

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

**VAN GÖLÜNDEN ALINAN SU, SEDİMENT VE İNCİ KEFALİ (*Chalcalburnus  
tarichi*, PALLAS 1811) ÖRNEKLERİNDE BAZI AĞIR METAL  
DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Mustafa TÜRKOĞLU  
DANIŞMAN: Prof. Dr. Osman ÇETİNKAYA

VAN-2008

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

**VAN GÖLÜNDEN ALINAN SU, SEDİMENT VE İNCİ KEFALİ (*Chalcalburnus  
tarichi*, PALLAS 1811) ÖRNEKLERİNDE BAZI AĞIR METAL  
DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Mustafa TÜRKÖĞLU

VAN-2008

## KABUL ve ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Osman ÇETİNKAYA danışmanlığında, Mustafa TÜRKOĞLU tarafından hazırlanan ‘**Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (Chalcalburnus tarichi, PALLAS 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması**’ isimli bu çalışma 17/01/ 2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr.Osman ÇETİNKAYA

İmza:

Üye : Doç.Dr.Ali ŞAHİN

İmza :

Üye: Yrd. Doç.Dr. Fazıl ŞEN

İmza:

Üye :

İmza :

Üye:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ...../...../ 2007 gün ve ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

## ÖZET

### VAN GÖLÜNDEN ALINAN SU, SEDİMENT VE İNCİ KEFALİ (*Chalcalburnus tarichi*, PALLAS 1811) ÖRNEKLERİNDE BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

TÜRKOĞLU, Mustafa

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman ÇETİNKAYA

Ocak 2008, 45 sayfa

Bu çalışmada Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü'nden alınan su, sediment ve inci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, PALLAS 1811) örneklerinde ağır metallere Cd, Cu, Zn ve Pb konsantrasyonları 2006 ve 2007 yıllarında incelenmiştir.

Araştırma sonunda, ağır metal konsantrasyonunun sediment > balık > su olduğu gözlemlenmiştir. Balık dokuları arasında en fazla ağır metal birikimi karaciğerde olmuş, kastaki oranlar ise daha düşük bulunmuştur. Bu ağır metallere en yüksek konsantrasyonda gözlenen çinkodur, diğer ağır metallere su sediment ve balık örneklerinde değişim göstermektedir. Su ve balık örneklerindeki Cd, Cu, Zn ve Pb değerleri kabul edilebilir sınırların altındadır. Söz konusu ağır metallere su, sediment ve balıkta en fazla Van İskele örneklerinde bulunmuştur. Bu noktada kaydedilen ağır metal varlığının nereden kaynaklandığı araştırılmalıdır.

Gölü besleyen su kaynakları ve atık su deşarjlarının ağır metal yönünden incelenmesi gereklidir. Balık örneklerinde karaciğerde ağır metal düzeyi daha fazla gözlemlendiğinden tüketim esnasında buna dikkat edilmelidir.

**Anahtar kelimeler:** Van Gölü, İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*), Ağır metal, Su, Sediment

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF SOME HEAVY METAL LEVELS IN WATER, SEDIMENT AND İNCİ KEFALİ (*Chalcalburnus tarichi*, PALLAS 1811) SAMPLES FROM LAKE VAN, TURKEY

TÜRKOĞLU, Mustafa

MSc, Department of Fisheries

Supervisor: Prof.Dr. Osman ÇETİNKAYA

January 2008, 45 pages

In this study, concentrations of some heavy metals (Cd, Cu, Zn and Pb) were investigated in sediment, water and İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, PALLAS 1811) samples taken from Lake Van, largest lake of Turkey, in 2006-2007 years.

The heavy metal concentrations were observed as sediment > fish > lake water. The highest heavy metal accumulation was found in liver, the concentrations were fairly low in muscle samples. The highest concentration was found in zinc, the levels of other heavy metals change in water, sediment and fish samples. The levels of investigated metals were found under the acceptable levels for fish and water samples. Investigated metals were found highest level in Van İskele sampling point in water, sediment and fish samples. The sources and origin of these metals should be investigated.

The water inlets and waste water effluents to the Lake Van should be analyzed in manner of heavy metals. Since highest values were found in liver of fish samples this point should be considered in consumption of this fish.

**Keywords:** Van Lake, İnci Kefali(*Chalcalburnus tarichi*), Heavy metals, Water, Sediment

## ÖNSÖZ

Su insanlar açısından hayati öneme sahip, temizlik, rekreasyon, tarım gibi çok çeşitli amaçlarla kullanılan vazgeçilmez bir maddedir. Fakat gün geçtikçe doğal dengenin bozulması nedeniyle kullanılabilir su kaynakları azalmakta ve kirlenmektedir. Bu çalışmada da en önemli su kirliliği nedenlerinden olan ağır metaller Van Gölü suyu, sedimenti ve İnci Kefali’nde araştırılmış ve elde edilen verilerden kullanılabilir sonuçlar çıkarılmaya çalışılmıştır.

Öncelikle bu güne kadar hayatımın her aşamasında bana maddi, manevi desteklerini eksik etmeyen çektikleri her türlü sıkıntıya rağmen bu günkü konumuma gelmem için her türlü fedakârlığı yapan sevgili annem ve babama, bu çalışma esnasında birlikte çalışma fırsatı bulduğum, hem bilimsel hem de hayat tecrübeleriyle bana farklı bir bakış açısı sağlayan ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında çok büyük emekleri olan danışman hocam ve Y.Y.Ü. Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölüm Başkanı Prof. Dr. Osman ÇETİNKAYA’ya tüm kalbim ve içtenliğimle teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımıdaki yardımlarından dolayı Van, Tatvan, Gevaş ve Erciş’teki balıkçılara, okul arkadaşım Mustafa KELEŞ’e, Laboratuvar aşamasındaki yardımlarından dolayı Van İl Kontrol Laboratuvar Müdürü M.Sıddık ARVAS’a, Mersin İl Kontrol Laboratuvar Müdürü Mehmet KILIÇ’a, değerli mesai arkadaşlarım Şebnem İNCİ, Türkan TAŞAL, Tanrıverdi PİŞİRGEN, Özkan ALINAK ve Gülüstan KORKMAZ’a tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana yardımlarını esirgemeyen Su Ürünleri Bölümü öğretim üyelerinden Yrd. Doç.Dr. Fazıl ŞEN ve Araştırma Görevlileri Dr. Mahmut ELP ve Ertuğrul KANKAYA, tezimin incelenmesinde görev alan Doç.Dr. Ali ŞAHİN hocalarıma teşekkür ederim.

Değerli arkadaşlarım Aziz BAYINDIR ve Hifron ALKAYA’ya çalışmalarım sırasında ve özel yaşamımda verdikleri destek ve ilgilerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca burada ismini tek tek sayamadığım, tezimin hazırlanmasında bana yardımcı olan herkese teşekkür ederim.

Mustafa TÜRKOĞLU

VAN, Ocak 2008

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	İx
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri	4
1.1.1. Kadmiyum (Cd)	4
1.1.2. Kurşun (Pb)	7
1.1.3. Çinko (Zn)	9
1.1.4. Bakır (Cu)	11
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM	22
3.1. Materyal	22
3.1.1. Çalışma alanı	22
3.1.2. Çalışma istasyonları	22
3.1.3. Analiz edilen materyaller	23
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Su örneklerinde ağır metal analizleri	24
3.2.2. Sediment örneklerinde ağır metal analizleri	25
3.2.3. Balık örneklerinde ağır metal analizleri	25
4. BULGULAR	26
4.1. Balık Karaciğer ve Kas Örnekleri Analiz Bulguları	26
4.2. Su Örnekleri Analiz Bulguları	33
4.3. Sediment Örnekleri Analiz Bulguları	34
4.4. Su/Kas, Su/Karaciğer Biyokonsantrasyon Faktörleri	34
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	36
5.1. Balık Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları	36
5.2. Su ve Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları	39

5.3. Genel Değerlendirmeler	40
6. KAYNAKLAR	42
7. ÖZGEÇMİŞ	46

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Örnekleme İstasyonları

Sayfa  
23

## ÇİZELGELER DİZİNİ

		<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1.	Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri	2
Çizelge 4.1.	Van Gölü Van İskele noktasından 2006'da avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	26
Çizelge 4.2.	Van Gölü Tatvan körfezinden 2006'da avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	26
Çizelge 4.3.	Van Gölü Gevaş bölgesinden 2006'da avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	27
Çizelge 4.4.	Van Gölü Erciş körfezinden 2006'da avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	27
Çizelge 4.5.	Van Gölü İskele bölgesinden 2007'de avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	28
Çizelge 4.6.	Van gölü Tatvan körfezinden 2007'de avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	28
Çizelge 4.7.	Van gölü Van Erciş körfezinden 2007'de avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	29
Çizelge 4.8.	Van gölü Van Gevaş bölgesinden 2007'de avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	29
Çizelge 4.9.	Çalışma istasyonları bazında kas örneklerinde belirlenen Zn konsantrasyonları	30
Çizelge 4.10.	Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Zn konsantrasyonları	30
Çizelge 4.11.	Çalışma istasyonları bazında kas örneklerinde belirlenen Cu konsantrasyonları	31
Çizelge 4.12.	Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Cu konsantrasyonları	31
Çizelge 4.13.	Çalışma istasyonları bazında kas örneklerinde belirlenen Pb konsantrasyonları	32

Çizelge 4.14.	Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Pb konsantrasyonları	32
Çizelge 4.15.	Çalışma istasyonlarında kas örneklerinde belirlenen Cd konsantrasyonları	33
Çizelge 4.16.	Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Cd konsantrasyonları	33
Çizelge 4.17.	Van Gölünden 2007 yılında alınan su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları	34
Çizelge 4.18.	Sediment örneklerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları	34
Çizelge 4.19.	2007 yılı su, karaciğer ve kasta belirlenen ortalama ağır metal konsantrasyonları ve biyokonsantrasyon faktörleri	35

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

$\mu\text{g/l}$	Mikrogram/litre
$\mu\text{g}$	Mikrogram
$\mu\text{g/g}$	Mikrogram/gram
$\text{ng/m}^3$	Nanogram/metreküp
mg	Miligram
g	Gram
mg/l	Miligram/litre
mg/kg	Miligram/kilogram
$\mu\text{g/kg}$	Mikrogram/kilogram
ppm	Milyonda bir (1/1000000)
m	Metre
km	Kilometre
$\text{km}^2$	Kilometrekare
Hg	Cıva
Zn	Çinko
Cu	Bakır
Cr	Krom
Pb	Kurşun
Ag	Gümüş
Ni	Nikel
Co	Kobalt
Bi	Bizmut
Mn	Manganez
Fe	Demir
Mo	Molibden
V	Vanadyum
ZnO	Çinko Oksit

## **Kısaltmalar**

M.Ö.	Milattan Önce
PCB	Poliklorlu Bifeniller
EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
T.E.D.B.	Tespit Edilebilir Düzeyde Bulunmadı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
BCF	Biyokonsantrasyon Faktörü

## 1. GİRİŞ

Günümüzde ekolojik dengeyi tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir. Çevre sorunları ilk başta kentsel yaşamın başlamasıyla ortaya çıkmış ve sanayileşmeyle birlikte giderek artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren nüfus artışına paralel olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve ekosistemin bozulması giderek daha ciddi bir hal almıştır (Çalışkan, 2005). Doğal çevreye doğrudan yada dolaylı yoldan bırakılan kirleticilerdeki bu artış doğal yaşamı da olumsuz yönde etkilemektedir. Kirleticilerin son durak olarak özellikle akuatik ortamlara verilmesi suların kalitesini bozarak suda yaşayan canlıların ve insanoğlunun yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle dünyada bu konuya karşı ilgi ve endişe giderek artmaktadır (Ciminli, 2005).

Doğal dengeyi bozan bu kirleticileri organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve yapay ısı olarak kabaca sınıflandırabiliriz. Kirliliği ise fiziksel, biyolojik ve kimyasal kirlilik olarak üç gruba ayırabiliriz. Kimyasal kirlilik doğaya bilerek veya bilmeyerek atılan kimyasal maddeler ve endüstriyel atıkların oluşturduğu kirliliktir. Boyalar, deterjanlar, pestisitler ve petrol ürünleri kimyasal kirliliğe örnek olarak verilebilir. Bir kimyasal kirlilik olarak kabul edilen ağır metal kirliliği; endüstriyel atıklar, pestisitler, maden yatakları gibi çeşitli kaynaklardan doğal ortama bulaşabilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve besin zinciri yoluyla aktarılabilmesi nedeniyle kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar (Çalışkan, 2005).

Normal şartlarda Cıva (Hg) hariç katı olan, ısı ve elektriği iletebilen, levha ve tel haline gelebilen, metalik bir renk parlaklığına sahip olan, elektron vererek (+) değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde bulunan  $[H]^+$  ile yer değiştirebilen ve yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ 'den büyük olan metallere 'Ağır Metal' denir. Doğada bulunan bu metallerin bir kısmı insan yaşamı için gerekli olan iz elementlerdendir (Çalışkan, 2005; Ciminli, 2005).

Ağır metaller, doğal sularda eser miktarda bulunurken, insan faaliyetleri sonucu sulardaki konsantrasyonları artmaktadır. Yapılan araştırmalar, selenyum, demir, mangan, kobalt gibi elementlerin yer kabuğundan doğal olarak suya karıştıklarını, magnezyum, kalsiyum, potasyumun deniz suyunun doğal bileşiminde olup, hava ortamına deniz suyundan geçtiklerini, buna karşılık çinko, bakır, kadmiyum, cıva, antimon, arsenik, gümüş, krom ve kurşun gibi toksik etkisi yüksek elementlerin insan faaliyetleri sonucu alıcı ortamlara

ulaştıklarını göstermektedir (Kaynak Giray ve Taşdemir, 2003). Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu 7600 ton kadmiyum, 18800 ton arsenik, 3600 ton cıva, 332000 ton kurşun atmosfere atılmakta olup insan faaliyetleri sonucu atmosfere doğal atılımın 19 katı selenyum, 8 katı kadmiyum, 6 katı cıva, kurşun, kalay, 3 katı arsenik, nikel ve krom bırakılmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Ağır metallerin çevreye yayılımında en önemli etkenlerden biri endüstriyel faaliyetlerdir. Çizelge 1.1’de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmektedir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitki ve sulara ulaşarak insan ve hayvanlar üzerinde olumsuz etki yaparlar. Ayrıca ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan da toprak ve suya geçmesiyle besin zincirine girerek insanlara zarar verirler (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Çizelge 1.1. Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri ( Kahvecioğlu ve ark., 2003)

Endüstri	Kadmiyum	Krom	Bakır	Cıva	Kurşun	Nikel	Kalay	Çinko
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Ağır metaller biyolojik proseslere katılıp katılmamalarına göre yaşamsal ve yaşamsal olmayanlar olarak sınıflandırılır. Yaşamsal olanlar organizmanın yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunan ve yaşamsal aktivitelerde kullanılanlardır. Bunların düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Yaşamsal olmayanlar ise çok küçük konsantrasyonlarda dahi canlıyı etkileyerek çeşitli sağlık problemlerine yol açabilirler. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan canlıya bağlıdır. Örneğin nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz element olarak bulunması gerekir. Bazı organizmalarda ağır metalin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir. Bu tür canlılarda metallerin konsantrasyonu dikkate alınmalıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik etki yaparlar. Bununla birlikte ağır metaller canlı üzerinde sadece konsantrasyona bağlı olarak etki yapmazlar. Etkileri canlı türüne ve metal iyonunun yapısına (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, vücuda alınış şekli, çevrede bulunma sıklığı gibi) da bağlıdır. Bu nedenle özellikle düzenli ve bol miktarda

tüketildiği için içme suları ve yiyeceklerdeki ağır metal değerleri için standartlar, sınırlamalar konulmuştur. (Kahvecioğlu ve ark., 2003 ).

Birçok akuatik organizma, çevredeki PCB, Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Ağır Metaller gibi kirleticilerin biyomagnifikasyonu ve biriktirme yeteneğine sahiptir. Akuatik organizmalar ağır metallerin biyoindikatörü ve depolayıcısıdır (Davies ve ark., 2006). Ayrıca ağır metaller beslenme zinciri içerisinde üst seviyelere doğru birikme eğilimindedirler. Bu olaya biyomagnifikasyon denir (Ünlü ve Gümüş, 1993; Sağlamtimur ve ark., 2003). Bu nedenle bu canlılar üzerinde yapılan araştırmalar son yıllarda giderek artmakta olup çevresel tehlike ve riskler hakkında önemli bilgiler vermektedir (Gümüş ve ark., 1994). Ayrıca bu kirleticiler bazı toleranslı türler tarafından biriktirilerek giderek artan bir konsantrasyonda, besin zincirinin üst tabakalarına taşınarak zincirinin üst katmanlarındaki canlılar ve özellikle insanlar için tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir (Davies ve ark., 2006).

Ağır metaller çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenemezler. Bu nedenle organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler, kompleks yapılar şeklinde absorbe olarak özellikle sedimentlerde birikme eğilimindedirler (Shrivasta ve ark., 2003). Bu sebeple ağır metal kirliliği araştırmalarının yoğunlaştığı bir diğer konu ise bu maddelerin sedimentlerdeki miktarlarıdır. Sedimentlerin çoğu bu kirleticileri depolar ve uzun süre bünyesinde muhafaza eder. Bu nedenle kontamine sedimentlerin çevre üzerine etkileri ve bu etkilerin araştırılması uzun bir süreci kapsamaktadır (Wildi ve ark., 2004). Kontamine olmuş sedimentler ekosistemin yalnızca bir bölümü olmakla birlikte, bazı sucul ekosistemlerde kontamine sedimentler ekosistem sağlığını tehdit eden büyük bir stres kaynağıdır. Kontamine olmuş sedimentlerden, sedimentin içinde ve üzerinde yer alan su kesimine kirleticilerin salınması, su ve su canlıları üzerinde çevresel bir tehlike ve risk faktörü oluşturmaktadır (DelValls ve ark., 1998).

Van Gölü Türkiye'nin en büyük gölü ve dünyanın en büyük sodalı gölüdür. Göl, lav set orijinli bir göl olup, maksimum derinliği 450 m'dir. Deniz seviyesinden yüksekliği 1648m olan Van Gölü Doğu Anadolu Bölgesinde 38<sup>0</sup>13N-39<sup>0</sup>10N ve 42<sup>0</sup>03E-43<sup>0</sup>45E koordinatlarında yer almaktadır. Göle oldukça fazla miktarda kaynak ve tatlı su boşalmaktadır. Gölün tuzluluğu binde 18-22 olup pH sı oldukça yüksektir ( pH 9.8 ), suyu kuvvetli alkalidir (Danulat ve Kempe, 1992; Çetinkaya ve Elp, 1995; Danulat ve Selçuk, 1992; Kılıçel ve Gökalp, 2005).

Göl karakteristik kimyasal yapısı nedeniyle omurgalı türü bakımından fakir olup, gölde balık olarak sadece İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Palas 1811) yaşamaktadır. İnci Kefalinin vücudu ince uzun, yanlardan hafif basık, küçük ve parlak pullarla örtülüdür. Vücut

rengi dorsalde kurşuni gri yeşil, yanlarda ve karın bölgesinde gümüşü beyazdır. Göl İnci Kefali avcılığının yanı sıra feribotla demiryolu ulaşımı ve turizm amaçlı da kullanılmaktadır (Elp ve Çetinkaya, 2000).

## **1.1. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri**

Ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri sucul ortamdaki birikim ve etkilerini belirlemektedir. Bu nedenle bu elementlerin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Çalışkan, 2005).

### **1.1.1. Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyum, atom numarası 48, atom ağırlığı 112,4 g/mol , 20<sup>0</sup>C'deki yoğunluğu 8,7 g/cm<sup>3</sup>, erime noktası 321 <sup>0</sup>C, kaynama noktası 767 <sup>0</sup>C olan parlak, gümüşü, yumuşak ve şekil verilmesi kolay bir metaldir. Kadmiyum hafif mavimsi ve bir bıçakla kesilebilecek kadar yumuşaktır fakat hava ile temas ettiğinde matlaşır. Asitte çözünür fakat bazlara karşı dirençlidir. Yapı olarak çinkoya benzer fakat çok daha kompleks bileşikler meydana getirir (Anonim, 2006b.).

Endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan bir metal olan kadmiyum, çinko üretimi esnasında elde edilen bir metaldir. Çinko üretimiyle birlikte yaygınlaşınca kadar hava, su ve yiyeceklerle doğal olarak fazla miktarda karışmamıştır. Kadmiyumun diğer önemli kaynakları fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır. Kadmiyumun doğadaki konsantrasyonu 0,1-0,5 mg/kg civarındadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Çalışkan, 2005).

Kadmiyum endüstride nikel-kadmiyum pillerde, korozyona karşı dayanıklı olması nedeniyle gemi yapımında kullanılan çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak alaşımlarda ve elektronik sanayinde, fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur. Bu ürünlerin kullanımı sonucu doğada kadmiyum kirliliği ortaya çıkar.. Kadmiyumun dünyadaki yıllık olarak çevreye yayılım miktarı 25.000-30.000 ton civarında olup bunun büyük bölümü insan faaliyetleri sonucu olmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Pek çok organizma için toksik olan kadmiyum direk sudan, bir dereceye kadar havadan ve besin yoluyla alınarak hem bitkisel hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur (Çalışkan, 2005).

Özellikle mantarlar başta olmak üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindirler. Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme oranı en yüksek olanıdır. Bu nedenle doğada yayılım oranı oldukça yüksektir. Kadmiyum suda çözünebilmesi nedeniyle  $Cd^{+2}$  halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sisteme alınır ve akümülyasyon özelliğine sahiptir. Kadmiyum kurşun ve cıvanın aksine plasenta ya da kan yoluyla bulaşmadığı için insan vücudunda doğum esnasında hiç bulunmaz fakat ilerleyen yaşla birlikte artış göstererek 50'li yaşlarda maksimuma ulaşır ve daha sonraki yaşlarda azalan bir grafik izler. Normal olarak vücudumuzda 40mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40µg'a kadar vücuttan atılabilmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kadmiyum vücutta %20 gibi çok iyi olmayan bir oranda absorbe ediliyor olsa bile bu diğer birçok metale göre oldukça yüksektir. Kadmiyum içeriği 0,01 mg/m<sup>3</sup> olan hava 14 günden fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliklerine neden olabilir. Çünkü kadmiyum bileşikler genellikle böbrek ve akciğerlerde birikirler ve ilerleyen yaşlarda böbreklerde meydana gelen bu birikim yüksek tansiyona da sebep olabilir. Kısa süreli 0,05 mg/kg düzeyindeki kadmiyum alımı mide rahatsızlığına neden olurken, aynı düzeyde kadmiyumun 14 günden fazla alımında böbrek ve kemiklerde problemlere yol açar (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Dünyada kitlesel Cd zehirlenmesi ile ilgili ilk rapor edilen vakaya Japonya'nın Toyoma kentinde 1950'de karşılaşılmıştır. Dünya literatürüne popüler olarak İtai-itai ( ah! ah! tokikasyona maruz kalan bireyin bu şekilde ızdırıp çekip inlemesinden esinlenerek) hastalığı olarak geçmiştir. Cd zehirlenmesi kemiklerde yumuşamaya ve böbrek sorunlarına yol açmaktadır. İtai-itai hastalığı, Japonya'da ortaya çıkan 4 önemli su kirlenmesi nedeni hastalıktan biridir. Toksikasyona neden olan Cd dağlık alanlarda yer alan maden işletmelerinden kaynaklanmaktadır. ( Anonim 2008a) .

Cd zehirlenmesi nedeniyle nehirde balıklar ölmeye başlamış, bu nehrin suyu ile sulanan piriñç tarlalarında piriñçlerde büyüme gerilemesi görülmüştür. Cd ve diğer ağır metaller nehir taban çamurunda ve suda birikmektedir. Bu su daha sonra piriñç sulamada kullanılmaktadır. Piriñç sudaki ağır metalleri özellikle de kadmiyumu absorbe etmektedir. Cd ile kontamine olmuş piriñçleri tüketen insanların vücudunda da Cd birikmektedir ( Anonim 2008a).

Zarar gören halk, Mitsui Madencilikten kirlenme nedeniyle şikâyetçi olmuştur. Bunun üzerine şirket madencilik atıklarının depolandığı bir toplama alanı inşa etmiş ve atıkları bu alanda toplayıp işlem den geçirdikten sonra nehre deşarjını yapmıştır. Ancak oldukça geç kalındığı için bölgedeki halkın çoğu zaten hastalanmış durumdaydı. Zehirlenmenin mahiyeti 1946 yılına kadar iyi anlaşılammış, muhtemelen bir bakteri çeşidinin yol açtığı bölgesel bir hastalık olarak değerlendirilmiştir. Hastalığın kesin nedenini belirlemek için 1940 ve 1950 li yıllarda tıbbi tetkikler yapılmıştır. Başlangıçta sebep kurşun zehirlenmesi olarak tahmin edilmiştir. Ancak 1955'te Dr. Ogino ve arkadaşları hastalık etkeninin Cd olduğunu ortaya koymuştur. Daha sonra çalışmalar devam etmiş olup 1968 de Sağlık Bakanlığı Cd dan kaynaklanan "itai itai" hastalığının semptomları üzerine bir rapor yayınlamıştır. Bu süreçte sudaki Cd seviyelerinin düşürülmesi hastalık kurbanlarının sayısını azaltmış ancak Toyoma dışından başka kentlerden de hastalığa yakalananlar ortaya çıkmaya başlamıştır ( Anonim 2008a).

Kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmelerde halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrı ile birlikte kusma ilk 24 saatte ortaya çıkarak 3. gün en şiddetli konuma ulaşır ve bir hafta içerisinde tekrar alınmazsa kendiliğinden ortadan kalkar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ise akciğer ve prostat kanseri olgusu görülür. Kronik kadmiyum zehirlenmesi böbrek hasarı ile başlar ve idrarda düşük moleküllü protein görülür. Aşırı dozda kadmiyum alımı (60-480 µg/g<sub>böbrek</sub>) kuşlar dahil tüm canlılarda böbrek üzerinde tahrip edici bir etki gösterir. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklarda görülür. Ayrıca kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku alma yetisinin yitirilmesi de görülmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kadmiyum doğal koşullarda doğal sularda çok düşük konsantrasyonlarda bulunur. Kadmiyum sularda aşırı miktarlarda hatta düşük konsantrasyonlarda bile bulunduğu anda akuatik organizmalar için şiddetli toksik etki yapabilir (Kruger, 2002).

Kadmiyumun sulardaki kirlilik kaynakları çok çeşitlidir. Fakat genellikle elektro kaplama fabrikaları baş sorumlu olarak kabul edilir. Bunun yanında ikinci el metallerin yeniden değerlendirilmesi işlemleri, motorlu taşıtlardan atılan aerosoller, boya fabrikaları, pek çok kimya endüstrisi de kadmiyum kaynakları arasındadır. Hatta bazen lağım lar bile yüksek oranlarda kadmiyum içerebilmektedirler. Ayrıca tarım (gübre ve pestisitler), fosil yakıtların yanması, kurşun madenciliği ve çinko eritme işlemlerinin de kadmiyum kirliliğine etkisi vardır (Kruger, 2002).

Kadmiyum endüstriyel deşarjlar nedeniyle doğal sularda yaygın olarak bulunur ve sucul canlılar üzerine olumsuz etkiler meydana getirir. Genellikle balıklar kadmiyum

toksitesine karşı oldukça hassastırlar fakat sazan, tatlı su levreği ve tilapia gibi bazı türler kadmiyum belirli yüksek seviyelere kadar tolere edebilirler. Kadmiyumun sucul canlılar üzerindeki başlıca etkileri şunlardır (Kruger, 2002).

-Çinko ve kalsiyum gibi esansiyel metallere rekabet ederek bu metallerin işlevlerini yerine getirmesine engel olur.

-Yapısal proteinler ve enzimlerin normal fonksiyonları için esansiyel olan sülfidril gruplarını bloke ederek enzim faaliyetlerine zarar verir.

-Balığın hücre zarlarının geçirgenliğini etkileyerek ve solungaçlarında yapısal hasarlar meydana getirerek iyon dengesini bozar.

-Larvalarda şekil bozukluklarına ve ölümlere neden olur.

-Perikardiyal ve abdominal ödemler, kısalmış veya bozulmuş kuyruk yüzgeci ve sapları, küçük baş oluşumu (microcephalia) ve dolaşım sistemi hasarlarına neden olur.

-Kan pıhtılaşması ve kan dolaşımında azalmaya neden olur.

-Oksijen kullanımında azalmaya neden olarak solunumu etkiler.

-Pigment formasyonunu etkileyerek vücuttaki renk ve lekelerde azalmaya neden olur.

Dünya sağlık örgütüne göre kadmiyum 1. sınıf kanserojen maddelerdendir (Kahvecioğlu, 2003). Bu nedenle kadmiyumun içme sularındaki maksimum kontaminasyon seviyesi TSE'ye göre 0,003 mg/l'yi (Anonim, 1997), EPA' ya göre (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) 0,005 mg/l'yi geçmemelidir (Anonim, 2006a.).

### 1.1.2. Kurşun (Pb)

Kurşun atom numarası 82, atom ağırlığı 207,2 g/mol, yoğunluğu 11,34 g/cm<sup>3</sup>, erime noktası 327 °C, kaynama noktası 1755 °C, olan periyodik cetvelin 4A grubuna ait bir metaldir. Kurşun parlak mavimsi bir metaldir. Çok yumuşak olduğundan kolayca dövülebilir, şekillendirilebilir ve nispeten zayıf bir iletkenliğe sahiptir. Korozyona dayanıklıdır fakat havayla temas ettiğinde yüzeyi kararır. Doğada daha çok galen adı verilen kurşun sülfür şeklinde veya demir, çinko, bakır, antimon ve gümüşle bileşik halinde bulunur (Kahvecioğlu ve ark.,2003; Dündar ve Aslan, 2005; Anonim, 2006d).

Kurşunun tarihi yaklaşık 8000 yıl öncesinde gümüş üretimi esnasında keşfedilmesiyle başlamıştır. Daha sonra Roma İmparatorluğu zamanında su boruları ve saklama haznelerinde kullanılmıştır. Hatta bazı tarihçi ve bilim adamlarına göre Roma İmparatorluğu'nun çöküşü, kurşun kullanımı nedeniyle yönetici sınıfında meydana gelen düşünme kapasitesinin düşmesi,

doğum oranının azalması ve yaşam süresinin kılmasına bağlanmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Günümüzde kurşun saf metal olarak levha, yapı metalleri, tel ve kablo imalatında, bileşik olarak ise; boya imalatında kurşun klorür, nemlenmeye karşı astar boya olarak sülügen, patlayıcı fitili olarak kurşun dioksit, kauçuk sanayinde kurşun beyazı, motorlarda patlama engelleyici olması nedeniyle benzinde tetraetil ve tetrametil olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Dündar ve Aslan, 2005).

Dünyada en yaygın kurşun kullanımı Kuzey Amerika'da olup yıllık üretim miktarı yaklaşık 1.300.000 tondur. Bu kullanım miktarı nedeniyle atmosfere atılan miktar yıllık yaklaşık 600.000 ton civarındadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

İnsan vücudundaki kurşun miktarı yaklaşık olarak 125-200 mg civarındadır. İnsan günde yaklaşık 1-2 mg kadar kurşunu atabilmektedir. Bir çok insanın maruz kaldığı günlük miktar 300-400 mg'ı geçmektedir. Yapılan araştırmalar günümüz insanının vücudunda atalarımızınkinden 500-1000 kat daha fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kurşun düşük dozlardaki maruz kalmalarda bile zararlı etki gösterebilmektedir. Yakın zamana kadar zararsız olduğu düşünülen düşük dozda kurşunun büyüme ve sinirsel gelişimi baskılayıcı ve zarar verici özellikte olduğu son zamanlarda kabul edilmektedir (Dündar ve Aslan, 2005).

Bilindiği kadarıyla kurşunun insan vücudunda esansiyel bir görevi yoktur. Kurşun su, hava ve yiyecekler vasıtasıyla insan vücuduna geçerek birçok istenmeyen etkiye neden olur. Bunlardan bazıları şunlardır.

-Hemoglobin biyosentezinde aksama ve anemi

-Kan basıncında artış

-Karaciğer hasarı

-Hafif Abortus (Yavru atma) ve çocuk düşürme

-Sinir sisteminde aksama

-Beyin hasarı

-Sperm hasarı yüzünden erkeklerin döl veriminde azalma

-Çocuklarda öğrenme yetilerinde azalma

-Annenin plasentasından çocuğa geçebilme özelliği nedeniyle doğmamış çocukların beyinlerinde ve sinir sistemlerinde ciddi hasarlar meydana getirebilir (Anonim 2006d.).

Ayrıca yüksek miktarlarda ve tekrarlanarak alınan kurşun sinir sistemi hasarına bağlı intoksikasyon, koma, solunum durması hatta ölüme bile yol açabilir (Dündar ve Aslan, 2005).

Kurşunun su canlılarında bilinen esansiyel bir görevi olmadığı gibi çoğu zaman düşük konsantrasyonlarda bile toksik özelliğe sahiptir. Kurşun su canlılarının yaşadığı ortamda bulunduğu takdirde canlının vücuduna geçerek çeşitli istenmeyen etkilere neden olur. Bunlardan bazıları şunlardır (Kruger, 2002).

-Yumurtlamayı etkileyerek çok düşük konsantrasyonlarda bile yumurtadan çıkma oranını azaltır.

- Özellikle pre-larval ve larval dönemlerde yumurta sarısının emilmesine neden olur.

-Gonadal fonksiyonları etkileyerek üreme potansiyelini değiştirir. Kortikosteroid seviyesini yükselterek yumurtlamayı hızlandırır. Bunun neticesinde yumurtalarda gelişim bozuklukları görülür.

-Baş bölgesinde şekil bozukluklarına neden olur.

-Kalp çalışsa bile kan sirkülasyonunu engeller.

-Ovaryumlarda gerileme ve küçülme sonucu yumurta sayısında azalmaya neden olur.

Kurşun çevrede doğal olarak bulunur, bununla birlikte çevrede bulunan kurşun konsantrasyonlarının çoğu insan faaliyetlerinin sonucudur (Anonim, 2006d). Dünya sağlık örgütü tarafından kanserojen olduğu bildirilmektedir (Anonim, 1993). EPA' ya göre içme sularında 15 µg/l' den(Anonim, 2006a), TSE 266'ya göre ise 10 µg/l' den fazla olmamalıdır(Anonim, 1997).

### 1.1.3. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30, atom ağırlığı 65,37 gr/mol, yoğunluğu 20 °C'de 7,11 gr/cm<sup>3</sup>, erime noktası 420 °C, kaynama noktası 970 °C olan ve 10 adet izotopu bulunan bir metaldir (Anonim, 2006e).

Çinko cevherlerden yapılan bakır bazlı alaşımların üretilmesiyle ortaya çıkmış olmasına rağmen ilk üretimine dair kesin bir bilgi yoktur. Çinlilerin M.Ö. 1000'li yıllarda metalik çinko ürettikleri ileri sürülmektedir. Günümüzde miktar olarak en çok üretilen 3. metal konumunda olan çinkonun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70 ppm'dir ( Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Çinko doğal olarak hava, su ve toprakta bulunur. Ancak insan faaliyetleri sonucu ekosistemlere girmesi konsantrasyonunun artmasına neden olur. Çinko, madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik etkenlerle çok geniş alanlara yayılabilir. Ekosistemlere

Çinko yüklemesi daha çok madencilik, kömür ve atık madde yakılması, demir-çelik işleme sanayiden kaynaklanmaktadır (Anonim, 2006e.).

Çinko demire oranla daha elektronegatif olduğundan korozyona karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle en yaygın kullanım alanı konstrüksiyon malzemesi olarak çelik kaplamadır. Ayrıca düşük erime sıcaklığına sahip olması nedeniyle kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılır. Çinko beyazı olarak bilinen Çinko Oksit (ZnO) boya pigmenti olarak kullanılır (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Çinkonun diğer kullanım alanları kuru hücre aküler, seramikler, kauçuk sanayi, gübreler, bazı kozmetik ve sağlık alanlarıdır (Çalışkan, 2005).

Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'lık kısmı bitkilerin büyümesi için kullanılır Çinko insanlar, bitkiler ve hayvanlar için önemli ve yaşamsal bir elementtir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi veya degradasyonu gibi önemli metabolik prosesler için gereklidir. Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz gibi 70'den fazla metabolik enzim fonksiyonu için ko-enzim bileşeni olarak gereklidir. Uygun miktarda çinko, kadmiyum, cıva, kurşun ve kalay gibi ağır metallerin zehirleyici etkilerini azaltmaktadır (Çalışkan, 2005; Kahvecioğlu ark., 2004; Anonim, 2006e).

Çinko insan vücuduna yetersiz miktarda alındığı takdirde iştah kaybı, tatma ve koklama duyularında azalma, yara iyileşmesinde gecikme, bağışıklık sisteminde zayıflama, gençlerde büyüme sorunları, deri sorunları ve en önemlisi doğan bebeklerde doğum esnasında ve sonrasında sağlık sorunları meydana getirir (Çalışkan, 2005; Kahvecioğlu ve ark., 2004; Anonim, 2006e).

Çinko metali ve bileşikleri diğer bir çok metalden daha az toksisiteye sahiptir. Çinkonun toksisitesi kendinden ziyade yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmına bağlıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Çinkonun gerekenden fazla alınması durumunda iştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi, derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, karın ağrısı, ishal, sindirimde sıkıntı gibi rahatsızlıklar ortaya çıkar (Çalışkan, 2005; Kahvecioğlu ve ark., 2004). Aşırı dozda elementel çinko alındığında ise uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi problemler ortaya çıkar (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Çinko balıklar, hayvanlar ve diğer canlılar için çok düşük miktarlarda esansiyel bir iz elementtir. Yüksek konsantrasyonlarda ise akuatik organizmalar için toksiktir (Kruger, 2002).

Çinko enzim aktivitesi için önemlidir ve protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemlidir. DNA ve RNA polimerlerindeki aktivitesinden dolayı hayati öneme sahiptir. Çinko

iyonları hücre zarının yapısal bileşenlerine bağlanarak temel yapı ve fonksiyonlarına yardım eder. Balığın gonad gelişimi açısından oldukça önemlidir. Çinko ayrıca kadmiyum gibi diğer tehlikeli ağır metallerin toksik etkisi ve alımında koruyucu ve engelleyici özelliği açısından oldukça önemlidir (Kruger, 2002).

Çinkonun balık bünyesine eksik alınması deri lezyonlarına, yemek borusu epitel hücrelerinde bozukluklara, iskelet anomalilerine, büyüme gerilemesi ve iştah kabına neden olur (Kruger, 2002).

Çinkonun toksisitesi suyun kimyasal yapısı, suda bulunan diğer metaller ve yer kabuğunun alkalinitesinden etkilenir. Çinko ortamda akut letalite seviyelerinde bulunduğu solungaç dokusunu harap ederek balığı öldürebilir. Subletal seviyelerinde su canlıları için zararlı olup bu zararlardan bazıları şunlardır (Kruger, 2002).

-Deri lezyonları, hemorajiler ve omur hasarlarına neden olur.

-Gonad faaliyetlerini engeller.

-Embriyonik gelişime zarar verir.

-Balıkta yumurta zarında incelmeye neden olarak yumurtlama esnasında yumurtanın yırtılmasına neden olur.

-Yumurtadan çıkan larvalar çinkoya maruz kaldıklarında kulak kapsülleri ve gözlerde şekil bozuklukları ve ağız ve solungaç kemerlerinde sakatlıklara neden olur.

TSE 266'ya göre içme sularındaki çinko konsantrasyonu 3 mg/l.'yi geçmemelidir (Anonim, 1997).

#### **1.1.4. Bakır (Cu)**

Bakır atom numarası 29, atom ağırlığı 63.546 g/mol, yoğunluğu 8.9 g/cm<sup>3</sup>, erime noktası 1083 °C, kaynama noktası 2595 °C olan bir metaldir (Anonim, 2006c).

Bilinen en eski metallere biri olan bakır merkezi kübik kristal bir yapıyla kaplı kırmızımsı bir renge sahiptir. Atmosfer koşullarında gri tonda bulunmayan iki metalden biridir. Bakır M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve adını da Kıbrıs adından almıştır. İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, M.Ö. 3000 yılından itibaren Anadolu, Yunanistan ve Hindistan'da mekanik özellikleri alaşım yapma yoluyla kuvvetlendirilerek kullanılmıştır (Anonim, 2006c; Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Bakır kırmızı ve turuncu ışığı yansıtır ve şerit yapısı nedeniyle görünür spektrumda farklı dalga boylarını absorbe eder. Dövülebilir, bükülebilir ve hem ısıyı hem de elektriği iyi

iletir. Demirden daha yumuşak fakat çinkodan daha serttir ve parlatılabilir. Gümüş ve altınla birlikte periyodik cetvelin 1B grubunda bulunur. Nemli havada yavaş bir şekilde Patina ismi verilen yeşilimsi bir tabaka oluşturur ve bu tabaka da bakırı diğer metallerden korur. Bu nedenle bakırın kimyasal olarak diğer bileşiklerle reaksiyona girme kabiliyeti düşüktür. Bakır doğal olarak çevrede oldukça yaygın bulunan bir metaldir. İnsanlar bakırı yaygın olarak kullanırlar. Son yıllarda bakır üretimi giderek artmakta bu da çevredeki bakır miktarının yükselmesine neden olmaktadır (Anonim, 2006c).

Bakırın endüstride önemli bir rol oynamasının ve çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasından kaynaklanır. Bakırın en önemli özellikleri arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınma ve korozyona karşı dirençli olması, çekilebilmesi ve dövülmesinin kolay olmasıdır. Ayrıca bakırın çok değişik alaşımları endüstride otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik gibi bir çok alanda kullanılır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Çevredeki başlıca bakır kontaminasyonu kaynakları; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, taşıtların fren balataları, metal endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleridir (Çalışkan, 2005). Bakır doğaya yayılım açısından genel kimyasal özellikleri nedeniyle “Atmofil” (hava sever) grupta yer almasına rağmen , havada bulunan bakır konsantrasyonu üretim yapılan sanayi birimine olan uzaklığa bağlıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2004) ve genellikle havadaki konsantrasyonu oldukça düşüktür. Bu nedenle atmosferik maruz kalmanın oluşturduğu etki fazla önemli değildir (Anonim, 2006c). Bakır “Lithofil” (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş alanlara yayılabilir. Bu nedenle de bakır bu iki grubun arasında değerlendirilir. Atmosfere yayılan bakırın ancak %1’i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken geri kalan kısım çökelir ve sedimente geçer (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Endüstriyel olarak kirlenmemiş alanlardaki bakır konsantrasyonları; tarımsal kesimlerdeki havada ortalama 5-50 ng/m<sup>3</sup>, deniz suyunda 0.15 µg/l, tatlı suda 1-20 µg/l, topraklarda ise 30 mg/kg civarındadır. Bakır suların pH değerindeki yükselmeye bağlı olarak çözünürlüğü azaldığından bileşikler yaparak suların dibine çökelir. Tatlı sularının çökeltlerinde yaklaşık 16-5000 mg/kg (kuru ağırlık olarak) arasında ve deniz dibinde ortalama 2-740 mg/kg (kuru ağırlık) civarında bulunmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Bakırın canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için düşük konsantrasyonda bile zehir etkisi gösterirken daha büyük canlılar için düşük konsantrasyonlarda esansiyeldir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri insektisit, fungusit, mollusid, biosit, antibakteriyel madde olarak tarım zararlıları ve

yumuşakçalara karşı kullanılır. Örneğin %1-20 Bakır Sülfat içeren kireç sütü karışımı “Bordo Bulamacı” olarak bilinir ve üzüm tarımında ilaç olarak kullanılır. Hastanelerde kapı kolları gibi elle sıkça temas edilen yerler bakır alaşımlarından yapılarak bakırın antiseptik özelliği sayesinde mikroorganizmaların yayılması engellenir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Bakır birçok besinde, içme suyunda ve havada doğal olarak bulunur. Bu nedenle insanlar her gün yedikleri ve içtikleri şeylerden ve solunum yoluyla da havadan bakır absorbe ederler. Fakat bu absorpsiyon gereklidir çünkü bakır insan sağlığı için esansiyel bir elementtir. Bununla birlikte absorbe edilen bakırın miktarı önemlidir. Çünkü bakırın vücuda az veya çok alınması çeşitli sağlık problemlerine neden olabilir. İş ortamında bakır bulunan insanların bakır dumanına, gazına veya tozuna maruz kalmaları sonucu bu insanlarda ‘Metal Ateşi’ denilen grip benzeri bir rahatsızlık oluşabilir. Ayrıca bakırın yüksek konsantrasyonlarına uzun süreli maruz kalma ile büyümekte olan gençlerin zekâ seviyelerindeki azalma arasında bir bağlantı olduğunu gösteren bilimsel çalışmalar vardır (Anonim, 2006c).

Bitkiler için de bakır esansiyeldir ve pek çok meyve ve sebze bünyelerinde bakır ihtiva ederler. Örneğin bakır, elmada ortalama 0,1-2,3 mg/kg bulunuyor iken, kuru erikte bu değer 3,7-5,0 mg/kg, ayçiçeğinde ise 14,3-19 mg/kg civarında bulunur. Ayrıca anne sütü de 200-400 µg/l bakır ihtiva eder ve bebek kg ağırlığı başına 50 µg bakır alarak bakır ihtiyacını giderir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

İnsanlar için vücut fonksiyonları açısından önemli olan bakır özellikle saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşeni konumundadır. Erişkin insanlarda ortalama 50-120 mg civarında bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının temel ögesidir. Bakır birçok enzim ve proteinin yapısında da bulunur. Bütün bunların yanında demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi de üstlenir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Bakır eksikliğinde insanlarda ve hayvanlarda büyümede gecikme, solunum sistemi enfeksiyonları, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi ciddi sağlık problemleri oluşur. Bunun yanında bakır bilezikler eklemlerin kireçlenmesi ve romatizmaya karşı kullanılırlar (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Kronik bakır zehirlenmesi korneada bakır birikimi, böbrek rahatsızlığı, beyin hasarı ve karaciğer sirozu ile karakterize ‘Wilson Hastalığı’na yol açar (Anonim, 2006c).

Bakır toprakta biriktiği zaman mineraller ve organik maddelere güçlü bir şekilde bağlanır ve yeraltı sularına karışır. Yüzey sularında bulunan bakır ise ya serbest iyon halinde ya da çamur partiküllerine bağlanarak büyük mesafeler kat edebilir (Anonim, 2006c).

Bakır çevrede bozulmaz ve bu nedenle toprakta bulunduğunda besin zinciri vasıtasıyla bitki ve hayvanlarda birikebilir. Bakır açısından zengin olan topraklarda sadece belirli sayıdaki bakıra toleranslı bitki yaşama sansına sahiptir. Ekosisteme bakır yayan fabrikaların çevresindeki bitki çeşitliliğinin az olmasının nedeni budur. Bütün bunlara rağmen bakır bitkilerin verimliliğini önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle bakır açısından fakir topraklarda verimliliği artırmak amacıyla bitkilere bakır takviyesi yapılmaktadır. Her ne kadar bitkiler için fazlası zararlı olsa da bakır bitkinin gelişip büyümesi için vazgeçilmez bir elementtir (Anonim, 2006c).

Ayrıca toprakta fazla miktarda bakır bulunması topraktaki solucan ve mikroorganizmaların aktivelerini olumsuz yönde etkiler. Bu da organik materyallerin bozulmasını ciddi oranda yavaşlatır ve toprağın yapısının zarar görmesine neden olur. (Anonim, 2006c).

Hayvanlarda bakır, kemik yapılanması, sinir sistemindeki miyelin aktivitesi, hemoglobin sentezi, önemli bir bileşeni olduğu metalloenzimlerin aktivitesi ve diğer birçok enzimin bileşeni olarak enzim aktivitelerinde önemli bir rol oynar (Kruger, 2002).

Bakır sucul canlılar için esansiyel olmakla birlikte sulara en çok bulunan toksinlerden bir tanesidir. Bakırın akuatik organizmalardaki toksisitesi karışık olmakla beraber toksisiteye büyük oranda  $Cu^{2+}$  iyonunun neden olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle  $Cu^{2+}$  iyonun sudaki miktarı bakır toksisitesi açısından önemlidir (Kruger, 2002).

Sudaki çözülmüş oksijen, sertlik, ısı, pH ve şelat ajanlarındaki azalma bakır toksisitesinin artmasına neden olur. pH'nın bakır toksisitesi üzerine önemli bir etkisi vardır. Suyun pH sı yüksek ise suda bulunan bakır çökeler ve toksik etkisini kaybeder, fakat pH düşük ise bakır suda çözünür ve toksisitesi artar. Aşırı düzeydeki bakırın su canlıları üzerindeki etkilerinin bazıları şunlardır (Kruger, 2002).

-Balıklarda bazı biyokimyasal, anatomik, fizyolojik ve davranışsal değişikliklere neden olur.

-Hücrelerde yağ peroksidasyonuna neden olur.

-Solungaçlarda mukozada birikerek strese hatta ölüme yol açan solunum rahatsızlıklarına neden olur.

-Kalp atışında yavaşlama, hızlı oksijen alımı ve anemiye neden olur.

-Büyümeyi yavaşlatır.

-Kan ve karaciğerde enzim aktiviteleri, hematolojik parametreler ve plazma iyon konsantrasyonu gibi aktiviteleri etkiler ve solungaçta iyon transferini engeller.

-Omur hasarları ve nörolojik bozukluklara neden olur.

Tüm bu anlatılanlar nedeniyle her ne kadar bakır tüm organizmalar için esansiyel bir element olsa da her canlı ve ortam için ayrı ayrı bulunabilirlik sınırları belirlenmiş ve zararlı etkilerinin azaltılması için çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Örneğin içme sularında EPA' ya göre 1.3 mg/l (Anonim, 2006a), TSE 266 ya göre 1.5 mg/l (Anonim, 1997), Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ise 2.0 mg/l' yi geçmemesi tavsiye edilmektedir (Anonim, 1993).

## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Ünlü ve Gümüş (1993) Dicle Nehrinden aldıkları sediment ve Siraz (*Capoeta capoeta umbla*) örneklerinde çinko ve bakır konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Sediment örneklerinde bakır fabrikasına yakın yerlerde Zn ve Cu miktarlarında önemli bir artış olduğunu kaydetmişlerdir. Siraz örneklerinde ise yüksek seviyelerde Cu ve Zn tespit etmişlerdir. Ayrıca her iki metalinde karaciğer konsantrasyonlarının kas konsantrasyonundan birkaç kat daha fazla olduğunu kaydetmişlerdir.

Karataş ve Kalay (2002) *Tilapia zilli*'nin solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularında kurşun birikimini incelemişlerdir. Dokularda biriken kurşun düzeyini dağılımı Böbrek (%52.87) > Beyin (%25.56) > Solungaç (%15.47) > Karaciğer (%6.10) şeklinde belirlemişlerdir. Ayrıca 5 ppm kurşuna 30 gün süreyle maruz bırakılan balıklarda ölüm görülmemiştir.

Wildi ve ark. (2004) İsviçre'deki 4 baraj gölünde sediment kontaminasyonu üzerine araştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada sediment korlarının üst seviyelerine doğru metal konsantrasyonlarında bir azalma görüldüğünü belirtmektedirler. Çalışmada bu göllerin geçmişte önemli hacimlerde ağır metallere kontamine olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu önemli hacme rağmen ulusal düzeyde kirlenmiş bölgelerle kıyaslandığında çok yoğun bir kirlenme olmadığı tespit edilmiştir. Temel çevresel riskin ise bu ağır metallere kontamine sedimentteki metallere tekrar suya karışması olduğu belirtilmektedir.

DelValles ve ark. (1998) Cadiz körfezindeki 2 litoral ekosistemde *Sparus aurata* juvenilleri kullanarak sedimentte bulunan metallere toksisitesini test etmişlerdir. Çalışmaları sonucunda  $Cr \geq 90.2$ ,  $Cd \geq 1.24$ ,  $Pb \geq 52.5$ ,  $Ag \geq 0.68$ ,  $Cu \geq 71.2$  mg/kg kuru sediment konsantrasyonlarının zararlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Davies ve ark. (2006) Nijer Deltası'nda bulunan Elechi deresinden alınan su, sediment ve salyangoz (*Tympanotus fuscatus var radula*) örneklerinde bazı ağır metallere (Cr, Cd ve Pb) konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda ağır metal düzeylerin salyangoz > sediment > su şeklinde tespit etmişlerdir. Fakat salyangozlarda bulunan değer insan tüketim için tavsiye edilen değerlerin altında bulunmuştur.

Kılıçel ve Gökçalp (2005) aktif karbonla dithiyokarbomat komplekslerinin absorpsiyonu sonrası Van Gölü suyu ve göle dökülen sularda bazı ağır metallere araştırmışlardır. İncelenen metallere geri dönüşüm oranını %79 ile %106 arasında tespit etmişlerdir. Van Gölü suyunda ortalama metal konsantrasyonları Zn 40.8 µg/l, Pb 11.5 µg/l,

Cd 4 µg/l, Cr 29.8 µg/l, Ni 168.9 µg/l, Cu 79.8 µg/l, Co 79.8 µg/l, Bi 63.1 µg/l ve Mn 80.9 µg/l olarak bulunmuştur. Van gölüne dökülen sulara ise Zn 43.4 µg/l, Pb 6.4 µg/l, Cd 2.6 µg/l, Cr 32.2 µg/l, Ni 186.0 µg/l, Cu 46.2 µg/l, Co 58.0 µg/l, Bi 45.2 µg/l ve Mn 186.6 µg/l olarak bulunmuştur.

Sağlamtimur ve ark. (2003) farklı ortam derişimlerinde bakır ve bakır + kadmiyum karışımının Tatlısu Çipurası'nın (*Oreochromis niloticus*, L.) solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki bakır birikimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Genel olarak inceledikleri doku ve organlardaki bakır birikimi, etkide kalma süresi ve ortam derişimine bağlı olarak artış göstermiştir. Bakır + kadmiyum karışımının solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki bakır birikimine etkisi ortam derişimi, etkide kalma süresi ve dokulara göre farklılık göstermiştir. Hiçbir ortam derişiminde mortalite gözlemlenmiştir.

Fatoki ve Mathabatha (2001) Doğu Londra ve Port Elizabeth limanlarında su ve sediment örneklerinde bazı ağır metalleri (Zn, Cd, Cu, Fe, Mn ve Pb) incelemişlerdir. Doğu Londra Limanı'nda su örneklerinde Cd 0.2-72.0 µg/l, Cu 0.6-42.6 µg/l, Fe 2.4-183.0 µg/l, Pb 0.6-1.63 µg/l, Mn 0.9-23.9 µg/l, Zn 0.5-27.6 µg/l olarak belirlendi. Aynı bölgeden alınan sediment örneklerinde ise ağır metal değerleri (kuru ağırlık olarak) Cd 0.12-1.63 µg/g, Cu 12.7-183.0 µg/g, Fe 1046.0-18114.0 µg/g, Pb 3.2-84.2 µg/g, Mn 87.4-549.0 µg/g ve Zn 26.1-332.0 µg/g olarak belirlenmiştir. Port Elizabeth Limanı'ndan alınan su örneklerinde Cd 0.3-4.0 µg/l, Cu 0.5-11.3 µg/l, Fe 3.7-21.9 µg/l, Pb 0.6-4.2 µg/l, Mn 0.7-16.8 µg/l ve Zn 0.7-16.2 µg/l şeklinde belirlenmiştir. Sediment örneklerinde (kuru madde olarak) ise Cd 0.1-1.4 µg/g, Cu 8.6-82.3 µg/g, Fe 4219.0-15682.0 µg/g, Pb 9.0-61.9 µg/g, Mn 103.0-499.0 µg/g ve Zn 18.8-126.0 µg/g olarak bulunmuştur.

Gey ve Mordoğan (1988) İzmir Körfezi'nde yakalanan kefal (*Mugil sp.*), levrek (*Dicentrarchus labrax*, L.), dilbalığı (*Solea vulgaris*, *Ouensel*) ve midyenin (*Mytilus galloprovincialis*, *Lamarck*) kaslarında ve iç körfezin sahil kenarı sedimentinde dokuz ağır metalin (Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Co, Cr, Cd ve Ni) miktarlarını tespit etmişlerdir. Çalışılan türlerdeki ağır metal derişimleri türe, mevsimlere, istasyonlara, biyotoplara ve organizmalarının boylarına göre değişim göstermiştir. Midyelerdeki metal derişimi diğer bütün balıklardan fazla çıkmıştır. Çalışılan canlıların hepsindeki metal konsantrasyon düzeyleri yenilebilir kas dokuları için belirlenen değerlerden daha düşüktür. Sedimentlerdeki metal konsantrasyonları da mevsimlere ve istasyonlara göre farklılık göstermiş olup sediment konsantrasyonu çalışılan canlılardan çok daha yüksek bulunmuştur. Çalışılan metaller içinde hem türlerde hem de sedimentte demir en yüksek düzeyde bulunmuştur.

Kwon ve Lee (2001) *Masen Körfezi*'nde yaptıkları çalışmada Zn, Pb, Cu ve Cr'un biyolojik etki potansiyelini ve bu metallerin sediment katları incelenerek yıllar içindeki değişimini araştırmışlardır. Günlük 230000 m<sup>3</sup> ön arıtmadan geçmiş endüstriyel atık su ve kentsel atık su arıtma tesisi suyunun deşarj edildiği körfezde; bu deşarj nedeniyle son 6 yılda çinkonun 150 mg/kg'dan 468 mg/kg'a, kadmiyumun ise 1.3 mg/kg'dan 13 mg/kg seviyesine çıktığı belirlenmiştir. Sedimentlerdeki metallerin olumsuz biyolojik etki değerleri Zn için %69.8, Pb için %35.8, Cu için %29.1 ve Cr için %21.1 bulunmuştur. Ayrıca araştırmada çalışılan istiridyeye, kefal ve yengeç karaciğerlerindeki Biyokonsantrasyon Faktörü (BCF) değeri Cu ve Zn'da diğer metallere göre daha yüksek bulunmuştur. Zn için BCF değeri biyolojik elverişli fazdaki değeri ile orantılı bulunmuştur.

Gümüş ve ark. (1994) Dicle Nehri'nden alınan sediment, su ve nehirden avlanan bazı balık türlerinde (*Cyprinion macrostamus* ve *Garra rufa*) bazı ağır metallerin (Cu, Co, Mo, Ni, Pb, V ve Zn) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda su örneklerinde Mo ve V bulunmazken Cu, Co, Ni, Pb ve Zn düşük seviyelerde bulunmuştur. Sediment örneklerinde Co, Cu, Ni, Pb, V ve Zn yüksek seviyelerde bulunmuştur. Tüm balık örnekleri yüksek konsantrasyonlarda Cu, Ni ve Zn içerirken Co, Mo, Pb ve V içermedikleri tespit edilmiştir.

Ciminli (2005) Gölbaşı Gölü'nden alınan su, iki balık türü (*Claris gariepinus* ve *Carasobarbus luteus*) ve iki midye türünde (*Unio terminalis delicatus* ve *Potamida littoralis delesserti*) bazı ağır metallerin birikimlerini incelemiştir. Su örneklerinde Cd hiçbir mevsimde tespit edilememiştir. Ni iki istasyonda, Pb ise bir istasyonda ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur. Ağır metallerin en yüksek derişimleri balıkta karaciğer dokusunda tespit edilmiştir. Midyelerde ise kastaki ağır metal derişimi solungaç dokusundakinden daha düşük bulunmuştur. Çalışmada örneklenen organizmalarda ve sudaki ağır metal konsantrasyonları EPA'nın belirlemiş olduğu değerlerin altında bulunmuştur.

Çalışkan (2005) Asi Nehri'nde yaptığı çalışmada nehirden alınan su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinus*, BURCHELL 1822) örneklerinde Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını bir yıl süreyle mevsimsel olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda metal birikimlerinin mevsimler arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Genellikle en yüksek birikim su ve balık örneklerinde yazın, sedimentte ise kışın ölçülmüştür. Balık dokuları arasında birikim genellikle karaciğerde en yüksek olmasına rağmen Cr ve Mn solungaçta, Zn ise en fazla deride tespit edilmiştir. En az Cd, Cu, Mn ve Pb birikimi deride Co, Cr, Fe, Ni ve Zn ise kasta bulunmuştur. Sedimentteki birikimin balık ve suya oranla daha yüksek olduğu görülmüş olup sadece Cd suda daha fazla bulunmuştur. Genelde birikim su <

balık < sediment olmasına rağmen Cr ve Ni metalllerinde balık < su < sediment olarak görülmüştür. Su, sediment ve balık örneklerindeki ağır metaller kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur.

Erdem ve Kargın (1992) *Cyprinus carpio* ve *Tilapia nilotica*'nın karaciğer, dalak, bağırsak, solungaç ve kas dokularında bakır birikimini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada 10 ppm Cu derişimi dışında mortalite görülmemiştir. *Cyprinus carpio*'da biriken bakır düzeyi daha yüksek bulunmuştur. Her iki türde de bakır birikiminin maruz kalma süresi ve bakır derişimiyle doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. Dokulardaki bakır birikimi *Cyprinus carpio*'da karaciğer > dalak > mide > barsak > solungaç > kas şeklinde, *Tilapia nilotica*'da ise dalak > karaciğer > barsak > mide > solungaç > kas şeklinde gerçekleşmiştir.

Papoutsoglou ve Abel (1988) *Tilapia aurea*' da kadmiyumun birikimi ve subletal toksisitesini incelemişlerdir. Cd'nin farklı konsantrasyonlarında Tilapia'daki birikimi maruz kalınan konsantrasyonla doğru olarak artmıştır. Farklı konsantrasyonlara maruz bırakılan Tilapia'ların kas dokularındaki Cd kontrol grubunda 0.06 mg/kg iken 6.8 mg/l konsantrasyonda 0.12 mg/kg, 14 mg/l'de 0.23 mg/kg, 28 mg/l'de 0.72 mg/kg, 52 mg/l konsantrasyonda ise 0.92 mg/kg olarak bulunmuştur. Buna göre maruz kalınan konsantrasyon arttıkça Cd birikimi artmıştır.

Shrivastava ve ark. (2003) Hindistan'da kanalizasyon suyu ile beslenen Bhopal Gölü'nde su, plankton, balık ve sediment örneklerinde ağır metal analizi yapılmıştır. Su, balık, plankton ve sediment örnekleri gölün belirli metallere kirlendiğini göstermiştir. Bu metallere Fe ve Mn dahil bir kısmı kabul edilebilir sınırlar içerisinde iken Cr, Ni, Zn ve Pb kabul edilebilir sınırların üzerinde bulunmuştur. Kanalizasyon giriş noktalarındaki sediment analizleri sedimentin "kirlenmiş" ile "aşırı kirlenmiş" kategorileri arasında olduğunu göstermektedir. Sonuçlar EPA kriterlerine göre değerlendirildiğinde bölge halkının sağlık riskiyle karşılaşmamak için göl suyu ile temas etmemeleri gerektiği tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci yılında ağır metal düzeylerinde artış görülmüştür.

Karadede ve Ünlü (2000) Atatürk Baraj Gölü'nden alınan balık türleri (*Acanthobrama marmid*, *Chalcarburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carasobarbus luteus*, *Capoetta trutta* ve *Cyprinus carpio*), su ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışılan ağır metallere Cd, Co, Hg, Mo ve Pb suda, sedimentte ve balık türlerinde belirlenememiş, Ni ise belirlenebilir seviyenin altında bulunmuştur. Zn, Mn, Fe ve Cu farklı dokularda farklı seviyelerde bulunmuş olup karaciğerde en yüksek seviyede bulunmuştur. Aynı metaller sediment ve suda da tespit edilmiş suda çok düşük seviyelerde

bulunmuştur. Sedimentteki metal oranları sudan çok daha fazla tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre baraj gölünde ciddi bir ağır metal kirliliğinin olmadığı tespit edilmiştir.

Gümgüm ve ark. (2001) Dicle Nehri'nden alınan su ve balık örneklerinde (*Carasobarbus luteus*) ve nehrin sulak alanlarından aldıkları toprak, buğday ve mantar örneklerinde Cu ve Zn miktarlarını araştırmışlardır. Çalışmada nehir suyunda ortalama Cu 0.03 mg/l, Zn 0.14 mg/l olarak bulunmuştur. Nehir balıklarında kas dokusunda Cu 49.3 mg/kg, Zn 30.7 mg/kg, karaciğerlerinde ise Cu 454.9 mg/kg, Zn 290.4 mg/kg. olarak bulunmuştur. Nehir suyu ile sulanan bütün topraklarda Cu ve Zn sulanmayan topraklardan daha yüksek bulunmuştur. Aynı şekilde nehre yakın mantarlar uzak olanlardan, nehir suyu ile sulanan buğdaylar sulanmayanlardan daha yüksek miktarlarda metal içermektedirler.

Ünlü ve ark. (1996) Dicle Nehri'nden tutulan kefal balıklarının (*Liza abu*) farklı organlarında Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn kontaminasyonunu araştırmışlardır. Cd ve Pb analiz edilen hiçbir örnekte tespit edilmemiş olup Co ise sadece bağırsakta bulunmuştur. Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn yüksek konsantrasyonlarda belirlenmiştir.

Canlı ve ark. (1998) Seyhan Nehri'nde yaşayan balıkların (*Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chandrostama regium*) kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni düzeylerini araştırmışlardır. Balıkların dokularındaki metal oranları istasyonlar arasında genellikle önemli oranda değişim göstermemiş olup sadece hastane atıkları tarafından kirlenmiş olduğu düşünülen bir istasyonda yüksek çıkmıştır. Karaciğer ve solungaç dokuları kas dokusundan daha fazla metal içermektedir. Solungaç, karaciğer ve kas dokularındaki Cd düzeyleri sırasıyla µg/g cinsinden 1.26-6.10, 0.96-4.72, 0.51-1.67 arasında, Pb düzeyleri 9.41-44.75, 5.22-37.15 ve 2.94-13.73 arasında, Cu düzeyleri 5.43-58.63, 5.91-201.1 ve 3.27-7.35 arasında, Cr düzeyleri 1.72-6.10, 0.23-5.35 ve 0.36-1.71 arasında, Ni düzeyleri ise 6.83-28.03, 3.42-27.05 ve 1.62-13.35 arasında belirlenmiştir.

Allen-Gil ve ark. (1997) Amerika Birleşik Devletleri arktik (kutupsal, kutba yakın) göllerinde sediment ve 2 tatlı su balığı türünde (Göl Alabalığı [*Salvelinus namaycush*] ve Gölge Balığı [*Thymallus arcticus*]) ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Bir çok metalin konsantrasyonu kontamine olmamış diğer arktik bölgeler ve bir çok orta kuşak bölgesine oranla sedimentte yüksek bulunmuştur. Örneğin Feniak Gölü yüzey sedimentinde Hg ve Ni konsantrasyonları 175 µg/g, 250 µg/g (kuru ağırlık) bulunmuştur. Hg istisna edildiğinde örnekleme noktalarındaki sediment metal konsantrasyonu sıralaması Cu, Cd, Ni, belirlenmiştir. Çalışılan balıklarda birçok metalin maksimum konsantrasyonu arktik göller ve Kanada, Finlandiya ve Rusya'daki akarsularda bulunan eşit veya yüksek bulunmuştur. Feniak Gölü'nde göl alabalığında 1 µg/g'ı geçen Hg konsantrasyonları bulunmuştur. Daha çok

sedimentten beslenen yem organizmaları ile beslenen göl alabalığındaki metal konsantrasyonları gölge balığına oranla daha yüksek bulunmuştur. İçinde salyangoz bulunmayan göllerle kıyaslandığında salyangoz üzerinden beslenen alabalıklarda metal konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur.

Ekin ve Bildik (1997) Van ilinde 52 istasyonda içme suları, sulama suları, kuyu içme suları ile çimento fabrikası atık suyu ve yol kenarı birikinti sularında Cu, Zn, Fe, Cd ve Pb düzeylerini araştırmışlardır. Analizler sonucunda içme suyunda Fe 0.01-3 mg/l arasında, Zn 0.005-0.220 mg/l arasında, Pb 0.005-0.024 mg/l, Cu 0.005-0.035 mg/l arasında bulunmuştur. Sulama sularında ise Fe 0.03-2.71 mg/l, Pb 0.005-0.050 mg/l, Cu 0.005-0.012 mg/l, Zn ise 0.005-0.013 mg/l arasında bulunmuştur. Kuyu içme suyu metal konsantrasyonları Fe 0.03-1.3 mg/l, Zn 0.006-0.257 mg/l, Pb 0.005-0.017 mg/l ve Cu 0.005-0.013 mg/l arasında bulunmuştur. Birikinti ve atık sularda ise metal konsantrasyonları Fe 0.35-2.40 mg/l, Pb 0.007-0.124 mg/l, Zn 0.006-0.034 mg/l, Cu 0.008-0.030 mg/l şeklinde bulunmuştur. Cd 3 istasyon hariç tespit edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Bulunan değerler bazı standartlarla karşılaştırılmış ve birikinti ve atık suları, çimento fabrikası atık suyu ve fabrika bacasından yayılan toz partiküllerinin Fe, Cd, Zn ve Cu yönünden çevreyi kirlettiği belirlenmiştir. Ayrıca yol kenarındaki birikinti sularında ise Pb miktarı yüksek bulunmuştur.

Kofze ve ark. (1999) Güney Afrika Olifants Nehri'nde *Oreochromis mossambicus* ve *Clarias gariepinus* balıklarında Zn ve Cu'nun biyoakümüülasyonunu araştırmışlardır. Farklı yaş ve cinsiyet gruplarında biyoakümüülasyon seviyelerindeki önemsiz bulunmuştur. Bu da analiz edilen balıkların ergin olmasına ve gonadların analiz edilmemesine bağlanmıştır. Organ ve dokulardaki Cu kapsamı karaciğer > solungaç > deri > kas şeklinde iken Zn için özel bir dağılım deseni görülmemiştir. Biyoakümüülasyon zamana göre değişim göstermiş olup genellikle biyoakümüülasyon seviyesindeki artış taşkın dönemlerinde görülmüştür. Bunun sebebi de sedimentteki metallerin taşkın esnasında suya ve balığa intikal etmesine bağlanmıştır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışma alanı

Çalışma alanımız olan Van Gölü, Van ve Bitlis illeri sınırları içinde 38<sup>0</sup>13 Kuzey-39<sup>0</sup>10 Kuzey enlemleri ve 42<sup>0</sup>03 Doğu-43<sup>0</sup>45 Doğu boylamları arasında yer alan 1651 m rakımlı dünyanın en büyük sodalı gölü ve 4. büyük kapalı gölüdür. Ayrıca göl Türkiye'nin en büyük Ortadoğu'nun ikinci büyük gölüdür. Yüzölçümü 3713 km<sup>2</sup>, maksimum uzunluğu 120 km, genişliği 80 km, maksimum derinliği 450 m'dir. Göl lav set orijinli olup suyu sodalıdır. Bu nedenle göl suyu içme suyu olarak kullanılmaz. Gölün başlıca kullanım alanı İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Palas 1811) avcılığı, feribotla demiryolu ulaşımı, iç ve dış turizm'dir. Göl suyunun tuzluluğu %0,18-0,22 olup pH sı oldukça yüksektir ( pH 9.8 ), suyu kuvvetli alkalidir. Göl suyu sodalı olması nedeniyle içme ve sulama suyu olarak kullanılmaz (Çetinkaya ve Elp, 1995; Elp ve Çetinkaya, 2000).

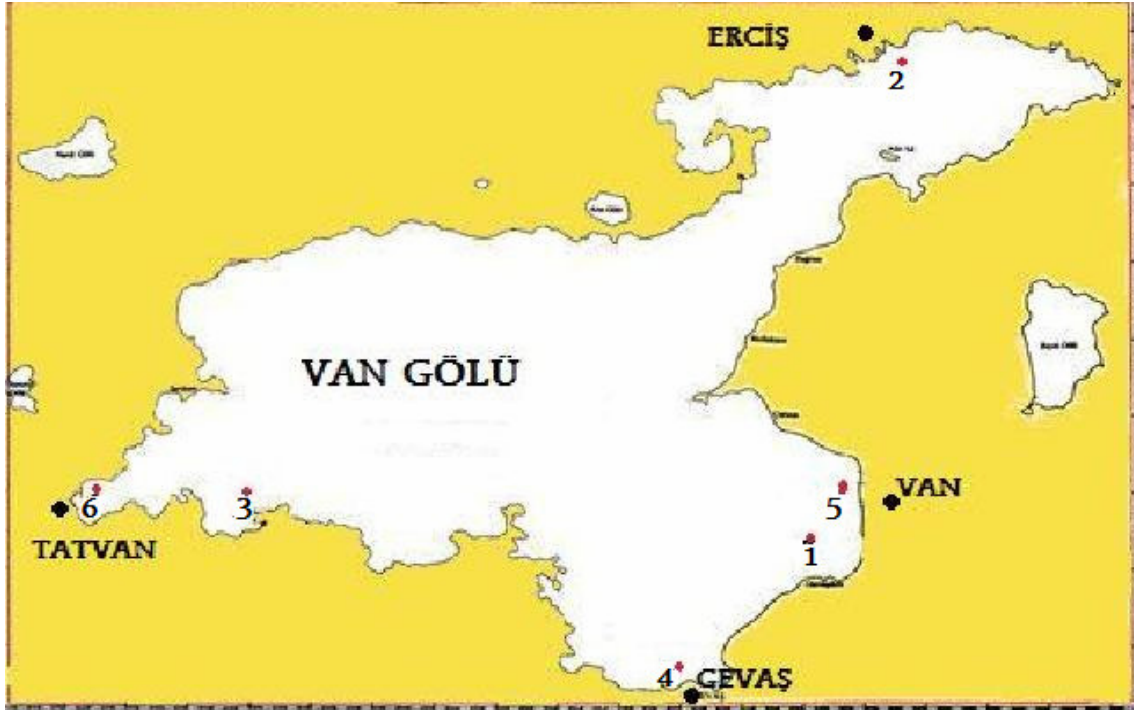
Gölün etrafı bölgenin önemli yerleşim merkezleriyle çevrelenmiştir. Gölün etrafında nüfusu 300.000'den fazla olan Van İl Merkezi, nüfusu 80.000 civarında olan Van İli Erciş ve Bitlis İli Tatvan İlçeleriyle, nüfusları 5000 ile 15000 arasında değişen Van İline bağlı Edremit ve Gevaş, Bitlis İline bağlı Ahlat ve Adilcevaz İlçeleri ile çevrilidir. Bütün bu yerleşim yerlerinin kanalizasyon ve diğer kaynaklardan gelen atık sularının önemli bir kısmı arıtılmadan Van Gölü'ne boşalmaktadır.

##### 3.1.2. Çalışma istasyonları

Çalışma istasyonları, gölün etrafında bulunan yerleşim merkezlerinin kanalizasyon ve diğer atık sularından etkilenmesi beklenen kesimler göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Bu amaçla 1. istasyon olarak, göl çevresindeki en büyük yerleşim birimi olan ve gölün doğu yakasında bulunan Van İl Merkezi İskelesi; İkinci istasyon olarak, gölün kuzeyinde bulunan Van'ın Erciş ilçesi Şeker fabrikası önleri; Üçüncü istasyon, gölün batısında Tatvan İlçesi güney doğusunda Teknecik köyü açıkları (Tatvan Körfezi); Dördüncü istasyon olarak da gölün güney kısmında kalan Gevaş İlçesi açıkları ( Akdamar adası güney-doğusu) seçilmiştir

(Şekil 3.1). Bu istasyonlardan 2006 yılı Mart-Nisan ve 2007 yılı Temmuz-Ağustos aylarında örnekleme yapılmıştır.

Ayrıca gölde kontaminasyon ihtimali yüksek olan ve Van Merkez ve Tatvan İlçe kanalizasyon atıklarının döküldüğü 2 ayrı noktadan da (5. ve 6. İstasyonlar Bkz. Şekil 3.1) 2007 yılında, ağır metal kirlilik yüklerini tahmin etmek amacıyla su ve sediment örnekleri alınmıştır.



Şekil 3.1. Örnekleme istasyonları (Anonim, 2008c)

1.Van İl Merkezi İskele İstasyonu 2.Erciş İstasyonu 3.Tatvan İstasyonu 4.Gevaş İstasyonu  
5.Van Kanalizasyon Deşarj Bölgesi 6.Tatvan İskelesi Civarı

### 3.1.3. Analiz edilen materyaller

Her istasyonda örnekleme zamanlarında Su, Sediment ve Balık örnekleri alınmıştır.

**Göl Suyu Örnekleri:** Suda bulunan ve analiz edilen metaller sucul ortamı ve canlıları doğrudan ve dolaylı yollardan etkilemesi nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Ayrıca gölün kontaminasyonu ve bu kontaminantların çevresel bir risk teşkil edip etmediklerini belirlemek açısından oldukça önemli bir veri oluşturmaktadır.

**Göl Sediment Örnekleri:** Su için belirtilenler sediment analizleri içinde geçerlidir. Sedimentlerden elde ettiğimiz sonuçlar hem sucul ortamda yaşayan canlıların hem de dolaylı olarak bu canlılarla beslenen insan ve diğer organizmaların maruz kaldıkları kontaminant miktarı hakkında bilgi vermektedir.

**Balık Örnekleri:** Çalışmada kullanılan balık Van Gölü havzasının endemik türü olan İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811)'dir. Balık göl ekosisteminde yaşamlarını sürdürmeleri, su ve sedimentten direkt olarak ağır metal kirliliği açısından etkilenmeleri ve insanlar tarafından tüketilmeleri nedeniyle hem ekosistemin hem de halk sağlığı açısından bünyelerinde bulunan metal miktarı çok önemli bir veri teşkil etmektedir. Balıklarda karaciğer ve kas örneklerinde ağır metal analizleri yapılmıştır.

### 3.2. Yöntem

Su örnekleri yüzeyden (30 cm) steril kavanozlarla; sediment örnekleri ise tabandan (yaklaşık 40-50 m) Eckman çamur kepçesi ile alınmış, alınan çamur örneği steril cam kavanozlara konulmuştur. Su ve sediment (taban çamuru ) örnekleri gün ışığı, sıcaklık değişimi gibi dış etkenlerden etkilenmemeleri için buz dolu taşıma kaplarında taşınmıştır. Kirli olduğu düşünülen bölgelerden ise sediment ve su örnekleri kıyıda 10 ile 30 metre içeriden yapılmıştır. Sediment örnekleri tabandan (yaklaşık 10-20 m) Eckman çamur kepçesi ile yapılmıştır.

Balık örneklemeleri çalışma istasyonlarında balıkçılarla göle açılarak, fanyalı ağlara yakalanmış bireylerden rastgele seçilerek yapılmıştır. Toplanan tüm örnekler aynı gün Van İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ne getirilmiştir. Laboratuara getirilen su ve sediment örnekleri buzdolabında, balık örnekleri ise derin dondurucuda  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de analiz edilene kadar muhafaza edilmiştir.

#### 3.2.1. Su örneklerinde ağır metal analizleri

Su örnekleri buzdolabından alındıktan sonra, içlerinde bulunabilecek organik maddelerin olumsuz etkilerinin bertaraf edilebilmesi için, Merck Ekstra Pure derişik nitrik asit ilavesi ile pH değerleri 1'e düşürülmüştür. Daha sonra Cd ve Pb Varian AA280Z marka Zeeman Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrsinde, Zn ve Cu okumaları ise EPA METHOD

3005A analiz metoduna uygun olarak Varian AA280FS marka Flame Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde hazırlanan standart çözeltilere karşı okuma yapılmıştır ( Anonim 1992).

### **3.2.2. Sediment örneklerinde ağır metal analizleri**

Buzdolabından alınan sediment örnekleri ilk aşamada iyice karıştırılarak homojen hale getirilmiş daha sonra belirli bir kısmı alınarak 150 °C'de 4 saat boyunca etüvde tutularak kurutulmuştur. Kurutulan örnekler tekrar karıştırılarak homojen örnekler haline getirilmiştir.

Homojen hale getirilen sediment örneklerinden EPA METHOD 3051 analiz yöntemi uyarınca 1-1.5 g alınmış ve nitrik asit ile MARS5 (Mikrodalga Çözümleme Cihazı) cihazında çözümleme yapılmıştır. Çözümlenen örnekler saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra içinde katı partiküller bulunduran örnekler süzülerek partiküllerden arındırılmış, partikülsüz örnekler ise hiçbir işlem yapılmadan analiz yöntemine göre Zeeman ve Flame Spektrofotometrelerinde hazırlanan standartlara karşı okunmuştur. Zeeman Spektrofotometresinde Cd ve Cu okularlarında gerekli seyreltmeler yapılmıştır (Anonim 1994).

### **3.2.3. Balık örneklerinde ağır metal analizi**

Balık örnekleri derin dondurucudan çıkartılarak çözününceye kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Çözünme işlemi tamamlandıktan sonra, sterilize edilmiş pens, makas, bisturi yardımıyla balıklar açılarak karaciğerlerinden mümkün olan en yüksek miktar ve kas dokusundan ise 1.5–2 g arasında örnek alınmıştır. Alınan örnekler sedimentlerde olduğu gibi mikrodalga çözümleme ile çözümlenmiş ve Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde NMKL (Nordic Committee on Food Analysis) 161 metoduna göre hazırlanan standartlara karşı okunmuştur (Anonim, 1998).

## 4. BULGULAR

### 4.1. Balık Karaciğer ve Kas Örnekleri Analiz Bulguları

Van Gölü Van İskele bölgesinden 2006 yılında avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde metal olarak Zn ve doku olarak da karaciğerin konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Cd her iki dokuda da en düşük konsantrasyonda bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Van Gölü Van İskele noktasından 2006’da avlanan İnci Kefali’nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	4.36	7.58	5.92 (n=6)	4.52	0.45
	Karaciğer	19.79	34.71	26.78 (n=5)		2.46
Bakır (mg/kg)	Kas	0.32	0.58	0,49 (n=6)	18.65	0.04
	Karaciğer	2.42	22.56	9.14 (n=5)		3.75
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	110.23	322.14	206.25 (n=5)	3.57	42.37
	Karaciğer	93.09	1648.3	736.31 (n=5)		266.17
Kurşun (µg/kg)	Kas	303.97	1890.73	1347.66 (n=5)	6.43	317.22
	Karaciğer	38.66	12044.1	8665.34 (n=5)		3760.52

Van Gölü Tatvan Körfezinden 2006 yılında avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde metal olarak Zn ve doku olarak da karaciğerin konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Bu noktada dokularda en düşük değerler Pb’da gözlenmektedir.

Çizelge 4.2. Van Gölü Tatvan körfezinden 2006’da avlanan İnci Kefali’nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	6.21	7.89	7.12 (n=4)	4.46	0.35
	Karaciğer	29.24	34.85	31.76 (n=4)		1.46
Bakır (mg/kg)	Kas	1.47	3.37	2.54 (n=4)	6.31	0.45
	Karaciğer	9.57	20.75	16.03 (n=4)		2.64
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	36.65	88.97	58.74 (n=4)	12.01	11.87
	Karaciğer	340.64	1198.69	705.18 (n=4)		197.65
Kurşun (µg/kg)	Kas	3.86	23.34	13.06 (n=4)	9.83	4.03
	Karaciğer	88.66	215.67	128.50 (n=4)		29.65

Van Gölü Van Gevaş bölgesinden 2006 yılında avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde metal olarak Zn ve doku olarak da karaciğer konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Van Gölü Gevaş bölgesinden 2006'da avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	3.94	10.55	7.39 (n=5)	28.43 (n=5)	3.84	1.33
	Karaciğer	10.67	54.43	28.43 (n=5)	28.43 (n=5)	3.84	7.29
Bakır (mg/kg)	Kas	1.47	5.64	3.63 (n=5)	17.82 (n=5)	4.91	0.75
	Karaciğer	5.63	35.19	17.82 (n=5)	17.82 (n=5)	4.91	5.04
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	3.46	17.66	9.60 (n=5)	203.95 (n=5)	21.24	2.35
	Karaciğer	46.8	346.45	203.95 (n=5)	203.95 (n=5)	21.24	57.29
Kurşun (µg/kg)	Kas	3.64	25.92	13.13 (n=5)	79.12 (n=5)	6.03	3.89
	Karaciğer	28.6	126.42	79.12 (n=5)	79.12 (n=5)	6.03	17.38

Van Gölü Van Erciş körfezinden 2006 yılında avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde karaciğer dokusunda Cu, kas dokusunda ise Zn konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Dokularda ise karaciğerin metal konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Van Gölü Erciş körfezinden 2006'da avlanan İnci Kefali'nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	4.46	10.43	7.00 (n=5)	23.77 (n=5)	3.40	1.01
	Karaciğer	19.88	27.02	23.77 (n=5)	23.77 (n=5)	3.40	1.30
Bakır (mg/kg)	Kas	2.97	5.51	4.29 (n=5)	26.02 (n=5)	6.06	0.40
	Karaciğer	11.69	41.88	26.02 (n=5)	26.02 (n=5)	6.06	4.92
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	2.27	19.87	7.93 (n=5)	199.53 (n=5)	25.16	3.12
	Karaciğer	76.81	384.91	199.53 (n=5)	199.53 (n=5)	25.16	66.43
Kurşun (µg/kg)	Kas	4.28	61.86	18.82 (n=5)	90.97 (n=5)	4.83	11.00
	Karaciğer	25.5	173.91	90.97 (n=5)	90.97 (n=5)	4.83	27.95

Van gölü Van İskele bölgesinden 2007 yılında avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.5'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde karaciğer dokusunda Cu, kas dokusunda ise Zn konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Dokularda ise karaciğerin metal konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Van Gölü İskele bölgesinden 2007’de avlanan İnci Kefali’nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	3.78	5.80	4.72 (n=5)	4.90	0.44
	Karaciğer	14.39	49.13	23.11 (n=5)		6.55
Bakır (mg/kg)	Kas	0.14	0.80	0.34 (n=5)	75.18	0.12
	Karaciğer	2.10	56.03	25.56 (n=5)		10.39
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	2.75	7.70	4.39 (n=5)	29.89	0.88
	Karaciğer	78.78	170.16	131.20 (n=5)		17.35
Kurşun (µg/kg)	Kas	T.E.D.B.*	8.76	4.36 (n=5)	52.30	1.86
	Karaciğer	73.65	407.8	228.13(n=5)		57.14

Van gölü Tatvan körfezinden 2007’de avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde ağır metallere Zn ve doku olarak da karaciğer konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Van gölü Tatvan körfezinden 2007’de avlanan İnci Kefali’nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	3.51	11.23	7.04 (n=5)	3.16	1.27
	Karaciğer	12.99	30.22	22.24 (n=5)		2.75
Bakır (mg/kg)	Kas	0.22	0.77	0.43 (n=5)	38.49	0.09
	Karaciğer	1.83	60.28	16.55 (n=5)		11.11
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	2.71	17.11	7.51 (n=5)	30.08	2.94
	Karaciğer	66.16	669.79	225.92 (n=5)		115.86
Kurşun (µg/kg)	Kas	T.E.D.B.*	5.64	2.43 (n=5)	20.78	1.02
	Karaciğer	9.13	97.12	50.50 (n=5)		17.48

Van gölü Van Erciş körfezinden 2007 yılında avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde karaciğer dokusunda Cu, kas dokusunda ise Zn konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Dokularda ise karaciğerin metal konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Van gölü Van Erciş körfezinden 2007’de avlanan İnci Kefali’nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	4.25	9.75	7.02 (n=5)	3.23	0.92	
	Karaciğer	17.48	25.78	22.68 (n=5)			
Bakır (mg/kg)	Kas	0.4	0.69	0.51 (n=5)	47.65	0.06	
	Karaciğer	4.61	49.53	24.30 (n=5)			
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	2.56	12.75	5.49 (n=5)	22.99	1.88	
	Karaciğer	60.47	128.64	126.20 (n=5)			
Kurşun (µg/kg)	Kas	T.E.D.B.	8.00	2.52 (n=5)	16.42	1.42	
	Karaciğer	5.72	101.87	41.39 (n=5)			

Van gölü Van Gevaş bölgesinden 2007 yılında avlanan İnci Kefali bireylerinin kas ve karaciğerlerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde metal olarak Zn ve doku olarak da karaciğerin konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Van gölü Van Gevaş bölgesinden 2007’de avlanan İnci Kefali’nin kas ve karaciğerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metal	Ölçüm Yapılan Doku	Bulunan Düşük Konsantrasyon	En Yüksek Konsantrasyon	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon	Karaciğer/Kas Oranı	Standart Hata
Çinko (mg/kg)	Kas	5.92	7.91	7.04 (n=5)	5.08	0.42	
	Karaciğer	19.77	67.54	35.78 (n=5)			
Bakır (mg/kg)	Kas	0.24	0.54	0.37 (n=5)	10.35	0.03	
	Karaciğer	0.44	14.44	3.83 (n=5)			
Kadmiyum (µg/kg)	Kas	5.89	16.26	10.16 (n=5)	7.01	1.71	
	Karaciğer	41.2	139.27	71.25 (n=5)			
Kurşun (µg/kg)	Kas	T.E.D.B.	9.95	2.13 (n=5)	22.44	1.96	
	Karaciğer	12.90	90.66	47.80 (n=5)			

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin kas örneklerinde belirlenen Zn konsantrasyonları çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Zn konsantrasyonu Tatvan Körfezi 2006 örneklemeğinde bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Çalışma istasyonları bazında kas örneklerinde belirlenen Zn konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon(mg/kg)	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon(mg/kg)	Ortalama Konsantrasyon (mg/kg)
Van İskele 2006	4.36	7.58	5.92 (n=6)
Van İskele 2007	3.78	5.80	4.72 (n=5)
Tatvan 2006	6.21	7.89	7.12 (n=4)
Tatvan 2007	3.51	11.23	7.04 (n=5)
Erciş 2006	4.46	10.43	7.00 (n=5)
Erciş 2007	4.25	9.75	7.02 (n=5)
Gevaş 2006	3.94	10.55	7.39 (n=5)
Gevaş 2007	5.92	7.91	7.04 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	4.55	8.99	6.63 (n=40)

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin karaciğer örneklerinde belirlenen Zn konsantrasyonları çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Zn konsantrasyonu Gevaş 2007 örneklemeinde bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Zn konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon(mg/kg)	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon(mg/kg)	Ortalama Konsantrasyon (mg/kg)
Van İskele 2006	19.79	34.71	26.78 (n=5)
Van İskele 2007	14.39	49.13	23.11 (n=5)
Tatvan 2006	29.24	34.85	31.76 (n=4)
Tatvan 2007	12.99	30.22	22.24 (n=5)
Erciş 2006	19.88	27.02	23.77 (n=5)
Erciş 2007	17.48	25.78	22.68 (n=5)
Gevaş 2006	10.67	54.43	28.43 (n=5)
Gevaş 2007	19.77	67.54	35.78 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	18.03	40.46	26.69 (n=39)

Bütün istasyonların ortalama Zn konsantrasyonları incelendiğinde ortalama karaciğer/kas oranı 4.02 olarak bulunmuştur.

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin kas örneklerinde belirlenen Cu konsantrasyonları çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Cu konsantrasyonu Erciş Körfezi 2006 örneklemeinde bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Çalışma istasyonları bazında kas örneklerinde belirlenen Cu konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon(mg/kg)	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon(mg/kg)	Ortalama Konsantrasyon (mg/kg)
Van İskele 2006	0.32	0.58	0.49 (n=6)
Van İskele 2007	0.14	0.80	0.34 (n=5)
Tatvan 2006	1.47	3.37	2.54 (n=4)
Tatvan 2007	0.22	0.77	0.43 (n=5)
Erciş 2006	2.97	5.51	4.29 (n=5)
Erciş 2007	0.4	0.69	0.51 (n=5)
Gevaş 2006	1.47	5.64	3.63 (n=5)
Gevaş 2007	0.24	0.54	0.37 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	0.90	2.24	1.57 (n=40)

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin karaciğer örneklerinde belirlenen Cu konsantrasyonları çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Cu konsantrasyonu Erciş Körfezi 2006 örneklemeinde bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Cu konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon(mg/kg)	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon(mg/kg)	Ortalama Konsantrasyon (mg/kg)
Van İskele 2006	2.42	22.56	9.14 (n=5)
Van İskele 2007	2.10	56.03	25.56 (n=5)
Tatvan 2006	9.57	20.75	16.03 (n=4)
Tatvan 2007	1.83	60.28	16.55 (n=5)
Erciş 2006	11.69	41.88	26.02 (n=5)
Erciş 2007	4.61	49.53	24.30 (n=5)
Gevaş 2006	5.63	35.19	17.82 (n=5)
Gevaş 2007	0.44	14.44	3.83 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	4.79	37.58	17.44 (n=39)

Bütün istasyonların ortalama Cu konsantrasyonları incelendiğinde ortalama karaciğer/kas oranı 11.11 olarak bulunmuştur.

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin kas örneklerinde belirlenen Pb konsantrasyonları çizelge 4.13'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Pb konsantrasyonu Van İskele Bölgesi 2006 örneklemeinde bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Çalışma istasyonları bazında kas örneklerinde belirlenen Pb konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Ortalama Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )
Van İskele 2006	303.97	1890.73	1347.66 (n=5)
Van İskele 2007	T.E.D.B.	8.76	4.362 (n=5)
Tatvan 2006	3.86	23.34	13.06 (n=4)
Tatvan 2007	T.E.D.B.	5.64	2.43 (n=5)
Erciş 2006	4.28	61.86	18.82 (n=5)
Erciş 2007	T.E.D.B.	8.00	2.52 (n=5)
Gevaş 2006	3.64	25.92	13.13 (n=5)
Gevaş 2007	T.E.D.B.	9.95	2.13 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	39.47	254.28	178.91 (n=39)

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin karaciğer örneklerinde belirlenen Pb konsantrasyonları çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Pb konsantrasyonu Van İskele Bölgesi 2006 örneklemeinde bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Pb konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Ortalama Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )
Van İskele 2006	38.66	12044.1	8665.34 (n=5)
Van İskele 2007	73.65	407.8	228.134(n=5)
Tatvan 2006	88.66	215.67	128.50 (n=4)
Tatvan 2007	9.13	97.12	50.50 (n=5)
Erciş 2006	25.5	173.91	90.97 (n=5)
Erciş 2007	5.72	101.87	41.39 (n=5)
Gevaş 2006	28.6	126.42	79.12 (n=5)
Gevaş 2007	12.90	90.66	47.80 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	35.35	1657.19	1193.08 (n=39)

Bütün istasyonların ortalama Pb konsantrasyonları incelendiğinde ortalama karaciğer/kas oranı 6.67 olarak bulunmuştur.

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin kas örneklerinde belirlenen Cd konsantrasyonları çizelge 4.15'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Cd konsantrasyonu Van İskele Bölgesi 2006 örneklemeinde bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Çalışma istasyonlarında kas örneklerinde belirlenen Cd konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Ortalama Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )
Van İskele 2006	110.23	322.14	206.25 (n=5)
Van İskele 2007	2.75	7.70	4.39 (n=5)
Tatvan 2006	36.65	88.97	58.74 (n=4)
Tatvan 2007	2.71	17.11	7.51 (n=5)
Erciş 2006	2.27	19.87	7.93 (n=5)
Erciş 2007	2.56	12.75	5.49 (n=5)
Gevaş 2006	3.46	17.66	9.60 (n=5)
Gevaş 2007	5.89	16.26	10.16 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	20.82	62.81	38.25 (n=39)

Çalışma esnasında 2006 ve 2007 yıllarında bütün çalışma istasyonlarından avlanan İnci Kefalinin karaciğer örneklerinde belirlenen Cd konsantrasyonları çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek Cd konsantrasyonu Van İskele Bölgesi 2006 örneklemeinde bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Çalışma istasyonları bazında karaciğer örneklerinde belirlenen Cd konsantrasyonları

İstasyon/Tarih	Bulunan En Düşük Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Bulunan En Yüksek Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )	Ortalama Konsantrasyon ( $\mu\text{g/kg}$ )
Van İskele 2006	93.09	1648.3	736.31 (n=5)
Van İskele 2007	78.78	170.16	131.20 (n=5)
Tatvan 2006	340.64	1198.69	705.18 (n=4)
Tatvan 2007	66.16	669.79	225.92 (n=5)
Erciş 2006	76.81	384.91	199.53 (n=5)
Erciş 2007	60.47	128.64	126.20 (n=5)
Gevaş 2006	46.8	346.45	203.95 (n=5)
Gevaş 2007	41.2	139.27	71.25 (n=5)
Ortalama Konsantrasyon	100.49	585.78	289.55 (n=39)

Bütün istasyonların ortalama Cd konsantrasyonları incelendiğinde ortalama karaciğer/kas oranı 7.57 olarak bulunmuştur.

## 4.2. Su Örnekleri Analiz Bulguları

Su örneklerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.17'de verilmiştir. Göl suyundaki ağır metal konsantrasyonları oldukça düşük düzeyde bulunmuş olup Cu ve Zn diğer iki metale oranla daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Van Gölünden 2007 yılında alınan su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

İstasyon	Cd	Pb	Cu	Zn
Van İskele	3.26	9.26	38	42
Tatvan	2.84	8.18	28	25
Gevaş	2.49	8.24	32	17
Erciş	2.78	8.57	40	34
Tatvan İskele	4.38	10.87	33	30
Tatvan Mezbaha	0.26	T.E.D.B.	16	4

### 4.3. Sediment Örnekleri Analiz Bulguları

Çalışma esnasında alınan sediment örneklerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde atık su girişinin olduğu Tatvan iskele bölgesinde ve Van Kanalizasyon çıkışının olduğu bölgede özellikle Pb ve Cd yüksek düzeylerde bulunmuştur. Bununla birlikte sedimentteki ağır metal konsantrasyonları Cu hariç diğer bütün metallerde su ve balık dokularına oranla oldukça yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Sediment örneklerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları

İstasyon	Cd ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Pb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Van İskele	189.16	387.1	13.68	112.64
Tatvan iskele	3650.15	1512.2	12.29	127.13
Van Kanalizasyon	1157.1	1710.2	17.07	130.77

### 4.4. Su/Kas, Su/Karaciğer Biyokonsantrasyon Faktörleri

Su örnekleri ile balıklarda kas ve karaciğer örneklerinde istasyonlara göre 2007 yılı itibariyle hesaplanan Biyokonsantrasyon Faktörleri çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. 2007 yılı su, karaciğer ve kasta belirlenen ortalama ağır metal konsantrasyonları ve biyokonsantrasyon faktörleri (BCF) (doku değerleri  $\mu\text{g}/\text{kg}$  su değerleri  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

İstasyon		Cd	BCF	Pb	BCF	Cu	BCF	Zn	BCF
Van İskele	Su	3.26		9.26		38		42	
	Karaciğer	131.2	40.25	228.13	24.64	25560	672.63	23110	550.24
	Kas	4.39	1.35	4.36	0.47	340	8.95	4720	112.38
Erciş	Su	2.78		8.57		40		34	
	Karaciğer	126.20	45.40	41.39	4.83	24300	607.50	22680	667.06
	Kas	5.49	1.97	2.52	0.29	510	12.75	7020	206.47
Tatvan	Su	2.84		8.18		28		25	
	Karaciğer	225.92	79.55	50.50	6.17	16550	591.07	22240	889.6
	Kas	7.51	2.64	2.43	0.29	430	15.36	7040	281.6
Gevaş	Su	2.49		8.24		32		17	
	Karaciğer	71.25	28.61	47.80	5.80	3830	119.69	35780	2014.71
	Kas	10.16	4.08	2.13	0.26	370	11.56	7040	414.12
Ortalama	Su	2.84		8.56		34.5		29.5	
	Karaciğer	138.64	48.82	91.96	10.74	17560	508.99	25952.5	879.75
	Kas	6.89	2.43	2.86	0.33	412.5	11.96	6455	218.81

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Endüstrileşme, kentsel ve kırsal nüfustaki artış, artan doğal kaynak işletmeciliği ve kullanımı, trafikteki artış gibi nedenlerle ekosistemlere intikal eden ağır metallerin sebep olduğu kirlenme genel çevre kirlenmesi içinde önemli bir yer tutmaktadır. Ağır metaller ekosistemde birikmekte herhangi bir süreçle parçalanmamaktadır. Ağır metaller toprak, su, hava, sediment kirlenmesinde rol oynarken ekosistemde bulunan tüm canlıları ve insanları etkilemektedir. İnsanı etkileyen en eski ve en iyi bilinen toksik maddeler de yine ağır metallerdir. Sentetik kimyasallar üretilmeden çok önceleri de dünyanın her yerinde ağır metallere kaynaklanan zehirlenmelere rastlanmaktadır.

Bu çalışmada Van Gölü suyu, sediment ve gölde yaşayan tek balık türü olan inci kefalinin kas ve karaciğerinde ağır metallere kurşun, kadmiyum, bakır ve çinko analiz edilmiştir. Gölde belirlenen 4 örnekleme noktasında (Van, Erciş, Gevaş ve Tatvan) su ve balık örnekleri, daha yoğun atık girişi görülen iki örnekleme noktasından (Van İskele ve Tatvan İskele) da sediment ve su örnekleri alınmış ve metal konsantrasyonları belirlenmiştir.

### 5.1. Balık Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Örnekleme istasyonları ele alındığında Van İskele noktasından alınan balık örneklerinde ağır metal konsantrasyonları kas dokusuna oranla karaciğerde daha yüksek bulunmuştur. Daha önce yapılan birçok çalışmada (Ünlü ve Gümgüm, 1993; Ciminli, 2005; Erdem ve Kargın, 1992; Karadede ve Ünlü, 2000; Gümgüm ve ark., 2001; Canlı ve ark., 1998) da çalışmamızla paralel sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum karaciğerin fonksiyonları ile ilgilidir. Karaciğer diğer bazı besinleri (yağ, karbonhidrat, vitamin vd.) olduğu gibi toksik ve toksik olmayan metalleri de biriktirme kabiliyetine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle vücuda zarar verecek birçok maddeyi alıkoymakta ve intoksikasyonunu gerçekleştirmektedir.

Van İskele Bölgesinden 2006 ve 2007 yıllarında iki örnekleme yapılmıştır. 2006 yılında tespit edilen metal değerleri 2007 yılındakilere oranla daha yüksek bulunmuş olup bu da ilk örneklemenin üreme öncesi yapılması ve ikinci örneklemenin ise üreme sonrası yapılmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. İnci Kefali doğal yaşam döngüsü gereği gölde yaşayıp tatlı sularda üreyen bir balıktır. İkinci örnekleme (2007) tatlı su dönüşü yapıldığından tatlı suda kalış süresine bağlı olarak bir seyrelme, boşaltım olabileceği ve metal

konsantrasyonlarının düşebileceği düşünülmektedir. İki örnekleme arasındaki en büyük farklar hem kas hem karaciğer dokularında Cd ve Pb'da belirlenmiştir. Diğer metallerin değerleri arasındaki fark çok düşük seviyede olmuştur. Bu farklar çalışmaya konu olan balığın yaşı, hareketliliği, boyu ve örnekleme yapıldığı mevsim gibi etkenlere de bağlı olabilir. Ancak hangi etkenin ne seviyede etkili olduğu bu verilerle ortaya konulamamaktadır.

Tatvan noktasında yapılan balık örneklemelelerinde de 2006 yılı metal düzeyleri daha yüksek bulunmuştur. Bu bölgede yapılan örneklemelelerde de karaciğer metal düzeyleri kaslardan daha yüksek miktarlarda belirlenmiştir. Kaslarda bulunan metallerin konsantrasyonu tavsiye edilen miktarlardan daha düşük bulunmuştur. Sadece Cd, Cu (2007 Gevaş örnekleme hariç) ve Pb'nun karaciğer konsantrasyonları kaslar için belirlenen değerlerden daha yüksek bulunmuştur (Anonim, 2008b). Gevaş ve Erciş bölgelerinden yapılan balık örneklemeleleri de Tatvan örneklemeleleriyle benzer şekil ve oranlarda tespit edilmiştir.

Çalışılan örneklerdeki metal düzeyleri istasyonların ortalama metal konsantrasyonu dikkate alınarak metal bazında incelendiğinde hem kas hem de karaciğer örneklerinde metal konsantrasyon sıralaması Zn> Cu> Pb> Cd şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Zn ve Cu miktarları Pb ve Cd miktarlarına göre oldukça yüksek bulunmuştur. Zn ve Cu'nun diğer iki metale göre daha yüksek olması bu iki metalinde balığın doğal yapısında iz element olarak bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Kaslardaki Zn miktarı istasyon ortalamalarına göre en düşük 4.72 mg/kg düzeyinde Van İskele 2007 örneklemelelerinde, en yüksek ise 7.39 mg/kg ile Gevaş 2006 örneklemelelerinde tespit edilmiştir. Bölgeler arasında ve mevsimsel örneklemeleler arasında farklar görülmüş fakat bu farklar çok yüksek konsantrasyonlarda gerçekleşmemiştir. Belirlenen en düşük kas konsantrasyonu 3.51 mg/kg ile Tatvan 2007 örneklemelelerinde, en yüksek konsantrasyon ise 11.23 mg/kg ile yine aynı örneklemede tespit edilmiştir. Analiz edilen hiçbir kas örneğindeki Zn konsantrasyonu kabul edilebilir değerlerden yüksek bulunmamıştır (Anonim, 2008b). Karaciğerlerde istasyon ortalamalarına göre belirlenen en düşük Zn konsantrasyonu 22.24 mg/kg ile Tatvan 2007 örneklemelelerinde, en yüksek ise 35.78 mg/kg ile Gevaş 2007 örneklemelelerinde tespit edilmiştir. Tek balık düzeyinde belirlenen en düşük konsantrasyon 10.67 mg/kg ile Gevaş 2006 örneklemelelerinde, en yüksek ise 67.64 mg/kg ile Gevaş 2007 örneklemelelerinde bulunmuştur. Metal konsantrasyonlarındaki bu değişimler balığın yaşı, boyu, balığın göl içindeki beslenme ve dolaşım bölgeleri, fizyolojik hayat dönemi gibi özelliklerine bağlanmaktadır.

Kaslarda tespit edilen Cu miktarları Zn'ye oranla oldukça düşük olup bu durumun balığın doğal mineral bileşimi ile ilgili olarak Zn'yu Cu'dan daha fazla içermesinden kaynaklanmaktadır. İstasyon bazında belirlenen ortalama en yüksek Cu konsantrasyonları kasta 4.29 mg/kg ile Gevaş 2006 örneklemeğinde, karaciğerde ise 26.02 mg/kg ile Erciş 2006 örneklemeğinde ve en düşük konsantrasyonlar ise kasta 0.34 mg/kg ile İskele 2007 örneklemeğinde, karaciğerde ise 3.83 mg/kg ile Gevaş 2007 örneklemeğinde tespit edilmiştir. Bakır için kas konsantrasyonları birkaç örnek haricinde genellikle en yüksek bulunabilirlik değerlerinin altında bulunmuştur. Tek balık düzeyinde en yüksek kas konsantrasyonu 5.64 mg/kg ile Gevaş 2006 örneklemeğinde, karaciğer konsantrasyonu 60.28 mg/kg ile Tatvan 2007 örneklemeğinde, en düşük kas konsantrasyonu 0.14 mg/kg ile İskele 2007 örneklemeğinde, karaciğer konsantrasyonu 0.44 mg/kg olarak Gevaş 2007 örneklemeğinde tespit edilmiştir. Bölgesel ve bireysel metal konsantrasyonları arasında değişimler görülmekle birlikte bu farklılıkların doğal olduğu düşünülmektedir.

Kaslarda tespit edilen Cd miktarları Zn ve Cu'a oranla çok daha düşüktür. Herhangi bir kontaminasyon yoksa Cd balığın doğal bileşiminde bulunmaz. İstasyon bazında belirlenen ortalama en yüksek Cd konsantrasyonları kasta 206.25 µg/kg ve karaciğerde 736.31 µg/kg ile İskele 2006 örneklemeğinde ve en düşük konsantrasyonlar ise kasta 4.39 µg/kg ile İskele 2007 örneklemeğinde, karaciğerde ise 71.25 µg/kg ile Gevaş 2007 örneklemeğinde tespit edilmiştir. Belirlenen kas konsantrasyonları birkaç örnek haricinde genellikle kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Tek balık düzeyinde en yüksek kas konsantrasyonu 322.14 µg/kg ve karaciğer konsantrasyonu 1648.3 µg/kg ile İskele 2007 örneklemeğinde, en düşük kas konsantrasyonu 2.27 µg/kg ile Erciş 2006 örneklemeğinde, karaciğer konsantrasyonu 41.2 µg/kg olarak Gevaş 2007 örneklemeğinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre Van gölünde yaşayan inci kefalı bireylerinin etlerinde çok düşük düzeyde de olsa Cd birikimi olduğu söylenebilir.

Kaslarda tespit edilen Pb konsantrasyonları Cu ve Zn'den oldukça düşük, Cd'den ise daha yüksek bulunmuştur. Cu ve Zn balığın yapısında doğal olarak bulunması nedeniyle daha yüksek bulunmuştur. Cd'nin daha düşük olmasının nedeni ise göldeki kirlilik etmenleri içerisinde Pb'nin Cd'den daha fazla bulunduğunu göstermektedir. İstasyon bazında belirlenen ortalama en yüksek Pb konsantrasyonları kasta 1327.66, µg/kg karaciğerde ise 8665.34 µg/kg ile Van İskele 2006 örneklemeğinde ve en düşük konsantrasyonlar ise kasta 2.13 µg/kg ile Gevaş 2007 örneklemeğinde, karaciğerde ise 41.39 µg/kg ile Erciş 2007 örneklemeğinde tespit edilmiştir. Belirlenen kas konsantrasyonları birkaç örnek haricinde genellikle en yüksek bulunabilirlik değerlerinin altında bulunmuştur. Tek balık düzeyinde en yüksek kas

konsantrasyonu 1890.73 µg/kg, karaciğer konsantrasyonu ise 12044.1 µg/kg olarak Van İskele 2007 örneklemeğinde, en düşük kas konsantrasyonu tespit edilebilir düzeyin (Pb için 0.005 µg/kg) altında bütün bölgelerde 2007 örneklemeğinde, karaciğerde ise 5.72 µg/kg olarak Erciş 2007 örneklemeğinde tespit edilmiştir. Bölgesel ve birey bazında metal konsantrasyonları arasında değişimler görülmekle birlikte bu farklılıkların doğal olduğu düşünülmektedir.

Analizi yapılan ağır metallere hemen tümü Van istasyonunda en yüksek çıkmaktadır. Daha sonra Tatvan, Erciş ve Gevaş sıralaması bulunmuştur. 2006 yılı örneklemeğinde bölgesel farklılıklar daha bariz bir şekilde görülmektedir. 2007 yılı örneklemeğinde ise bu farklılıklar daha küçük bulunmuştur. Bunun nedeni ilk örnekleme esnasında balığın yaklaşık 6-10 ay gibi uzun bir dönem boyunca gölden ayrılmaması ve bu dönemde devamlı olarak kirlilik etmenlerine bağlanmaktadır. Ayrıca muhtemel ilk örnekleme esnasındaki balık yaşları ikinciye oranla daha yüksek olduğundan ve ağır metallere yaşla orantılı olarak birikiminin artmasından kaynaklanmaktadır. Bölgesel olarak metaller arasında tespit edilen farklılıklar incelendiğinde Van İskele ve Tatvan bölgeleri diğer iki bölgeye oranla özellikle 2006 yılında oldukça yüksek bulunmuştur. 2007 yılında ise farklılıklar hem daha az bulunmuş hem de istasyonlar arasında belirgin bir konsantrasyon sıralaması tespit edilmemiştir. Bunun nedeni ise gölün her bölgesindeki balıkların üreme dönemi sonrası metal düzeyi daha düşük olan tatlı sulardan gelmesi ve genellikle balıkların yaşının ve büyüklüğünün az olmasına bağlanmaktadır.

Bölgelere göre balıklarda metal birikim düzeylerindeki farklılıklar ise Van ve Tatvan bölgelerinde kentsel atıklar, sanayi atıkları ve trafik kaynaklı ağır metallere gölün daha fazla kontamine olmasına bağlanmaktadır. Bilindiği gibi Van Gölü'nün kirlilik yükü bakımından halen en kritik noktası Van İskele civarındadır. Bu noktaya Van ili kanalizasyonu atık su arıtma tesisi deşarjı yanında kent içinden akarak göle dökülen ve kirlilik yükü taşıyan dereler deşarj edilmektedir ( Cantürk, 2007).

## **5.2. Su ve Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları**

Su örneklerinde Zn ve Cu diğer iki metale oranla daha fazla bulunmuştur. Sediment örneklerinde ise Zn ve Cu çok daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni gölün karakteristik yapısı gereği pH'sının yüksek olması, karbonat ve bikarbonat miktarının fazla olması nedeniyle bu iki metalin suda çözünmeden dibe çökmesinden kaynaklanmaktadır. Göl

suyunun Zn ve Cu açısından fakir olmasının nedeni de bu oluşumdur. Daha önce yapılmış çalışmalarda (Kılıçel ve Gökalp, 2005) göl suyunun bu iki metal açısından pek çok sudan daha fakir olduğunu göstermiş olup çalışmamızı desteklemektedir.

Sediment örneklerinin alınmasında zorluklar yaşanmaktadır. Ya yeterli düzeyde sediment alınamamakta yada alınan sediment iri parçalı olduğundan homojenizasyon zordur. İri parçalar üzerinde de bu ağır metaller tutulmamaktadır. Analizi yapılan sediment örnekleri arasında Van İskele, Tatvan İskele ve Van kanalizasyon deşarj bölgesi analize uygun durumdaydı. Bu nedenle diğer istasyonlardan sonuç alınamamıştır.

Analiz edilen sediment örneklerinde, doğrudan atık su deşarjı ve denizcilik atıklarının bırakıldığı Tatvan İskele ve Van Kanalizasyon Arıtma Tesisi Boşaltım Bölgesi civarından alınan sediment örneklerinde belirlenen Cd ve Pb konsantrasyonları konumu icabı sanayi ve yerleşim merkezlerinden kaynaklanan Van İskele istasyon bölgesine oranla oldukça yüksek bulunmuştur. Bu da doğrudan ve tam olarak arıtılmamış atık suların ağır metal yükü taşıdıklarını göstermektedir.

Bütün sediment örneklerinin konsantrasyonları su ve balıktan oldukça yüksek çıkmıştır. Bu durum sedimentin denizler ve özellikle göllerde ağır metaller açısından depo görevi görmesine bağlanabilir. Ayrıca Van Gölü karakteristik özellikleri nedeniyle su içerisinde metallerin barınmasına olanak vermediğinden bu durum doğal karşılanabilir. Aynı olgu İngiltere’de yapılan ve su ve sediment konsantrasyonlarının çalışıldığı çalışmada görülmüştür (Fatoki ve Mathabatha, 2001).

Her ne kadar sedimentte metal konsantrasyonunun yüksek olması beklense de, bu yüksek konsantrasyon gerek gölü gerekse gölde yaşayan canlıları dolayısıyla da bu canlılarla beslenen insanları olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle bu konuda daha detaylı incelemelerin yapılarak risk daha fazla artmadan tedbirlerin alınması gerektiği düşünülmektedir.

### **5.3. Genel Değerlendirmeler**

Balık eti ve karaciğerinde de metallerin konsantrasyon sıralaması su ve sedimente paralel bulunmuş olup, çinko daha yüksektir. Bu durum çinkonun hem su ve sedimentte daha yüksek olması hem de yaşamsal bir element olması nedeniyle zaten balığın vücudunda bulunmasıyla ilgilidir.

Örnekleme noktaları arasında ağır metal konsantrasyonu en düşük Gevaş örneklerinde en yüksek Van örneklerinde bulunmuştur. Çalışmada su ve balıkta bulunan ağır metal konsantrasyonları ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır. Değerlerin genellikle standartlara uygun olduğu ancak karaciğer değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışmayla elde edilen ağır metal konsantrasyonları, diğer su kaynakları ve balık türlerinde yapılan yayınlanan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu değerlerin bir kısmı yüksek bir kısmı düşük iken bir kısmı da bu çalışma değerlerine yakın görülmektedir. Ancak her kaynak kendine has ekolojik özellikler, kirlilik yükü, yenilenme sedimentasyon sürecine sahip olduğundan değerlendirmelerin kaynak ve tür bazında yapılması gereklidir.

Van gölüne deşarj edilen, akarsuların, kentsel ve endüstriyel atık suların ağır metal yükleri bakımından analiz edilmesi, bu yükün kaynağının ortaya konularak azaltma veya önleme çarelerinin bulunması gereklidir.

İnsan sağlığı açısından inci kefali etinde henüz bir risk görülmemektedir. Ancak karaciğerde konsantrasyonlar daima daha yüksek olduğundan karaciğerin hiçbir şekilde tüketilmemesi önerilir.

## KAYNAKLAR

- Allen-Gil, S. M., Gubala C. P., Landers, D. H., Lasorsa, B. K., Crecelius, E. A., Curtis, L. R., 1997. Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S Arctic Lakes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **16**: 733-741.
- Anonim, 1992. *Acid digestion of water for total recoverable or dissolved metals for analysis by FLLA or ICP spectroscopy*. EPA Standart Method 3050A
- Anonim, 1993. *Gudelines for Drinking-Water Quality*. Second Edition. World Health Organization, Geneva. 260.
- Anonim, 1994. *Acid digestion of water for total recoverable or dissolved metals for analysis by FLLA or ICP spectroscopy*. EPA Standart Method 3051
- Anonim, 1997. *İçme suyu standardı* Türk Standartları Enstitüsü, Standart No: 266 Ankara
- Anonim, 1998, *Metals. Determination by atomic absorption spectrophotometry after wet digestion in a microwave oven*. Nordisk Metodikkomite for Naeringmidler (Nordic Committee on Food Analysis) Method No: 161
- Anonim, 2006a. *2006 Edition of The Drinking Water Standarts and Health Advisories*. Office of Water U.S Environmental Protection Agency, Washington, DC. USA.
- Anonim, 2006b. Cadmium (Cd) – Chemical properties, healt and environmental effects. [www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cd-en.htm](http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cd-en.htm) Erişim tarihi: 21.01.2008
- Anonim, 2006c. Copper (Cu) – Chemical properties, healt and environmental effects. [www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cu-en.htm](http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cu-en.htm) Erişim tarihi: 21.01.2008
- Anonim, 2006d. Lead (Pb) – Chemical properties, healt and environmental effects. [www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Pb-en.htm](http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Pb-en.htm) Erişim tarihi: 21.01.2008
- Anonim, 2006e. Zinc (Zn) – Chemical properties, healt and environmental effects. [www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Zn-en.htm](http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Zn-en.htm) Erişim tarihi: 21.01.2008
- Anonim, 2008a. İtai-itai disease. [http://en.wikipedia.org/wiki/Itai-itai\\_disease](http://en.wikipedia.org/wiki/Itai-itai_disease) Erişim tarihi: 21.01.2008
- Anonim, 2008b. EK-1 Yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünlerinde aranılacak kalıntı (rezidü) maddelerinin sınıflandırılması. [http://www.tarim.gov.tr/arayuz/10/icerik.asp?efl=teknik\\_bilgiler/teknik\\_bilgiler.htm&curdir=/uretim/su\\_urunleri%5Cteknik\\_bilgiler&fl=residu/residu.htm](http://www.tarim.gov.tr/arayuz/10/icerik.asp?efl=teknik_bilgiler/teknik_bilgiler.htm&curdir=/uretim/su_urunleri%5Cteknik_bilgiler&fl=residu/residu.htm) Erişim tarihi: 21.01.2008
- Anonim, 2008c. Van Gölü haritası. <http://www.garantialisveris.com/FrontContent/ProductImages/60285.jpg> Erişim tarihi: 21.01.2008

- Canlı, M., Ay, Ö., Kalay, M., 1998. Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Tr. J. Of Zoology*, **22**: 149-157.
- Cantürk, 2007. *Van Gölüne Dökülen Akköprü Deresi Su Kalitesinin İncelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış) Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van
- Ciminli, C. S., 2005. *Gölbaşı Gölün'de Su ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi* (yüksek lisans tezi, basılmamış) Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
- Çalışkan, E., 2005. *Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık(Clarias gariepinus BURCHELL, 1822)'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış) Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Çetinkaya, O., Elp, M., 1995. İnci kefalinin (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) morfolojik anatomisi ve sistematik özellikleri. *Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Ürünleri Sempozyumu Bildirileri*. Van. 713-722
- Danulat, E., Kempe, S., 1992. Nitrogenous waste excretion and accumulation of urea and ammonia in *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae), endemic to the extremely alkaline Lake Van. *Fish Physiology and Biochemistry*, **9**: 337-386.
- Danulat, E., Selçuk, B., 1992. Life history and environmental conditions of the anadromus *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Arch. Hydrobiol.*, **126** (1): 105-125.
- Davies, O. A., Allison, M. E., Uyi, H. S., 2006. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotus fuscatus var radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. *African Journal of Biotechnology*, **5**: 968-973.
- DelValls, T. A., Blasco, J., Sarasquete, M. C., Forja, J. M., Gomez-Parra, A., 1998. Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish *Sparus aurata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **41**: 157-167.
- Dündar, Y., Aslan, R., 2005. Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri. *KocatepeTıp Dergisi*, **6**: 1-5.
- Ekin, S., Bildik, A., 1997. Van merkez ve çevresindeki sulara bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Y.Y.Ü. Sağlık Bilimleri Dergisi*, **3** (1): 58-63.
- Elp, M., Çetinkaya, O., 2000. İnci kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811)'nin bazı büyüme özellikleri üzerine bir araştırma. *IV. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu*. 28-30 Haziran 2000. Erzurum. 51-56.

- Erdem, C., Kargın, F., 1992. Cyprinus carpio ve Tilapia nilotica'nın karaciğer, dalak, barsak, solungaç ve kas dokularındaki bakır birikiminin karşılaştırmalı olarak araştırılması. *Biyokimya Dergisi*, **17** (1): 13-27.
- Fatoki, O. S., Mathabatha, S., 2001. An assessment of heavy metal pollution in The East London and Port Elizabeth harbours. *Water S. A.*, **27** (2): 233-240.
- Gey, H., Mordoğan, H., 1988. İzmir Körfezi'ndeki bazı deniz organizmalarında ve iç körfezin sahil kenarı sedimentlerinde çeşitli ağır metallerin derişimleri. *Doğa T. U. Zooloji D.*, **12.3.1988**: 216-224.
- Gümgüm, B., Ünlü, E., Akba, O., Yıldız, A., Namlı, O., 2001. Copper and zinc contamination of the Tigris River (Turkey) and its wetlands. *Arch. für Nat. Lands.*, **40**: 233-239.
- Gümgüm, B., Ünlü, E., Tez, Z., Gülsün, Z., 1994. Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, **29** (1): 111-116.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri-I. *Metallurji Dergisi*, **136**: 47-53.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri-II. *Metallurji Dergisi*, **137**: 46-51.
- Karadede, H., 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.
- Karataş, S., Kalay, M., 2002. Tilapia zilli'nin solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularında kurşun birikimi. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, **26**: 471-477.
- Kaynak Giray, A., Taşdemir, Y., 2003. Anaerobik stabilizasyon havuzlarında ağır metal giderimi: Bursa örneği. *ÇEV KOR Dergisi*, **12** (46): 1-7.
- Kılıçel, F., Gökalp, F., 2005. AAS determination of some trace heavy metals in Lake Van water after preconcentration by complexation with surface functional groups on activated carbon. *Fresenius Environmental Bulletin*, **14** (2): 124-129.
- Kofze, P., Du Perez, H. H., Van Vuren, J. H. J., 1999. Bioaccumulation of copper and zinc in *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*, from the Olifants River, Mpumalanga, South Africa. *Water S. A.*, **25** (1): 99-109.
- Kruger, T., 2002. *Effects of zinc, copper and cadmium on Oreochromis mossambicus free-embryos and randomly selected mosquito larvae as biological indicators during acute toxicity testing* (MSc thesis, not published) Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A.

- Kwon, Y., Lee, C., 2001. Sediment metal speciation for the ecological risk assessment. *Analytical Sciences*, **17**: i1015-i1017.
- Papoutsoglou, S. E., Abel, P. D., 1988. Sublethal toxicity and accumulation of cadmium in *Tilapia aurea*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **41**: 404-411.
- Sağlamtimur, B., Cıçık, B., Erdem, C., 2003. Farklı ortam derişimlerinin etkisinde bakır ve bakır + kadmiyum karışımının Tatlısu Çıpurası'nın (*Oreochromis niloticus*, L.) solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki bakır birikimi üzerine etkileri. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, **27**: 813-820.
- Shrivastava, P., Saxena, A., Swarup, A., 2003. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, **8**:1-4.
- Ünlü, E., Akba, O., Sevim, S., Gümgüm, B., 1996. Heavy metal levels in Mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (*Mugilidae*) from the Tigris River, Turkey. *Fresenius Envir. Bull.*, **5**: 107-112
- Ünlü, H., Gümgüm, B., 1993. Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, **26** (11):2055-2061.
- Wildi, W., Domink, J., Thomas, R. L., Favarger, P., Haller, L., Perroud, A., Peytremann, C., 2004. River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, **9**: 75-87.

## ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Mersin Erdemli ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladı. 1994 yılında Malatya Ziraat Meslek Lisesine başladı. 1998 yılında bu okuldan mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ni kazandı. 2000 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Kayseri İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'nde Ziraat Teknisyeni olarak göreve başladı. 2002 yılında üniversite eğitimini tamamladı. 2004 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Van İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ne mühendis olarak atandı. 2007 yılı sonbaharında Mersin İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ne atandı. Halen aynı kurumda mühendis olarak çalışmaktadır.