değiştiren, deniz suyunun içme suyu olarak kullanımında kaliteyi bozan ve tatlılığını düşüren etmenlerin tümü olarak tanımlanır (Yaramaz, 1992).

Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artışıındaki hızlanmaya bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır. Nitekim ekosistemin bir kısmını oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım halini almıştır (Kaya ve ark., 1998; Detlefsen, 1988; Şanlı, 1984; Hammand ve Beliles, 1980).

Su kirlenmesi, değişime uğrayan özelliklerine göre organik kirlenme, anorganik kirlenme, bakteriyolojik kirlenme ve termal kirlenme şeklinde sınıflandırılabilir. Sulardaki anorganik kirlenmenin en önemli kaynağını metaller oluşturmaktadır. Sulardaki ağır metal miktarları, suyun kullanma alanının yaygın ve

değişik olmasına bağlı olarak önem taşır. Alıcı su ortamındaki metaller su ürünleri, bitkiler, hayvanlar tarafından depo edilirler. Besin zincirinin en önemli halkası olan insana kadar ulaşan bu metallerle Hg, Cd, Pb, As birçok toplu akut ve kronik zehirlenme olaylarına rastlanılmaktadır. Diğer yandan alıcı sulardaki anorganik kirlilik arttığı zaman su ürünleri, bitkiler, balıklar için ve sulama suyu olarak kullanıldıklarında da çevre, bitki ve hayvanlar için zararlı olmaktadır (Yaramaz, 1992).

2. MATERYAL ve YÖNTEM



Şekil 2.1. Atatürk Baraj Gölü

2.1 Materyalin Araziden Toplanması

Bu çalışmada *Barbus rajanorum mystaceus* (Kuru, 1975) ve *Barbus xanthopterus* (Heckel, 1843) türlerindeki ağır metal birikiminin saptanması için Ocak ve Nisan 2006'da Atatürk Baraj Gölü'ndeki Samsat, Akpınar ve Bağpınar istasyonlarından balık örnekleri yakalanmıştır. Su örneği 1 litrelik polietilen kap içerisinde, balık örnekleri ise buz bulunan bir termos içinde laboratuara getirilmiştir. Balık materyalleri dissekte edilene kadar -30 °C de dondurucuda bekletilmiştir.

Sedimetler ise; sahilden 3 m içeriye girilerek göl tabanından plastik kürek ile alınmıştır. Sediment numuneleri plastik poşetlere konularak, buz ihtiva eden kutulara aktarılıp laboratuara getirilmiştir.

2.2. Materyallerin Analize Hazırlanması

Balık örneklerinin önce boy ve ağırlıkları alınmış; yaş tayini için dorsal yüzgeçlerin altından birkaç tane pul alınmıştır. Dissekte edilen her balığın yaklaşık 4-5 gr kas ile birlikte karaciğer, solungaç ve böbreklerin tümü alınarak tartılmıştır. Dissekte edilen her bir örnek, önceden darası alınmış ve etüvde bekletilmiş petrilere aktarılmıştır. Örneklerin yaş ağırlıkları hassas terazi ile tartılıp, petrilere içerisinde 80 °C de 24 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Sabit ağırlığa ulaşan her örnek porselen havanda dövülüp homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen örnekler desikatöre aktararak nemlenmeleri önlenmiştir. Homojen hale gelen örneklerden hassas terazi yardımı ile 0.8 gramlık parçalar elde edilerek 100 ml lik etiketlenmiş beherlere aktarılıp çözünürleştirme işlemine başlanmıştır.

İşlem esnasında kullanılan tüm malzemeler (beher, petri kabı, baget, balon joje, pipet, erlen, havan, saat camı) kromik asitte bekletilip daha sonra saf sudan geçirilerek 100°C’de kurutulmuşlardır.

Atatürk Baraj Gölü’nün çeşitli istasyonlarından alınan her bir sediment örneği saat camı içerisine bırakılarak 110 °C ‘de 24 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Daha sonra sediment örnekleri havanda öğütülerek 100 meşlik elekten geçirilmiştir. Öğütülen örnekler tekrar 110 °C’de 2 saat kurutulup, desikatörde bekletilmiştir.

Çeşitli istasyonlardan alınan su örneklerine bir damla nitrik asit damlatıldıktan sonra süzgeç kağıdı ile süzülmüştür. Süzülen su numuneleri 25 ml’lik balon jojelere aktarılmıştır.

2.3. Materyallerin Çözünürleştirilmesi

2.3.1. Deneyde kullanılan asitler

2.3.1.1. 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).

2.3.1.2. 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 monoperoksosülfürik 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).

2.3.1.3. 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 çözünürlükleri artırılabilir. Genellikle nitrik asit kullanılır (Toscalı ve Eren, 2004).

2.3.2. Çözünürleştirme metodu

2.3.2.1. Balık örneklerinin çözünürleştirilmesi

0.8 gr'lık numune içeren beherler, çeker ocak içindeki 120 °C'lik ısıtıcı tablaya bırakılıp, her birine 5 ml HNO₃ (Merck %65) ilave edilmiştir. 25 dakika sonunda ısıtıcı tabladan alınıp soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan beherlere 10'ar ml HNO₃ (Merck %65) ilave edilip tekrar ısıtıcı tabla üzerine alınmıştır. 20 dakika sonunda beherler tekrar soğumaya alınmıştır. Her bir behere 5 ml hidrojen peroksit (Merck %65) eklenip 15 dakika daha ısıtılmıştır. Çözünürleştirme işlemi sonunda beherler ısıtıcı tabladan alınıp oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan beherler saf su ile yıkanıp, cam bir huni yardımı ile 25 ml'lik balon jodelere aktarılmıştır.

2.3.2.2. Sediment örneklerinin çözünürleştirilmesi

Her bir sediment numunesinden 3 gr örnek alınıp mikrodalga çözünürleştirme tüplerine aktarılmıştır. Sediment örnekleri üzerine 2.5 ml HNO₃+7.5 ml HCl çözeltisi ilave edilmiştir. Tüplerin ağzı sıkıca kapatılarak mikrodalga fırınına yerleştirilmiş ve çözünürleştirilme programı uygulanmıştır. 140°C'de 5 dakika, 160°C'de 5 dakika, 175°C'de 20 dakika çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra; tüpler iyice saf su ile yıkanarak süzgeç kağıdı ile süzdürülerek, 25 ml'lik balon jodelere aktarılmıştır.

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).

2.4. ICP Spektrofotometre ile Metal Analizi

Ölçümler ICP spektrofotometresi (indüktif eşleşmiş plazma emisyon spektroskopisi) ile ölçülmüştür. İndüktif eşleşmiş plazma spektroskopisinin temel prensibi (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy - ICP) yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak

iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir. Bu yöntemle 10^{-9} - 10^{-12} M düzeyinde iz element analizi yapılabilmektedir. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur. ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle 27 veya 40 MHz'lik güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örnek genellikle sıvı fazda, aerosol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir. Şekil 2.2.'de gösterilen ICP-OES cihazında, aerosol tanecikleri plazmada sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analizlenir (Toscalı ve Eren, 2004).

Analizi yapılacak her metal için 0.1, 0.3, 0.5 ppm ayrıca; demir ve kurşun için 1 ppm konsantrasyonlarda standartlar, 100 ppm'lik çözeltiden seyreltilerek hazırlanmıştır. ICP de olabilecek hata payını en aza indirebilmek için örneklerdeki asit miktarıyla orantılı olarak hazırlanan standartlara %18'lik HNO_3 ilave edilmiştir. Kör olarak yine %18'lik HNO_3 içeren solüsyon kullanılmıştır. Her bir element için kullanılan absorpsiyon değerleri; Mangan 257.61 nm, krom 267.716 nm, kobalt 228.616 nm, bakır 327.393 nm, kurşun 220.353 nm, nikel 231.604 nm, kadmiyum 228.802 nm demir 238.204 nm, çinko 206.2 nm'dir. Metal konsantrasyonların hesaplanmasında yaş ağırlıklar kullanılmış ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

Su analizi için 0.01, 0.1, 0.5, 1, 5 ppm konsantrasyonlarda standartlar hazırlanmıştır.

Sediment analizi için 0.1, 0.5, 5, 50 ppm konsantrasyonlarda standartlar hazırlanmıştır. Sedimentteki metal konsantrasyonların hesaplanmasında kuru ağırlıklar kullanılmış ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.



Şekil 2.2. PerkinElmer Optima 5300 DV ICP-OES

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

3.1. Atatürk Baraj Gölü Su ve Sediment Analiz Sonuçları

Çizelge 3.1. Atatürk Baraj Gölü suyunda ölçülen ağır metal değerleri (ppm) N.D. ölçümler ICP duyarlılık sınırlarının altındadır (*) Çalışılmayan metaller

Su örneklerinin alındıkları yerler	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Bağpınar (Adıyaman)	N.D.	0.001	0.005	N.D.	N.D.	N.D.	0.022	N.D.	N.D.
Akpınar (Adıyaman)	N.D.	0.03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.027	N.D.	N.D.
Gediz Nehri Bakaç ve Kumru (2001)	0.001-0.017	*	*	*	*	0.004-0.084	0.003-0.046	0.002-0.008	0.01-0.11
Akpınar (Adıyaman) Karadede (2000)	*	0.0039	N.D.	N.D.	0.011	0.22	0.197	N.D.	N.D.

Çizelge 3.2. Atatürk Baraj Gölü sedimentinde ölçülen ağır metal değerleri (ppm)

N.D. ölçümler ICP duyarlılık sınırlarının altındadır (*) Çalışılmayan metaller

Sedimentin alındığı yerler	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Bağpınar (Adıyaman)	122.384	734.26	33 003.77	11.96.	148.46	19.71	28.86	N.D.	2.40
Akpınar (Adıyaman)	78.99	922.36	34 103.22	10.86	80.17	86.19	33.52	N.D.	8.42
Akpınar (Adıyaman) Karadede (2000)	*	514.07	19 265	N.D.	139.69	22.70	59.14	N.D.	N.D.
Büyük Menderes Nehri Akçay (2003)	165	*	*	*	*	137	120	N.D.	54
Dipsiz Deresi Demirak (2006)	19 700	*	*	*	*	13 000	37 000	0.8	83 600

Atatürk Baraj Gölü'nün suyundaki ağır metal analiz sonuçları çizelge 3.1.'de; sedimentindeki ağır metal analiz sonuçları çizelge 3.2.'de verilmiştir. Örnek alınan istasyonlardaki suda krom, kobalt, nikel, bakır, kadmiyum ve kurşun ölçülemediği. Diğer metaller ise çok düşük miktarlarda bulunmuştur. Bu durum, suyun pH'nın 7.5-8.5 arasında olmasından dolayı bu ortamda metallerin çözünür durumda olmadığı şeklinde açıklanabilir. Çizelge 3.2.'de görüldüğü gibi sedimentte Cd ölçülemediği.

3.1.1. *Barbus xanthopterus*'da ağır metal birikimi

Bu çalışmada toplam 11 adet *Barbus xanthopterus* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 324-1964 gr, çatal boyları 305-500 mm, yaşları ise 3-9 arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 3.3. Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus xanthopterus*'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm) N.D. ölçümler ICP duyarlılık sınırlarının altındadır Min-minimum, max-maksimum, S.D.-standart sapma

		Fe	Zn	Mn	Cr	Cu	Co	Pb	Ni	Cd
Karaciğer	Min.	48.05	8.75	0.42	0.03	1.44	0.03	0.26	0.02	0.01
	Max.	162.47	30.8	3.08	0.34	14.19	0.51	3.3	0.41	0.01
	Ortalama	95.08	17.16	1.16	0.14	6.27	0.2	1.74	0.11	0.01
	S.D.	202.33	74.31	0.63	0.24	32.19	0.56	3.04	0.19	0.26
Kas	Min.	3.03	0.71	0.16	0.014	0.2	0.03	0.25	0.01	N. D.
	Max.	8.66	2.93	0.31	0.35	0.34	0.21	1.73	0.34	
	Ortalama	5.26	1.39	0.19	0.11	0.27	0.07	0.7	0.08	
	S.D.	4.13	2.21	0.24	0.26	0.21	0.23	1.34	0.14	
Böbrek	Min.	41.14	8.01	0.35	0.02	0.62	0.09	0.19	0.01	0.01
	Max.	236.37	20.72	1.4	0.91	2.35	0.82	2.98	0.46	1.04
	Ortalama	102.97	12.10	0.57	0.20	1.03	0.26	0.94	0.10	0.27
	S.D.	108.23	20.41	0.97	0.34	0.63	1.55	7.20	0.18	0.54
Solungaç	Min.	28.37	4.16	0.41	0.01	0.56	0.02	0.5	0.04	N.D.
	Max.	212.22	42.17	5.69	0.47	1.16	0.52	4.47	0.77	
	Ortalama	67.50	11.31	2.52	0.21	0.76	0.18	1.50	0.20	
	S.D.	143.22	49.15	6.86	0.72	1.51	0.56	0.14	0.37	

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Barbus xanthopterus*'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarında ölçülen Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Co, Pb, Ni, Cd'un maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 3.3.'de verilmiştir. *Barbus xanthopterus*'un kas ve solungaç dokularında kadmiyum konsantrasyonu ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

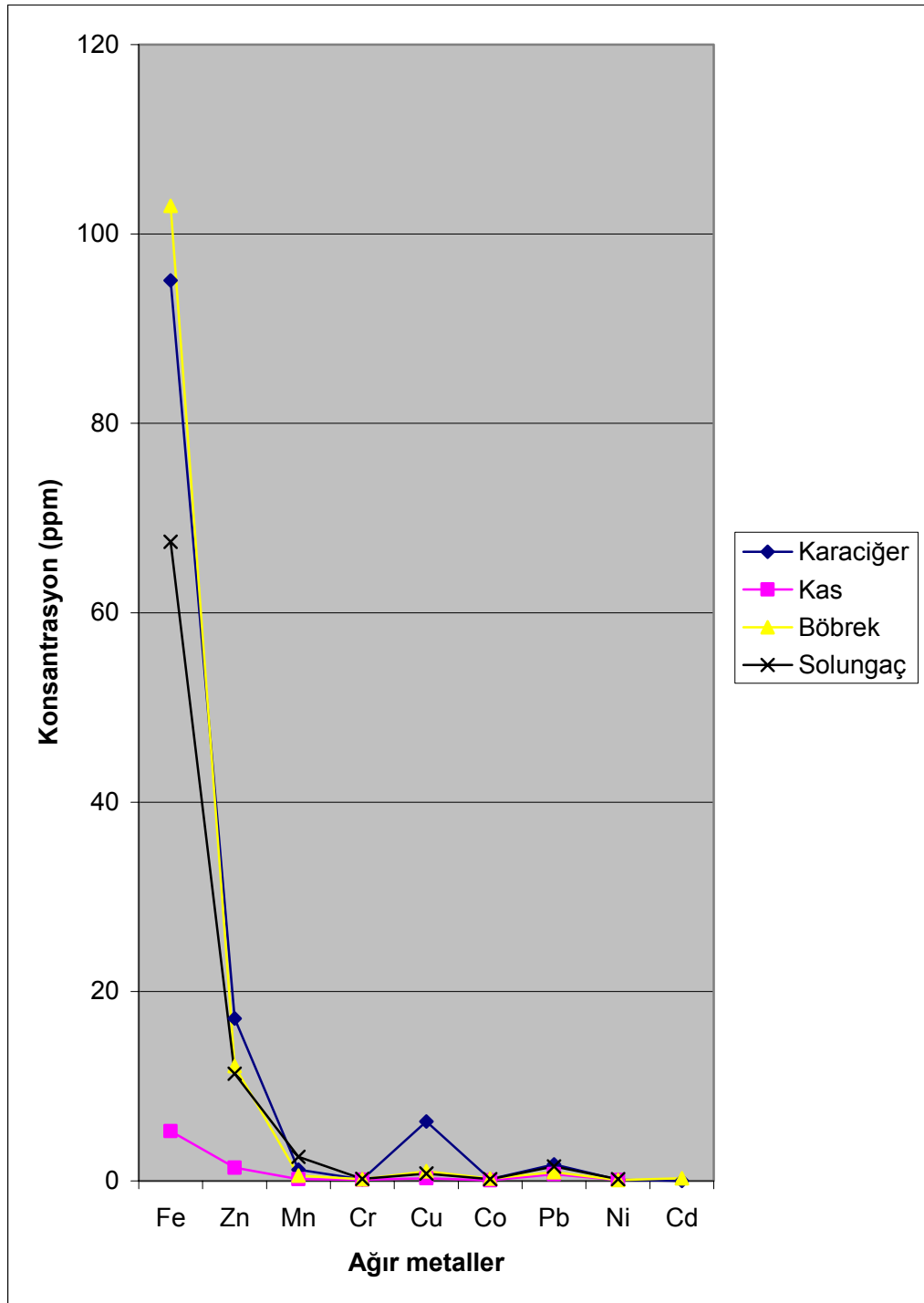
Barbus xanthopterus'un karaciğerinde ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 95.08 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla; 17.16 ppm ile çinko (Zn); 6.27 ile bakır (Cu); 1.74 ppm ile kurşun (Pb); 1.16 ppm ile mangan (Mn); 0.2 ppm ile kobalt (Co); 0.14 ppm ile krom (Cr); 0.11 ile nikel (Ni); 0.01 ppm ile kadmiyum (Cd) takip etmektedir.

Barbus xanthopterus'un kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 5.26 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla; 1.39 ppm ile çinko (Zn); 0.7 ile kurşun (Pb); 0.27 ppm ile bakır (Cu); 0.19 ppm ile mangan (Mn); 0.11 ppm ile krom (Cr); 0.08 ppm ile nikel (Ni); 0.07 ile kobalt (Co) takip etmektedir.

Barbus xanthopterus'un böbreğinde ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 102.97 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla; 12.10 ppm ile çinko (Zn); 1.03 ppm ile bakır (Cu); 0.94 ppm ile kurşun (Pb); 0.57 ppm ile mangan (Mn); 0.27 ppm ile kadmiyum (Cd); 0.26 ppm ile kobalt (Co); 0.2 ppm ile krom (Cr); 0.1 ppm ile nikel (Ni) takip etmektedir.

Barbus xanthopterus'un solungacında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 67.5 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla; 11.31 ppm ile çinko (Zn); 2.52 ppm ile mangan (Mn); 1.5 ppm ile kurşun (Pb); 0.76 ppm ile bakır (Cu); 0.21 ile krom (Cr); 0.2 ppm ile nikel (Ni); 0.18 ppm ile kobalt (Co) takip etmektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında, demir, kobalt en fazla böbreklerde bulunurken, bunu sırasıyla karaciğer, solungaç ve kas izlemiştir. Çinko ve bakır en fazla karaciğerde bulunurken, bunu sırasıyla böbrek solungaç ve kas izlemiştir. Kurşun en fazla karaciğerde bulunurken bunu sırasıyla solungaç, böbrek ve kas izlemiştir. Mangan ve nikel en fazla solungaçta bulunurken bunu sırasıyla karaciğer, böbrek ve kas izlemiştir. Krom en fazla solungaçta bulunurken bunu sırasıyla böbrek, karaciğer ve kas izlemiştir. Kadmiyuma ise en fazla sırasıyla böbrek ve karaciğerde rastlanmıştır.



Şekil 3.1. Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus xanthopterus*'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Barbus xanthopterus'un karaciğerindeki en yüksek metal konsantrasyonu Fe>Zn>Cu>Pb>Mn>Co>Cr>Ni>Cd; Böbrekte Fe>Zn>Cu>Pb>Mn>Cd>Co>Cr>Ni; Solungaçta Fe>Zn>Mn>Pb>Cu>Cr>Ni>Co; Kasta ise Fe>Zn>Pb>Cu>Mn>Cr>Ni>

Co olarak belirlenmiştir. Karaciğer, kas, böbrek ve solungaçtaki ağır metal birikiminin değişimi şekil 3.1.'de görülmektedir.

3.1.2. *Barbus rajanorum mystaceus*'ta ağır metal birikimi

Bu çalışmada toplam 8 adet *Barbus rajanorum mystaceus* kullanılmış olup, balık ağırlıkları 154-1672 gr, çatal boyları 320-570 mm, yaşları ise 3-7 arasında değişiklik göstermiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Barbus rajanorum mystaceus*'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarında ölçülen Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Co, Pb, Ni, Cd'un maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 3.4.'de verilmiştir. *Barbus rajanorum mystaceus*'un kas ve solungaç dokularında kadmiyum konsantrasyonu ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

Çizelge 3.4. Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus rajanorum mystaceus*'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm) N.D. ölçümler ICP duyarlılık sınırlarının altındadır Min-minimum, max-maksimum, S.D.-standart sapma

		Fe	Zn	Mn	Cr	Cu	Co	Pb	Ni	Cd
Karaciğer	Min.	34.4	11.55	0.66	0.0024	2.97	0.08	0.88	0.05	0.01
	Max.	129.79	44.93	1.09	0.17	24.75	0.49	2.72	0.16	0.16
	Ortalama	95.35	25.27	0.87	0.09	8.71	0.18	1.60	0.09	0.05
	S.D.	200.24	76.97	0.79	0.20	28.85	0.50	2.75	0.22	0.24
Kas	Min.	2.87	0.14	0.13	0.05	0.16	0.02	0.01	0.01	
	Max.	6.0	2.84	0.26	0.18	2.27	0.21	1.02	0.07	N.
	Ortalama	3.97	1.76	0.19	0.09	0.47	0.10	0.61	0.04	D.
	S.D.	5.60	2.91	0.25	0.22	0.38	0.19	1.38	0.12	
Böbrek	Min.	56.85	5.48	0.01	0.04	0.03	0.17	0.62	0.04	0.02
	Max.	103.93	18.77	0.78	0.17	31.95	0.96	4.12	0.15	1.08
	Ortalama	83.79	11.73	0.41	0.09	5.18	0.37	1.64	0.10	0.34
	S.D.	122.08	12.90	0.67	0.31	4.13	1.33	4.39	0.16	0.48
Solungaç	Min.	26.14	9.68	1.39	0.14	0.33	0.17	0.88	0.12	
	Max.	120.95	57.22	6.41	0.35	25.6	0.54	5.85	0.23	N.
	Ortalama	63.73	37.31	3.42	0.22	10.39	0.44	2.30	0.17	D.
	S.D.	138.64	58.68	4.53	0.62	1.47	0.50	0.26	0.45	

Barbus rajanorum mystaceus'un karaciğerinde ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 95.35 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla 25.27 ppm ile çinko (Zn); 8.71 ppm ile bakır (Cu); 1.6 ppm ile kurşun (Pb); 0.87 ppm ile mangan (Mn); 0.18

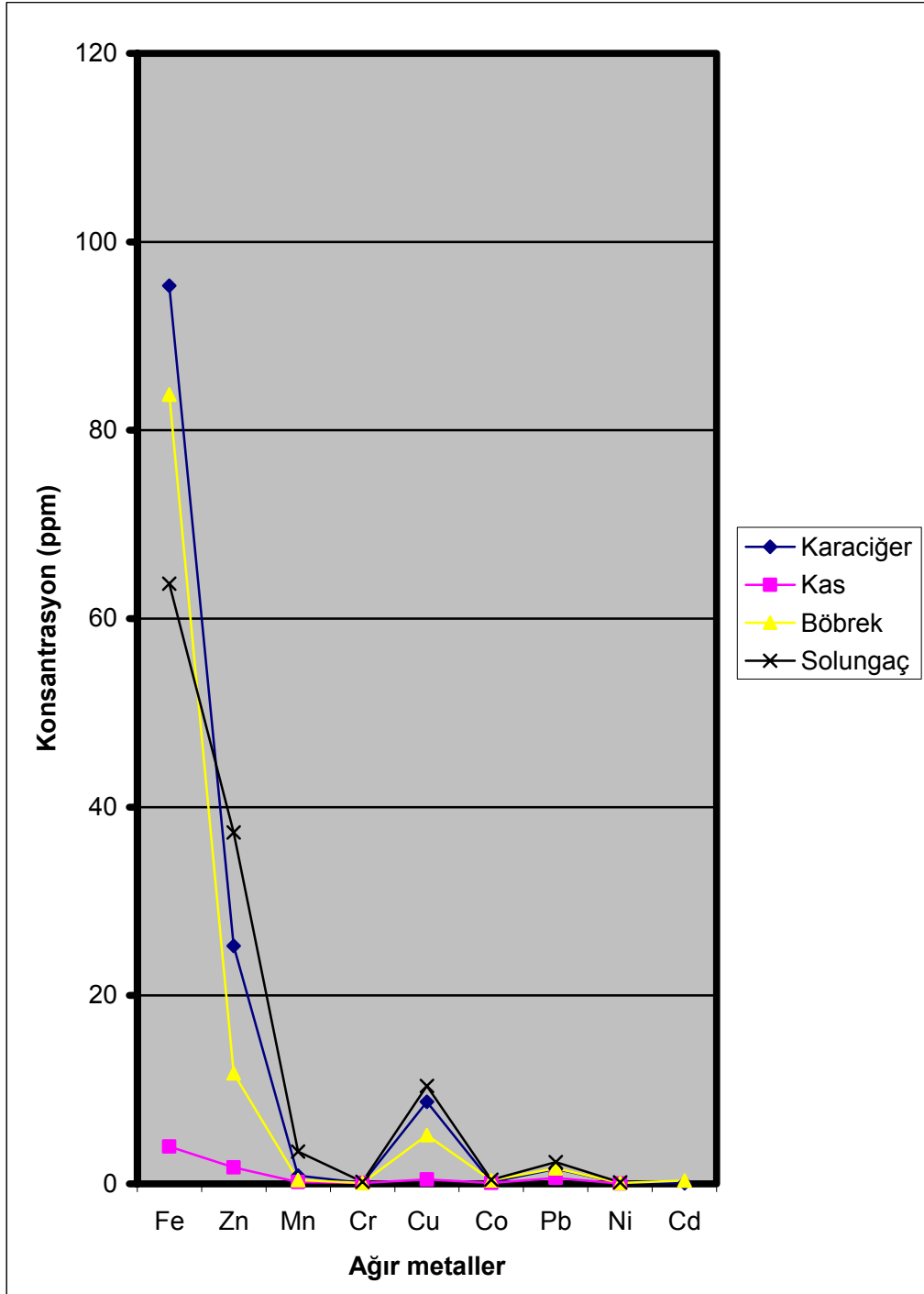
ppm ile kobalt (Co); 0.09 ile krom (Cr) ve nikel (Ni); 0.05 ppm ile kadmiyum (Cd) takip etmektedir.

Barbus rajanorum mystaceus'un kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 3.97 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla 1.76 ppm ile çinko (Zn); 0.61 ile kurşun (Pb); 0.47 ppm ile bakır (Cu); 0.19 ppm ile mangan (Mn); 0.1 ppm ile kobalt (Co); 0.09 ppm ile krom (Cr); 0.04 ppm ile nikel (Ni) takip etmektedir.

Barbus rajanorum mystaceus'un böbreğinde ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 83.79 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla 11.73 ppm ile çinko (Zn); 5.18 ppm ile bakır (Cu); 1.64 ile kurşun (Pb); 0.41 ppm ile mangan (Mn); 0.37 ppm ile kobalt (Co); 0.34 ppm ile kadmiyum (Cd); 0.1 ppm ile nikel (Ni); 0.09 ppm ile krom (Cr) takip etmektedir.

Barbus rajanorum mystaceus'un solungacında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 63.73 ppm ile demir (Fe), bunu sırasıyla 37.31 ppm ile çinko (Zn); 10.39 ppm ile bakır (Cu); 3.42 ppm ile mangan (Mn); 2.3 ppm ile kurşun (Pb); 0.44 ppm ile kobalt (Co); 0.22 ppm ile krom (Cr); 0.17 ppm ile nikel (Ni) takip etmektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında, demir en fazla karaciğerde bulunurken, bunu sırasıyla böbrek, solungaç ve kas izlemiştir. Çinko, bakır ve mangan en fazla solungaçta bulunurken, bunu sırasıyla karaciğer, böbrek ve kas izlemiştir. Kurşun, kobalt ve nikel en fazla solungaçta bulunurken bunu sırasıyla böbrek, karaciğer ve kas, izlemiştir. Krom karaciğer, böbrek ve kasta eşit oranda bulunurken bunları solungaç izlemiştir. Kadmiyuma böbrek ve karaciğerde rastlanmıştır.



Şekil 3.2. Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus rajanorum mystaceus*'un karaciğer, kas, böbrek ve solungaçlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Barbus rajanorum mystaceus'un karaciğerindeki en yüksek metal konsantrasyonu Fe>Zn>Cu>Pb>Mn>Co>Cr=Ni>Cd; böbrekte Fe>Zn>Cu>Pb>Mn>Co>Cd>Ni>Cr; solungaçta Fe>Zn>Cu>Mn>Pb>Co>Cr>Ni; kasta ise Fe>Zn>Pb>Cu>Mn>Co>Cr>Ni olarak belirlenmiştir. Karaciğer, kas, böbrek ve solungaçtaki ağır metal değerlerinin değişimi şekil 3.2.'de görülmektedir.

3.2.Tartışma

Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi Atatürk Baraj Gölü'nün su ve sedimentindeki ağır metal konsantrasyonları, Karadede ve Ünlü (2000)'nün Atatürk Baraj Gölü'nde yaptıkları su ve sediment örnekleriyle karşılaştırıldığında yakın konsantrasyonlara sahip olduğu (kurşun ve kobalt metali hariç); Akçay ve ark. (2003)'nün Büyük Menderes Nehri ve sediment örnekleriyle karşılaştırıldığında ise; Atatürk Baraj Gölü'nün daha düşük oranda eser element içerdiği (krom metali hariç) gözlenmiştir. Bu durum, Atatürk Baraj Gölü'nün ağır metal bakımından kirletici bir kaynağa sahip olmadığını göstermektedir.

Barbus rajanorum mystaceus ve *Barbus xanthopterus*'ta en düşük ağır metal birikimi kas dokusunda gözlenmiştir. Kaslar genellikle metal depolamayan organ olarak kabul edilir (Legorburu ve ark., 1988). *Barbus rajanorum mystaceus*'ta Fe en fazla karaciğerde gözlenirken; Cd en fazla böbrekte; Zn, Mn, Cr, Cu, Co, Pb ve Ni ise en fazla solungaçlarda gözlenmiştir. *Barbus xanthopterus*'ta Fe, Co ve Cd en fazla böbrekte gözlenirken; Zn, Cu ve Pb karaciğerde; Mn, Cr ve Ni ise en fazla solungaçlarda gözlenmiştir.

Cd, Cu, Cr, Ni, Zn ve Mn gibi ağır metaller besin zinciriyle girdikleri canlı bünyelerinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılmadıkları için birikime uğrar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması halinde, toksik etki yaparlar. Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, etkide kalınan süreye ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Ağır metaller letal olmayan konsantrasyonlarda genellikle balıkların karaciğer gibi metabolik olarak aktif olan organlarında birikmektedir (Karadede ve Ünlü, 1998). Metallerin vücut dışına çıkarılma yollarından biri ve en

önemlisi böbreklerdir. Gerçekte böbreklerin vücuttan toksik maddelerin çıkarılmasını sağlayan kompleks filtreler oldukları kabul edilebilir (Masters, 1991). Bu nedenle metallerin en fazla biriktikleri organlar karaciğer ve böbreklerdir.

Bu çalışmada karaciğer, böbrek ve solungaçtaki Fe, Zn ve Cu konsantrasyonları kas dokusundaki konsantrasyonlara oranla oldukça yüksek bulunmuştur. Çinko ve bakırın karaciğerde yüksek konsantrasyonlarda bulunmasının nedeni, metallothioenin adı verilen bir proteine bağlı olmasından kaynaklanmaktadır (Carpene ve ark., 1990). *Barbus xanthopterus*'un karaciğerindeki metal birikimleri incelendiğinde; demir 95.08 ppm, çinko 17.16 ppm, bakır 6.27 ppm olarak bulunmuştur. *Barbus rajanorum mystaceus*'un karaciğerindeki metal birikimleri incelendiğinde; demir 95.35 ppm, çinko 25.27 ppm, bakır 8.71 ppm olarak bulunmuştur. Karaciğerde saptanan yüksek demir, çinko ve bakır seviyesi, karaciğerin bu türlerde bakırın regülasyonu ve depolanmasında etkin bir işlevi olduğu (Carpene ve ark., 1990); çinkonun, karaciğer, böbrek ve kemik gibi dokularda biriktiği (Koizumi ve ark., 1989; Jenkins, 1989; Milhaud ve Mehennoovi, 1988); demirin fazlasının karaciğer, kemik iliği ve dalakta biriktiği bildirilmiştir (Şanlı ve Kaya, 1995; Parada, 1987). Karaciğerdeki yüksek metal konsantrasyonları bu kısmın, metal detoksifikasyon yeri olmasından kaynaklanmaktadır (Karadede ve Ünlü, 1998).

Karadede ve Ünlü (2000)'nün Atatürk Baraj Gölü'nde *Carasobarbus luteus*'un karaciğerinde yaptığı inceleme sonucunda bakır 30.74 ppm, demir 173.73 ppm ve mangan 12.46 ppm, çinko 51.66 ppm olarak bulunmuş; kadmiyum, kobalt, molibden, nikel ve kurşun kalıntısına ise rastlanılmamıştır. *Carasobarbus luteus*'un karaciğerinde belirlenen değerler, aynı bölgede incelediğimiz balık türlerinden oldukça yüksektir. Metallerin dokularda birikiminde; mevsimler (Kargin, 1996), balığın uzunluğu ve ağırlığı, suyun fiziksel ve kimyasal durumu (Jeziarska ve Witeska, 2001) gibi çeşitli faktörler rol oynar.

Göksu ve ark. (2003)'nün Seyhan Baraj Gölü'nde *Cyprinus carpio* ve *Stizostedion lucioperca* türlerinin kaslarında yaptıkları araştırma sonucunda metal

değerleri Fe>Zn>Cd şeklinde bulunmuştur. *Cyprinus carpio* 'nun kasında demir 1.93 ppm, çinko 0.84 ppm, kadmiyum 0.46 ppm olarak bulunmuştur. *Stizostedion lucioperca* 'nın kasında demir 1.85 ppm, çinko 0.54 ppm, kadmiyum 0.49 ppm olarak bulunmuştur. Sonuçlar Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus* türleri ile karşılaştırıldığında; demir ve çinko metal değerleriyle uyum içinde olduğu görülmektedir.

Mendil ve ark. (2005)'nin Almus Gölü'nde yaptıkları *Leuciscus cephalus* 'un kasındaki çalışma sonucunda; çinko 30.85 ppm, kurşun 1.1 ppm, krom 1.1 ppm, bakır 1.3 ppm, kadmiyum 0.15 ppm olarak bulunmuştur. Sonuçlar Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus* türleri ile karşılaştırıldığında; çinko ve krom hariç diğer metaller ile uyum içinde olduğu görülmektedir.

Canlı ve Kalay (1997)'nin Seyhan nehrinde yaptıkları *Chondrostoma regium* 'un kasındaki çalışma sonucunda kurşun 6.58 ppm, bakır 4.21 ppm, kadmiyum 0.95 ppm, krom 0.82 ppm olarak bulunmuş fakat araştırma sonucunda örneklerde çinko kalıntısına rastlanılmamıştır. Sonuçlar Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus* türleri ile karşılaştırıldığında; *Chondrostoma regium* 'un metal konsantrasyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir.

Demirak ve ark. (2006)'nin Dipsiz Deresi'nde *Leuciscus cephalus* 'un kas dokusunda yaptıkları inceleme sonucunda kadmiyum 0.012 ppm, bakır 0.79 ppm, kurşun 0.23 ppm, çinko 11.06 ppm ve krom 2.54 ppm olarak bulunmuştur. Sonuçlar Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Barbus* türleri ile karşılaştırıldığında; Cu ve Pb değerlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir.

Ünlü ve ark. (1996)'nin Dicle Nehri'nde *Liza abu* 'nun kas dokusunda yaptıkları inceleme sonucunda bakır için 23.77 ppm değeri bulunurken; çinkoda 11.10-61.35 ppm ve mangan da 4.94-14.76 ppm arasında değişik değerlere ulaşıldığını belirtmişlerdir. Ünlü ve ark. (1996)'nin Dicle Nehri'nde *Capoetta trutta* 'nın kas dokusunda yaptıkları inceleme sonucunda bakır 29.90 ppm, çinko 53.07 ppm ve nikel 36.31 ppm olarak bulunmuştur. Bu değerlerin bulunmasının

sebebi olarak Ergani Bakır Fabrikası'nın filtrasyon atıklarının nehre boşaltılmasını göstermişlerdir.

Yılmaz (2005)'ın İskenderun Körfezi'nde yaptığı *Mugil cephalus*'nin kasındaki çalışma sonucunda; çinko 47.25 ppm, bakır 1.39 ppm, demir 66.38 ppm, kurşun 6.42 ppm, krom 1.71 ppm, nikel 1.34 ppm olarak bulunmuştur. Yılmaz'ın İskenderun Körfezi'nde (2005) yaptığı *Sparus aurata*'un kasındaki çalışma sonucunda; çinko 31.23 ppm, bakır 0.51 ppm, demir 28.81 ppm, kurşun 7.33 ppm, krom 0.99 ppm, nikel 0.86 ppm olarak bulunmuştur. Sonuçlar Atatürk Baraj Gölü'nde çalıştığımız iki *Barbus* türü ile karşılaştırıldığında; *Mugil cephalus* ve *Sparus aurata* metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Metal konsantrasyonlarının yüksek olmasının sebebi o bölgede endüstriyel atıkların fazla oluşuna bağlanmıştır.

Karadede ve Ünlü (2000)'nün Atatürk Baraj Gölü'nde *Capoetta trutta*'nın kas dokusunda yaptığı inceleme sonucunda bakır 1.68 ppm, demir 3.64 ppm ve mangan 0.55 ppm, çinko 5.32 ppm olarak bulunmuş, kadmiyum, kobalt, molibden, nikel ve kurşun kalıntısına ise rastlanılmamıştır. Karadede ve Ünlü (2000)'nün Atatürk Baraj Gölü'nde *Carasobarbus luteus*'nin solungacında yaptığı inceleme sonucunda bakır 3.08 ppm, demir 96.18 ppm ve mangan 7.92 ppm, çinko 28.39 ppm olarak bulunmuş, kadmiyum, kobalt, molibden, nikel ve kurşun kalıntısına ise rastlanılmamıştır. Bulduğumuz sonuçlar *Capoetta trutta* ile karşılaştırıldığında metal konsantrasyonları uyum içerisindedir. *Carasobarbus luteus*'un solungaçlarındaki metal konsantrasyonu ise oldukça yüksektir. Birecik Baraj Gölü'nden farklı dönemlerde yakalanan balıklardan *Carasobarbus luteus*'un *Dreissena polymorpha* erginleri ile beslendiği kaydedilmiştir (Bobat ve ark., 2002). *Dreissena polymorpha*, suda asılı bulunan partikülleri süzerek beslenmektedir. Bu yüzden dokuları, buldukları su ortamındaki kirlilik düzeyini yansıtıcı karakterdedir. Ortamdaki ağır metal oluşumları dokularından tespit edilebilmektedir (Herwig ve Brands, 1989).

Karadede ve ark. (2004)'nün Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Silurus triostegus*'un karaciğerindeki metal birikimi çalışması incelendiğinde, bakır 6.45 ppm, demir 35.31

ppm, çinko 20.36 ppm, mangan 1.06 ppm, nikel 0.99 ppm olarak bulunmuştur; molibden ve kobalta ise rastlanılmamıştır. Sonuçlar Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Silurus triostegus* ile karşılaştırıldığında metal konsantrasyonları açısından uyum içerisinde olduğu sadece demir metalinin Barbus türlerinde daha yüksek çıktığı gözlenmiştir.

Altındağ ve Yiğit (2005)'in Beyşehir Gölü *Leuciscus cephalus*'un kas dokusunda yaptıkları inceleme sonucunda kadmiyum 0.58 ppm, kurşun 0.4 ppm, krom 0.36 ppm olarak bulunmuştur. Sonuçlar Atatürk Baraj Gölü'ndeki Barbus türleri ile karşılaştırıldığında; Cr ve Pb değerlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir.

Dural ve ark. (2007)'nin Tuzla Lagünü'nde *Dicentrarchus labrax*'ın kasındaki metal birikimi çalışması incelendiğinde, çinko 72.28 ppm, demir 10.63 ppm, kadmiyum 0.08 ppm, bakır 0.26 ppm, kurşun 0.4 ppm olarak bulunmuştur. Dokuların kuru ağırlıklarına göre hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar çalıştığımız iki Barbus türü ile karşılaştırıldığında; çinko metali hariç diğer metallerin Tuzla Lagünü'nde daha düşük miktarlarda bulunduğu görülmektedir.

Türkmen ve ark. (2004)'nin İskenderun Körfezi'nde *Mullus barbatus*'un kasındaki metal birikimi çalışması incelendiğinde; krom 2.719 ppm, bakır 2.201 ppm, mangan 2.151 ppm, kobalt 0.950 ppm, nikel 1.359 ppm, kadmiyum 0.831 ppm, kurşun 1.808 ppm, çinko 4.808 ppm, demir 9.682 ppm olarak bulunmuştur. Dokuların kuru ağırlıklarına göre hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar çalıştığımız iki Barbus türü ile karşılaştırıldığında; *Mullus barbatus*'un metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Metal konsantrasyonlarının yüksek olmasının sebebi o bölgede endüstriyel atıkların fazla oluşuna bağlanmıştır.

Balıkların organ ve dokularındaki metal birikimi incelendiğinde demir, çinko, nikel, krom ve manganın en çok solungaçlarda bulunması bu organın, balığın osmotik ve iyonik regülasyonundaki işlevinden kaynaklanmaktadır (Heath, 1987). Vücutlarında ki demirin diğer elementlere oranla daha fazla birikebilmeleri

sedimentte ve suda anaerobik koşullarda bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda Fe^{+3} ün Fe^{+2} ye indirgenerek karbondioksitli sularda kolayca çözünmeleri ile ortama bol miktarda geçebildiklerinden dolayı olduğu belirtilmektedir (GEY ve Mordoğan, 1988). Balıklarda metal etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalar; Pb ve Cd tuzları kuvvetli balık zehirleri olduğunu göstermekte, bunlara ek olarak ortamda Zn ve Cu bulunursa balıklar üzerindeki toksik etkiyi daha da artırmaktadır (Yaramaz, 1992).

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Üzerinde çalışılan balık türlerinden alınan karaciğer, kas, böbrek ve solungaç örnekleri incelendiğinde, en az metal birikimi kaslarda gözlenmiştir. Metal birikiminin daha yoğun olarak karaciğer, böbrek ve solungaçlarda gözlenmesinin nedeni metabolik olarak aktif olmalarından kaynaklanmaktadır.

Çinko ve bakırın karaciğerde yüksek konsantrasyonlarda bulunmasının nedeni, metallothioenin adı verilen bir proteine bağlı olmasından kaynaklanmaktadır.

Böbrekler ağır metallerin vücuttan atılmalarını sağlayan filtreler olarak görev yaparlar. Solungaçlarda ki ağır metal birikiminin nedeni ise osmotik ve iyonik regülasyonundaki işlevinden kaynaklanmaktadır.

Çalıştığımız iki balık türünde ki metal konsantrasyonları yakın değerlerdedir. Metal konsantrasyonunun bazı balıklarda farklılık göstermesi; balığın ağırlığı, boyu, yaşı, mevsimsel, suyun fiziksel ile kimyasal durumu ve beslenme şekli ile ilgili olabilir.

Atatürk Baraj Gölü'nde çalıştığımız balıkların kaslarından elde edilen sonuçlardaki Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr, Co değerleri balık için önerilen kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur (22223 sayılı resmi gazete ve EPA, 1999).

Kurşun metalindeki artışın nedeni ise, Botaş'a ait Batman-Yumurtalık petrol boru hattında 13 Nisan 2005 tarihinde meydana gelen delinme neticesinde Atatürk Baraj Gölü'ne sızan ham petrolden kaynaklandığı belirtilmektedir (Anonim, 2005).

Şu an itibarı ile gerek insan hayatı gerekse Atatürk Baraj Gölü faunasını olumsuz yönde etkileyecek düzeyde ağır metal birikiminin olmadığı tespit edilmiştir.

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmamıza yakın ve destekler nitelikte sonuçlar alındığı görülmektedir. Atatürk Baraj Gölü'nün kirlenmesinin önlenmesi için;

- Tarımsal faaliyetlerde kullanılan zirai ilaç ve kimyevi gübrelerin göle sızmasının engellenmesi gerekmektedir.
- Yeni yerleşim birimlerinin göle yakın mesafelerde yapılmasına izin verilmemelidir.
- Özellikle baraj gölü ve onu besleyen akarsu üzerindeki azda olsa mevcut bulunan ticari faaliyetin denetime tabi tutulması gerekmektedir.
- Kanalizasyon atıklarının göle bırakılması önlenmelidir.
- Sanayi tesislerinin özellikle gölden uzakta yapılması ve atıklarının göle bırakılması önlenmelidir.

Yukarıda bahsi geçen ve her an tehlike yaratabilecek başka etkenler ve doğanın olağan yıpranışı dikkate alındığında; önemli su ürünlerine sahip Atatürk Baraj Gölü'ndeki metal kirliliğini arttıracak muhtemel tehlikelere karşı tedbirlerin alınması gerektiği kanaatini taşımaktayız.

KAYNAKLAR

- AKCAY, H., OGUZ, A., and KARAPIRE, C., 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Buyuk Menderes and Gediz River Sediments. *Water Research*, 37:813–822.
- ALTINDAĞ, A., and YİĞİT, S., 2005. Assessment of Heavy Metal Concentrations in The Food Web of Lake Beyşehir, Turkey. *Chemosphere*, 60:(4)552-556.
- ANONİM, 1985. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, GAP ve Hidroelektrik Santrali D.S.İ. XVI. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa.
- ANONİM, 2005. *Su Dünyası Dergisi*. Mayıs 22, Sayı s. 34-35, Ankara.
- ANONİM, 2006. Yerüstü Suları ve Kirliliği. http://www.cevreorman.gov.tr/su_02.htm.
- ANONİM, 2007. Manisa İl Çevre ve Orman Müdürlüğü. <http://www.manisacevreorman.gov.tr/su.htm>.
- BAKAC, M., and KUMRU, M. N., 2001. Factor Analysis in The Geochemical Studies Along The Gediz River, Turkey. *Journal of Radioanal Nuclear Chemistry*, 249:(3)617–624.
- BLUMENTHOÛ, S., 1994. Inhibition of Na-f-Glucose Cotransport in Kidney Corticel Cells By Cadmium and Copper: Protection By Zinc. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 129:177-187.
- EPA, 1999. National Recommended Water Quality Criteria. Correction Office of Water, EPA, 822-Z-99-001, 25.
- BOBAT, A., HENGİRMEN, M. O., and ZAPLETAL, W., 2001. Zebra Mussel Research Project in Birecik Hydro Power Plant. First Progress Report, June Verbundplan.
- CANLI, M., and KALAY, M., 1997. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from The Seyhan River, Turkey. *Journal of Zoology*, 22:149-157.
- CARPENE, E., CATTANI, O., SERRAZANETTI, G. P., FEDRIZZI, G., and CORTESI, P., 1990. Zinc An Copper In Fish From Natural Waters and Rearing Ponds in Northem Italy. *Journal of Biology*, 37:293-299.
- DANIELSON, K., OHI, S., and HUANG, P., 1982. Immunochemical Detection of Metallothionein in Specific Eithelial Cells of Rat Organs. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 79:2301-2304.
- DEMİRAK, A., YILMAZ, F., TUNA, A. L., and ÖZDEMİR, N., 2006. In Water, Sediment and Tissues of *Leuciscus cephalus* from A Stream in Southwestern Turkey. *Chemosphere*, 63:1451-1458.
- DETLEFSEN, V., 1988. Status Report An Aquatic Pollution Problems In Europe. *Aquatic Toxicology*, 11:259-289.
- DİRİCAN, R., 1990. Toplum Hekimliği Dersler, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- DUMLU, G., 1975. Kirlı Su El Kitabı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, s. 95, Ankara.
- DURAL, M., GÖKSU, M. Z. L., and ÖZAK, A. A., 2007. Investigation of Heavy Metal Levels in Economically Important Fish Species Captured from The Tuzla Lagoon. *Food Chemistry*, 102:(1)415-421.

- ELSENHANS, B., STRUGALA, G., and SCHAFER, S., 1997. Small Intestinal Absorption of Cadmium and Significance of Mucosal Metallothionein. Human Experience Toxicology, 16:429-434.
- FERM, V. H., and HANLON, D. P., 1987. Inhibition of Cadmium Teratogenesis by A Mecaptoacrylic Acid (MFA). Experientia, 43:208-210.
- GEY, H., ve MORDOĞAN, H., 1988. İzmir Körfezi'nde Bazı Deniz Organizmalarında ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli Metallerin Derişimleri. Doğa Zooloji Dergisi, 12:(13)216-224.
- GÖKSU, M. Z. L., ÇEVİK, F., FINDIK, Ö. ve SARIHAN, E., 2003. Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L.,1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 20:(1-2)69-74.
- GÜLER, Ç. ve ÇOBANOĞLU, Z., 1997. Kimyasallar ve Çevre. 1. Baskı İlköz Matbaa, s.58, Ankara.
- HAMMAND, P. B., ve BELILES, R. P., 1980. Metals In: J. Doull. C.D. Klaassen and M.O. Amdur ed. Toxicology 2 th Ed. Mc Millan Publishing Co. Inc, pp 409-462, New York.
- HEATH, A. G., 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRP Press Incorporated, 245 p, Florida.
- HERWIG, H., and BRANDS, J., 1989. Bioaccumulation and Hisrochemical Localiztion of Cadmiun in *Dresissena polymorpha* Exposed to Cadmium Chloride. Aquatic Toxicology, 15:269-286.
- ICAIR, 1987. Life Systems, Inc, Drinking Water Criteria Document on Nitrate/ Nitrite, Final Draft, EPA, Office of Drinking Water, Washington DC.
- İLHAN, A. İ., DÜNDAR, C., ÖZ, N. ve KILINÇ, H., 2006. <http://www.meteor.gov.tr/arastirma/files/webhakir.pdf>.
- 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.
- JEZIERSKA, B., and WITESKA, M., 2001. Metal Toxicity to Fish. University of Podlasie. Monografie No. 42.
- KAHVECİOĞLU, Ö., KARTAL, G., GÜVEN, A. ve TİMUR, S., 2006. Metallerin Çevresel Etkileri-I. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf.
- KARADEDE, H. ve ÜNLÜ, E., 1998. Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, (Cyprinidae)' da Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Ulusal Biyoloji Kongresi 7-10 Eylül, Cilt II, s. 181-190, Samsun.
- KARADEDE, H., and Unlu, E., 2000. Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from The Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere, 41:1371-1376.
- 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.
- KARGIN, F., 1996. Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of Mullus Barbatus and Sparus Auratacollected from Iskenderun Gulf. Water, Turkey. Air Soil Pollution, 90:557-562.

- KAYA, S., PİRİNÇCİ, İ. ve BİLGİLİ, A., 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan yayın serisi, yayın no: 36, 95s, Ankara.
- KOIZUMI, N., 1989. Relationship of Cadmium Accumulation to Zinc or copper Concentration, 49:104-114.
- LEGORBURU, I., CANTON, L., MILLAN, E., and CASADO, A., 1988. Trace Metal Levels in Fish from Unda River Anguillidae, Mugillidae and Salmonidae. Environmental Technology Letter, 9:1373-1378.
- LEITA, L., 1991. Heavy Metal Bioaccumulation in Lamp and Sheep Bred in Smelting and Mining Areas of Sardinia. S. W. Environmental Contamination Toxicology, 46:887-893.
- MASTERS, G. M., 1991. Introduction to Environmental Engineering and Science, Department. Prentice-Hall International, Inc No:07632. New Jersey.
- MENDİL, D., ULUOZLU, O. D., HASDEMİR, E., TUZEN, M., SARI, H., and SUİCMEZ, M., 2005. Determination of Trace Metal Levels in Seven Fish Species in Lakes in Tokat, Food Chemistry, 90:175-179.
- MILHAUD, G. E., and MEHENNOVI, S., 1988. Indicators of Lead, Zinc and Cadmium Exposure in Cattle: I. Results In A Polluted Area. Veterinarian and Human Toxicology, 30:513-517.
- OHTA, H., and CHERIAN, M. G., 1991. Gastrointestinal Absorption of Cadmium and Metallothionein. Toxicology Applied Pharmacology, 107:63-72.
- PARADA, R., 1987. Industrial Pollution With Copper and Other Heavy Metals In A Beef Cattle Ranch. Veterinarian and Human Toxicology, 29:309-324.
- RESMİ GAZETE, 1995. Su Ürünleri Yönetmeliği Sayı, 22223 Yetki Kanunu 1380.
- SINGH, R., and RANA, S., 2002. Influence of Antioxidants on Metallothionein-Mediated Protection in Cadmium-Fed Rats. Biology Trace Element Research, 88:71-77.
- SKAARE, J. V., 1990. Levels of Polychlorinated Biphenyls, Organochlorine Pesticides, Mercury, Cadmium, Copper, Selenium, Arsenic, and Zinc in The Harbour Seal, Phoca Vitulina in Norwegian Waters. Environment Pollution, 66:309-324.
- SZCZUREK, E., BJORNSSON, C., and TAYLOR, C., 2001. Dietary Zinc Deficiency and Repletion Modulate Metallothionein Immunolocalization and Concentration in Small Intestine and Liver of Rats. Journal of Nutrient, 131:2132-2138.
- ŞANLI, L., 1984. Çevre Sorunları ve Besin Kirlenmesi. Selçuk Üniversitesi. Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 2:17-37.
- ŞANLI, Y. ve KAYA, S., 1995. Veteriner Klinik Toksikolojisi, 2. Baskı Medisan Yayınevi, 95s, Ankara.
- TOSCALI, 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.
- TÜRKMEN, A., TÜRKMEN, M., TEPE, Y., and AKYURT, İ., 2004. Heavy Metals in Three Commercially Valuable Fish Species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chemistry, 91:167-172.
- ÜNLÜ, E., AKBA, O., SEVİM, S. ve GÜMGÜM, B., 1996. Heavy Metal Levels in Mullet, *Liza abu* (Heckel, 1984) (Mugilidae) from The Tigris River, Turkey. Fresenius Environment, 5:107-112.

- WATARI, N., HOTTA, Y., and MABUCHI, Y., 1989. Ultrastructural Studies on A Cadmium-Storing Cell in Rat Pancreatic Tissues Following Cadmium Chloride Administration. *Journal of Electron Microscope*, 38:235-241.
- WHO, 1984. Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 1. (Recommendations), Geneva.
- WHO, 1992. Cadmium, Environmental Health Criteria, No. 134, Geneva.
- WHO, 1995. Principles and Methods for Assessing Direct Immunotoxicity Associated with Exposure to Chemicals Criteria, No. 180.
- YARAMAZ, Ö., 1992. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova, Ders Kitabı, 105s, İzmir.
- YILMAZ, A. B., 2005. Comparison of Heavy Metal Levels of Grey Mullet (*Mugil cephalus* L.) and Sea Bream (*Sparus aurata* L.) Caught in Iskenderun Bay, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences*, 29:257-262.

ÖZGEÇMİŞ

07.03.1978'de Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 1996 yılında Mersin Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünü kazandı ve 2000 yılında buradan mezun oldu. 2004 yılında Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim dalında yüksek lisansa başladı. Şuanda Ertuğrul Gazi İlköğretim Okulunda sınıf öğretmeni olarak görev yapmaktadır.

ÖZET

Bu çalışma Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan iki balık türündeki (*Barbus xanthopterus* ve *Barbus rajanorum mystaceus*) ağır metal konsantrasyon düzeylerinin incelenmesi ile ilgilidir. Şanlıurfa'da Atatürk Baraj Gölü'nden toplanan sediment ve iki balık türündeki ağır metal konsantrasyonları optik emisyon spektrofotometresi ile belirlendi. Sediment ve balık örnekleri 2006'nın kış ve ilkbahar mevsimlerinde toplandı. Toplanan örnekler (*Barbus xanthopterus* ve *Barbus rajanorum mystaceus*) hemen buz içeren termosaya aktararak laboratuara getirilip analiz yapılıncaya kadar -30 °C de derin dondurucuda bekletildi. Her balığın kas, karaciğer, böbrek ve solungaç örnekleri metal analizi için plastik bıçakla alınıp, homojenize edilip tartıldıktan sonra, her bir örnek asitle yıkanmış petri kapların içinde 110 °C de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Sabit ağırlığa ulaşan balık örnekleri manuel olarak çeşitli asitler kullanılarak çözünürleştirildi. Saf su ile seyreltilen örnekler ICP ile analiz edildi.

Sonuç olarak, en az metal birikimi kaslarda gözlenmiştir. Demir en fazla biriken ağır metaldir. Kurşun metalindeki artışın nedeni ise; Botaş'a ait Batman-Yumurtalık petrol boru hattında 13 Nisan 2005 tarihinde meydana gelen delinme neticesinde Atatürk Baraj Gölü'ne sızan ham petrolden kaynaklanmaktadır. Atatürk Baraj Gölü'nde çalıştığımız balıkların kaslarından elde edilen sonuçlardaki Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr, Co değerleri balık için önerilen kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Bu ve benzeri çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında; ileride telafisi imkansız durumlar oluşmadan önlemler alınmalıdır. Bu sayede, çok önemli su ürünlerini barındıran Atatürk Baraj Gölü kirlilikten kurtulmakla kalmayıp, aynı zamanda daha verimli hale getirilecektir.

SUMMARY

This study is about an investigation of heavy metal concentration level in two fish species which live in Atatürk Dam Lake. In this study, concentrations of heavy metals in two fish species (*Barbus xanthopterus* and *Barbus rajanorum mystaceus*) and sediments collected from Atatürk Dam Lake in Şanlıurfa were determined by optical emission spectrometry. The fish species and sediment samples were collected from Atatürk Dam Lake in winter and spring during 2006. Immediately after collection, fish (*Barbus xanthopterus* and *Barbus rajanorum mystaceus*) samples were stored on ice in an insulated box and transferred to the laboratory and then were frozen at $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ until required for metal analysis. The muscle, liver, kidney and gill samples of each fish were removed for metal analysis with a plastic knife, homogenized and weighed, and then individual samples were dried to constant weight at $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ in acid-washed petri dishes. The samples which had reached to constant weight were digested manually by using various acids. The samples which had been diluted in pure water were analysed by ICP. Consequently, the least metal accumulation has been observed in muscles. Iron is the mostly accumulated heavy metal. The rising of lead metal results from the pure petroleum that leaks into Atatürk Dam Lake because of a puncture that happened in April 13, 2005 in the Batman-Yumurtalık pipe line that belongs to Botaş. Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr, Co amounts that we had from the study of fish muscles in Atatürk Dam Lake is under the suggested amount that can be accepted for a fish. Measures must be taken before some conditions that cannot be compensated occur in the future, on the basis of data got from such and suchlike studies with the help of this, not only the Atatürk Dam Lake which accomodates very important water corps will be prevented from pollution, but also it will be made more copious.