

65594

T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATATÜRK BARAJ GÖLÜ'NDE SU, SEDİMENT  
VE BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL  
BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Hülya KARADEDE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
( Biyoloji Anabilim Dalı )**

**DİYARBAKIR  
EYLÜL - 1997**

**DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**  
**DIYARBAKIR**

Bu çalışma jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Kadri BALCI

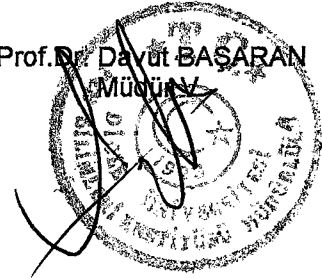
Üye : Doç. Dr. Erhan ÜNLÜ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAŞHAN

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

.5.../9.../1997

Prof. Dr. Davut BAŞARAN  
Müdür



## TEŐEKKÜR

Bu araştırma konusunu bana Yüksek Lisans Tezi olarak veren, laboratuvar çalışmaları ve tezimin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Erhan ÜNLÜ' ye, örneklerin analizinde çok değerli görüşlerinden yararlandığım ve bana Kimya Bölümü'nün sahip olduğu birçok olanaktan yararlanmamı sağlayan Sayın Dekanımız Prof. Dr. Bahattin GÜMGÜM ile analizlerin yapılmasında yardımlarını gördüğüm Kimya Bölümü Araştırma görevlilerinden Sayın Zahir DÜZ'e, tezin yazılmasında ve kontrolünde emeği geçen Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal GÜVEN'e, ayrıca değerli düşünce ve önerileriyle destek olan Genel Biyoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Kadri BALCI'ya teőekkürü bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

<b>I. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
2.1. ATATÜRK BARAJ GÖLÜ VE JEOLJİK ÖZELLİKLERİ.....	5
2.2. ÇEVRESEL SORUNLAR .....	6
2.3. AĞIR METALLER .....	8
2.3.1. Ağır metal kirliliğine yol açan kaynaklar .....	9
2.3.2. Biyolojik sistemlerde ağır metaller .....	12
2.3.3. Ağır metallerin besin zinciriyle alınımı.....	16
2.3.4. Ağır metallerin hücre içerisine girişi .....	20
2.3.5. Ağır metallerin canlılardaki dağılımı ve birikimi .....	22
2.3.6. Toksikolojik olarak önemli olan bazı ağır metaller.....	27
2.4. MİKRODALGA ÇÖZÜNÜRLEŞTİRME SİSTEMLERİNİN AVANTAJLARI VE ÇALIŞMA MEKANİZMASI .....	30
<b>3. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>35</b>
3.1. MATERYALİN ARAZİDEN TOPLANMASI .....	35
3.2. MATERYALLERİN ANALİZE HAZIRLANMASI .....	36
3.3. MATERYALE MİKRODALGA YÖNTEMİ UYGULAMA.....	37
3.4. ATOMİK ABSORBSİYON SPEKTROFOROMETRESİ İLE METAL ANALİZİ.....	40
<b>4. BULGULAR</b> .....	<b>41</b>
4.1. Atatürk baraj gölü su ve sediment analiz sonuçları.....	41
4.2. <i>Liza abu</i> 'da ağır metal birikimi .....	42
4.3. <i>Cyprinion macrostomus</i> 'da ağır metal birikimi .....	44
4.4. <i>Chondrostoma regium</i> 'da ağır metal birikimi .....	47
4.5. <i>Acanthobrama marmid</i> ' da ağır metal birikimi .....	49
4.6. <i>Capoetta trutta</i> ' da ağır metal birikimi .....	51
4.7. <i>Chalcalburnus mossulensis</i> ' da ağır metal birikimi .....	54
4.8. <i>Carasobarbus luteus</i> ' da ağır metal birikimi.....	56
4.9. <i>Cyprinus carpio</i> ' da ağır metal birikimi .....	59
<b>5. TARTIŞMA</b> .....	<b>61</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>68</b>

## AMAC

Atatürk Baraj Göl'ü Fırat Nehri üzerinde kurulmuştur. Fırat Nehri birçok önemli kollara ayrılarak Irak sınırları içinde Dicle Nehri ile birleşir ve Shatt Al-Arab ismini alarak Basra körfezine dökülür. İçinde bulundurduğu balık türleri göl boyunca uzanan halkın önemli bir protein kaynağını oluşturur.

Atatürk Baraj Göl'ü civarında, Adıyaman ve Şanlıurfa'da son zamanlarda büyük endüstriyel, ziraai ve ekonomik gelişmelerin artmasıyla beraber nüfus sayısında da bir artış meydana gelmiştir. Bu olay her geçen yıl bölgede çevre kirliliğini arttıracak bir potansiyele sahiptir. Balığın bölgedeki halk için beslenmenin temel kısmını oluşturmasına rağmen, şimdiye kadar balıkların eser element konsantrasyonlarını değerlendiren bir çalışma mevcut değildir. Bu nedenle araştırmamızda Atatürk Baraj Göl'ünde yaşayan; *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Liza abu* Heckel, 1843, *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel,1843), *Chondrostoma requium* (Heckel, 1843), *Carasobarbus luteus* (Heckel,1843), *Capoetta trutta* (Heckel, 1843), *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn gibi bazı ekonomik balık türlerinin ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## ÖZET

Bu çalışmada Atatürk Baraj Göl'ünde yaşayan ve ekonomik öneme sahip olan *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Liza abu* Heckel, 1843 *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel,1843), *Chondrostoma reiquum* (Heckel, 1843), *Carasobarbus luteus* (Heckel,1843), *Capoetta trutta* (Heckel, 1843), *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 'nun, kas, karaciğer ve solungaçlarında Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn gibi bazı ağır metal konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır.

Mikroadalga çözünürleştirme yöntemini izleyen Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile yapılan analiz sonuçlarına göre Co, Cd, Pb, Mo ve Ni Spektrofotometrenin tayin sınırları arasında belirlenememiştir. İncelenen balıkların karaciğer ve solungaçlarında, kasa oranla daha yüksek Cu, Fe, Zn ve Mn bulunmuştur.

Atatürk Baraj Göl'ündeki balıkların kaslarından elde edilen sonuçlar, Cu, Fe ve Zn değerleri Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığının 1991 yılı ve 20884 sayılı Resmi Gazetenin 5 sayfasında yayımlandığı ve balık ile yumuşakçalar için önerdiği kabul edilebilir ağır metal değerlerinin altında bulunmuştur.

Atatürk Baraj'ında çalıştığımız balıkların organ ve dokularındaki Fe, Cu ve Zn karaciğerde, Mn ise solungaçlarda yüksek değerde belirlenmiştir. Vücudunda en yüksek metal akümülyasyonu *Cyprinion macrostomus*'ta, en düşük akümülyasyon ise *Acanthobrama marmid*'de olduğu gözlenmiştir. *Liza abu*'nun karaciğerindeki Cu birikimi diğer balıklara oranla daha yüksek saptanmıştır.

İncelediğimiz balık türlerinde ağır metal konsantrasyonları kabul edilebilir değerlerdedir. Ancak bölge için önemli bir su ürünleri potansiyeline sahip olan Atatürk Baraj Göl'ünde ağır metal değerlerinin düşük olmasına rağmen, bu değerleri artıracak olası tehlikelere karşı bazı tedbirlerin alınması gerektiği kanısını taşımaktayız.

## SUMMARY

In this study, the heavy metal concentrations of Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn in the muscles, livers and gills of economically important species, *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Liza abu* Heckel, 1843, *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843), *Chondrostoma requium* (Heckel, 1843), *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843), *Capoetta trutta* (Heckel, 1843), *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, caught from Atatürk Dam Lake, have been determined.

Microwave digestion method followed by Atomic Absorption Spectrophotometry analysis showed that Co, Cd, Pb, Mo and Ni were at undetectable levels. The livers and gills of fish species examined were found to contain higher concentrations of Cu, Fe, Zn and Mn, compared to the muscles.

The results obtained from the metal analysis of muscles from fish caught from Atatürk Dam Lake indicate that the levels of Cu, Fe and Zn were found to be acceptable for the fish and mollusks, authorised by Turkish Agricultural Ministry (20884 Act, 1991).

The high levels of Fe, Cu and Zn were found in livers, whereas Mn was found high in gills from the studied fish species caught in Atatürk Dam Lake. The highest metal accumulation in the whole body was observed in *Cyprinion macrostomus*, whereas the lowest accumulation was observed in *Acanthobrama marmid*. The Cu accumulation in the liver of *Liza abu* were found higher compared to other fish species.

The heavy metal levels in fish examined were found to be at acceptable. However, although the heavy metal levels in Atatürk Dam Lake which is potentially important lake for aquatic products are low, we suggest that some precautions have to be taken for possible dangers from many sources.

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel teknolojinin gelişmesine paralel olarak su, hava ve toprağın sağlığa zararlı maddelerle bulaşması son yıllarda önemli bir toksikolojik sorun olarak insanlığın karşısına çıkmıştır. Çevrenin kirlenmesi olayı artan nüfusa daha iyi koşullarda yaşam ortamı sağlamak amacıyla, üretimin arttırılmasından kaynaklanmaktadır. Üretimin aşırı şekilde artması, doğanın kendini yenileme kapasitesinin üstüne çıktığında çevre kirlenmesi başlamaktadır (DÖKMECİ, 1988).

Akuatik çevre, insan aktivitesinden kaynaklanan, eser miktarda metal içeren akıcı atıklar tarafından kirletilmektedir. Bunların atmosferden kaynaklanan alınımları yanında, tarımsal atıklar, endüstriyel atıklar ve kentsel atıklardan kaynaklanmaktadır. Doğada bu bileşikler biyokimyasal döngüde kalitatif ve kantitatif özellikler gösterirler (ABAYCHI & AL-SAAD, 1988).

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi sonucu, endüstri ve sanayi atıkları ile kentsel atıkların bulunduğu kanalizasyon suları deşarj edildiği nehir ve gölleri kirletmekte, akuatik ortamda yaşayan canlı organizmaları da tehdit etmektedir. Özellikle atık sulardaki eser elementler, bu suların sulamada kullanılması ve deşarj edildiği ortamda yaşayan canlılar açısından, dolayısıyla besin zincirine girişi nedeniyle halk sağlığı yönünden önem taşımaktadır. Daha da önemlisi, toksik organik atıkların metallerle birleşerek veya daha başka bileşiklerine dönüşerek daha toksik hale geçmeleri büyük sorunlar yaratmaktadır (SARIEYÜPOĞLU & SAY, 1991).

Akuatik ortamda yaşayan canlı organizmalar besin zinciri içerisinde bünyelerinde biriken ağır metalleri, birbirlerine taşıyabildikleri gibi ortamda hiçbir şekilde yok olmayıp, birtakım yollarla insanlara ulaşabilmekte ve insan sağlığını tehdit edip, bazen tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Birçoğu canlı yaşamı için gerekli elementler olup,



eksikliklerinde çeşitli semptomatik bozukluklara yol açarlar. Fakat belirli sınırların üzerinde ise toksik etki yapıp organizmayı bozarlar. Bu ağır metallere mineral olarak bilinen ve organizmada birçok biyokimyasal reaksiyonlar için fonksiyonel rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Mn, Cu, Zn, Fe, Mo, Co, ve Se ile endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada kuvvetli toksik etkiye sahip Cd, Ni, Hg, ve Pb gibi ağır metaller, su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapmakta ve organizmanın canlılığına son vermektedir (SARIEYÜPOĞLU & SAY, 1991).

Bazı akuatik türler, sabit konsantrasyonlardaki Cu ve Zn gibi esansiyel metallere vücut seviyelerini düzenleyebilmekte fakat bu düzenlenme daha yüksek metal konsantrasyonlarında bozulmakta ve bu da ağır metal birikimi (akümülyasyonu) ile sonuçlanmaktadır. Vücutta metal düzenlenmesi (regülyasyonu), metal alım oranına paralel olarak metal atılım oranında bir artış ile başarılmaktadır. Cd ve Hg gibi esansiyel olmayan ağır metallere vücut seviyeleri ise genellikle regüle edilememekte ve dolayısıyla akümülyasyon sudaki ağır metal konsantrasyonu ile orantılı olmaktadır. Bununla beraber, bir metalin organizmadaki konsantrasyonu türün o metali akümüle etme stratejisine bağlıdır (RAINBOW & WHITE, 1990; ÜNLÜ & GÜMGÜM, 1993).

Suda bulunabilecek ağır metaller balıklarda beslenme ve absorpsiyon yolu ile birikebilmektedir. Bu birikim oranları ise balıkların yaşı, bulunduğu yer ve beslenme durumlarına göre değişir. Günümüzde gelişen endüstri ve teknolojiyi, bilinçsizce artan bir pollüsyonun izlediği artık bilinen bir gerçektir. Bu da şüphesiz doğayı olumsuz yönde etkilemekte ve ekosistemi bozmaktadır. Bu nedenle sucul ortamlardaki bazı ağır metallere balıklarda ve diğer organizmadaki birikimleri üzerine son yıllarda önemli çalışmalar yapılmıştır (JEFFERIES & FREESTONE, 1984; GUERRIN ve ark., 1990; TULASI ve ark, 1989; KHAN ve ark., 1989).

Biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve ayrıca önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda ekolojik dengenin korunması ve insan sağlığı açısından, giderek artan ağır metal kirliliğinin etkilerinin araştırılması gereğini doğurmuştur. Ağır metaller beslenme zinciri ile ya direkt olarak planktonlar ile veya sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara geçmektedir. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı ile ilgili olup, balığın dokular ve organları arasında da ayırım göstermektedir (KARGIN & ERDEM, 1991).

Atatürk Baraj Gölü civarında Adıyaman ve Şanlıurfa'da son zamanlar büyük endüstriyel, ziraai ve ekonomik gelişmelerin artmasıyla beraber nüfus sayısında da bir artış meydana gelmiştir. Bu olaylar, gelecek yıllarda bölgede çevre kirliliğini arttıracak potansiyele sahiptirler.

Atatürk Baraj Gölü, Şanlıurfa ilinin Bozova ilçesine 24 km mesafede, Şanlıurfa-Adıyaman il sınırı üzerinde, Şanlıurfa ilinin yaklaşık 62 km batısında ve Adıyaman il merkezinden 35 km güneyinde, Fırat nehri üzerinde ve Karakaya Barajının 180 km mansabında bulunmaktadır. Aşağı Fırat projesinde yer alan Atatürk Barajı ve Hidro-Elektrik santrali (HES) inşaatı gerek bu projenin gerekse GAP'ın en önemli ve en büyük kilit tesisidir (ANONİM, 1985).

Atatürk Baraj Gölü'nde, balık, bölgedeki halk için beslenmenin temel kısmını oluşturmasına rağmen, şimdiye kadar balıkların eser elementlerinin konsantrasyonlarını değerlendiren bir çalışma mevcut değildir. Bu nedenle araştırmamızda Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan ; *Acanthobrama marmid* Heckel , 1843, *Liza abu* (Heckel, 1843), *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843), *Chondrostoma reiquum* (Heckel, 1843), *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843), *Capoetta trutta* (Heckel, 1843), *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758'de Cd, Co, Cu, Fe, Mn,

Ni, Pb, ve Zn gibi bazı ekonomik balık türlerinin ağır metal seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sucul organizmalar gibi göl sedimenti de farklı elementleri biriktirebilir ve bu elementler aracılığıyla kirliliğin yaygınlığında yansıtılabileceğinden, ayrıca bu alandaki sediment ve su örneklerinde ki eser element seviyeleride tespit edilmiştir.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. ATATÜRK BARAJ GÖLÜ VE JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Atatürk Barajı, Şanlıurfa ilinin Bozova ilçesine 24 km mesafede Şanlıurfa-Adıyaman il sınırı üzerinde, Şanlıurfa ilinin 62 kilometre batısında ve Adıyaman il merkezinden 35 kilometre güneyinde, Fırat nehri üzerinde ve Karakaya Barajının 180 km mansabında bulunmaktadır.

Aşağı Fırat bölgesinde yer alan Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) inşaatı gerek bu projenin gerekse GAP'ın en önemli ve en büyük büyük tesisidir. Atatürk Barajı ve santrali enerji üretimi ile Urfa Tüneli ve Hilvan Kanalı sulama sistemlerine su verilmesi için ele alınan büyük ve o derece önemli bir tesistir.

Baraj gölünün maksimum su kotu 542.00 m., göl alanı 817 km<sup>2</sup>, toplam göl hacmi 48,7 milyar m<sup>3</sup> tür. En düşük su kotu 526,00 m, en yüksek su kodu ise 542 m'dir. Faal su depolama hacmi 12,0 milyar m<sup>3</sup>, toplam su depolama hacmi ise 45,8 milyar m<sup>3</sup> olup, oturduğu zemin ise geniş bir vadide derinlere giden ince tabakalı bir kalkerdir. Nehir yatağında olüvyon kalınlığı 9 metreyi geçmemektedir. Oturduğu zemin ise geniş bir vadide derinlere giden ince tabakalı bir kalkerdir. Talveg'den yüksekliği 166,00 m, temelden yüksekliği ise 184,00 metredir (ANONİM, 1985).

Atatürk Barajının yeri, Fırat nehrinin bir boğaza girdiği bölgenin başlangıcındadır. Barajın bulunduğu yer esas jeolojik yapı itibariyle muhtelif tipte kalker kayalardan oluşmaktadır. Göl sahası 940 km<sup>2</sup> lik bir alanı kaplamakta olup jeolojik bakımdan yapılan incelemelerde kafi derecede emniyetli bulunmuştur.

Barajın hemen mansabında Atatürk hidroelektrik santrali inşaa edilmiş olup, böylece 2.400.000 kilowat güç ile Atatürk Hidroelektrik santrali Türkiye'nin en önemli santrali olacaktır. Dünyada da daha büyük güçte santral sayısı henüz belli değildir. Yılda

ortalama 8,1 milyar kilowattsaat elektrik enerjisi üretilecektir. Enerji üretiminden başka Atatürk Barajı Hilvan kanalı sulama sistemleri ve Urfa Tüneliyle Harran çevresindeki sulama sistemlerine su verilmesiyle çevre halkı için tarıma dayalı olan önemli derecede gelir kaynağı oluşturmaktadır.

Böylece Atatürk Barajı Türkiye’de en büyük ( Keban Barajının yaklaşık 5 misli ) ve dünyada dördüncü dolgu baraj olma özelliğindedir. Fırat üzerinde kurulan Atatürk Baraj Gölü Van Göl’ünden sonra ülkemizin en büyük tatisu olma özelliğini kazanmıştır (ANONİM, 1985).

Tablo 1. Atatürk Barajı 1996-1997 yılları arasında bazı aylarda alınan suyun kalite ve gözlem sonuçları (DSİ Verileri).

	96-Ocak	96-Temmuz	96-Ekim	97-Ocak	97-Nisan
T	10 °C	27 °C	22 °C	12 °C	11 °C
pH	8,31	7,88	8,25	7,98	8,29
M-Al(HCO <sub>3</sub> )	195 mg/LCaCO <sub>3</sub>	135 mg/LCaCO <sub>3</sub>	200 mg/LCaCO <sub>3</sub>	150 mg/LCaCO <sub>3</sub>	165 mg/LCaCO <sub>3</sub>
P-Al(CO <sub>3</sub> )	0 mg/LCaCO <sub>3</sub>	0 mg/LCaCO <sub>3</sub>	0 mg/LCaCO <sub>3</sub>	0 mg/LCaCO <sub>3</sub>	0 mg/LCaCO <sub>3</sub>
Cl	26,23 mg/L	15,59 mg/L	26,23 mg/L	26,23 mg/L	24,82 mg/L
NH <sub>3</sub> -N	0,22 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0,1 mg/L
NO <sub>2</sub> -N	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
DO	9,9 mg/L	7,1 mg/L	-	-	-
NO <sub>3</sub> -N	0 mg/L	0,1 mg/L	0,069 mg/L	0,134 mg/L	2,04 mg/L
BODS	1,4 mg/L	1,3 mg/L	1,2 mg/L	-	1,4 mg/L
O-PO <sub>4</sub>	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
SO <sub>4</sub>	36,30 mg/L	34,43 mg/L	34,43 mg/L	33,77 mg/L	35,00 mg/L
CO <sub>2</sub>	15 mg/L	15 mg/L	19 mg/L	19 mg/L	18 mg/L
Na	14,7 mg/L	6,47 mg/L	16,1 mg/L	15,2 mg/L	14,97 mg/L
K	1,6 mg/L	1,3 mg/L	3,12 mg/L	2,80 mg/L	2,32 mg/L
Ca	40,08 mg/L	70,14 mg/L	70,14 mg/L	40,08 mg/L	50,1 mg/L
Mg	30,4 mg/L	12,16 mg/L	6,08 mg/L	14,59 mg/L	18,81 mg/L
F	0,49 mg/L	0,40 mg/L	0,33 mg/L	0,52 mg/L	1,12 mg/L
Org.N	1,6 mg/L	1,6 mg/L	1,2 mg/L	1,36 mg/L	1,6 mg/L
Toplam sertlik	22,5°F	22,5°F	24°F	16 F	-

## 2.2. ÇEVRESEL SORUNLAR

Çevre sorunları günümüz dünyada hem insanlığın hem de bütün hükümetlerin üzerinde önemle durduğu konular arasına girmiştir. Çünkü, çevresel sorunlar insan

yaşamına ve doğaya zarar verecek seviyelere varmıştır. Bu sorunlar arasında küresel ısınma, ozon tabakasının incilmesi, tropik ormanların tahribi, asit yağmurları, çölleşme, endüstriyel ve evsel atıklar yer almaktadır.

Hava ve toprak, su ile bir bütündür. Toprağın ve havanın kirlenmesi, suların kirlenmesine göre bölgesel ve yerel olmaktadır. Ayrıca hem toprağın, hem de havanın kirlenmesi çoğu kez su kirlenmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Toprağa atılan çeşitli atıklar atıldıkları bölgede kalmamakta, yağmur, sel ve diğer yollarla yerüstü yeraltı sularına ulaşmakta ve sularda da fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri etkileyerek kirlenmeye yol açmaktadır (GÖKSU,1991 ).

Bazı dünya ülkelerinde ve ülkemizde görülen hızlı nüfus artışı, beslenmeyi önemli bir sorun haline getirmiştir. Her ne kadar ülkemiz kendi kendine yeter bir durumda ise de, bunun sonsuza dek süreceğini düşünmek yanlış olur. Dolayısıyla, mevcut doğal kaynaklarımızın tükenmemesi ve korunması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Beslenme gereksiniminin çoğunun karasal kaynaklardan sağlandığı dünyamızda dünyanın %71'ini kapsayan okyanus ve denizlerden de maksimum düzeyde yararlanmak zorundayız (ÖNEN & YARAMAZ, 1991). İnsanoğlu var oluşundan bu yana doğal çevresini kirletmeye ve doğada var olan dengeleri bozmaya devam edip, doğayı hızlı ve geriye dönüşsüz olarak tahrip etmektedir. Bugün dünyamızın herhangi bir bölgesinde canlı varlıkların dengesi bozuluyorsa yani üreme miktarı tahrip olunan miktardan az ise çevre sorunu var demektir (ANONİM, 1991).

GAP projesinin uygulanması ile birlikte yeni tarım alanlarının açılması, bölgemizde zirai amaçlı pestisit kullanımının artmasına yol açacaktır. Ayrıca, bu projeyle birlikte sanayinin gelişmesi sonucunda doğal çevreye salınan ağır metal gibi toksik kimyasalere doğuracağı tehlikeleri de beraberinde getirecektir.

### 2.3. AĞIR METALLER

İnsan ve hayvanlar için hayati önemi olan metaller, endüstri ve uygarlığın temelini oluşturmaktadır. Taş devrinde bakırı işlemeyi öğrenen insan giderek değişik metallerle uğraşmaya başlamıştır. Bu şekilde bir taraftan kendisi bu metallere maruz kalmış, diğer taraftanda çevresini kirletmeye başlamıştır (TIMBRELL, 1992)

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılabilir (CLARK, 1992) :

(1) Hafif metaller (sodyum, potasyum, kalsiyum, vb.) sıvı ortamlarda normalde hareketli kationlar olarak taşınırlar.

(2) Düşük konsantrasyonlarda esansiyel fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik olan geçiş elementleri (demir, bakır, kobalt ve mangan).

(3) Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan metalloitler (civa, kurşun, kalay, selenyum ve arsenik). Bunlardan geçiş elementleri ve metalloitler genelde ağır metal olarak adlandırılırlar.

Çevrede milyonda bir düşük seviyelerde veya daha az bulunan elementler toplu olarak iz elementler olarak adlandırılırlar. "iz madde" teriminin daha genel olarak; tüm elementlere ve kimyasal bileşiklere uygun düşen bir terimdir. Bunların bazıları hayvan ve bitki yaşamı için gerekli bazı bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Bunlardan bazıları düşük seviyelerde daha köklüdür, fakat yüksek seviyelerde ise toksiktir.

STOKER & SEAGER (1976), ağır metallerin yoğunluklarını her bir  $cm^3$  için 5gr'dan daha büyük yoğunlukta olduğunu ve bununda suyun yoğunluğunun 5 katı kadar olduğunu belirtmektedirler. Canlılarda olmadığı zaman çeşitli semptomatik bozukluklara yol açan fakat belirli sınırların dışında detoksik etki yapıp organizmada birçok biokimyasal fonksiyonlar için fonksiyonel rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Fe, Mo, Co ve Se ile endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada

kuvvetli toksik etkiye sahip Cd, Ni, Hg ve Pb gibi ağır metaller, su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapıp organizmanın canlılığına son veren metallerdir. Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn gibi ağır metaller atık sularda normal olarak bulunmakta ve balıklarda toksikasyona neden olabilmektedir. Bu birikim oranları ise balıkların yaşı, bulunduğu yer ve beslenme durumlarına göre değişir (STOKER & SEAGER, 1976).

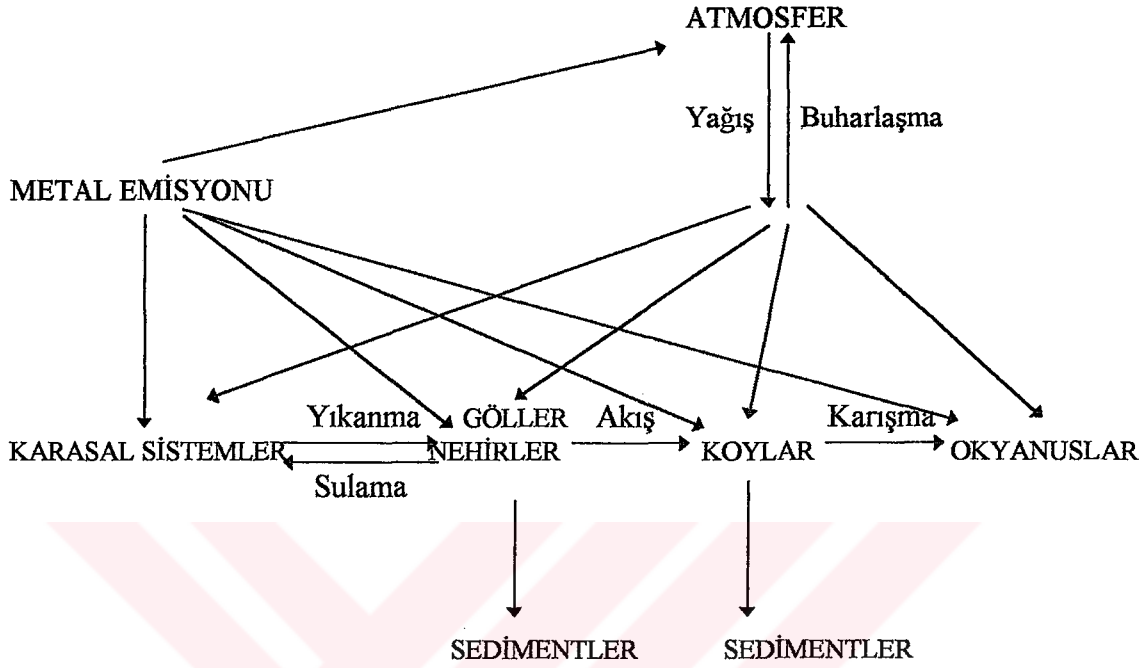
### 2.3.1. Ağır metal kirliliğine yol açan kaynaklar

Metaller deniz sularına erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın esmesinden taşınan tozla, volkanik aktivitelerle, ormanların yandırılmasıyla ve bitki örtüsüyle bazı metaller denizlere doğru taşınır. Denizdeki metaller, birçok nehrin bu denize olan katılımı sayesinde oluşur. Nehirlerden taşınan parçalar drenaj bölgelerinde birikirler. Hatta, bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları sayesinde birikim çok daha fazla olabilir. Sularda çözünür haldeki metaller çökerek sediment parçalarıyla adsorbe olurlar, özellikle de nehrin denizle birleştiği geniş kısımlarda ağır metallerin sedimentasyonu daha yoğundur. Böylece göl ve denizlerin sedimentlerinde yüksek oranlarda ağır metal biriktirdiği bilinmektedir (FERGUSSON, 1990; GOYER, 1986).

Her durumda toprak ve kayalardaki ağır metal miktarı su ve biyotoptan daha yüksektir. Bununla birlikte suda çözünmez toksik elementlerin varlığı düşük konsantrasyonlarda da olsa toksik etki yapabilir. Toprak ve kayalardaki yüksek konsantrasyonlar, nisbeten eriyici nitelikte değildir. Bu nedenle bu maddeler bitki ve hayvanlar için toksik etki gösteremeyebilir. Diğer elementler biyosferin katmanlarında yüksek konsantrasyonlarda bulunabilirler. Al, yeryüzü kabuğunun %8,2'sini oluştururken, buna karşılık Fe ortalama %3-4'tür. Bazı elementler ise iz elementler



olarak doğada bulunur. Örneğin Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, Se, Ag, Sn ve U gibi elementlerin hepsi kuvvetli toksiktirler, bunlar 1ppm'den az suda çözülmüş durumda olduğunda biotaya etki edebilirler (FREEDMAN, 1989).



Şekil 1. Çevrede iz elementlerin taşınma yolları (GOYER, 1986' dan).

Her geçen gün giderek artan miktarda değişik kaynaklardan gelen çeşitli kirlenmeler akarsulara ve denizlere hiçbir önlem alınmadan verilmekte ve canlıların yaşam ortamı olan suyun fazlaca kirlenmesine neden olmaktadır. Diğer yandan doğal su kaynaklarının sulama suyu ve elektrik enerjisi elde etmek için baraj ve göletlerde toplanması, kanalizasyonla sanayi atık sularının bu kaynaklara hiçbir arıtma işlemine tabii tutulmadan verilmesi, tarımsal mücadelede kullanılan ağır metal içeren kimyasal ilaçların (örneğin fungusitler) çeşitli yollarla bu sulara karışması, metal cevherlerinin işlenmesi, tozdan ve araba eksozlarından salınması ve ayrıca endüstride pil ve plastiklerin içeriğinde kullanılması yoluyla doğaya salınan ağır metaller, suların kirlenmesine ve doğal özelliklerini kaybetmesine neden olmaktadır (GEY, 1988; MANAHAN,1993).

Su kirlenmesinde önemli bir yeri olan ağır metal kirlenmesi sebeplerinin başında madencilik endüstrisi gelmektedir. Cevherlerden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, çoğu kez geçirildikleri işlemlere bağlı olarak aktifleşip, birer kirlilik kaynağı haline gelmektedir (TÜMEN ve ark., 1992). Bu metaller daha sonra atmosferik etkilerle çözünerek yeryüzü ve yeraltı sularına geçebilmektedir. Önemli kirleticiler arasında bulunan ağır metaller sonuçta organizmada birikerek toksik seviyelere ulaşmakta ve canlıları tehdit etmektedir

Tablo 2. Doğada bulunan bazı önemli iz elementler

Element	Kaynaklar	Etki ve Önemleri
Arsenik	Madencilikte yan ürün, pestisitler, kimyasal atıklar	Toksik, muhtemelen kanserojen
Kadmiyum	Endüstriyel, madencilik ve metal kaplamacılık	Biyokimyasal olarak çinkoyla yer değiştirir, toksik
Krom	Metal kaplamacılık	Kr(VI) olarak muhtemelen kanserojen
Bakır	Metal kaplamacılık, endüstriyel atık, madencilik	Hayvanlarda çok toksik değil, alg ve bitkiler için toksik
Florür	Doğal, endüstriyel, içme suyuna ilave	1 mg/L civarında diş çürütmesini ve 5 mg/L civarında ise kemik hasarını önler
İyot	Endüstriyel, doğal ve deniz suyundan	Guatir'i önler
Demir	Demir kaynakları, asit maden suyu	Çok toksik değil, demir oksitlerinden dolayı elbise ve banyo eşyalarının zarara uğraması
Kurşun	Endüstriyel, madencilik, sıvı yakıt ve kurşun kaplamacılığı	Toksik, yabani hayata zarar
Mangan	Mn kaynakları, endüstriyel atık	Çok toksik değil, mangan oksitlerinden dolayı elbise ve banyo eşyalarının zarara uğraması
Civa	Endüstriyel atıklar, madencilik, kömür	Akut ve kronik toksisite
Molibden	Endüstriyel atık, doğal kaynaklar	Bitkiler için gerekli hayvanlar için biraz toksik
Gümüş	Doğal jeolojik kaynaklar, fotografik işlemler için elektro kaplamacılık	Derinin, mukoz membranların ve gözlerin mavi-gri renksizleşmesine sebep olur
Çinko	Endüstriyel atıklar, metal kaplamacılık.	Esansiyel element, yüksek seviyelerde fitotoksik

### 2.3.2. Biyolojik sistemlerde ağır metaller

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılabilir (CLARK, 1992) :

- (1) Hafif metaller (sodyum, potasyum, kalsiyum, vb.) sıvı ortamlarda normalde hareketli katyonlar olarak taşınırlar.
- (2) Düşük konsantrasyonlarda esansiyel fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik olan geçiş elementleri (demir, bakır, kobalt ve mangan).
- (3) Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan metalloitler (civa, kurşun, kalay, seleniyum ve arsenik).

Bunlardan geçiş elementleri ve metalloitler genelde ağır metal olarak adlandırılırlar. Bir çok metal canlı organizmalar için gereklidir (CLARK, 1992):

- (1) Omurgalılarda ve omurgasızların çoğunda bulunan solunum pigmenti olan hemoglobin, demir ihtiva eder; deniz omurgasızlarının solunum pigmenti hemeritrin de demir içerir.
- (2) Bir çok mollusk ve kabukluların solunum pigmenti hemosiyanin bakır içerir.
- (3) Tunikatların solunum pigmenti vanadyum içerir.
- (4) Bir çok enzim çinko içerir.
- (5) Vitamin B<sub>12</sub> enzimleri kobalt ihtiva eder.

Yukarıda açıklandığı gibi metallerin biyolojik fonksiyonları yanında herhangi bir metabolik fonksiyona sahip olmayan metaller de söz konusudur. Bunlara örnek olarak, kadmiyum, civa, gümüş, kurşun, arsenik vb. verilebilir. Vücut için gerekli olan eser miktarlardaki metaller metabolize edilebildiği halde gerekli olmayanlar metabolize edilememektedir. Esansiyel olmayan ağır metaller ne parçalanarak toksisiteleri

azaltılabilmekte ne de vücuttan atılabilmektedirler. Bu nedenle bu metaller metabolik fonksiyon görmediklerinden hücreler için toksiktirler. Bu metallerin hücre içine alınmaması için selektif bir mekanizma söz konusu değildir. Esansiyel metaller gibi difüzyon ve/veya kolaylaştırılmış difüzyon mekanizmasıyla hücre içerisine geçtikleri şekilde görüşler büyük destek görmektedir. Bu geçişte kalsiyum kanallarının rolü de söz konusudur. Birçok canlı sistemden elde edilen kanıtlar Cd gibi ağır metallerin kalsiyum kanalları yolu ile akümüle olduğunu göstermektedir. (GÜVEN ve ark. 1995) Birçok kalsiyum kanal tıkayıcıları (Blocker) kullanılarak ağır metallerin büyük bir kısmının hücre içerisine girişinin kalsiyum kanalları yoluyla olduğu bulunmuştur. Örneğin, PERRY & FLIK, (1988) tarafından alabalıkta bu tür kanal tıkayıcıları, solungaçlarda kalsiyum ve diğer metallerin hücre içerisine girişini inhibe ettiği gösterilmiştir.

Tablo 3. Canlı organizmalarda ağır metallerin hücre içindeki biyolojik fonksiyonları (LIPPARD, & BERG, 1994).

Metal	Fonksiyon
Sodyum	Yük taşıyıcı; osmotik denge
Potasyum	Yük taşıyıcı; osmotik denge
Magnezyum	Yapısal görev; hidrolaz ve izomeraz enzimlerinde kofaktör
Kalsiyum	Yapısal görev; uyarıcı-sinyal verici; yük taşıyıcı
Vanadyum	Azot fiksasyonu; oksidaz enzim kofaktörü
Krom	Bilinmiyor; muhtemelen glukoz toleransında görev alır
Molibden	Azot fiksasyonu; Oksidaz kofaktörü
Mangan	Fotosentez; oksidaz kofaktörü; yapısal görev
Demir	Oksidaz kofak.; O <sub>2</sub> taşınması ve depolanması; elektron transferi; azot fiksasyonu
Kobalt	Oksidaz; alkil grup transferi
Nikel	Hidrojenaz; hidrolaz kofaktörleri
Bakır	Oksidaz; O <sub>2</sub> taşınması; elektron transferi
Çinko	Yapısal görev; hidrolaz kofaktörü

Ağır metallere karşı biyolojik tolerans farklıdır. Biyolojik sistemlerde birçok element eser halde bulunduğu için bunları nontoksik halde iletmek ve depolamak için

gerekli mekanizmalar geliştirilmiştir. Bu gibi transport ve depolama işini çoğunlukla proteinler yapmaktadır. Kadmiyum, büyüme ve gelişme için gerekli olmadığı halde memeli sistemlerde veya herhangi bir biyolojik sistemle tanıştırıldığı zaman esansiyel elementler olan çinko ve bakır gibi davranır. Toksik metaller, vücutta esansiyel metaller için canlı sistemlerde mevcut mekanizmaları kullanır; örneğin, kadmiyum esansiyel iz elementlerinin metabolizmasını fonksiyonel olarak yerine getiren proteinlere bağlanabilir. Metalotiyonein adı verilen ve tiyol gruplarınca zengin çok sayıda sistein amino asidi içeren düşük molekül ağırlığına sahip metaloproteinler bu tipteki en iyi bilinen proteinlerdir. Depo yerleri çoğunlukla karaciğer ve böbreklerdir (VALLEE, 1991)

### **2.3.2.1. Biyolojik sistemlerde ağır metallerin bağlandığı biyomoleküller**

Birbirlerine kimyasal olarak çok benzer olan ve aynı grupta yer alan metallerin (örneğin, kadmiyum ve çinko) canlı sistemler için farklı özellikler arzemesi ancak evrimsel tarih ile açıklanabilir. Canlı sistemler, evrimsel süreci geçirdiklerinde ortamda jeolojik olarak mevcut olan ağır metalleri tercih etmiş olabilir (LIPPARD & BERG, 1994).

- Proteinlerdeki amino asitlerin yan zincirleri: Proteinlerdeki aminoasitlere metallerin bağlanacağı en uygun yan zincirler, sisteinin, tiyolat (SH)'ı, histidinin imidazolu, glutamik ve aspartik asitlerin karboksilatları (COOH) ve tirozinin fenolat grubu oluşturmaktadır. Tirozin ve metiyonin hariç, her amino asid iki tane ağır metali bağlayabilme kapasitesine sahiptir.
- Nükleik asitlerin bazıları: Bilindiği gibi, nükleik asitler, RNA ve DNA'da ribonükleotit ve deoksiribonükleotitlerin polimerleridir. Nükleik asit yapısında nükleosit bazlarının metal bağlama bölgeleri genellikle endosiklik (halkasal) azot atomlarıdır.

- Küçük hücresel sitoplazmik elemanlar: Ribozom, mitokondri ve endoplazmik retikulum yanında hücre membranları ve virüsler gibi biyomoleküllerin de metal bağladıkları gösterilmiştir.
- Organik kofaktörler: Hücrelerde yer alan organik kofaktörlerde aynı şekilde metalleri bağlama özelliğine sahip oldukları çok iyi bilinmektedir. Örneğin hem gibi prostetik grupları ve metalokoenzim olan kobalamin veya vitamin B12'de metal bağlayabilme özelliğine sahiptir.

### 2.3.2.1.1. Metalotiyoneinler (Metal Bağlayan Poteinler)

Kadmiyum oldukça toksik bir element olup son yıllarda endüstrileşmeden dolayı çevredeki seviyesi artmış ve bazı problemler oluşturmaya başlamıştır. Bu ağır metal kanserojen, teratojen, mutajen etki ve ayrıca endokrin ile üreme sistemine verdiği zararlarla birlikte birçok diğer metal gibi organizma içerisinde biyotransforme olamadığı için diğer toksik maddeler gibi ne parçalanarak toksisitesi azaltılabilir ne de kolay bir şekilde vücuttan atılabilir. Bu yüzden, biyolojik tolerans farklı şekildedir. Biyolojik sistemlerde birçok element eser halde buldukları için, bunları non-toksik bir formda taşımak ve depolamak için gerekli homeostatik mekanizmalar geliştirilmiştir. Bu gibi transport ve depolama işini çoğunlukla proteinler yapmaktadır (RIORDAN& VALLEE,1991).

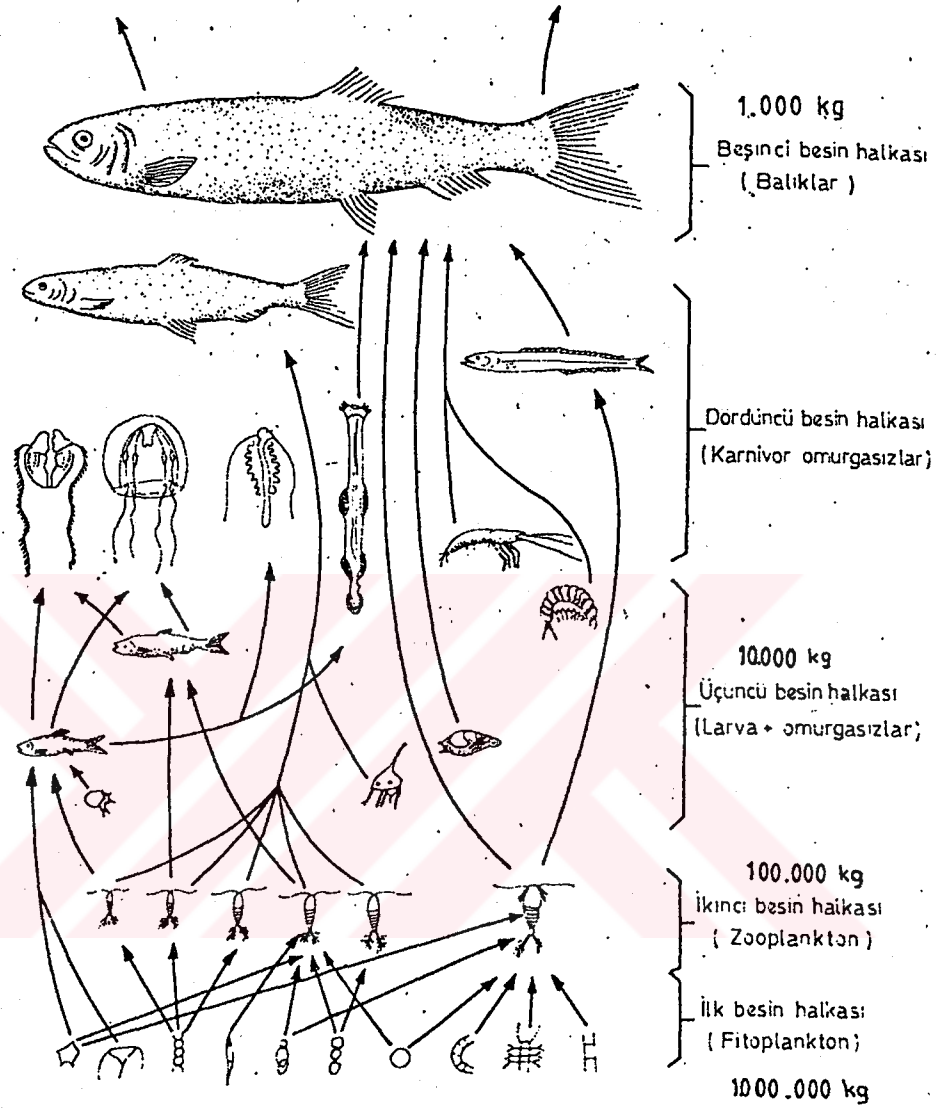
Kadmiyum büyüme ve gelişme için gerekli olmadığı halde memeli sistemlerde en azından biyolojik bir sistemle tanıştırıldığı zaman esansiyel elementler olan Zn veCu gibi davranır. Böylece, kadmiyum esansiyel iz elementlerinin metabolizmasını fonksiyonel olarak yerine getiren proteinlere bağlanır. Metalotiyonein, en iyi bilinen bu tipteki bir proteindir. Bu protein ilk kez 1950 yılında MARGOSHES ve VALLEE tarafından böbrek korteksinde tespit edilmiştir. Bu proteinler, birçok prokaryot ve ökaryotlarda

bulunan, düşük moleküler ağırlığa sahip (6000-7000 D) metal bağlayan proteinler sınıfına girmektedir. Adından da anlaşılacağı gibi, metalotiyoneinler çok sayıda sisteine ait tiyol grupları içermektedir, ki bu gruplar Cd ve Zn gibi birkaç ağır metale büyük bir affinite ile bağlanırlar. Tipik olarak metalotiyoneinler en yüksek konsantrasyonları, metallere muamele edilen erişkin hayvanların karaciğerinde bulunur. Pankreas ve böbrek dokularında Zn ve Cd muamelesinden sonra yüksek oranda metalotiyoneinlere (MT) rastlanmıştır. MT'lerin diğer birçok ajanlar (hormon, ilaç, alkol vb-) tarafından da indüklendikleri bulunmuştur (WAALKES & GOERING, 1992).

MT'nin primer yapısı, yüksek oranda sistein (total aminoasit içeriğinin üçte biri) serin ve glisin içermekle ve aromatik amino asitler ve histidini içermemle karakterize edilir. Toplam 61 amino asit kalıntısı içermektedirler ve bu dizide sisteinler oldukça düzenli bir tarzda sıralanmışlardır. Bu sıralanma şu şekildedir; S-X-S, S-X-X-S ve S-X-X-X-S üniteleri şeklindedir. X burada herhangi bir amino asidi gösterir. Bu sıralanma, yüksek oranda metal bağlanma kapasitesi sağlar (7 Cd ve Zn; 12 Cu). MT'nin birçok türde Cd'nin biyolojik detoksifikasyonunda önemli bir rol aldığı düşünülmekte ve tolerans, metallere bu proteinlere yüksek bir affinite ile bağlanmasıyla oluşur. Zn ve Cu metalleri ile bu proteinler indüklendiğinden bu ağır metallere bir ön muamele, Cd toksisitesini azalttığı bulunmuştur. Bu proteinin Cd detoksifikasyonunda rol alması büyük bir ihtimalle bu ağır metalin Zn'a olan benzerliğinden kaynaklanır (WAALKES & GOERING, 1992).

### **2.3.3. Ağır metallerin besin zinciriyle alınımı**

Bir ekosistemde madde iletimi canlılar arasında görülen besin zinciri ile sağlanır. Besin zinciri bir canlının diğeri üzerinden beslenmesi sonucu oluşan bir piramittir. Bunlardan biri bitkileri besin olarak almalarıyla diğeri ise az çok ayrışan bitkisel ve hayvansal atıkların alınmasıyla olur.



Şekil 2. Besin zincirinin ilk ve son basamağı (TANYOLAÇ, 1993).

Bitkilerle başlayan besin zincirinde, halkaları oluşturan üç grup vardır.

1.) Üreticiler

2.) Tüketiciler

3.) Ayrıştırıcılar



1) Güneş enerjisinden yararlanarak inorganik maddelerden besinini sentezleyen tüm klorofilli canlılar üreticiler olarak tanımlanır. Bunlar ototrof bakteriler, fitoplanktonlar ve makroskobik su otlarıdır.

2) Ototrof canlıların oluşturduğu ürünlerle beslenenler birincil tüketicileri oluşturur. Fitoplanktonlarla beslenen kabuklular, küçük balıklar ve yumuşakçalar (Mollusca) bu gruba dahildir. Herbivorlarla beslenen karnivorlar ise ikincil tüketicileri ve bu küçük karnivorlarla beslenenlerde (büyük balıklar) üçüncül tüketicileri oluştururlar.

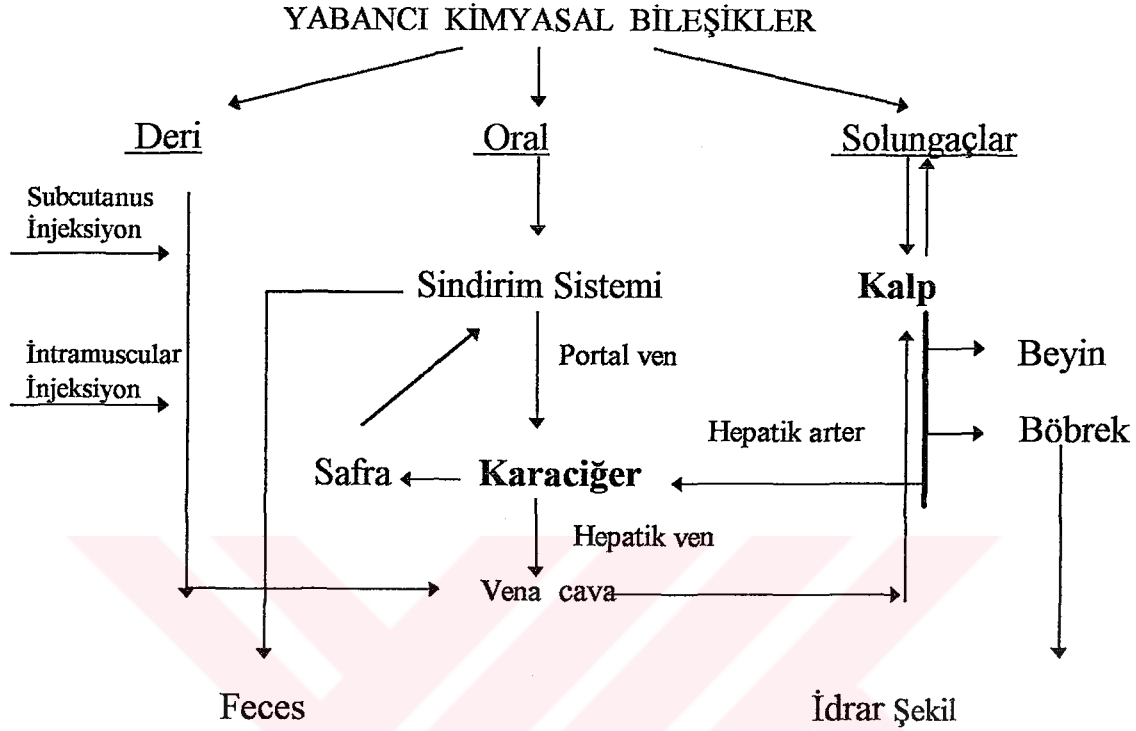
3.) Besin zincirinin son halkasını ayrıştırıcılar oluşturup, bitki, hayvan ölüleri ve atık maddelerle beslenen bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalardır (TANYOLAÇ, 1993).

Ağır metaller beslenme zinciri ile direkt olarak besinlerini oluşturan fitoplanktonlar ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara geçmektedir. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı ve vücuda alınan metale bağlı olup, balığın doku ve organları arasında da ayırım göstermektedir. AKSUN (1986), yaptığı çalışmalarda da karnivor balıklardaki konsantrasyon, herbivor balıktaki konsantrasyondan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çünkü beslenme zincirinde daha üst basamaklarda bulunan balıklar çoğunlukla diğer balıklarda bulunan metalleri alırlar. Beslenme mevsimlerine bağlı olarak da ağır metal konsantrasyonlarında önemli değişimler görülür (AKSUN, 1986).

### **2.3.3.1. Ağır metallerin vücut içerisine alınımı**

Ağır metallerin alınması ile birikimi, suyun ve sedimentin kimyasal, fiziksel özelliklerine bağlıdır. Örneğin suda artan Ca konsantrasyonu; Cu, Cd ve Zn'nun alınımını azaltır. Balıkta metal alım yolları solungaç ve barsakların olduğu

görülmektedir. Fakat bu alım yollarının önemi henüz kesin değildir (HOGSTRAND & HAUX, 1991).



Şekil 3. Ağır Metallerin Vücuda Alınımı ve Dağılımı (DÖKMECİ, 1988)

**2.3.3.1.1. Solungaçlardan Absorbsiyon :** Balıklar, ağız yoluyla alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan alınması sırasında suda çözülmüş veya askıda bulunan materyalleri de alırlar. Bu sırada suda bulunan ağır metaller de solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine alınır (HEATH, 1987).

**2.3.3.1.2. Sindirim Sisteminden Absorbsiyon :** Balıklarda en çok zehirlenmeler ağız yoluyla alınan toksik maddelerle olmaktadır. Bu nedenle gastrointestinal absorbsiyon oldukça önemlidir. Sindirim kanalından absorbe olan toksik madde, kan dolaşımı yolu ile tüm vücuda dağılarak bir zehirlenme tablosu ortaya çıkarır.

Bu tablo, zehirin türüne, şiddetine ve absorbe olan konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir.

Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorpsiyonlarının en fazla olduğu yer, ince bağırsaklardır. Barsak mukozasının absorpsiyon alanının içerdiği valvül, villus ve mikrovillusların mideye oranla çok daha yaygın olması, toksik maddelerin burada daha uzun süre kalmalarına, dolayısıyla mukozalarla daha çok temas etmelerine neden olmaktadır (DÖKMECİ, 1988).

**2.3.3.1.3. Deriden Absorpsiyon :** Deri genellikle toksik maddelerle sık sık temas halindedir, ancak derinin ağır metallerle karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle bu yoldan canlıların zehirlenmeleri nisbeten seyrekdir. Deride epidermis bölgesinde bulunan stratum corneum tabakası epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir. Fakat buna karşılık balıklarda, suda çözülmüş durumdaki ağır metallerin deriden absorpsiyonu oldukça fazladır (DÖKMECİ, 1988).

#### **2.3.4. Ağır metallerin hücre içerisine girişi**

Genel anlamda, toksik maddelerin etkinliklerini gösterebilmeleri için belirli bir konsantrasyonda membranlardan geçip etki yerine ulaşmaları gerekir. Bu konsantrasyon alınan toksik maddenin miktarına, absorpsiyon hızına bağlı olarak değişir ve kan dolaşımıyla organizmaya dağılır. Toksik bir maddenin membranlardan geçişi başlıca iki şekilde olmaktadır.

1. Diffüzyon ya da pasif transport
2. Özel transport

**2.3.4.1. Difüzyon ya da Pasif Transport:** Kimyasal maddelerin transmembran devinimleri membranın iki yüzü arasındaki konsantrasyon farkıyla gerçekleşmektedir.

Yoğun konsantrasyondan daha az yoğun konsantrasyona doğru molekül akımı vardır. Pasif transport membranın iki yüzü arasındaki osmotik basınç farkı sonucu porlardan geçen sıvı küçük molekülleri de birlikte sürükler, büyük parçacıklar dışarıda kalır. Örneğin, kimyasal maddelerin önemli bir eliminasyon yolu olan böbreklerde, glomerüler membran nisbeten büyük çaplı porlara sahip olduğundan, protein molekülleri dışında çözülmüş ağır metaller de porlardan süzülen sıvı ile birlikte filtrasyona uğrar.

Suda fazla çözünen hidrofilik küçük molekülü iyonlar bir eleği andırarak bir ortamdan diğer bir ortama geçebilirler.

**2.3.4.2. Özel Transport:** Membranın dış yüzünde, toksik madde molekülü bir makromolekül ile kompleks yaparak hücre içine taşınır. Bu kompleks membranın diğer tarafında serbest kalır, daha sonra taşıyıcı geldiği yere tekrar transport yapmak için döner. Ayrıca bir bileşiğin absorpsiyonu benzer kimyasal yapıdaki diğer bir bileşik tarafından inhibe edilebilir. Örneğin; Cu, Cd ve Zn'nun moleküller bakımından birbirlerine olan benzerliklerinde dolayı taşıyıcı proteinin Cu ile kompleks yapması yerine, oldukça toksik olan Cd'la bağlayıp hücre içerisine Cd'mu transfer etmesiyle gerekli olan Cu'nun alınımı inhibe edilmiş olur (DÖKMECİ, 1988).

HOGSTRAND & HAUX (1991)'ın Cd transferinin kolaylaştırılmış diffüzyon ile olduğunu, oysa Zn'nun alınımının ise Ca-ATPase vasıtasıyla aktif transport sayesinde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca aynı araştırmacılar ağır metallerin, hücre içersinde arttığı zaman bu metallerin büyük bir kısmının metallothionein proteinlerine bağlandığını da belirtmişlerdir. Balık Cd'la işleme tabi tutulduğu zaman hücre içindeki Cd'un büyük çoğunluğu sitozolde birikir. Civa da aynı şekilde metallothioneinlere bağlı olarak bulunmuştur. Gökkuşuğu alabalığının karaciğer sitozollerinde biriktiği görülmüş ve bu hepatik Cu'nun dağılımı nukleuslarda artmış, sitozollerde de artma göstermiştir. Örneğin,

ağır metalle kontamine olmuş bir bölgeden alınan tatlısu levreğinin karaciğerinde toplam Zn'nun %13'ünün, Cu'nun % 55 inin sitozolik metallothioneine bağlı olduğu bulunmuştur. Golyan balığında Zn'nun dağılımı nükleus mitokondri ve sitozolde eşit miktarlarda bulunmuştur.

Balıklarda ağır metallerin dokulardaki dağılımı üzerinde yapılan araştırmalar bu bileşiklerin karaciğer ve böbrek ve solungaç gibi aktif organlarda daha çok metalotiyonein adı verilen proteinlere bağlı olarak biriktiği görülmüştür (HOGSTRAND & HAUX, 1991).

### 2.3.5. Ağır metallerin canlılardaki dağılımı ve birikimi

#### 2.3.5.1. Ağır metallerin vücuttaki dağılımı

Ağır metaller absorbe olup dolaşıma geçtikten sonra, vücut ağırlığının büyük bir çoğunluğunu oluşturan sıvı bölüme geçer. Kandan, sıvı bölüme geçiş genellikle konsantrasyon gradiyentine göre pasif difüzyonla olmaktadır. Vücutta toksik maddelerin dağıldığı sıvı kompartmanları başlıca üçe ayrılır.

1. Plazama
2. İnterstisyel ya da ekstraselüler sıvı
3. İntraselüler ( hücre içi ) sıvı

Ağır metallerin vücuttaki dağılımı: Kandaki dağılım ve dokulardaki dağılım olmak üzere iki önemli özellik gösterir.

**1. Kandaki Dağılım:** Fe iyonlarının bağlanmasında  $\beta$ 1-globülin, bakır iyonlarının ve bazı metallerin bağlanmasında, seruloplazminler önem taşırlar. Plazmada bağlı olan madde inaktiftir ve böbreklerden elimine edilemezler. Serbest ve bağlı madde molekülleri arasında bir denge vardır. Serbest molleküler kanda azaldıkça, bağlı

maddenin bir kısmı serbest şekilde geçer. Proteinlere bağı olan ağır metaller vücutta depo görevi yaparlar. Çok toksik bir bileşik olan civa, plazma albüminlerine bağlanır.

**2. Dokulardaki Dağılımı:** Birçok metaller çoğunlukla spesifik dokuda depolanırlar. Bazıları yüksek konsantrasyonda bir dokuda depolanıp toksik etkinin o organda ortaya çıkmasına yol açarlar. Fakat buna karşın diğer bazı metaller, organ dışında başka bir yerde zehirlenme belirtilerine yol açarlar. Örneğin kurşun kemiklerde depolanmasına karşın zehirlenme belirtilerini yumuşak dokularda gösterir (ensefalomiye lopati ).

Toksik maddelerin santral sinir sisteminden geçişlerinde kan beyin engeli sınırlayıcı bir rol oynamaktadır. Kan beyin bariyeri yavru balıklarda tam olarak gelişmediğinden, birçok ağır metaller (kimyasallar) yeni doğanlarda erişkinlerden daha çok etkilidir. Örneğin, kurşun yavru balıklarda oldukça etkili olurken erişkinlerde etkili değildir (DÖKMECİ, 1988; TIMBRELL, 1995).

Absorbe olan iz elementler solungaçlardan ve barsaklardan kana transfer edilip vücudun diğer kısımlarına dağıtılır. Her metalin dağılışı yeri farklıdır. Balıkta kronik olarak Cu'a maruz kalındığında Cu'n daha çok karaciğerde akümüle olduğu görülüyor, ayrıca solungaçların epitel hücrelerinden Zn'nun transferi oldukça hızlıdır. Cu ve Cd'un tersine Zn birincil olarak deride, kasta ve deride dağılım gösterir, çok küçük miktarları karaciğer ve böbrekte akümüle olur. Zn'nun karaciğer ve böbrekteki atılımı oldukça hızlıdır. Oysa başta, deride, kasta ve kemikte daha yavaş elimine olurlar. Cd balıkta çok yavaş birikir. Cd'un esas biriktiği organlar böbrek ve karaciğerdir (HOGSTRAND & HAUX ,1991).

### 2.3.5.2. Ağır metallerin vücuttaki birikimi

Sucul ortamlarda yaşayan organizmalar buldukları ortamdan ağır metal gibi kimyasal maddeleri bünyelerine alır ve biriktirirler; bütün canlı sistemlerde yapılan çalışmalar bir çok organizmanın ağır metal biriktirdiği saptanmıştır (GILL ve ark, 1992; HATTUM ve ark., 1989; AMIARD ve ark. 1987; HOGSTRAND & HAUX, 1991).

Ağır metaller sıklıkla özelleşmiş dokularda yoğunlaşırlar. Bazı ağır metaller en yüksek konsantrasyona erişince depolanmaya başlarlar. Depolanan toksik madde genellikle limiti aşmadığı sürece toksik değildir.

Balıklarda doku ve organlarda biriken metal etkide kalınan süreye ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirli bir metalin hangi doku ve organda öncelikle depo edileceği türlere göre değişim göstermektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir (KARGIN & ERDEM, 1992). Bunun en önemli nedeni, genellikle ağır metaller lethal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesidir.

Çeşitli balık türleri üzerinde yapılan araştırmalarda karaciğerdeki metal birikiminin diğer organlara oranla oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. Farklı ortam konsantrasyonlarında *Tilapia nilotica* (Tilapia balığı)'nın doku ve organlarındaki bakır birikimi incelendiğinde, en yüksek bakır birikiminin dalak ve karaciğerde olduğu, bunları barsak, mide, solungaç ve kasın izlediği gösterilmiştir (KARGIN & ERDEM, 1988). Karaciğer, metallerin alınması ve depolanmasında önemli bir organdır, metalleri bağlayarak toksik etkinin yok edilmesinde işlev yapan metalotionein gruplarınca zengin proteinlerin başlıca sentezlenme yeridir. Bazı temel metabolik fonksiyonların yürütülebilmesi amacı ile az miktarlarda gereksinim duyulan bakır ve çinko gibi bazı ağır metallerin ortamdaki derişimlerinin artması, metalin öncelikle metabolik aktivitesi

yüksek olan organlarda birikmesine ve enzimlerin aktif bölgelerini bloke ederek organizmada toksik etkilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (KHAN ve ark., 1989).

Ortamda birden fazla metal bulunması durumunda bu metallerin toksikolojik etkilerinde artma veya azalma, metallerin toksik mekanizmalarının farklı olmasıyla, organizmaya bağlı olarak da değişim göstermektedir. Örneğin, Bakır-Çinko karışımında bakırın etkisi, salt bakıra oranla daha azdır. Ortamda bakırın birikmesi, çinko birikimini etkilememiştir (KARGIN & ERDEM, 1991). PARLAK (1986)'da, kefal balıklarının organ ve dokularında birikimin nasıl olacağını belirlemek için yaptığı çalışmada, Cd, Pb ve Fe'in tek tek veya bir arada aynı ortamda buldukları halde, Cd'un karaciğerde Fe ve Pb'nun ise barsak, karaciğer ve solungaçlarda olduğunu göstermişlerdir. Cd birikimini Fe ve Pb arttırırken, Fe ve Pb birikimini Cd azaltmaktadır.

MOHARRAM ve arkadaşları (1987)'de *Mugil cephalus*'taki organik ve inorganik Hg seviyelerini hesaplamış, her iki elementin kas ve diğer organlarla olan ilişkileri incelemişlerdir.

*Tilapia nilotica*'nın dokularındaki bakır birikimi hem bakırın etkisinde, hem de Bakır-Çinko karışımında süreye bağlı olarak artma gösterdiği belirtmiştir. Belirli bir süre sonunda dokudaki bakır birikimi, karışım etkisindeki balıklara oranla, doğrudan bakır etkisinde kalan balıklarda önemli derecede yüksektir. Yalnız bakıra oranla Bakır-Çinko karışımında dokulardaki birikim karaciğer ve kasta 1,5 solungaçlarda ise yaklaşık iki kat daha azdır. Belirlenen süreler sonunda en yüksek bakır birikiminin karaciğerde olduğunu ve ortamdaki bakır birikiminin çinko varlığında azaldığını belirtmişlerdir. Balıklarda metal etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalar. Bakır-Çinko karışımında mortalite oranının bu iki metalin tek tek olan toksik etkileri toplamından fazla olduğunu göstermektedir (KARGIN & ERDEM, 1992).



*Tilapia nilotica*'nın doku ve organlarında, bakır birikimi üzerine çinkonun antagonistik bir etkisi olmasının nedeni kısmen, metallothionein gibi protein taşıyıcıları üzerindeki bağlanma noktaları için bu iki metal arasındaki rekabetle açıklanabilir (KARGIN & ERDEM, 1992).

Çinko, enzimatik reaksiyonlar, protein sentezi ve karbonhidrat metabolizması için gereklidir (CARPENE ve ark.,1990; CARPENE & VASAK, 1989). Bakır ve çinko katalitik yapılarından dolayı birçok metalo-organik bileşiklerin ko-faktörleri olarak gerekli elementlerdir. Balıkların ihtiyacı olan miktarları türler arasında değişiklik gösterir (OGINO & YANG, 1978). Balıklar tarafından bakırın alınması büyük oranda solungaçlar aracılığı ve alınan besinlerin absorpsiyonu ile olmaktadır. Balıkta bakırın en fazla depo edildiği organ ise metallothionein proteinden dolayı karaciğerdir. Bakırın vücuttan atılması ise idrar ve dışkı yolu ile olur (KARGIN & ERDEM, 1989). Karaciğerdeki bakır düzeyinin etkide kaldığı süreye bağlı olarak arttığı, yüksek konsantrasyonlarda ise balıklarda belirli homeostatik (denge) mekanizmaları uyarması sonucu hayvanlarda daha fazla miktarda bakırın biriktiği ve karaciğerin işlevini yapamadığı ve kısa sürede öldükleri gösterilmiştir (KARGIN & ERDEM 1992).

Deniz suyunda düşük konsantrasyonda bulunan bakırın (0,2-16µm) solungaçlardan içeriye Na'un girmesini azaltması yanında, iyon düzenleyicilerini de etkiler. Solungaçta çözülmüş organik maddenin (DOM) solungaçlardan içeriye giren ve serbest durumda olduğunda balık için toksik olan Cu iyonlarıyla komplikasyonu sayesinde, serbest Cu iyonlarının sayısı azalmakta ve Cu'nun vücutta birikimi sağlanarak toksitesisi azalmaktadır. Aynı şekilde Cd'da balık ve molluskların solungaçlarıyla, Ca'un bağlanma bölgeleriyle bir rekabet halindedir. Cd, Ca<sup>++</sup> ATPase basolateral etkisi sayesinde balık solungaçlarına Ca'un verilmesine müdahale ederek iyon dengesini etkilemektedir (HOLLIS ve ark., 1997).

### 2.3.6. Toksikolojik olarak önemli olan bazı ağır metaller

#### 2.3.6.1. Kadmiyum (Cd):

Endüstride Cd'lu minerallerden ,Cd içeren plastik metal atıklarından çevreye yayılan Cd, hava, su ve toprağı kirletmektedir. Toprak ve suda biriken Cd ise sudaki organizmalara geçmekte buradan da besin zinciriyle balıklara ve insanlara geçmektedir. Besinlerde Cd en çok kabuklu su hayvanlarında, karaciğer ve böbreklerde birikir. Bu besinlerdeki kadmiyumun miktarı 10 mg/g'ın (yaş ağırlık) üzerine çıkabilir. Kadmiyum bileşiklerinde yalnızca Cd<sup>+2</sup> değerliğindedir. Cd doğada Zn ile birlikte bulunur. Kadmiyum, balığın büyüme ve gelişmesi için gerekli olmadığı halde memeli sistemlerle veya herhangi bir biyolojik sistemle tanıştırdığı zaman esansiyel elementler olan Zn ve Cu gibi davranır, metallothioneinin Cu ve Zn ile bağlanacağı -SH gruplarına bağlanarak karaciğer ve böbreklerde depo edilebilir. Aşırı derecede toksik bir metaldir (GOYER, 1986; DUNNICK & FOWLER, 1988; TIMBRELL, 1991).

Suda çözünen tuzları (CdCl<sub>2</sub> gibi) kolayca solungaçlar yolu ile kana absorbe olabildiği halde suda çözünmeyenler uzaklaştırılmakta veya gastrointestinal yolla yutulmaktadır. İnce bağırsaktaki absorpsiyonu kalsiyum , demir ve protein eksikliğinde artar. Kalsiyumun absorpsiyonunda rol oynayan protein sentezi kalsiyum eksikliğinde artmakta, Cd absorpsiyonunu hızlandırmaktadır. "Metallothionein" ise bu absorpsiyonu dengelediği tahmin edilmektedir.

Kadmiyum kanda proteinlere ve alyuvarlara bağlanır ve bu formda taşınır, fakat vücudun taşıma kapasitesinin %50-70'ı karaciğer ve böbreklerde yerleşir. Özellikle zararlı olmaya başladığında böbreklerle dışarı atılır. Bulunduğu ortama bağlı olarak yaş ilerledikçe vücuttaki Cd birikimi artmakla beraber atılım miktarı değişmez. Özellikle

kadmiyuma kronik olarak maruz kalmaların sonucunda böbrek hasarına, akut maruz kalmalarından sonra ise testikular hasara sebep olan pek çok toksik etkisi olduğu bilinmektedir. Bu metal kalsiyum metabolizmasının bozulmasına ve kemiklerin daha kırılır duruma gelmesine neden olabilir. Kadmiyumun sürekli küçük dozlara maruz kalması sonucunda metallothioneinin miktarının artmasıyla bu metalin akut toksisitesi azalacaktır.

### 2.3.6.2. Civa (Hg)

Civa, doğal dağılımla sürekli serbest hale geçtiği için tüm canlılarda eser miktarlarda bulunur. Civa balıkların gelişimi için gerekli değildir. Bileşikleri  $Hg^{+1}$ ,  $Hg^{+2}$  halinde bulunur. Civanın dağılımı kimyasal şekline ve giriş yoluna bağlıdır. Tek veya iki değerlikli bulunan civa sindirim sisteminden az olarak absorbe edilir ve böbreklerde birikir. Organikciva ise sindirim sisteminde çok iyi absorbe edilir ve hemen sonra beyine, posterior kortekse yayılır.

Civa; beyin, böbrek, kan hücreleri dışında kemik, dalak ve karaciğerde de toplanır. Oral yolla alınanların %10'u idrarla dışarı atılır. Metilciva formundaki civa ise merkezi sinir sistemini etkilemesiyle aşırı derecede toksiktir (TIMBRELL, 1991). Yakın zamana kadar endüstride kullanılması sonucu atık olarak sulara karışan civa metalinin su dibinde kalıp zararlı olmayacağı düşünülüyordu. Ancak, 1953-1960 yılları arasında Japonya'da Minamata Körfezinde civa ile kontamine olmuş balık ve istiridyeleri yiyen halkta görülen epidemik zehirlenme olayı bu görüşün yanlış olduğunu ortaya çıkarmıştır. "Minamata hastalığı" olarak isimlendirilen ve nörolojik bozukluklar saptanan bu olayda 421 akut zehirlenme, 47 kişide de ölüm görülmüştür. Minamata Körfezinde "Vinilklorür" üretimi yapan bir fabrikadan körfeze atılan civanın sedimentlerde mikroorganizmalar tarafından metilcivaya dönüştüğü, lipofil özellikteki ve çok toksik

olan bu bileşimin biyobirikimi besin zincirinde şu sırayla olur; Metilciva→ Aquatik bitkiler→ Algler→ İlkel Hayvanlar→ Balıklar→ Deniz kabuklu hayvanları→ İnsanlar. Civa ile kirlenmiş olan su ve denizlerde Hg miktarı yaş ağırlık üzerinden 200-5000 mg/kg, çok kirli sularda yaşayan balıklarda ise 20. 000 mg /kg olabileceği gösterilmiştir (MOHARRAM ve ark., 1987).

### 2.3.6.3. Kurşun (Pb)

Kurşun, suda +2 oksidasyon durumunda çözünür. Kurşun sülfat ise suda çözünmez. Endüstriyel ve madencilik faktörleriyle ortama atıldığı gibi, kirlenme kaynağına ek olarak kireç taşı, kurşun yatağı ve galena'dan bazı durumlarda yağmurlarla kurşun doğal suya karışır. Kurşun, balıkların besin zincirine katılarak vücutta birikebilir. Kurşun tuzları mide suyunda ve kanda oldukça çözünür haldedir (TIMBRELL, 1991).

Absorbe olan kurşunun atılımı çok yavaştır ve hayat boyu birikir. Absorbe olan kurşun kana geçerek kısa zamanda dengeye ulaşır. Kan yoluyla çeşitli organlara (aort, kıkırdak, böbrek, dalak ve kaslara) dağılır. Yaşa bağlı olarak kemikteki birikimi artar. Böylece kurşun çeşitli organlarda hasara sebep olabileceği gibi kimyasal etkilere de sebep olabilir. En önemli biyokimyasal etkisi de kansızlığa (anemiye) sebep olmasıdır. Kurşun, erkek ve dişi bireylerde üremeyi etkilemektedir. Balıklarda yapılan çalışmalarda kurşunun gametotoksik olduğu da gösterilmiştir. İnorganik kurşunun akut etkisi böbrek hasarı meydana getirir (TIMBRELL, 1991).

Yukarıda adı geçen ağır metaller yanında doğada bulunan bir çok metal çeşitli şekillerde toksik etki yapmaktadırlar. Bakır, çinko ve demir gibi esansiyel elementler eser miktarlarda organizmalar için gereklidirler, fakat aşırı dozlarda alınmaları sonucunda bu metaller de toksik etki gösterebilirler. Gümüş, nikel ve krom gibi non-esansiyel metaller organizmalar tarafından metabolize edilemediklerinden oldukça fazla toksik etki

gösterebilirler. Bu metallerin analizi için çeşitli metodlar kullanılmasına rağmen, son yıllarda kısa sürede ve daha az asit tüketimi avantajlarından dolayı biyolojik materyallerdeki ağır metalleri tespit etmede mikrodalga çözünürleştirme sistemlerinden yararlanılmaktadır.

## 2.4. MİKRODALGA ÇÖZÜNÜRLEŞTİRME SİSTEMLERİNİN

### AVANTAJLARI VE ÇALIŞMA MEKANİZMASI

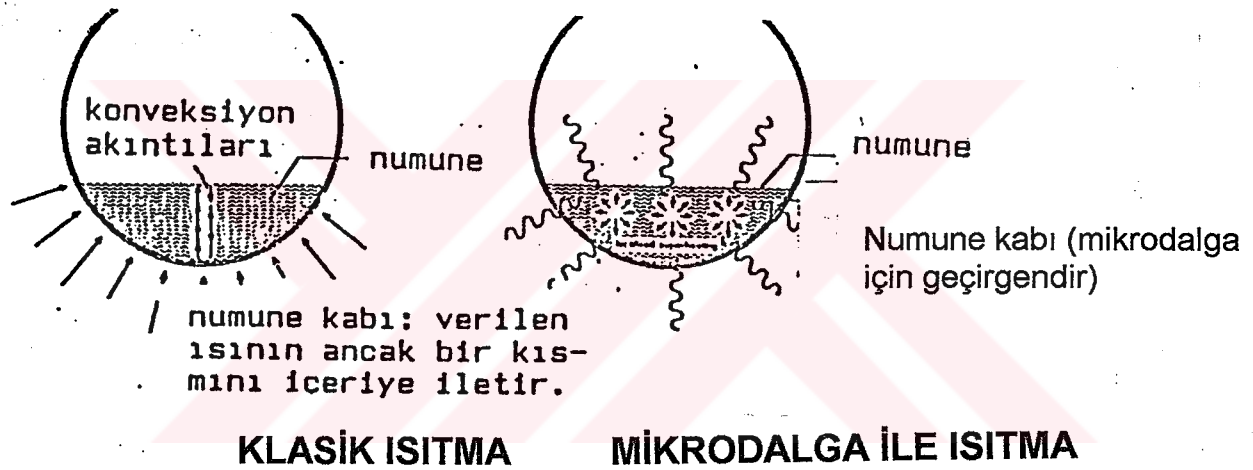
Mikrodalga, enerji spektrumunda IR ile radyo dalgalarının arasında kalan bölgedir. Günümüzde bir çok mutfakta bulunan mikrodalga fırınlarla ısıtma süreleri 15-30 dakikadan 2-3 dakikaya indirilmiştir. Dalga boyu 1mm-1m olan bu enerjinin, günlük zamanımızda işlem zamanını kısalttığından dolayı oldukça büyük avantajlara sahiptir. Buradaki sır, mikrodalga'nın ısıtma mekanizmasının alışılmış tekniklerden farklı olmasıdır. Klasik ısıtma teknikleri bir kütleyi dıştan içe doğru tabaka-tabaka ısıtırken, mikrodalga tüm kütlenin her yerini aynı anda ısıtır. Örneğin bir buz kalıbı ocakta veya fırında eritilirse, gözlenecek olay, önce en dış tabakadaki buz kristalinin eriyip suya dönüşeceği ve bu işlem en merkezdeki buz molekülüne ulaşmaya kadar sürecektir. Aynı işlem mikrodalga ile yapılırsa, enerji aynı anda bütün yapıyı etkileyerek, buzu “ bir anda ” suya dönüştürecektir.

Serbest piyasada öncelikle mutfaklarda yerini alan mikrodalga fırınları gerekli modifikasyonlar yapılarak laboratuvarlarda da kullanılmaya başlandı.

Modern laboratuvarlarda çok sayıda numune ve çoklu element analizi yapma gereksinimi ve zaman kavramını çok önemli hale getirdi (DOĞAN, 1996).

Mikrodalga tekniği ile numune çözünürleştirme ilk defa 1975’de ABU SAMRA ve arkadaşları tarafından biyolojik materyalleri asitlerle hızlı çözünürleştirmek amacıyla

kullanılmıştır. Sonra bütün numune çeşitlerinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Analitiksel anlamda bu işlemden kritik bir aşama örnek hazırlamadır ve yüksek randımanla element analizi için örneklerin çözünürleştirilmesi gerekir. Mikrodalga ısıtma mekanizması hedef kütledeki bütün molekülleri aynı anda etkileyerek (Şekil-1) de görüldüğü gibi klasik tekniklerin konveksiyon ısıtmasına göre çok daha kısa bir sürede işlemi tamamlamaktadır (LAMOTHE, ve ark., 1986).



Şekil 4. Mikrodalga ısıtma mekanizması (Öztürk, 1996).

Mikrodalga ısınması dıştan olduğu gibi içten de olduğundan dolayı enerji, moleküller çarpışmadan ziyade, polarizasyon yolu ile transfer olur. İç ısınma numuneyi mekanik olarak uyarır ve numunenin dış tabakalarını bozar, böylece asit ile numune arasında daha iyi bir temas sağlanır. Kapalı basınç tüplerinin kullanımı numunenin ısını artıran çözünürleştirmeye yardımcı olur. Bu nedenle ihtiyaç duyulan kaynama noktasına çabuk ulaşılır. Çözünürleştirme zamanını 5 dakikaya kadar azalttığından dolayı da çok yaygınlaşan bir teknik olması sürpriz değildir (ÖZTÜRK, 1996).

Son yıllarda önem kazanan bu aletlerin en önemli kısmı çözünürleştirme tüpleridir. Çözeltileri direkt ve hızlı ısıtması nedeniyle yoğun buharlaşmaya neden olur.

Günümüzde iki tür mikrodalga çözünürleştirme tekniği kullanılmaktadır;

1-) Açık (atmosferik basınç) tüplerde

2-)Kapalı (yüksek basınç) tüplerde

Çözünürleştirme süresince asit karışımının buharından ve ayrışma reaksiyonları sonucu oluşan gazlardan dolayı basınç yükselir. Bu nedenle atmosfer basıncının üzerinde bir basınç oluşur. Yüksek basınç nedeniyle de sıcaklık aşırı derecede artar. Bu durumlar, basıncı serbest bırakan güvenlik sistemleri ve mikrodalga ısıtmasının dikkatli progamlanmasını gerektirir. Klasik olarak bilinen tekniğe göre avantajları;

- 1.) Zamandan tasarruf,
- 2.) Tekrarlanabilirlik
- 3.) Minimum enerji ve kimyasal madde sarfıyatı,
- 4.) Uçucu bileşiklerin ortamda tutulması,
- 5.) Çevresel kirlenmelerden sakınılmasıdır.

Kapalı tüplerde mikrodalga ile çözünürleştirme tekniklerinin başarılı bir şekilde yapılması, tüpün içerisindeki numunenin asitle parçalanma reaksiyonunun ve reaksiyondan kaynaklanan sıcaklık ve basıncın da belirlenmesiyle olur (ÖZTÜRK, 1996). Numunenin parçalanması esnasında çözünürleştirme kabındaki gerçek basınç, kabın cinsine, kullanılan asitin türüne, miktarına, asidin sıcaklığına, çözünürleştirilen numunenin boyutuna ve bileşimine bağlıdır (HASTY ve ark., 1991). Kapalı tüp sisteminde, atmosferik kaynama noktası üzerindeki asit sıcaklıkları, asidin kısmi basınçlarının arttırılmasıyla başarılıp numunenin parçalanma oranında arttırır.

Isıtıcı üzerinde ısıtma, analiz için örnekleri hazırlamada bilinen bir örnek olmasına rağmen genel olarak bu tekniğin bazı dezavantajları da vardır (DOĞAN, 1996):

1. Çok uzun zaman alması,
2. Çözünürleştirme sağlanmamışsa daha fazla asit ilavesi, ve işlemin uzaması, numunenin sık sık kontrolü ve fazla miktarda asit kullanılması,
3. Asit konsantrasyonunun AAS ve ICP'ye verilecek sınırın çok üstüne çıkması halinde kuruluğa kadar buharlaştırma gereği,
4. Cam beherler kullanıldığı hallerde camın yapısındaki elementlerden gelen kirlenme,
5. Asit buharının laboratuvar ortamını kirleterek çalışanın sağlığını tehdit etmesi,
6. Çalışanı bütün işlemler boyunca laboratuvarında tutmasıdır,

1975 yılı tanıtımından bu yana mikrodalga ısıtma ile numune hazırlanması müthiş bir oranda gelişmiş, şu anda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mikrodalga çözünürleştirme yöntemi, kısa zaman ve daha az asit tüketimi açısından önemli avantajlar kazandırmaktadır. Bu konuyla ilgili birçok çalışma mevcuttur (FRIDLUND ve ark., 1994; GULMINI ve ark., 1994; DEABREUE ve ark., 1994; BRENDA ve ark. 1994).

SURES ve ark., (1995), mikrodalgayla parçalamadan sonra Electrothermal Atomik Absorpsiyon Spectrometresiyle balıkta (Cd, Pb) eser elementlerin tespit edilmesini araştırıp, *tatlisu kefali* kasında bulunan ağır metal içeriklerini tespit etmede mikrodalga çözündürmedeki kası nitrik asit ve perchlorik asitle çözünürleştirip sonuçları daha önceki ıslak külleşme çalışmalarlarıyla karşılaştırdıklarında tespit edilenlerle uyum içinde olduğunu belirlemişlerdir.

HNO<sub>3</sub> ile yapılan çözünürleştirme aşamasında organik maddelerde CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O gibi gazlar meydana gelir. Bu olay tüp içersindeki toplam gaz hacmini arttırmakta ve belli bir sıcaklıkta HNO<sub>3</sub>'ün tek başına yapabileceğinden daha yüksek basınçların oluşmasına neden olmaktadır. Artan asit sıcaklıkları numune çözünürleştirme

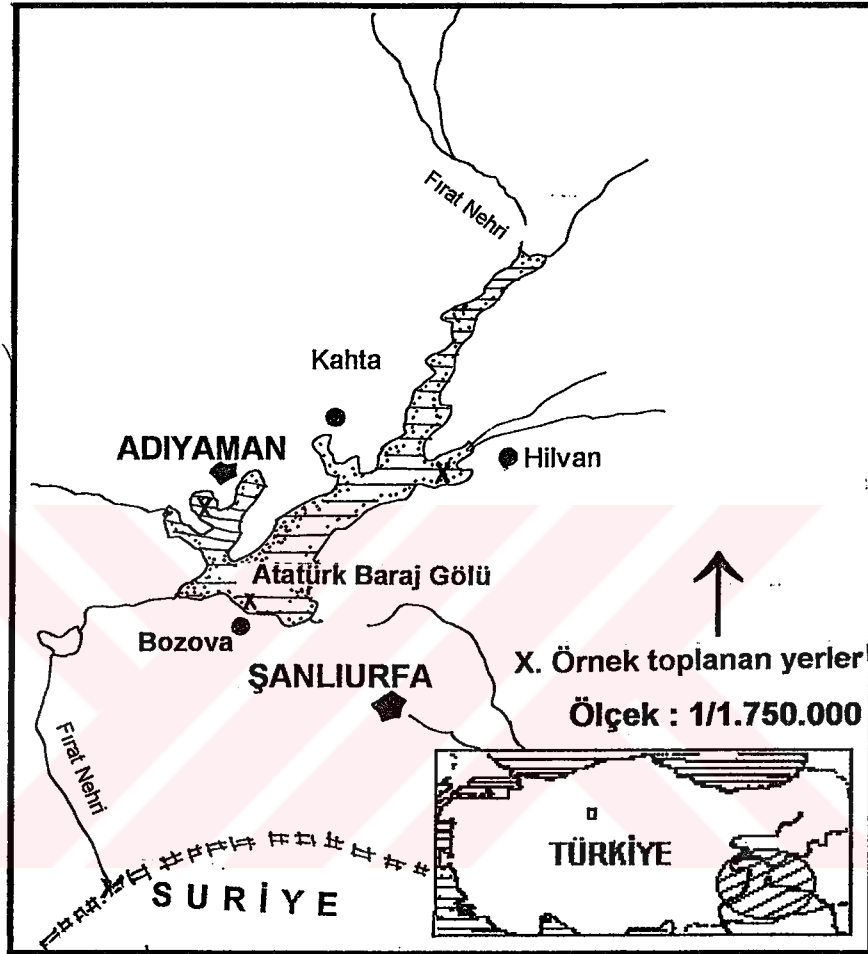


oranlarını arttırdığından dolayı amaç, tüpe maksimum basınç uygulamadan, sıcaklığı maksimum hale getirmektir (HASTY,1991).



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. MATERYALİN ARAZİDEN TOPLANMASI



Şekil 5. Atatürk Baraj Gölü Haritası

Bu çalışmada biyolojik materyal olarak *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Liza abu* Heckel, 1843, *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel 1843), *Chondrostoma reghium* (Heckel , 1843), *Carasobarbus luteus*(Heckel , 1843), *Capoetta trutta* (Heckel , 1843), *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 türlerine ait balık örnekleri nisan 1997'de Atatürk Baraj Gölü alanındaki Hilvan, Bozova ve Akpınar (Adiyaman) istasyon bölgelerinden yakalanmış ve bu balık örnekleri buz

kalıplar içinde muhafaza edilerek laboratuvara taşınmıştır. Her balık türünden yaklaşık 8-10 örnek çalışılmıştır.

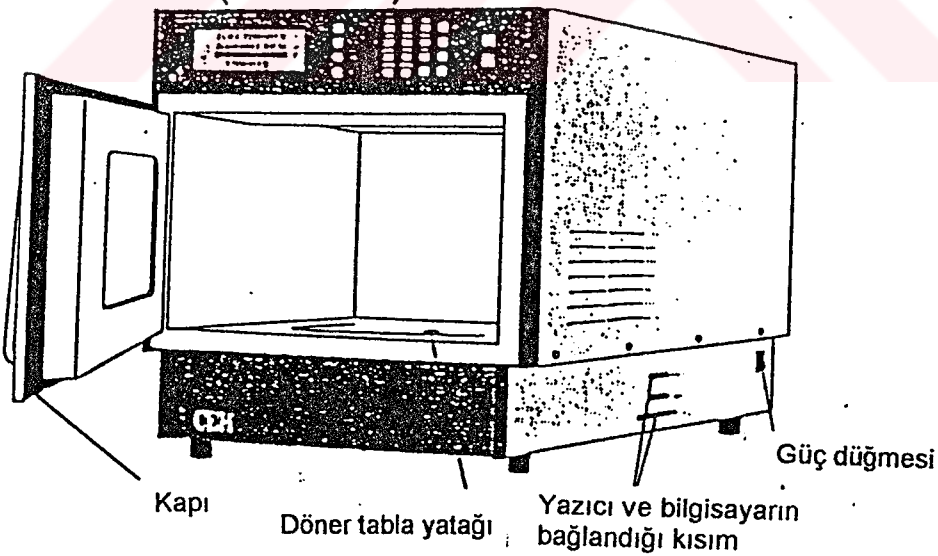
### 3.2. MATERYALLERİN ANALİZE HAZIRLANMASI

Laboratuvara getirilen toplam 8 tür balık örnekleri analiz işlemlerine başlanıncaya kadar -30 °C de difrizde bekletildi. Her balık örneğinin önce boy ve ağırlık değerleri alınmış, daha sonra dissekte edilmiştir. Yaş tayinleri dorsal yüzgeçlerinin alt kısımlarındaki pullarla yapılmıştır. Dissekte edilen her balığın karaciğeri, solungaçlarının tümü ile sırtın yan tarafından dorsal yüzgecin ön kısmından yaklaşık 4-5 gr kadar kas örneği alınmıştır. Dissekte edilen her örnek, önceden darası alınmış ve etüvde bekletilmiş ve 100 °C ısıya dayanıklı küçük polietilen kaplar içersine aktarılmıştır. Numunelerin yaş ağırlıkları hassas terazi ile tartılıp, polietilen kaplar içerisinde etüvde yaklaşık 80 °C'de 24 saat bekletilerek kurutulmaları sağlanmıştır. Sabit tartıma kadar kurutulan numuneler desikatöre aktararak 1saat bekletilmiştir. Daha sonra her bir numunenin kuru ağırlıklarını belirlemek için hassas terazi kullanılmıştır. Sabit tartıma kadar kurutulan ve tartımları alınan her bir numunenin homojen hale gelebilmesi için porselen havanda dövülmüş ve tekrar desikatöre aktarılmıştır.

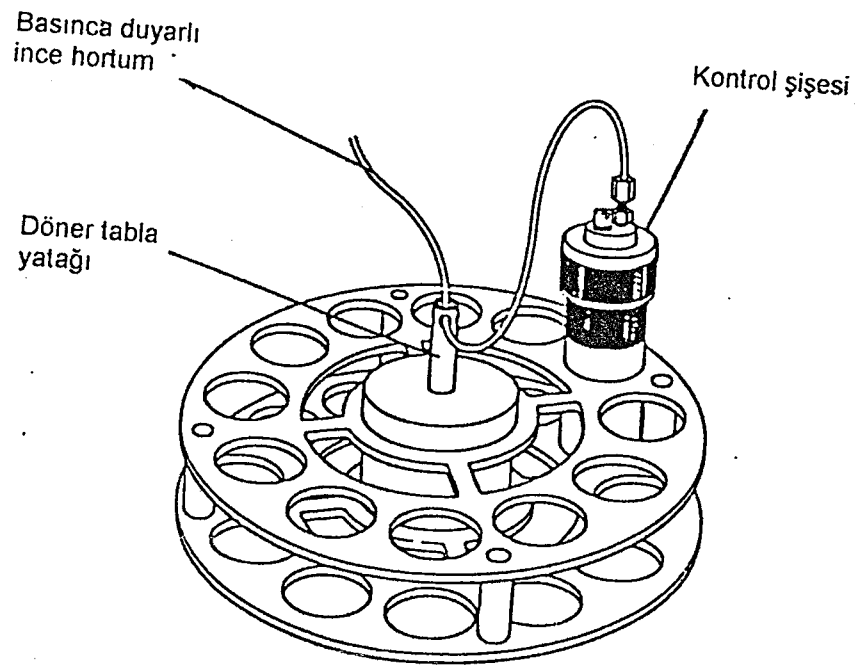
İşlem esnasında kullanılan tüm malzemeler (beher, saat camı, baget, balon joje, pipet, erlen, havan, polietilen kaplar ve kurozeler) kromik asitte bekletilip daha sonra saf sudan geçirilerek 100-105°C'de kurutulmuşlardır.

### 3.3. MATERYALE MİKRODALGA YÖNTEMİ UYGULAMA

Hassas terazi yardımıyla bütün numunelerden 0,3 gr alınarak her biri mikrodalga çözünürleştirme tüplerine yerleştirilmiştir. Her bir tüpün üzerine 7 ml HNO<sub>3</sub> (Merck %65) ilave edilmiştir. İçinde numunelerin bulunduğu 6 adet kadar çift duvarlı (iç teflon, dış polieterimid) tüpler, teflon bomba döner tablasına yerleştirildikten sonra emniyet membranlı kapak kapatılarak fırına yerleştirilip, çözünürleştirme işlemi uygulanmıştır. Çözünürleştirme işlemi, duvarları asite dayanıklı fluoropolimerik kaplı olan ve basıncın beklenmedik yükselmesi halinde, tüpün içindeki sıvının emniyet membranını patlatarak toplama kabına boşaltan ve sızacak asit buharlarını aspirasyon sistemiyle laboratuvar dışına taşıyan CEM model MDS 2000 Mikrodalga fırınında yapılmıştır (Şekil 6 ve 7).



Şekil 6. MDS 2000 Mikrodalga Fırını



Şekil 7. Teflon Bomba Döner Tablası

Çözünürleştirme işlemi güç, basınç, zaman, fan ve sıcaklıktan oluşan 5 basamakta gerçekleştirilmiştir. Balık numunelerini çözünürleştirmek için kullandığımız CEM-MDS 2000'in çalışma koşulları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Cem MDS 2000 Mikrodalga fırınında balık numunelerinde çözünürleştirme koşulları.

Balık Örneği	≅ 0,3 gr.				
Çözücü	: 7 ml HNO <sub>3</sub>				
Stage	1	2	3	4	5
Power	20	30	40	50	60
PSI	30	40	50	60	70
Time (Min.)	5	5	5	5	5
TAP	4	4	4	4	4
FAN	80	80	80	80	80

Mikrodalga çözünürleştirme yöntemi, kısa zaman, daha az asit tüketimi ve olabilecek metal kaybını önlemek açısından çok büyük avantajlar sağlamaktadır

(KRUSHEVSKA ve ark., 1993; ÖZTÜRK, 1996). Mikrodalga fırınında 25 dakikalık çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra fırından çıkarılan tüplerin oda sıcaklığında soğumaları sağlanmıştır. Soğuyan tüplerin kapakları açılarak çözünen numuneler saf su ile iyice yıkanmış ve cam bir huni yardımı ile 25 ml'lik balon jodelere aktarılmışlardır.

Atatürk Baraj Göl'ünün çeşitli istasyonlarından alınan her bir sediment örneği saat camı içine bırakılarak etüvde 110 °C' de 24 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Daha sonra sediment örnekleri havanda öğütülerek 100 meşlik elekten geçirilmiştir. Öğütülen örnekler tekrar 110 °C'de 2saat kurutulup, desikatörde bekletilmişlerdir. Her birinden 0,5 gr lık örnekler tartılıp mikrodalga çözünürleştirme tüplerine aktarılmıştır. Sediment örneklerinin üzerine 1 ml HNO<sub>3</sub>+ 3 ml HCl çözeltisi ilave edilmiştir. Tüplerin ağzı sıkıca kapatılarak mikrodalga fırınına yerleştirilmiş ve çözünürleştirme programı uygulanmıştır (Tablo 4). 5 dakikalık çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra tüpler iyice saf su ile yıkanarak 25 ml'lik balon jodelere aktarılmışlardır.

Tablo 4. Cem MDS 2000 Mikrodalga fırınında sediment örnekleri için çözünürleştirme koşulları.

Sediment örneği $\cong$ 0,5 gr.					
Çözücü : 1 ml HNO <sub>3</sub> + 3 ml HCl					
Stage	1	2	3	4	5
Power	40	40	40	40	40
PSI	40	40	40	40	40
Time (Min.)	1	1	1	1	1
TAP	1	1	1	1	1
FAN	50	50	50	50	50

Atatürk Baraj Gölü'nün Bozyazı ve Akpınar istasyonlarından alınan su numuneleri özel su kapları içerisinde taşınarak laboratuvara getirilmiş ve 250 ml'lik erlenmayerlere bırakılarak ısıtılmış kum banyosuna gömülerek buharlaştırma yapılmıştır.

Buharlaştırmadan sonra metaller 7 ml nitrik asit ile yıkanarak 25 ml'lik balon jöjelere aktarılmıştır.

### 3.4. ATOMİK ABSORBSİYON SPEKTROFOROMETRESİ İLE METAL ANALİZİ

Ölçümler UNICAM-929 Model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde yapılmıştır. Analizi yapılacak olan her ağır metal için 0.1, 0.5, 1, 2.5, 5, 10 ve 20 ppm konsantrasyonlarında standartlar, 1000 ppm'lik stok çözeltiden seyreltmeler yoluyla hazırlanmıştır. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde olabilecek hata payını en aza indirebilmek için numunelerdeki asit miktarıyla orantılı olarak hazırlanan standartlara %18'lik HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Kör olarak ta aynı şekilde % 18'lik nitrik asit içeren solusyon kullanılmıştır. Her bir element için kullanılan absorpsiyon değerleri şunlardır; Kadmium 228.8 nm, Krom 357.9 nm, Kobalt 240.7 nm, Bakır 324.7 nm, Mangan 279.5 nm, Nikel 232.0, Kurşun 217.0 nm, Çinko 213.9 nm, Demir. Metal konsantrasyonlarının hesaplanmasında yaş ağırlık değerleri kullanılmış ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir. Bütün hesaplamalar ve grafikler, IBM uyumlu bilgisayarda Microsoft EXCEL for WIN'95 Versiyon 7.0 programıyla yapılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Atatürk baraj gölü su ve sediment analiz sonuçları

Atatürk Baraj Gölünün su ve sedimentindeki ağır metal analiz sonuçları Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Örnek alınan istasyonlardaki suda Cd, Co, Mo ve Pb ölçülememiştir. Diğer metaller ise çok düşük miktarlarda bulunmuştur. Bu durum, suyun pH'nın 7,5-8,5 arasında olmasından dolayı bu ortamda metallerin çözünür durumda olmadığı şeklinde açıklanabilir. Ağır metal seviyeleri, Dicle suyundan daha az miktarda bulunmuştur.

Tablo 6'da görüldüğü gibi, sedimentte de Cd, Co (Hilvan civarı örnekleri hariç), Mo ve Pb ölçülememiştir.

Tablo 5. Atatürk Baraj Gölü suyunda ölçülen ağır metal değerleri (ppm).

Su örneklerinin Alındığı yerler	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
BOZYAZI (Bozova)	N.D.	N.D.	0.025	0.062	0.0041	N.D.	0.0154	N.D.	0.064
AKPINAR (Adıyaman)	N.D.	N.D.	0.22	—	0.0039	N.D.	0.011	N.D.	0.197
DİCLE NEHRİ -Maden (Gümgüm ve Ark., 1994)	—	0.03	0.02	N.D.	—	—	0.50	0.20	0.08
DİCLE NEHRİ -Diyarbakır (Gümgüm ve Ark., 1994)	—	0.10	0.04	N.D.	—	—	0.80	0.40	0.14

N.D. Ölçümler AAS duyarlılık sınırlarının altındadır

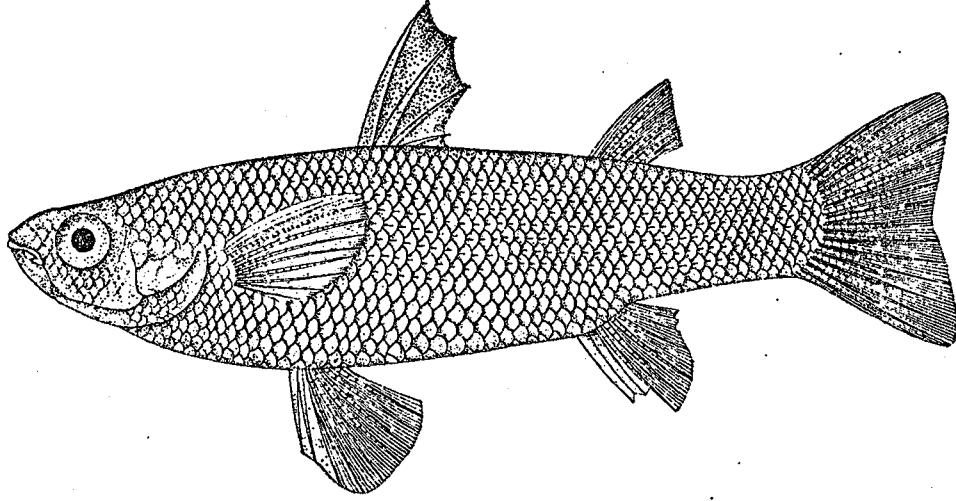
Tablo 6. Atatürk Baraj Gölü sedimentinde ölçülen ağır metal değerler (ppm).

Sedimentin Alındığı yerler	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
BOZYAZI (Bozova)	N.D.	N.D.	14,57	12587	73,60	N.D.	43,69	N.D.	60,79
AKPINAR (Adıyaman)	N.D.	N.D.	22,70	19265	514,07	N.D.	139,69	N.D.	59,14
Atatürk Baraj Gölü Hilvan Civarı	N.D.	10.81	47.78	18104	424.96	N.D.	76.80	13.58	70.244
DİCLE NEHRİ -Maden (Gümgüm ve Ark., 1994)	—	503	3433	—	—	—	403	102	489
DİCLE NEHRİ -Diyarbakır (Gümgüm ve Ark., 1994)	—	21	904	—	—	—	50	31	405
SHATT AL-ARAB (Abaychi & Al-Saad, 1988)	0.03	17.4	39.6	6205	914	—	57.2	19.0	25.8

N.D. Ölçümler AAS duyarlılık sınırlarının altındadır.



#### 4.2. *Liza abu*'da ağır metal birikimi (Şekil 7)



Şekil 8. *Liza abu*'da vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 10 adet *Liza abu* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 26-46 gr, çatal boyları 124-155 mm, yaşları ise 3-5 arasında değişiklik göstermiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *L. abu*'nun solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

*L. abu*'nun kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi ortalama olarak sırasıyla 7,74 ppm çinko (Zn)'yu 6,88 ppm ile demir (Fe) ve 1,36 ppm bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise 0,40 ppm olarak ölçülmüştür.

*L. abu*'nun solungaçlarındaki en yüksek metal birikimi ortalama 78,61 ppm demir (Fe) olup, bunu ortalama 27,77 ppm olarak çinko (Zn) ve 6,27 ppm olarak bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise ortalama 5,05 ppm olarak ölçülmüştür.

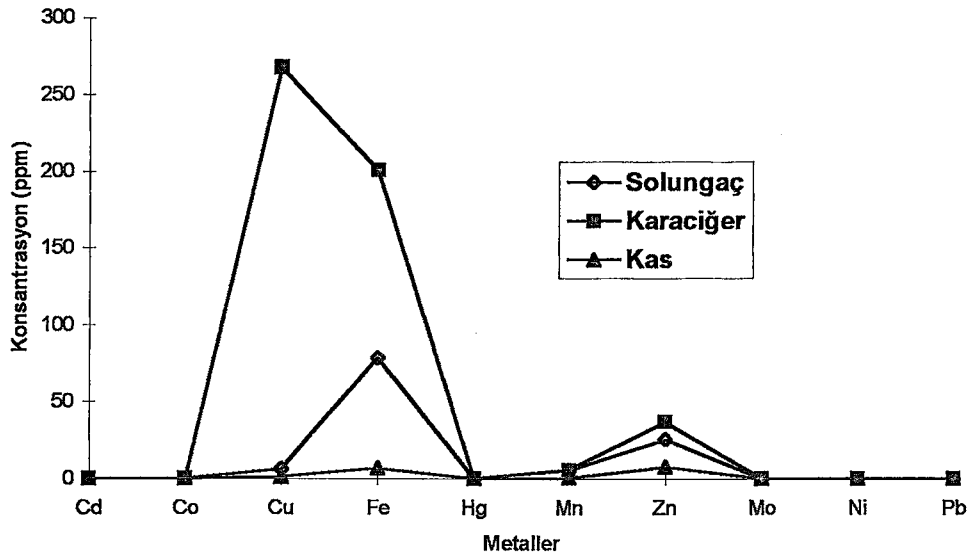
*L. abu*'nun karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla 267,45 ppm ile bakır (Cu), bunu 200 ppm ile demir (Fe), ortalama 36,92 ppm çinko (Zn) ve 5,70 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler gözönüne alındığında bakır ve demir en fazla karaciğerde belirlenmiş olduğu, bunu sırasıyla solungaç ve kasın izlediği bulunmuştur. Kastaki metal konsantrasyonu  $Zn > Fe > Cu > Mn$ ; Solungaçta  $Fe > Zn > Cu > Mn$ ; Karaciğerde ise  $Cu > Fe > Zn > Mn$ ; şeklindedir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal dağılımı şekil 9’de görölmektedir.

Tablo 7. Atatürk Baraj Gölündeki *Liza abu*’nun solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçölen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

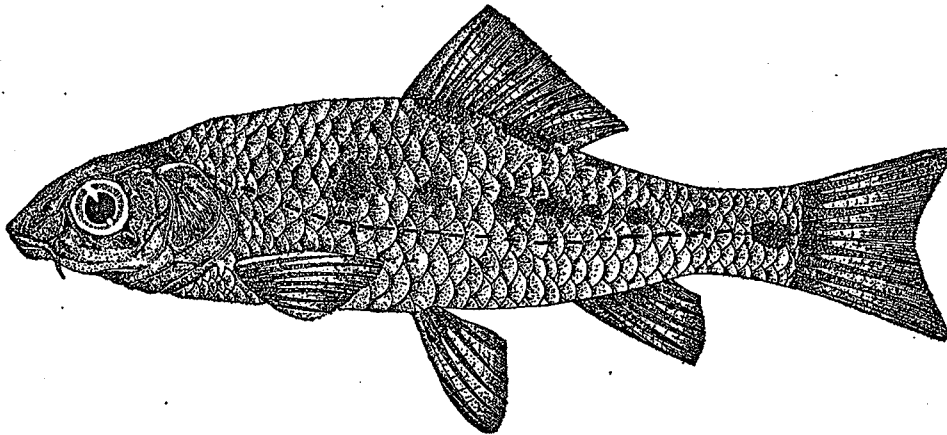
		Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
<b>Solungaç</b>	Min			1,55	27,20		3,68				20,51
	Maks.			10,15	139,74		6,91				29,98
	Ortalama	N.D.	N.D.	6,27	78,61	N.D.	5,05	N.D.	N.D.	N.D.	25,77
	S.D.			2,83	40,72		1,19				3,62
	Güven aralığı(%95)			2,36	34,05		1,00				3,03
					28,78	132,23		0,56			
<b>Karaciğer</b>	Min.			572,39	285,51		14,39				52,74
	Maks.			267,45	200,86	N.D.	5,70	N.D.	N.D.	N.D.	36,92
	Ortalama	N.D.	N.D.	232,55	51,65		5,58				10,62
	S.D.			194,41	43,18		5,86				8,88
	Güven aralığı(%95)										
					0,82	0,49		0,07			
<b>Kas</b>	Min.			2,81	20,65		0,79				20,41
	Maks.			1,36	6,88	N.D.	0,40	N.D.	N.D.	N.D.	7,74
	Ortalama	N.D.	N.D.	0,70	4,52		0,29				5,10
	S.D.			0,47	2,41		0,30				2,72
	Güven aralığı(%95)										

N.D. Ölçömler AAS’nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 9. Atatürk Baraj Gölündeki *Liza abu*'nun solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.3. *Cyprinion macrostomus*'da ağır metal birikimi (Şekil 10)



Şekil 10. *Cyprinion macrostomus*'da vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 8 adet *Cyprinion macrostomus* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 27-33 gr, çatal boyları 121-132 mm, yaşları ise 4-6 arasında değişiklik göstermiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *C. macrostomu*'un solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

*C. macrostomus*'un kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi, ortalama 11,69 ppm ile çinko (Zn), bunu ortalama 5,68 ppm ile demir (Fe) ve ortalama 1,66 ppm ile bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise 0,73 ppm olarak ölçülmüştür.

*C. macrostomus*'un solungaçlarındaki en yüksek metal birikimi ortalama 39,09 ppm ile demir (Fe), bunu ortalama 26,24 ppm çinko (Zn) ve 6,26 ppm bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise ortalama 5,25 ppm olarak ölçülmüştür.

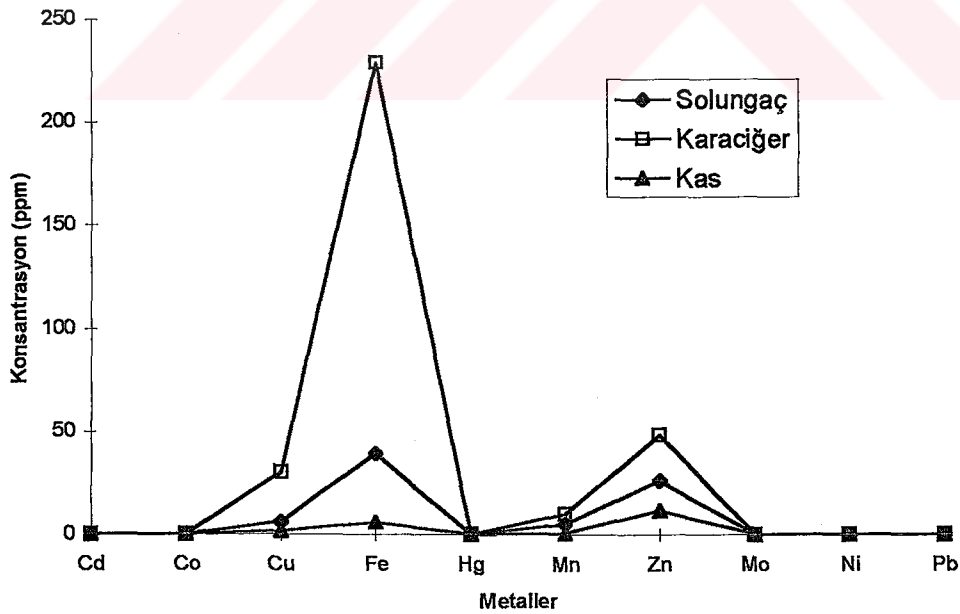
*C. macrostomus*'un karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla 228,94 ppm ile demir (Fe), bunu 48,40 ppm çinko (Zn), ortalama 30,23 ppm bakır (Cu) ve 10,02 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler gözönüne alındığında bakır ve demir en fazla karaciğerde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla solungaç ve kasın izlediği görülmüştür. Kastaki en yüksek metal konsantrasyonu  $Zn > Fe > Cu > Mn$ ; Solungaçta  $Fe > Zn > Cu > Mn$ ; Karaciğerde ise  $Fe > Zn > Cu > Mn$  olarak belirlenmiştir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal değerleri Şekil 11'de görülmektedir.

Tablo 8. Atatürk Baraj Gölündeki *Cyprinion macrostomus*'un solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

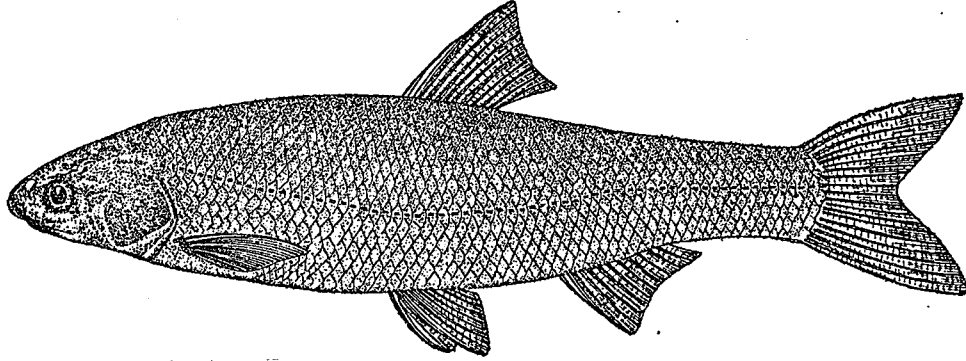
		Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	
<b>Solungaç</b>	Min.			3,50	25,53		4,55				23,97	
	Maks.			10,15	62,82		6,91				28,04	
	Ortalama	N.D.	N.D.	6,26	39,09	N.D.	5,25	N.D.	N.D.	N.D.	26,24	
	S.D.			3,29	17,23		1,12				1,68	
	Güven aralığı(%95)			5,24	27,42		1,79				2,68	
		Min.			28,78	156,52		5,20				43,72
<b>Karaciğer</b>	Maks.			32,75	285,51		14,39				52,74	
	Ortalama	N.D.	N.D.	30,23	228,94	N.D.	10,02	N.D.	N.D.	N.D.	48,40	
	S.D.			2,20	65,94		4,61				4,52	
	Güven aralığı(%95)			5,46	163,80		11,45				11,22	
		Min.			0,84	3,99		0,66				7,01
	<b>Kas</b>	Maks.			2,81	7,85		0,79				20,41
Ortalama		N.D.	N.D.	1,66	5,68	N.D.	0,73	N.D.	N.D.	N.D.	11,69	
S.D.				0,93	1,37		0,09				4,65	
Güven aralığı(%95)				1,16	1,27		0,79				4,30	

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 11. Atatürk Baraj Gölündeki *Cyprinion macrostomus*'un solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.4. *Chondrostoma regium*'da ağır metal birikimi (Şekil 12)



Şekil 12. *Chondrostoma regium*'da vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 4 adet *Chondrostoma regium* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 118- 280 gr, çatal boyları 226-265 mm arasında değişiklik göstermiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium*'un karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

*C. regium*'un kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi, ortalama 9,74 ppm ile demir (Fe), bunu ortalama 7.93 ppm çinko (Zn) ve ortalama 2,29 ppm ile bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise 1,44 ppm olarak ölçülmüştür.

*C. regium*'un karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla 185,36 ppm ile demir (Fe), bunu 34,40 ppm çinko (Zn) ortalama 17,03 ppm bakır (Cu) ve 2,92 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir.

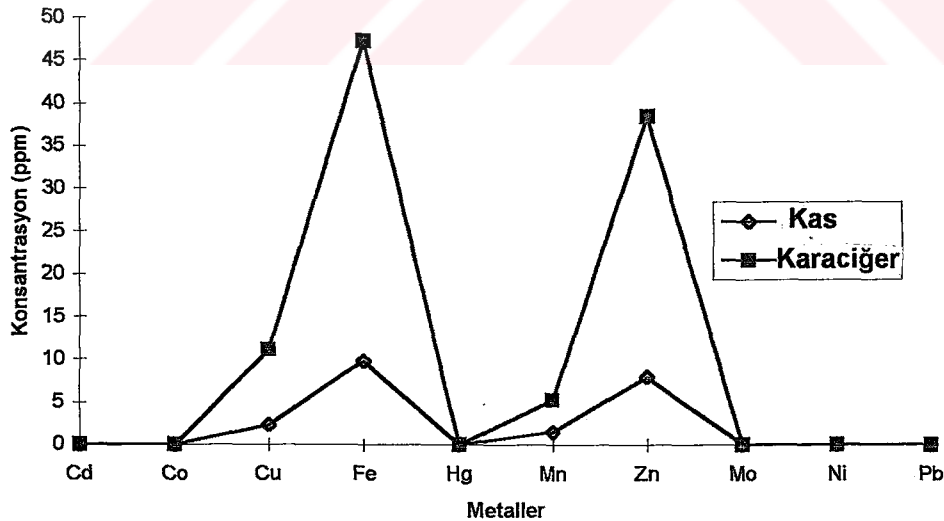
Yukarıdaki ortalama değerler gözönüne alındığında bakır ve demir en fazla karaciğerde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla solungaç ve kas izlemiştir. Kastaki en yüksek metal konsantrasyonu sırasıyla Fe > Zn > Cu > Mn ve karaciğerde ise Fe > Zn >

Cu > Mn olarak belirlenmiştir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal dağılımı Şekil 13'da görülmektedir.

Tablo 9. Atatürk Baraj Gölündeki *Chondrostoma regium*'un karaciğer ve kaslarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

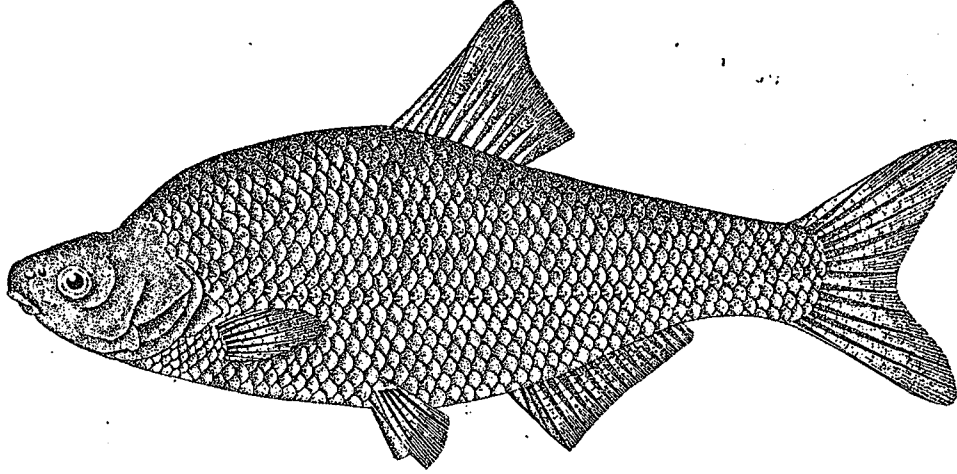
	Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	
<b>Karaciğer</b>	Min		8,44	132,84		1,32				32,42	
	Maks.		23,46	246,09		4,47				35,75	
	Ortalama	N.D.	N.D.	17,03	185,36	0,00	2,92	N.D.	N.D.	N.D.	34,40
	S.D.			6,26	46,85		1,58				1,49
	Güven aralığı(%95)			9,96	74,54		3,92				2,37
<b>Kas</b>	Min.		1,24	5,33		0,10				2,90	
	Maks.		3,86	18,16		2,22				10,08	
	Ortalama	N.D.	N.D.	2,29	9,74	0,00	1,44	N.D.	N.D.	N.D.	7,93
	S.D.			1,25	5,81		1,16				3,41
	Güven aralığı(%95)			1,99	9,24		2,88				5,43

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 13. Atatürk Baraj Gölündeki *Chondrostoma regium*'un solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.5. *Acanthobrama marmid*' da ağır metal birikimi (Şekil 14)



Şekil 14. *Acanthobrama marmid*'de vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 9 adet *Acanthobrama marmid* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 43-83 gr, çatal boyları 149-185 mm yaşları ise 2-4 arasında değişiklik göstermiştir. Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Acanthobrama marmid*'in solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

*A. marmid*'in kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi, ortalama 8,71 ppm ile çinko (Zn), bunu ortalama 5,30 ppm demir (Fe) ve ortalama 0,81 ppm ile bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise 0,29 ppm olarak ölçülmüştür.

*A. marmid*'in solungaçlarındaki en yüksek metal birikimi ortalama 151,14 ppm demir (Fe), bunu ortalama 34,67 ppm çinko (Zn) ve 9,13 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir. Bakır (Cu) ise ortalama 1,02 ppm olarak ölçülmüştür.

*A. marmid*'in karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla 171,34 ppm ile demir (Fe), bunu 36,50 ppm ile çinko (Zn) ortalama 3,84 ppm bakır

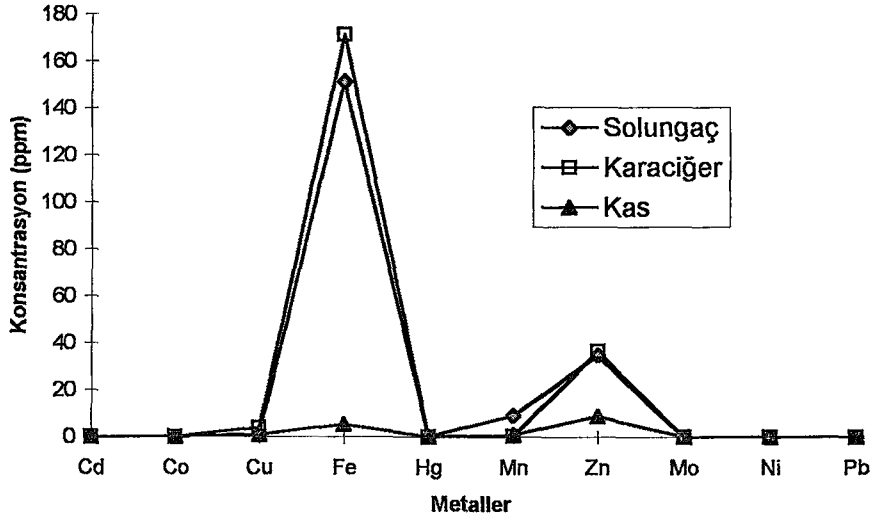


(Cu) ve 2,67 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir. Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında bakır ve demir en yüksek karaciğerde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla solungaç ve kas izlemiştir. Kastaki en yüksek metal konsantrasyonu sırasıyla  $Zn > Fe > Cu > Mn$ , solungaçta  $Fe > Zn > Mn > Cu$ , karaciğerde ise  $Fe > Zn > Cu > Mn$  olarak tespit edilmiştir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal değerleri Şekil 15’de görülmektedir.

Tablo 10. Atatürk Baraj Gölündeki *Acanthobrama marmid*’in solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

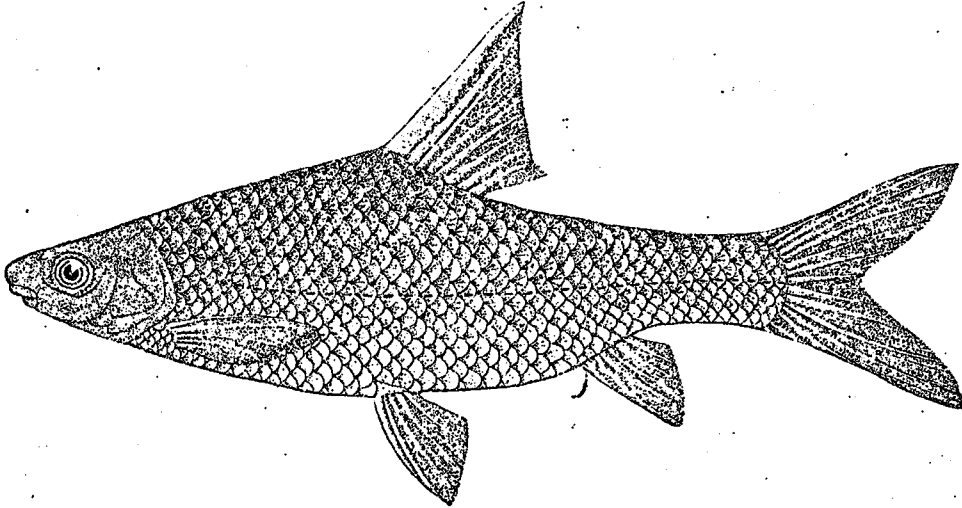
	Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
<b>Solungaç</b>	Min		0,08	74,76		3,06				30,62
	Maks.		2,92	271,15		14,18				40,03
	Ortalama	N.D.	N.D.	1,02	151,14	N.D.	9,13	N.D.	N.D.	34,67
	S.D.			1,13	73,20		3,98			3,79
	Güven aralığı(%95)			1,40	90,89		4,95			4,70
<b>Karaciğer</b>	Min.		2,09	106,06		1,12				22,02
	Maks.		6,21	300,79		4,64				50,82
	Ortalama	N.D.	N.D.	3,84	171,34	N.D.	2,67	N.D.	N.D.	36,50
	S.D.			1,68	75,39		1,56			11,30
	Güven aralığı(%95)			2,08	93,61		2,48			14,03
<b>Kas</b>	Min.		0,09	2,17		0,15				3,06
	Maks.		3,49	16,72		0,54				16,35
	Ortalama	N.D.	N.D.	0,81	5,30	N.D.	0,29	N.D.	N.D.	8,71
	S.D.			1,11	4,86		0,22			4,70
	Güven aralığı(%95)			0,92	4,06		0,54			3,93

N.D. Ölçümler AAS’nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 15. . Atatürk Baraj Gölündeki *Acanthobrama marmid*'in solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.6. *Capoetta trutta*' da ağır metal birikimi (Şekil 16)



Şekil 16. *Capoetta trutta*'da vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 9 adet *Capoetta trutta* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 141-314 gr, çatal boyları 220-279 mm yaşları ise 4-7 yıl arasında değişiklik göstermiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *C. trutta*'ın solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

*C. trutta*'ın kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi sırasıyla, ortalama 5,32 ppm ile çinko (Zn), bunu ortalama 3,64 ppm demir (Fe) ve ortalama 1,68 ppm ile bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise 0,55 ppm olarak ölçülmüştür.

*C. trutta*'ın solungaçlarındaki en yüksek metal birikimi ortalama 132,96 ppm ile demir (Fe), bunu ortalama 20,74 ppm çinko (Zn) ve 8,90 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir. Bakır (Cu) ise ortalama 4,13 ppm olarak ölçülmüştür.

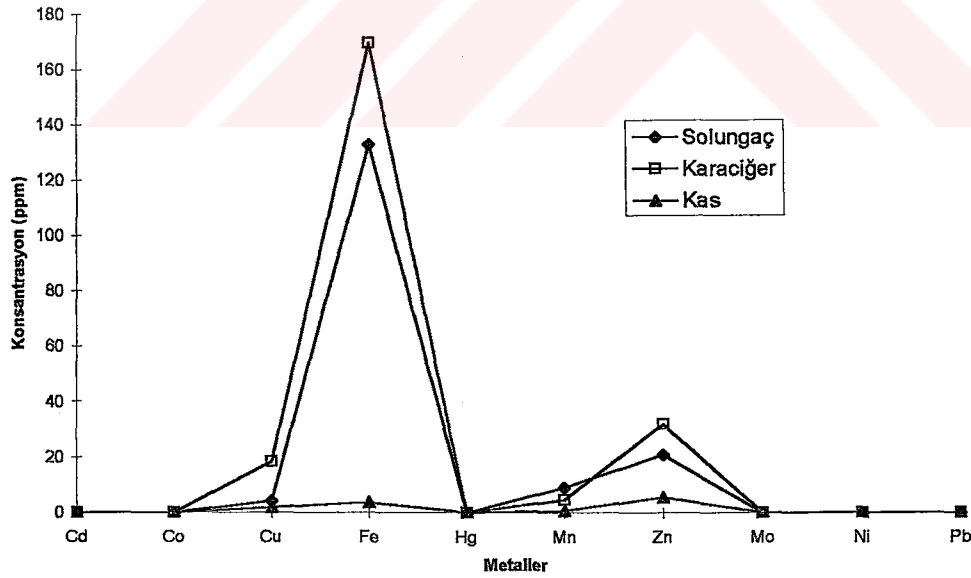
*C. trutta*'ın karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla ortalama 169,78 ppm ile demir (Fe), bunu 32,02 ppm çinko (Zn), 18,26 ppm bakır (Cu) ve 4,53 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler gözönüne alındığında bakır ve demir en yüksek karaciğerde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla solungaç ve kasın izlediği görülmüştür. Kastaki en yüksek metal konsantrasyonu sırasıyla  $Zn > Fe > Cu > Mn$ , solungaçta  $Fe > Zn > Mn > Cu$ , karaciğerde ise  $Fe > Zn > Cu > Mn$  olduğu tespit edilmiştir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal değerleri Şekil 17'de görülmektedir.

Tablo 11. Atatürk Baraj Gölündeki *Capoetta trutta*'nın solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

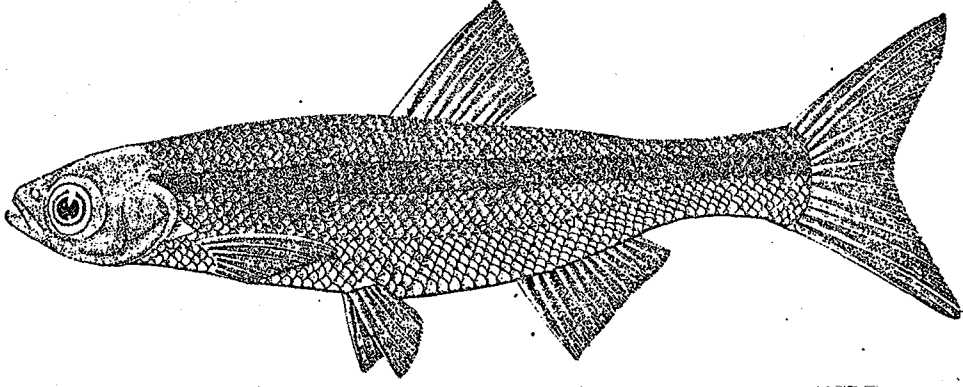
		Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
<b>Solungaç</b>	Min.			1,46	7,95		6,63				7,57
	Maks.			6,06	356,80		17,24				28,41
	Ortalama	N.D.	N.D.	4,13	132,96	0,00	8,90	N.D.	N.D.	N.D.	20,74
	S.D.			1,88	109,49		3,72				7,23
	Güven aralığı(%95)			1,74	101,26		3,44				6,69
<b>Karaciğer</b>	Min.			1,33	87,85		2,15				25,35
	Maks.			40,75	281,42		8,59				42,98
	Ortalama	N.D.	N.D.	18,26	169,78	0,00	4,53	N.D.	N.D.	N.D.	32,02
	S.D.			10,87	67,64		2,07				6,13
	Güven aralığı(%95)			8,36	51,99		1,59				4,71
<b>Kas</b>	Min.			0,45	0,23		0,43				2,06
	Maks.			4,29	7,03		0,66				9,75
	Ortalama	N.D.	N.D.	1,68	3,64	0,00	0,55	N.D.	N.D.	N.D.	5,32
	S.D.			1,38	1,92		0,16				2,34
	Güven aralığı(%95)			0,99	1,38		1,45				1,68

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 17. Atatürk Baraj Gölündeki *Capoetta trutta*'nın solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.7. *Chalcalburnus mossulensis*' da ağır metal birikimi (Şekil 18)



Şekil 18. *Chalcalburnus mossulensis*'de vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 10 adet *Chalcalburnus mossulensis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 60-65 gr, ortalama çatal boyları 135-140 mm yaşları ise 2-3 arasında değişiklik göstermiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Chalcalburnus mossulensis*'in solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 12'de verilmiştir.

*C. mossulensis*'in kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi, ortalama 20,70 ppm ile demir (Fe), bunu ortalama 17,96 ppm ile çinko (Zn) ve 2,41 ppm ile bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise 1,12 ppm olarak ölçülmüştür.

*C. mossulensis*'in solungaçlarındaki en yüksek metal birikimi ortalama 80,40 ppm ile demir (Fe), bunu ortalama 59,63 ppm çinko (Zn) ve 4,68 ile ppm Mangan (Mn) takip etmektedir. Bakır (Cu) ise ortalama 2,54 ppm olarak ölçülmüştür.

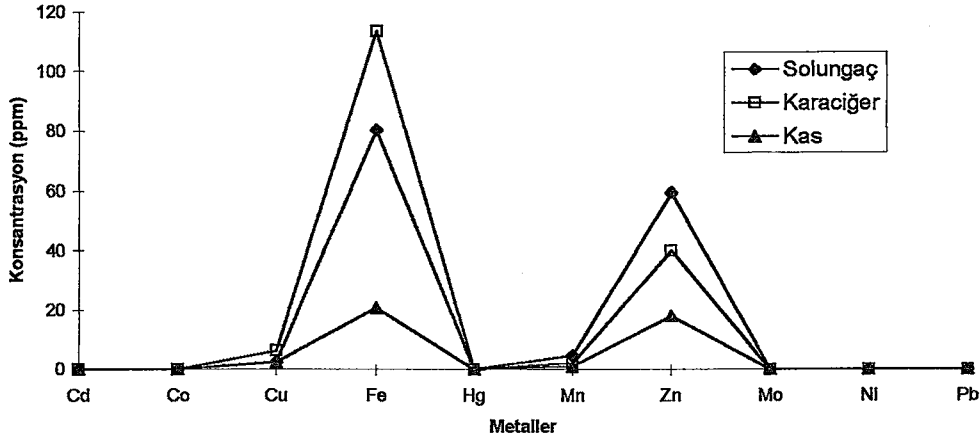
*C. mossulensis*'in karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla 113,58 ppm ile demir (Fe), bunu 39,93 ppm çinko (Zn), 6,42 ppm bakır (Cu) ve 2,14 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler gözönüne alındığında bakır ve demir en yüksek karaciğerde belirlenmiş, bunu sırasıyla solungaç ve kasın takip ettiği görülmüştür. Kastaki en yüksek metal konsantrasyonu Fe > Zn > Cu > Mn, solungaçta Fe > Zn > Mn > Cu, karaciğerde ise Fe > Zn > Cu > Mn olduğu belirlenmiştir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal değerleri Şekil 19'da görülmektedir.

Tablo 12. Atatürk Baraj Gölündeki *Chalcalburnus mossulensis*'in solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

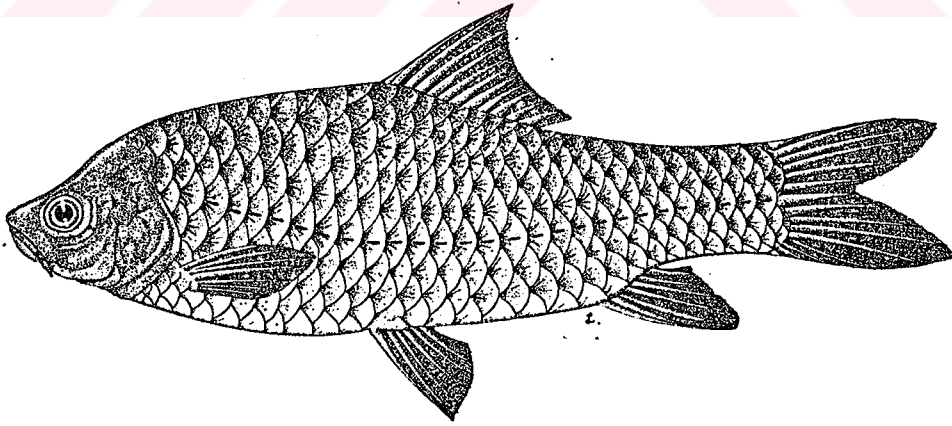
		Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
<b>Solungaç</b>	Min			0,03	67,78		3,89				45,26
	Maks.			7,00	94,70		6,15				72,45
	Ortalama	N.D.	N.D.	2,54	80,40	N.D.	4,68	N.D.	N.D.	N.D.	59,63
	S.D.			2,63	9,82		0,99				9,68
	Güven aralığı(%95)			3,27	12,19		1,23				12,02
<b>Karaciğer</b>	Min.			3,82	56,01		0,19				33,79
	Maks.			10,01	217,20		5,98				53,01
	Ortalama	N.D.	N.D.	6,42	113,58	N.D.	2,14	N.D.	N.D.	N.D.	39,93
	S.D.			2,38	62,08		2,19				7,62
	Güven aralığı(%95)			2,49	65,15		2,30				7,99
<b>Kas</b>	Min.			1,12	14,29		0,12				11,49
	Maks.			4,13	29,49		3,75				27,77
	Ortalama	N.D.	N.D.	2,41	20,70	N.D.	1,12	N.D.	N.D.	N.D.	17,96
	S.D.			0,94	4,78		1,49				5,12
	Güven aralığı(%95)			0,72	3,42		1,85				3,67

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 19. Atatürk Baraj Gölündeki *Chalcalburnus mossulensis*'in solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.8. *Carasobarbus luteus*' da ağır metal birikimi (Şekil 20)



Şekil 18. *Carasobarbus luteus*'da vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 12 adet *Carasobarbus luteus* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 127-167 gr, çatal boyları 127-220 mm, yaşları ise 3-7 arasında değişiklik

göstermiştir. Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Carasobarbus luteus*'un solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 13'de verilmiştir.

*C. luteus*'un kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi, ortalama 9,39 ppm ile çinko (Zn), bunu 8,95 ppm demir (Fe) ve 1,76 ppm ile Mangan (Mn) takip etmektedir. Bakır (Cu) ise 1,14 ppm olarak ölçülmüştür.

*C. luteus*'un solungaçlarındaki en yüksek metal birikimi ortalama 96,18 ppm ile demir (Fe), bunu 28,39 ppm çinko (Zn) ve 7,92 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir. Bakır (Cu) ise ortalama 3,08 ppm olarak ölçülmüştür.

*C. luteus*'un karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla 173,73 ppm ile demir (Fe), bunu 51,66 ppm çinko (Zn), ortalama 30,74 ppm bakır (Cu) ve 12,46 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir.

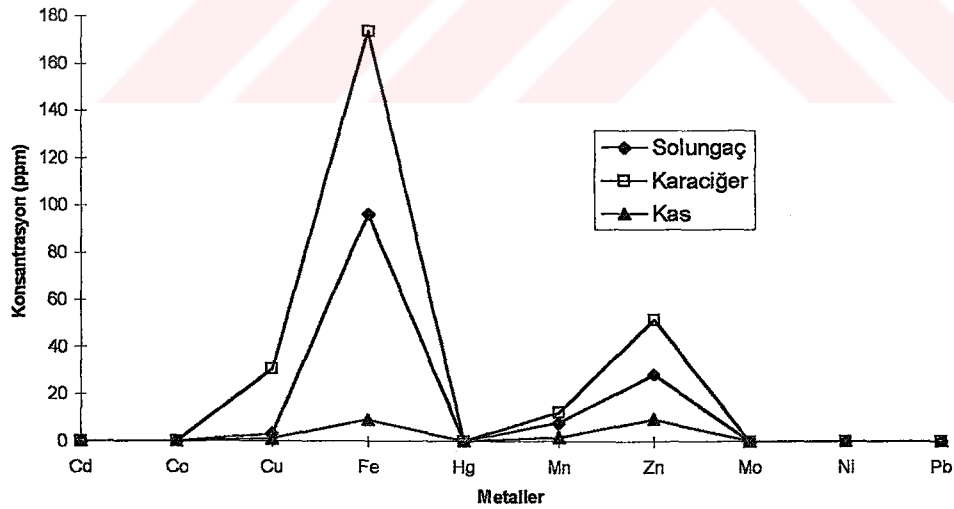
Yukarıdaki ortalama değerler gözönüne alındığında bakır ve demir en yüksek karaciğerde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla solungaç ve kas izlemiştir. Kastaki en yüksek metal konsantrasyonu sırasıyla,  $Zn > Fe > Mn > Cu >$ , solungaçta  $Fe > Zn > Mn > Cu$ , karaciğerde ise  $Fe > Zn > Cu > Mn$  olarak belirlenmiştir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal değerleri Şekil 21'de görülmektedir.



Tablo 13. Atatürk Baraj Gölündeki *Carasobarbus luteus*'un solungaç, karaciğer ve kaslarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

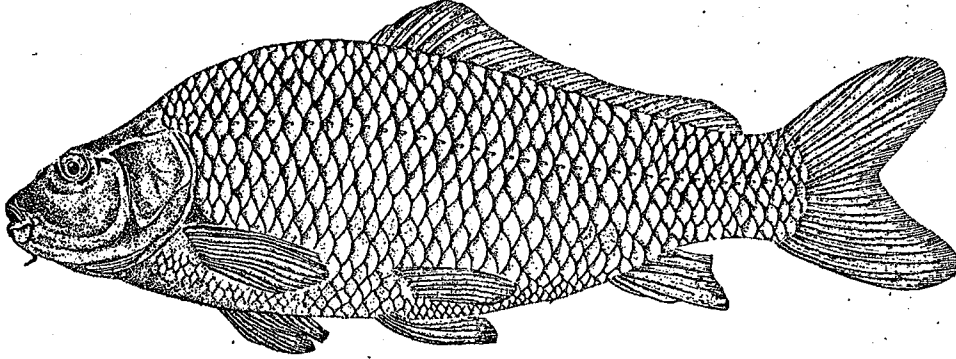
	Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
<b>Solungaç</b>	Min.		2,13	56,09		4,70				21,19
	Maks.		4,97	125,96		11,69				34,76
	Ortalama	N.D.	N.D.	3,08	96,18	N.D.	7,92	N.D.	N.D.	28,39
	S.D.			1,29	23,63		2,69			4,45
	Güven aralığı(%95)			2,05	19,75		2,25			3,72
<b>Karaciğer</b>	Min.		1,85	68,54		0,16				25,14
	Maks.		46,75	281,48		43,57				66,08
	Ortalama	N.D.	N.D.	30,74	173,73	N.D.	12,46	N.D.	N.D.	51,66
	S.D.			13,29	66,21		19,08			12,46
	Güven aralığı(%95)			11,11	55,35		15,95			10,42
<b>Kas</b>	Min.		0,05	1,29		0,03				2,92
	Maks.		2,66	21,04		5,99				18,57
	Ortalama	N.D.	N.D.	1,14	8,95	N.D.	1,76	N.D.	N.D.	9,39
	S.D.			0,89	6,79		2,85			5,53
	Güven aralığı(%95)			0,64	4,86		4,54			3,96

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 21. Atatürk Baraj Gölündeki *Carasobarbus luteus*'un solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.9. *Cyprinus carpio*' da ağır metal birikimi (Şekil 22)



Şekil 22. *Cyprinus carpio*'da vücudun genel görünüşü (Geldiay & Balık, 1988)

Bu çalışmada toplam 4 adet *Cyprinus carpio* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 268-2288 gr, çatal boyları 214-425 mm arasında değişiklik göstermiştir..

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'un karaciğer ve kaslarında ölçülen Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum-maximum, ortalama ve S.D. değerleri Tablo 14'de verilmiştir.

*C. carpio*'un kas dokusunda ölçülen en yüksek metal birikimi, ortalama 11,51 ppm ile demir (Fe), bunu 9,72 ppm çinko (Zn) ve 2,23 ppm ile bakır (Cu) takip etmektedir. Mangan (Mn) ise 0,13 ppm olarak ölçülmüştür.

*C. carpio*'un karaciğerindeki en yüksek ortalama metal birikimi sırasıyla 60,96 ppm ile demir (Fe), bunu 76,46 ppm çinko (Zn), 9,52 ppm bakır (Cu) ve 0,69 ppm ile mangan (Mn) takip etmektedir.

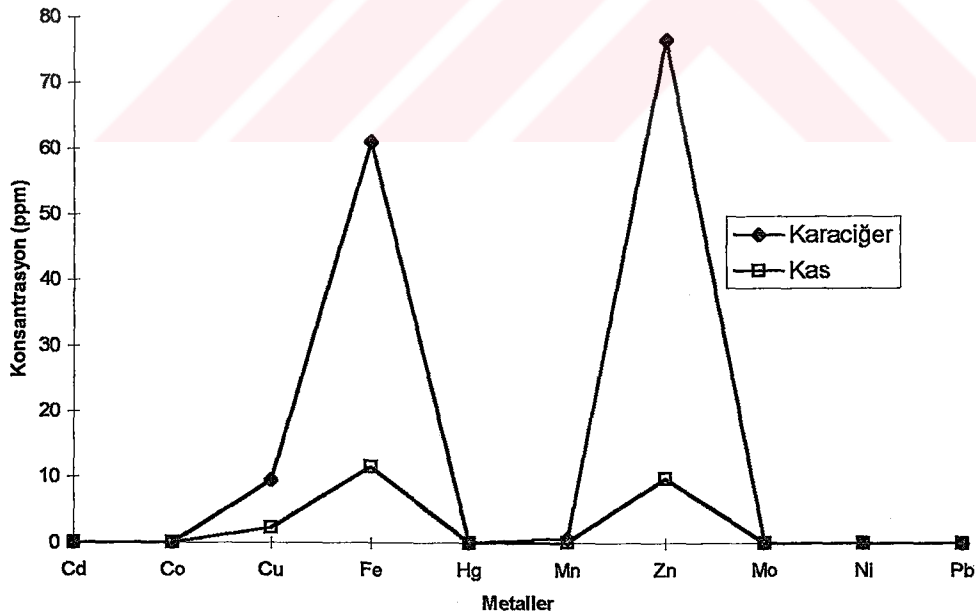
Yukarıdaki ortalama değerler gözönüne alındığında bakır ve demir en yüksek karaciğerde belirlenmiş olup bunu sırasıyla solungaç ve kas izlemiştir. Kastaki en yüksek metal konsantrasyonu sırasıyla, Fe > Zn > Cu > Mn ve karaciğerde ise Fe > Zn > Cu >

Mn şeklinde belirlenmiştir. Solungaç, karaciğer ve kastaki ağır metal değerleri Şekil 23 de görülmektedir.

Tablo 14. Atatürk Baraj Gölündeki *Cyprinus carpio*'nun karaciğer ve kaslarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları (ppm). (Min. en küçük değer, Maks. en büyük değer, S.D. Standart sapma).

	Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
<b>Karaciğer</b>	Min.		2,57	40,84		0,11				51,27
	Maks.		16,51	70,05		1,51				96,07
	Ortalama	N.D	N.D	9,52	60,96	N.D	0,69	N.D	N.D	76,46
	S.D.			5,69	13,73		0,60			21,12
	Güven aralığı(%95)			9,06	21,85		0,96			33,61
<b>Kas</b>	Min.		1,26	10,48		0,11				7,39
	Maks.		3,90	12,21		0,15				11,50
	Ortalama	N.D	N.D	2,23	11,51	N.D	0,13	N.D	N.D	9,72
	S.D.			1,23	0,74		0,03			2,02
	Güven aralığı(%95)			1,96	1,18		0,28			3,21

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır



Şekil 23. Atatürk Baraj Gölündeki *Cyprinus carpio*'nun solungaç, karaciğer ve kaslarındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi.

## 5.TARTIŞMA

Tablo 5 ve Tablo 6'da görüldüğü gibi, Atatürk Baraj Göl'ünün su ve sedimentindeki ağır metal konsantrasyonları, GÜMGÜM ve arkadaşlarının (1994), Dicle nehrinin çeşitli bölgelerinde yaptıkları su ve sediment örnekleriyle karşılaştırıldığında, Atatürk Baraj Göl'ünün daha düşük oranda eser element içerdiği (demir metali hariç), Shatt Al- Arab sedimenti ile yakın konsantrasyonlara sahip olduğu gözlenmiştir (ABAYCHI, AL-SAAD, 1988). Bu durum, Atatürk Baraj Göl'ünün, şimdilik Dicle nehri gibi ağır metal bakımından kirletici bir kaynağa sahip olmadığını göstermektedir. ABO-RADY (1983), çeşitli bölgelerde yaptığı sediment çalışmalarında, kirli atıkların döküldüğü yerlerdeki sedimentlerde, kirletilmemiş bölgelerden alınan sedimentlere nazaran daha fazla miktarlarda metal birikimi olduğunu belirlemiştir. Adı geçen araştırmacı nehir suyunda yaşayan *Salmo trutta fario* ve üç tane aquatik bitkinin ağır metal içeriğiyle sedimentteki ağır metal oranları arasındaki ilişkileri araştırmış, incelenen örneklerle sudaki metal içeriği arasında iyi bir korelasyon olduğunu da tespit etmişlerdir.

Cd, Cu, Cr, Ni, Zn ve Mn gibi ağır metaller gerek sudan direk olarak gerekse besin ziciriyle girdikleri canlı bünyelerinden doğal fizyolojik yollarla atılamadıkları için birikime uğrar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması halinde, toksik etki yaparlar (GILL ve ark, 1992; ABO-RADY, 1983; ASHRAF & JAFFAR, 1988; SING & PETER, 1978). AMIARD ve arkadaşları (1987), çeşitli nehir ve deniz kıyısındaki organizmalarda (solucan, mollusk, kabuklu ve balıkta) esansiyel, non esansiyel eser elementlerin birikimini karşılaştırmalı olarak çalışmış ve çalışılan bütün türlerin vücutlarında Zn seviyelerini dokularında kontrol edebildikleri fakat Cu ve Zn için en iyi düzenleyicilerin crustacea ve balıklar olduğunu tespit etmişlerdir. LOURDES &

CUVIN, (1994), sudaki metal miktarının artması ile birlikte balık dokularındaki Cd ve Hg konsantrasyonunun da artış gösterdiğini, fakat Zn için bunun söz konusu olmadığını ve vücutta Zn birikiminin düzenlenebileceğini göstermişlerdir.

Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, etkide kalınan süreye ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Ağır metaller letal olmayan konsantrasyonlarda genellikle balıkların karaciğer, böbrek ve solungaçlar gibi metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmektedir (CARPENA ve ark., 1990; KARGIN ve ark., 1992; CARPENA & VASAK, 1989; ERDEM ve ark., 1988).

KÖCK M. ve arkadaşları (1989), Suriye sınırının beş farklı bölgesinde yaşayan balıkların böbreklerindeki Cd, Pb, Cu ve Zn içeriklerini araştırmış, % 72,6 sında 130 ppm'in altında Zn, %69'da 0.75 ppm Cd ve % 27,4'ünde ise 1ppm'in üstünde Pb içerdikleri tespit edilmiştir. Balıkların böbreklerindeki Cu oldukça yüksek olup % 28,8'inde 8 ppm'in üstünde Cu içerdiğini tespit etmişlerdir.

Yaptığımız bu çalışmada, Atatürk Baraj Göl'ündeki balık türlerinin çeşitli organlarında ağır metal birikimleri araştırılmış, karaciğer ve solungaçlarda Cu, Fe, Zn konsantrasyonları kas dokusundaki konsantrasyonlardan bir hayli yüksek bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda çinko ve bakırın yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu balık karaciğerinde metallothionein proteinlerine bağlı olarak bulunduğu iyi bir şekilde bilinmektedir (HOGSTRAND & HAUX, 1991; CARPENA & VASAK, 1989).

Atatürk Baraj Göl'ünde incelediğimiz *Liza abu*'nun kasında düşük düzeyde ağır metal birikimi gözlenmiştir: Cu ortalama 1,39 ppm; Zn 7,74 ppm; Fe 6,88 ppm; Mn ise 0,40 ppm. İncelediğimiz diğer balıkların kas örnekleri ile karşılaştırdığımızda birbirleri ile uyum içinde oldukları belirlenmiştir. Sonuçlar, Fırat nehri üzerinde ve Atatürk Baraj Gölü'nden önce kurulmuş olan Keban Baraj Göl'ündeki *B. capito pectoralis* ile Fırat ve Dicle nehrinin birleştiği Shatt Al-Arab nehrindeki *Liza* örneklerinde belirlenen

konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında Atatürk Baraj'ındaki Cu, Zn ve Mn değerleriyle uyum içinde olduğu görülmüştür (SARIEYÜPOĞLU, 1991; ABAYCHİ, 1988). Buna karşın, kasta tespit ettiğimiz Cu, Zn ve Mn değerleri, ÜNLÜ ve arkadaşları (1996)'nın Dicle nehrinde *Liza abu* ile elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırıldığında oldukça düşük bulunmuştur. Dicle nehrinde *Liza abu*'da Cu 23,77ppm; Zn 11,10- 61,35 ppm; Mn 4,94-14,76 ppm arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu durumu, Dicle nehrinin Ergani Bakır fabrikasından dolayı kirletilmiş olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Atatürk Baraj Göl'ünde *Liza abu*'nun karaciğerinde belirlenen değerler, aynı bölgede incelediğimiz diğer balık örneklerinin karaciğerlerinde belirlediğimiz Cu ve Fe birikiminden oldukça yüksektir. Dolayısıyla *Liza abu* Dicle Nehri ve Shatt al-Arab nehirleri arasında göç ederek geniş bir alandaki çevre faktörlerinden etkilenmesinden kaynaklanabileceği düşünülebilir (PAKDEMİR-SEVİM, 1994).

Atatürk Baraj Göl'ündeki *Acanthobrama marmid*'in kasında düşük düzeyde ağır metal birikimi gözlenmiştir; Cu ortalama 0,81 ppm; Zn 8,71 ppm; Fe 5,30 ppm; Mn ise 0,29 ppm arasında dağılım göstermiştir. Aynı bölgede incelerdiğimiz diğer balık örnekleri ile karşılaştırdığımızda ise kaslarındaki Cu birikiminin düşük olduğu, Fe, Zn ve Mn'nın ise diğer balıklarla uyum içinde olduğu belirlenmiştir. Kastaki Cu, Ni, Zn değerleri Dicle nehrinde yaşayan *Acanthobrama marmid*'in kaslarında belirtilen değerlerden daha düşük (ÜNLÜ ve ark., 1994) olmasına rağmen, Shatt Al-Arab ve Keban Baraj Göl'ündeki *B. capito pectoralis* ile karşılaştırıldığında yaklaşık benzer sonuçlar elde edilmiştir (SARIEYÜPOĞLU & SAY, 1991; ABAYCHİ, 1988). *Acanthobrama marmid*'de en çok Cu, Fe ve Zn birikimi karaciğerde belirlenmiştir. *Cyprinus carpio*'daki bakır birikimi ile yapılan araştırmada da en yüksek birikimin karaciğerde olduğu belirtilmektedir (YARAMAZ, 1986). *Acanthobrama marmid*'in kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bakır birikimlerinin, aynı bölgede incelediğimiz balıklara oranla daha

düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun balıklardaki beslenme farklılıklarından dolayı olabileceği düşünülebilir.

*Capoetta trutta*'nın kasında da düşük düzeyde ağır metal birikimi gözlenmiştir; Cu ortalama 1,68 ppm; Zn 5,32 ppm; Fe 3,64 ppm; Mn ise 0,55 ppm arasında dağılım göstermiştir. Bunu da Dicle Nehrinde yaşayan *Capoetta trutta*'daki sonuçlarla karşılaştırdığımızda düşük düzeyde olduğunu görmekteyiz. Dicle nehriindeki *Capoetta trutta*'da Cu ortalama 29,90 ppm; Ni 36,31 ppm; Zn ise 53,07 ppm arasında dağılım gösterdiği belirtilmiştir (ÜNLÜ ve ark., 1995). *Capoetta trutta*'da en fazla Cu, Fe ve Zn birikimi karaciğerde, Mn'in ise solungaçlarda biriktiği belirlenmiştir. SARIEYÜPOĞLU ve SAY(1991)'da, Keban Baraj Gölünde yaptıkları çalışmada bunu doğrulamaktadır.

*Chalcalburnus mossulensis*'in kasını incelediğimizde ise düşük düzeyde ağır metal birikimi gözlenmiştir; Cu ortalama 2,41 ppm; Zn 17,96 ppm; Fe 20,70 ppm; Mn ise 1,12 ppm arasında dağılım göstermiştir. Cu ve Fe birikiminin en fazla miktarda olduğu organ karaciğer, Zn ve Mn'in ise solungaçta olduğu bulunmuştur. *Chalcalburnus mossulensis*'in karaciğerindeki bakır birikimi incelediğimiz diğer balık türlerine nazaran bakır birikimi sadece *Acanthobrama marmid*'den yüksek, fakat diğerlerinden ise düşük olduğu görülmüştür. GEY (1988), tarafından da belirtildiği gibi, bu farkın her türün farklı özelliklere mensup olmalarından, beslenme şekillerinden ve farklı biyotoplarda yaşamalarından kaynaklanabileceği belirtilmektedir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Condrostoma requim*'un kasında düşük düzeyde ağır metal birikimi olduğu gözlenmiştir; Cu ortalama 2,29 ppm; Zn 7,93 ppm; Fe 9,74 ppm; Mn ise 1,44 ppm arasında dağılım göstermiştir. Karaciğerde Cu, Fe, Zn ve Mn değerlerinin en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Dicle Nehrinde yaşayan türlerdeki ağır metal birikiminden düşük olup (ÜNLÜ ve ark., 1994; GÜMGÜM ve ark., 1994; ÜNLÜ & GÜMGÜM, 1993), Shatt Al-Arab, Keban Baraj

Göl'ü, Gölcük ve Marmara Göllerindeki balıkların birikim değerleriyle uyum içinde olduğu görülmüştür (SARIEYÜPOĞLU & SAY, 1991; ABAYCHİ, 1988; YARAMAZ,1986). *Cyprinion macrostomus*'un kasında da düşük düzeyde ağır metal birikimi görülmüştür; Cu ortalama 1,66 ppm; Zn 11,69 ppm; Fe 5,68 ppm; Mn ise 0,73 ppm arasında dağılım göstermiştir. Cu, Fe, Zn ve Mn birikimleri en fazla karaciğerde gözlenmiştir. Atatürk Baraj Göl'ündeki diğer balıklara oranla, *Cyprinion macrostomus*'un karaciğerinde çok yüksek oranda demir (Fe) birikiminin olduğu bulunmuştur. Dicle Nehrindeki *Cyprinion macrostomus*'un bakır ve çinko birikimi, Baraj Gölü'ndekine oranla oldukça yüksek olduğu bulunmuştur; ortalama olarak Cu 75-271ppm; Zn 43-87 ppm arasında değiştiği belirtilmektedir (GÜMGÜM ve ark., 1994). Diğer kirletilmemiş bölgelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, yaklaşık aynı değerlerde olduğunu görmekteyiz (KARGIN, ERDEM, 1992; YARAMAZ, 1986; GEY, 1988; ABAYCHİ,1988).

*Cyprinus carpio*'nun kasını incelediğimizde ise düşük düzeyde ağır metal birikimi gözlenmiştir; Cu ortalama olarak 2,23 ppm; Zn 9,72 ppm; Fe 11,51 ppm; Mn ise 0,13 ppm arasında dağılım göstermektedir. *Cyprinus carpio*'da en yüksek Cu, Zn ve Fe değerleri karaciğerde bulunmuştur. Karaciğerdeki Zn'nun Atatürk Baraj Göl'ündeki diğer balıklara göre yüksek, Fe'in ise 60,96 ppm değeri ile düşük olduğu görülmektedir. Türkiye'nin çeşitli ortamlarında mevcut ağır metal birikimleri *Cyprinus carpio* için belirlediğimiz miktarlardan daha düşük olduğu belirtilmektedir (YARAMAZ, 1986; AKSUN, 1986).

*Carasobarbus luteus*'un kasında da düşük düzeyde ağır metal birikimi gözlenmiştir; Cu ortalama olarak 1,14 ppm; Zn 9,39 ppm; Fe 8,95 ppm; Mn ise 1,76 ppm arasında dağılım göstermektedir. *Carasobarbus luteus*'taki en yüksek Cu, Zn, Fe ve Mn değerleri karaciğerde birikim gösterip, Cu ve Fe'in aynı bölgedeki balıklardan



daha fazla miktarda olduğu belirlenmiştir. Deniz balıklarının yenilebilir kas dokusunda buldukları ağır metal değerleri ile karşılaştırıldığında Atatürk Baraj Göl'ünün birkaç ppm daha yüksek olduğu belirlenmiştir (ASHRAF, 1988).

Atatürk Baraj Göl'ünde incelediğimiz bazı balık türlerinde en fazla ağır metal birikimi letal olmayan derişimlerde genellikle metabolik olarak aktif olan karaciğerlerinde birikim göstermiştir. İncelediğimiz balıklarda en düşük ağır metal birikimi *Acanthobrama marmid*'te olup, en yüksek metal birikimi ise *Cyprinion macrostomus*'da saptanmıştır.

Dicle nehrinin çeşitli ortamlarında yaşayan balık türlerinde mevcut ağır metal birikimleri Atatürk Baraj Göl'ünde belirlediğimiz miktarlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, Dicle Nehrinin Ergani Bakır fabrikasından dolayı kirletilmiş olmasıyla açıklanabilir (GÜMGÜM ve ark., 1994; ÜNLÜ & GÜMGÜM, 1993). Belirlenen bütün sonuçlar Fırat nehri üzerinde ve Atatürk Baraj Göl'ünden evvel kurulmuş olan Keban Baraj Göl'ündeki *B.capito pectoralis* ile Dicle nehrinin birleştiği Shatt Al-Arab nehrindeki bazı türlerde belirlenen konsantrasyonlar ile karşılaştırıldığında, Atatürk Baraj Göl'ünde incelediğimiz balıklarda Cu, Fe, Zn ve Mn değerlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir (SARIEYÜPOĞLU & SAY,1991; ABAYCHI, 1988).

Balıkların organ ve dokularındaki metal birikimi incelendiğinde, Zn ve Fe'in karaciğerden sonra en fazla solungaçlarda biriktiği belirlenmiştir. Solungaçlardaki yüksek birikim bu organın balığın osmotik ve iyonik regülasyonundaki işlevinden kaynaklanmaktadır (HEATH, 1987). Vücutlarındaki demirin diğer elementlere oranla daha fazla birikebilmeleri sedimentte ve suda anaerobik koşullarda bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu Fe<sup>+3</sup> ün Fe<sup>+2</sup>ye indirgenerek CO<sub>2</sub>'li sularda kolayca çözünmeleri ile ortama bol miktarda geçebildiklerinden dolayı olduğu belirtilmektedir (GEY, 1988).

Türlerin metal içeriği, besine bağlı olarak değişme gösterdiği, çinko ve bakır birikiminin dokulardaki biyolojik rolünün belirlenmesiyle yapılan araştırma sonucunda incelenen balık türlerinde (*Carassius auratus*, Gökkuşluğu alabalığı ve Sardalya balıkları) karaciğerde metal konsantrasyonunun fazla olduğu, karaciğerin bu metallerin zehir etkisini detoksifike ettiği ve bu metalleri depoladığı gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda çinko ve bakırın karaciğerde yüksek konsantrasyonlarda bulunmasının nedeni metallothionein adı verilen bir proteine bağlı olduğu bilinmektedir (CARPENE, 1990).

Balıklarda metal etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalar, Cu-Zn karışım halinde toksisitelerinin bu iki metalin tek tek olan toksik etkileri toplamından fazla olduğunu göstermektedir. *Claria lazera*' da bakır ve çinko toksisitesi üzerine yapılan bir çalışmada bu metallerin toksik etkilerinin sinerjistik olduğu saptanmıştır. Ortamda birden fazla metal bulunması durumunda bu metallerin toksik etkilerindeki artma veya azalma, metallerin toksik mekanizmalarının farklı olmasıyla ve organizmaya bağlı olarak değişim göstermektedir (KARGIN,1992). Balıklarda biriken metaller arasında bir rekabetin olup olmadığını belirleme olanağı bulunmamıştır. Ayrıca, suyun kalsiyum miktarı ile organizmalarda biriken ağır metal seviyeleri arasında bir ilişki söz konusudur (GÜVEN ve ark., 1995). Atatürk Baraj Gölü'ndeki kalsiyum konsantrasyonu 40-70 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu olay, yumuşak sularda mevcut ağır metallerin daha fazla alınmasına ve birikimine neden olmaktadır.

Atatürk Baraj Gölünde çalıştığımız balıkların kaslarından elde edilen sonuçlardaki Cu, Zn, Mn değerleri balık ile yumuşakçalar için önerilen kabul edilebilir ağır metal değerlerinin altında bulunmuştur. Önemli su ürünleri potansiyeline sahip olan Atatürk Baraj Gölü'ndeki balıklarda bu değerleri arttırabilecek olası tehlikelere karşı şimdiden tedbirlerin alınması gerektiği kanaatini taşımaktayız.

## 5. KAYNAKLAR

- ABAYCHI, J., AL-SAAD, H. T., (1988). Trace Elements in Fish from the Shatt- Al-Arab River, Iraq. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 40: 226-232.
- ABO-RADY, M. D. K. (1983). Enrichment of Heavy Metals in Brook Trout in Comparison to Aquatic Macrophytes and Sediments, 1983, Z. Lebensm Unters Forsch, 177: pp 339-344.
- AKSUN, F. Y., (1986). Karamık Göl'ünde Yaşayan Turna Balıklarında (*Esox lucius* L., 1758) Ağır metal birikimi. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi. (3-5 Eylül 1986), Cilt 2: 454-461, İzmir.
- AMIARD, J.C., TRIQUET-AMIARD, C., BERTHET, B. and METAREY, C. (1987). Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms, J. Exp.Mar. Biol. Ecol., 106: pp 73-89.
- ANONİM, (1985). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, GAP ve Hidroelektrik Santrali DSİ XVI. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa.
- ANONİM, (1991). Türkiye'nin çevre sorunları, Ankara.
- ASHRAF, M., & JAFFAR, M., (1988). Correlation Between Some Selected Trace Metal Concentrations in Six Species of Fish From The Arabian Sea. Bull. Environ. Contam.Toxicol. 41: 86-93.
- BALDWIN, S., DEAKER, M. & MAHER, W.(1994). Low-volume Microwave Digestion Biological Tissues for the Measurement of Trace Elements. August 1994, 119: 1701-1704, Australia.
- BRENDA, S., SHEPPARD, B.S., DOUGLAS, T., HEITCEMPER and GASTON, M. CYNTHIA, (1994). Microwave Digestion for the Determination of Arsenic, Cadmium and Lead in Seafood Products by Inductively Coupled Plasma Atomic Emmission and Mass Spectrometry. Analyst, August 1994, 119: 1683-1686.
- CARPENE, E., VASAK, M., (1989). Hepatic Metallothionein From Goldfish (*Carassius auratus* L.) Comparative Biochemistry and Physiology, 92 B: 463-468.
- CARPENE, E., CATTANI, O., SERRAZANETTI, G.P., FEDRIZZI, G., CORTESI, P., (1990). Zinc and Copper in Fish From Natural Waters and Rearing Ponds in Northern Italy. Journal of Biology, 37: 293-299.
- CLARK, R.B. (1992). Marine pollution. Third edition, Clarendon Press, p. 64-82.
- DEABREUE, C.A., DEABREUE, M.F., VANRANJ, B., BATOGLIA, O. C., (1994). Extraction of Boron from Soil by Microwave-Heating for ICP-AES Determination. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 25: 3321-3333
- DOĞAN, M., (1996). Metalurji TMMOB, Metalurji Mühendisleri Odası, 220:14-16.
- DÖKMECİ, İ., 1988. Çevre kirlenmesinde rol oynayan toksik maddeler.488-489.

- DUNNICK, J.K. & FOWLER, A.B. (1988). Cadmium. In Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds (edited by H.G. Seilleer & H. Sigel), Marcel Dekker, inc. pp. 156-174.
- ERDEM, C., KARGIN, F., Farklı Ortam Konsantrasyonlarında *Tilapia nilotica*( L.) 'nın Doku ve Organlarında Bakır Birikimi.(21-23 Eylül 1988), Cilt 2. 443-448, SİVAS.
- FERGUSSON, J.E, (1990). The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, p. 614.
- FREEDMAN, B., (1989). Environmental Ecology. The Impacts of Pollution and Other Stresses on Ecosystem Structure and Function. Academic Press, London.
- FRIDLUND, S., LITTLEFIELD, S. & RIVERS, J.,(1994). The use of modified microwave digestion / dissolution for the quantitative determination of Aluminum, Silicon and Iron in Biological materials by inductively coupled plasma spectrometry. Commun. Soil SCI. PLANT ANAL., 25(7): 933-941.
- GELDİAY, R., BALIK, S., (1988). Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniv. Fen Fak. Seri No: 97. 519 pp.
- GEY, H., (1988). Türkiye'nin Ege denizi kıyılarında avlanan levrek ve dil balıklarında bazı iz elementlerin birikim düzeylerinin araştırılması. IX Ulusal Biyoloji Kong. Cilt2. 449-455 Sivas.
- GEY, H., MORDOĞAN , H., (1988). İzmir Körfezinde Bazı Deniz Organizmalarında ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli metallerin derişimleri. Doğa Tu. Zooloji D. 12,13: 216-224.
- GILL, S.T., BIANCHI, C.P., EPPLE, A. (1992). Trace metal (Cu and Zn) Adaptation of organ systems of the American Eel, *Anguilla rostrata*, to external concentrations of cadmium, Comp. Biochem. Physiol, C102: pp 361-37.
- GOYER, R.A., (1986). Toxic Effects of Metals. In Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons (edited by M. O. Amdur, J. Doull and C. D. Klaassen) Pergamon Press, pp. 623-680.
- GÖKSU, LUGAL, Z.M., (1991). Adana yöresine yağın kara yağmurun *Tilapia Nilotica* L. yavruları üzerine yapabileceği toksik etkiler, X. Su Ürünleri Semp. 274-284.
- GUERRIN, F., BURGAT- SACCAZE, V., SAQUI-SANNES, P., (1990). Levels of Heavy Metals and Organochlorine Pesticides of Cyprinid Fish Reared Four Year in Wastewater Treatment Pond. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 44: 461-467.
- GULMINI, M., OSTACOLI, G., & ZELANO, V.,(1994). Comparison Between Microwave and Conventional Heating Procedures in Tessier's Extractions of Calcium, Copper, Iron and Manganase in a Lagoon Sediment. Analyst, September 1994, 119: 2075-2080.
- 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.

- GÜVEN, K., DUCE, J.A. & DE POMERAI, D.I. (1995). Calcium Moderation of Cadmium Stress Explored Using a Stress-Inducible Transgenic Strain of *Caenorhabditis elegans*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 110C: 61-70.
- HALVER, E., J., 1972, Fish Nutrition, Academic press, pp 494-521.
- HASTY, E. T., LITTAU, S. E., REVESZ, R., (1991). Pittsburgs Conference and Exhibition, 1-20.
- HATTUM, B. V., VOOGT, L. VAN DEN BOSH, STRAALEN , N.M., JOOSSE E.N.G., (1989). Bioaccumulation of cadmium by the freshwater Isopod *Asellus aquaticus*(L.) from aqueous and dietary sources, *Enviromental pollution*, 62: pp 129-151.
- HEATH, A.G. (1987). *Water Pollution and Fish Physiology*. CRP Press. Inc. Florida, p 245.
- HOGSTRAND, C. & HAUX, C., (1991). Mini Review Binding and Detoxification of Heavy Metals In Lower Vertebrates with Reference to Metallothionein, *Comp. Biochem. Physiol. Great Britain*, 100C. 1/2: pp 137-141.
- HOLLIS, L., MUENCH, L. AND PLAYLE, R.C., (1997). Influence of dissolved organic matter on copper binding, and calcium on cadmium binding, by gills of rainbow trout. *Journal of Fish Biology*. 50: 703-720.
- JACH, E. F., *The Heavy Elements: Chemistry, Enviromental Impact and Health Effects.*, Pergaman Press. Oxford Newyork, pp.614.
- JEFFERIES, D. J., FREESTONE, P., (1984). Chemical Analysis of Some Coarse Fish From A Suffolk River Carried out as Part of the Preparation for the First Release of Captive- Bred Otters. *Journal of The Otter Trust*, 1(8): 17-22.
- KARGIN, F., ERDEM, C., (1989). Farklı Bakır Konsantrasyonlarının *Tilapia nilotica*(L.)1758 'de Birikimi ve Mortalite Üzerine Etkileri. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Der.* 3, 2: 53-66.
- KARGIN, F., ERDEM, C.,(1991). Accumulation of Copper in Liver, Spleen, Stomach, Intestine, Gill and Muscle of *Cyprinus carpio*. *Doğa Tr. J. of Zoology*, 15: 306-314.
- KARGIN, F., ERDEM, C.,(1992). Bakır-Çinko Etilişiminde *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. *Doğa-Tr. J. of Zoology* 16: 343-348.
- KHAN, A.T., WEIS, J. S., D'ANDREA, L., (1989). Bioaccumulation of Four Heavy Metals in Two Populations of Grass Shrimp, *Palaemonotes Pugio*. *Bull. Environ. Toxicol.* 42: 339-343.
- KÖCK, M., PICHLER- SEMMELROCK, F. P., KOSMUS, W., MARTH, E., SIXL, W., (1989). Accumulation of Heavy Metals in Animals. Part 2: Heavy Metal Contamination of Fish in Syrian Waters, *Journal of Hygiene, Epidemiology, microbiology and Immunology*, 33:4, 529-533.
- KRUSHEVSKA, A., BARNES, M.R., CHITA, A., (1993). Decomposition of Biological Samples for Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry Using an Open Focused Microwave Digestion System, *Analyst* September. 118: 1175-1181.

- LAMOTHE, P. J., FERIES, T.L. & CONSUL, J., (1986). Journal analytica chemistry, 58: 1881-1886.
- LIPPARD, J.S. & BERG, M.J., (1994). Principles of Bioinorganic Chemistry. University Science Books, pp 43-74.
- LOURDES, M. & CUVİN-ARALAR, A., (1994). Survival and Heavy Metal Accumulation of Two Oreochromis niloticus (L.) Strains Exposed to Mixtures of Zinc, Cadmium and Mercury, The Science of the Total Environment, 148: 31-38.
- MANAHAN, S.E., (1993). Fundamentals of Environmental Chemistry. Lewis Publishers, p. 844.
- MOHARRAM, Y.G., EL-SHARNOUBY, S.A., MOUSTAFA, E. K. and EL-SOUKKARY, A., (1987). Mercury and Selenium Content in Bourn (*Mugil cephalus*), Water, Air and Soil Pollution, 32: 455-459.
- OGINO, O., YANG, G.Y., (1978). Requirement of Rainbow Trout for Dietary Zinc. Bull. of the Japanese Society of Fisheries, 44: 1015-1018.
- ÖNEN, M., YARAMAZ, Ö., (1991). Süyo Dalyanında Fizikokimyasal Parametreler ile Makrobentik Faunanın ve Yıllara bağlı Değişimleri, X. Su Ürünleri sempozy. 413-427.
- ÖZTÜRK, G., (1996). Mikrodalga ile numune Çözünürleştirme Tekniği ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 9-16.
- PAKDEMİR-SEVİM, S., (1994). Dicle nehrinde yaşayan kefal (*Liza abu*, Heckel, 1843)'deki Ağır metal birikiminin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Diyarbakır.
- PARLAK, H.,(1986). Kefal Balıkları (*Mugil spp.*)'nın Organ ve Dokularındaki Cd, Pb ve Fe birikimlerinin araştırılması VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi. (3-5 Eylül 1986), Cilt 2: 462-469, İzmir.
- PERRY, S.F. & FLIK, G. (1988). Characterisation of Branchial Transepithelial Calcium Fluxes in Freshwater Trout, *Salmo gairdneri*. Am. J. Physiol. 254: R491-498.
- RAINBOW, P.S. & WHITE, S.L. (1990). Comparative accumulation of cobalt by three crustaceans: a decapod, an amphipod and a barnacle. Aquat. Toxicol., 16: 113-26.
- RIORDAN, J.F. & VALLEE, L.B. (1991). Metallobiochemistry: Part B Metallothioneins and Related Molecules. Methods in Enzymology, p. 627.
- SARIEYÜPOĞLU, M. & SAY, H., (1991).Elazığ Şehir Kanalizasyonunun Baraj Göl'üne Döküldüğü Bölgeden Yakalanan *Barbus capito pectoralis*' de Ağır Metal Birikimlerinin Araştırılması. Su Ürünleri Semozyumu (12-14 Kasım 1991), 121-130.
- SINGH, S. M. & PETER, N. F., (1978). Accumulation of Heavy Metals in Rainbow Trout *Salmo gairdneri* (Richardson) Maintained on a Diet Containing Activated Sewage Sludge, J. Fish Biol., 13: 277-286.
- STOKER, H.S., SEAGER, S. L., (1976) . Enviromental Chemistry. Air and Water Pollution. Scott, Foresman and Company, 231pp.

- SURES, B., TARASCHEWSKI, H., HAUG, C., (1995) Determination of trace metals (Cd, Pb) in fish by electrothermal atomic absorpsiyon spectrometry after microwave digestion, *Analytica Chemica Acta*, 311: 135-139.
- TANYOLAÇ, J., (1993) İçsularda Ekosistem, Enerji ve Produktivite, *Limnoloji*, 6:206-208.
- TIMBRELL, J.A. (1991). *Principles of Biochemical Toxicology*. Second edition, Taylor & Francis, London & Washington DC, p. 369-378.
- TIMBRELL, A.J.(1995) *Introduction to Toxicology*. Taylor & Francis, London, Washington DC, p. 161.
- TULASI, S. J., REDDY, P. U., & RAMANA RAO, J. V., (1989). Effects of lead on the Spawning potential of the fresh water fish, *Anabas Testudineus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 43: 858-863.
- TÜMEN, F., BİLDİK, M., BOYBAY, M., CİCİ, M., SOLMAZ, B., (1992). Ergani Bakır İşletmesi Katı Atıklarının Kirlilik Potansiyeli. *Doğa Tr. J. of Engineering and Enviromental Sciences*, 16: 43-53.
- ÜNLÜ, E. & GÜMGÜM, B., (1993). Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, 26: 2055-2061.
- ÜNLÜ, E., SEVİM- PAKDEMİR, S., AKBA, O., (1994). Dicle nehrinde yaşayan *Acanthabrama marmid* Heckel, 1843'in doku ve organlarında bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesi. XII. Ulusal Biyoloji Kong. 6-8 Temmuz 1994, pp 327-334, Edirne.
- ÜNLÜ, E., CENGİZ, E.İ., AKBA, O., GÜMGÜM, B., (1995). Dicle Nehrindeki *Capoetta trutta* Heckel, 1843'da Ağır Metal Birikimi, Ekoloji Kongresi, Ankara.
- ÜNLÜ, E., AKBA, O., SEVİM, 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.
- VALLEE, B.L.,(1991). Introduction to Metallothionein. In *Methods in Enzymology* (edited by J.F. Riordan & B.L. Vallee), Academic Press, Inc, pp. 3-7.
- WAALKES, M. P. and GOERING, P.L., 1992. Metallothionein and Other Cadmium-Binding Proteins: Recent Developments, *Frontiers in Molecular Toxicology*, 263-270.
- WOODALL, C. & MACLEAN, N., (1992). Response of *Xenopus Laevis* to Cadmium Administration, *Comp. Biochem. Physiol.*, 101C, 1: pp 109-115.
- YARAMAZ, Ö.,(3-5 Eylül 2986) Gölcük ve Marmara göllerinde yaşayan *C. carpio*, *S. glanis*, *A. anguilla*'da bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. VII. Ulusal Biyoloji Kong. Cilt 2: 444-453, 1986.