

**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI, *ONCORHYNCHUS*
MYKISS (WALBAUM, 1792)'DE
AĞIR METAL BİRİKİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İlker ACI**

**Anabilim Dalı: Su Ürünleri Temel Bilimleri
Danışman: Prof. Dr. Dursun ŞEN**

OCAK-2015

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI, *ONCORHYNCHUS MYKISS* (WALBAUM, 1792)'DE

AĞIR METAL BİRİKİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlker ACI
(112217102)

Anabilim Dalı: Su Ürünleri Temel Bilimleri

Programı: Balıkçılık Temel Bilimleri

Danışman: Prof. Dr. Dursun ŞEN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 27.01.2015

OCAK-2015

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI, *ONCORHYNCHUS MYKISS* (WALBAUM, 1792)'DE

AĞIR METAL BİRİKİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlker ACI
(112217102)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27.01.2015
Tezin Savunulduğu Tarih : 13.02.2105

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Dursun ŞEN (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Metin ÇALTA (F.Ü)

Prof. Dr. Naim SAĞLAM (F.Ü)

OCAK-2015

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında büyük desteğini gördüğüm hocam Prof. Dr. Dursun ŞEN'e, Prof. Dr. Metin ÇALTA'ya, Prof. Dr. Halil HASAR'a, Prof. Dr. Nuri BAŞUSTA'ya, Prof. Dr. Mustafa DORUCÜ'ye, Prof. Dr. Naim SAĞLAM 'a, Yrd. Doç. Dr. Özgür CANPOLAT'a, Doç. Dr. Asiye BAŞUSTA'ya Doç. Dr. M. Zülfü ÇOBAN'a, Su ürünleri araştırma İstasyonu Müdürü Hakan AKGÜN'e, Su Ürünleri Yüksek Mühendisi Ferhat DEMİROL'a ve desteklerini esirgemeyen eşim Rukiye ACI'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
TABLolar LİSTESİ.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. İNCELENEN METALLERİN ÖZELLİKLERİ.....	12
2.1. Bakır (Cu)	12
2.2. Demir (Fe).....	13
2.3. Çinko (Zn).....	13
2.4. Kurşun (Pb)	14
2.5. Manganez (Mn)	15
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	17
4. MATERYAL VE METOT.....	24
4.1. Örneklerin Toplanması	24
4.2. Balık örneklerinin alınması ve ağır metallerin incelenmesi	26
4.3. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Perkin Elmer Model 370)'nin çalışma prensibi.....	29
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	42
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ÖZET

Bu çalışma Şubat 2013–Şubat 2014 tarihleri arasında Keban ve Karakaya Baraj göllerindeki alabalık tesislerinde üretimi yapılan gökkuşağı alabalığı örnekleri üzerinde yapıldı. Çalışma süresince Keban Baraj Gölü’nden 20 adet balık örneği Karakaya Baraj Gölü’nden 20 adet balık örneği temin edildi. Çalışma Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Araştırma İstasyonu ve Çevre Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında gerçekleşti.

Keban ve Karakaya Baraj göllerindeki alabalık tesislerinden alınan balıklar laboratuvara getirilerek total boy, çatal boy, standart boy, cinsiyet ile ağırlıkları belirlendikten sonra; ağır metal birikiminin tespiti için gerekli olan kas dokusu pens, makas ve bistirü yardım ile dorsal yüzgecin yaklaşık 2 cm alt kısmından 5 g alınıp örneklerin alındığı yer ve tarih yazılıp, kilitli poşetlere konuldu. Balık numuneleri analiz aşamasına gelene kadar derin dondurucuda beklemeye alındı. Derin dondurucudaki örnekler asitle yakılarak sıvı hale getirmek için Su Ürünleri Araştırma İstasyonu laboratuvarına getirildi. Laboratuvarda 5 g örneğe 5 ml % 65 ‘lik nitrik asit ile 5 ml konsantre nitrik asit tüplere konulmuş örneklerin üzerine ilave edilerek mineralisasyon işlemine tabi tutuldu. Analize hazır duruma getirilen numuneler Çevre mühendisliği laboratuvarına getirilerek numunelerdeki demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn),kurşun (Pb),mangan (Mn) analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (perkin Elmer Model 370) ile uygun standartları hazırlanarak gerçekleştirildi. Araştırma süresince elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi Minitab Versiyon 16 programı kullanılarak yapıldı ve elde edilen bulgulara yıl bazında student T-testi, mevsimsel olarak ki-kare testi uygulandı.

Keban ve Karakaya baraj göllerinden alınan örneklerdeki bakır (Cu) ve kurşun (Pb) miktarları tespit değerlerinin altında bulundu.

Keban ve Karakaya baraj göllerinden alınan örneklerin ağır metal miktarları karşılaştırıldığında demir (Fe) ve mangan (Mn) miktarları arasında fark olmadığı, çinko (Zn) miktarları arasında ise fark olduğu görüldü.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, ağır metal değerlerinin $Zn>Fe>Mn>Cu=Pb$ şeklinde sıralandığı görülmektedir. Ayrıca bu ağır metallerin miktarlarının çeşitli standartlarda önerilen miktarların çok altında olduğu belirlendi. Bu nedenle Keban baraj gölü ve Karakaya baraj gölünde yetiştiriciliği yapılan alabalıklarda Fe, Cu, Zn, Mn ve Pb düzeyleri bugünkü değerlerinde kaldığı sürece çevre ve halk sağlığı açısından bir sorun teşkil etmeyeceği kanısına varıldı.

Anahtar Kelimeler: Keban, Karakaya, Gökkuşağı Alabalığı, Ağır metal

SUMMARY

Accumulation of heavy metals in Rainbow trout, *oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

This study has been done between February 2013-February 2014 on rainbow trout samples obtained from fish farms on Keban and Karakaya Dam Lakes. During the study, 20 fish samples from Keban Dam Lake and 20 fish samples from Karakaya Dam Lake were obtained. The study was conducted in laboratories of Fisheries Research Station, Firat University, Faculty of Fisheries and Environmental Engineering.

Fish samples were taken from fish farms on the Keban and Karakaya Dam Lakes and they were brought to laboratory. Their total, fork and standard lengths, weight and sex were determined. Then, 5 g muscle tissue from nearly 2 cm bottom of dorsal fins was sampled from each fish for the determination of heavy metal accumulation. Muscle samples were placed in the labelled plastic bags and kept in a deep freezer until the analysis phase.

To make heavy metal analysis in the samples, they were mineralized in a microwave oven after adding of 5 ml of 65% nitric acid and 5 ml of concentrated sulphuric acid. Then they were cooled and diluted to 50 ml with distilled water. The analysis of iron (Fe), Copper (Cu), Lead (Pb) and Manganese (Mn) in the diluted samples were done by a Atomic Absorption Spectrophotometer in Environmental Engineering Laboratory. Standard solutions were also prepared. Evaluation of the data obtained during the study was performed using the statistical Minitab Version 16 program and on the basis of the findings in the Student T-test, chi-square test was performed seasonally.

In all samples, copper (Cu) and lead (Pb) were below the detection limit. The levels of heavy metals were found as $Zn > Fe > Mn > Cu = Pb$. In addition, the amounts of all heavy metals detected were found to be lower than the amounts suggested in various standards. Therefore, it was concluded that there is no any risk for environment and public health during the levels of Fe, Cu, Zn, Mn and Pb stayed in the present values.

Key Words: Keban Dam Lake, Karakaya Dam Lake, Rainbow trout, Heavy metal

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Doğada bulunan iz elementler, kaynakları ve etkileri	7
Tablo 1.2.	İnsanlarda kanser oluşturan metaller	8
Tablo 5.1.	EPA ve FAO'nun balıkların insanlar tarafından tüketilmesinde ağır metaller için önerdiği kabul edilebilir sınır değerler ve bu araştırmada <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'in kas dokusunda belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı.....	30
Tablo 5.2.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki demir (Fe) ağır metallerin dağılımı.....	31
Tablo 5.3.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki çinko(ZN) ağır metallerin dağılımı.....	33
Tablo 5.4.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki mangan (Mn) ağır metallerin dağılımı.....	35
Tablo 5.5.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin total boylarının dağılımı	36
Tablo 5.6.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin çatal boylarının dağılımı.....	37
Tablo 5.7.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin standart boylarının dağılımı	39
Tablo 5.8.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin ağırlıklarının dağılımı.	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	İnsan ve ekolojik sağlık etkisini değerlendirmek için kullanılan biomonitör akış şeması	3
Şekil 1.2.	Alabalıkların doğal beslenme basamakları	9
Şekil 1.3.	Ağır metallerin vücuda alınımı ve Dağılımı	10
Şekil 4.1.	Keban ve Karakaya Baraj Gölleri.....	24
Şekil 4.2.	Balıklardan kas örnekleri alımı ve etiketlenmesi	26
Şekil 4.3.	Laboratuvar ortamında örneklerin işlenmesinden bir görünüm.	27
Şekil 4.4.	Mikrodalgadan çıkarılan örnekler.....	27
Şekil 4.5.	Mikrodalgada parçalanan kas örneklerinin 50 ml'lik balon jöjelerde seyreltilerek analize hazır hale getirilişinden bir görünüm.	28
Şekil 4.6.	Örnekelerin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri cihazında analizi	28
Şekil 5.1.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki demir (Fe) ağır metallerin karşılaştırılması	31
Şekil 5.2.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki çinko (Zn) ağır metallerin karşılaştırılması	32
Şekil 5.3.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki mangan (Mn) ağır metallerin karşılaştırılması	34
Şekil 5.4.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin total boylarının karşılaştırılması.....	36
Şekil 5.5.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin çatal boylarının karşılaştırılması.....	37
Şekil 5.6.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin standart boylarının karşılaştırılması.....	38
Şekil 5.7.	Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin ağırlıklarının karşılaştırılması.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Cd	: Kadmiyum
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
µg	: Mikrogram
Mn	: Manganez
N	: Örnek sayısı
N.D.	: Tespit edilemedi
Pb	: Kurşun
ppm	: Milyonda bir kısım
S.D.	: Standart sapma
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

İnsanoğlu eski çağlardan bu yana suyun bulunduğu yerlere yerleşmiştir. Mezopotomya, Mısır, Hindistan, Pakistan ve Çin' de kurulmuş medeniyetler Fırat, Dicle, Nil, Ganj, İndus ve Huang-Ho Nehirlerinin kenarlarında yer almıştır (Kesim vd., 1998). Tüm canlı ağırlığının %75' ini suyun oluşturması, dünyanın $\frac{3}{4}$ ' ünün sularla kaplı olması suyun yaşam için ne denli önemli olduğu açıkça anlaşılmaktadır. Yeryüzündeki suyun bütün insanlığın gereksinimini karşılayacak kadar çok ve tükenmez bir kaynak olduğu düşünülebilir. Ancak, Dünya'daki su kaynaklarının %3'den içme ve kullanma suyu olarak yararlanılabilmektedir. Bu kaynaklar da hızla kirlenmektedir (Kabasolak, 1998).

İnsanoğlu çevresi ile kurduğu dengeyi bozmadığı sürece çevre kirliliğinden sorunlarını azaltabilmiştir. Ancak, teknolojik gelişmenin hızlandığı son yıllarda yaşam, sanayi tesislerinin çevresinde oluşturulan kentlerde yoğunlaşmaya başlamış ve hiçbir kontrol yapılmadan atıklar doğaya bırakılmıştır. Bunun sonucunda da insan – çevre arasındaki denge bozulmaya başlamıştır. Bu dengenin bozulması ile suyun nitelikleri ve rejiminde de olumsuz değışiklikler olmuştur (Karadavut vd., 1998).

Su ortamlarından göl, nehir, deniz ve okyanuslar insanlar tarafından uzun bir süredir görmezden gelinerek sınırsız kapasitedeki atık bölgeleri olarak görülmektedir. Endüstriyel atık suların, zirai kaynaklı suların ve evsel atık suların sahil sularına geniş ölçüde deşarjı dünyanın birçok kesiminde giderek yaygınlaşmaktadır. Bunun sonucu olarak, sahil ve iç kesimlerdeki su ortamlarında kirlilik hızla artmaktadır.

Çoğu sınırlı olan kaynakların daha uzun süre insanlığın hizmetinde tutulması için bunların uygun şekilde kullanılması, yenilenmesi veya bu azalan kaynakların yerine yeni kaynakların faaliyete geçirilmesi gerekmektedir (Uslu ve Koçer, 1998).

Su ortamları, günümüzde atıkların çoğu için ideal bir deşarj yeri olarak kabul edilmiş, basit ve ucuz bir bertaraf seçeneği olarak geniş uygulama görmüştür. Gelişmiş ülkeler de dahil olmak üzere kabul edilen bu kavram zehirli kimyasal maddelerin biyolojik birikiminin ve bazı kirleticilerin su ortamlarında uzun süre kalması nedeniyle ekolojik zehirlenmenin artarak bugünkü vahim duruma gelmesine yol açmıştır. Bu kirlenme suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Akuatik kirliliği belirleyici bu özellikler izlenerek problemlerin çeşitli çözüm yollarına gidilmektedir. Bunun için kirleticilerin konsantrasyonları kimyasal olarak belirlenmektedir. Ancak, bu yöntemler su

ortamındaki potansiyel kirliliği belirlemede yetersiz kalmaktadır. Yapılacak izlemelerde yeni tekniklerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır ve bu da zaman almaktadır.

Günümüze kadar, su ortamındaki kirlilikleri izlemede geleneksel metotlar suyun kimyasal analizleri idi. Ancak, bu veriler su ortamında yaşayan biota üzerindeki kirleticilerin etkisini gösterememektedir (Rainbow ve Phillips, 1993). Bu nedenlerle son yıllarda yapılan çalışmalarla akuatik kirliliği belirlemede organizmalardan yararlanılmaktadır. Organizmalar onları çevreleyen ortam ile denge halinde yaşadığından bütünleştirici örnekleme aracı olarak düşünülebilir.

Organizmalar kirleticilerin organizma içi konsantrasyonları ve bunun sonucunda oluşan biyolojik etkiler arasındaki ilişkinin özelliklerinin anlaşılmasını sağlayabilirler.

Doğal ekosistemde sürekli, dengeli bir madde ve enerji döngüsü vardır. Ekosistemi oluşturan canlı grupları birbirine besin zinciri ile bağlıdır. Aldıkları besinleri enerjiye dönüştürüp kullanır, bir kısmını da depolayıp besin zincirinin bir üst halkasındaki canlıya aktarırlar. Canlılardan herhangi birinin kirleticiler ile zarar görmesiyle, madde ve enerji döngüsündeki bu zincirler kırılmakta, canlılar arasında var olan karşılıklı etkileşim bozulmaktadır. Zincirin farklı basamaklarında bulunan canlı grupları arasındaki besin ve enerji transferi engellenmektedir.

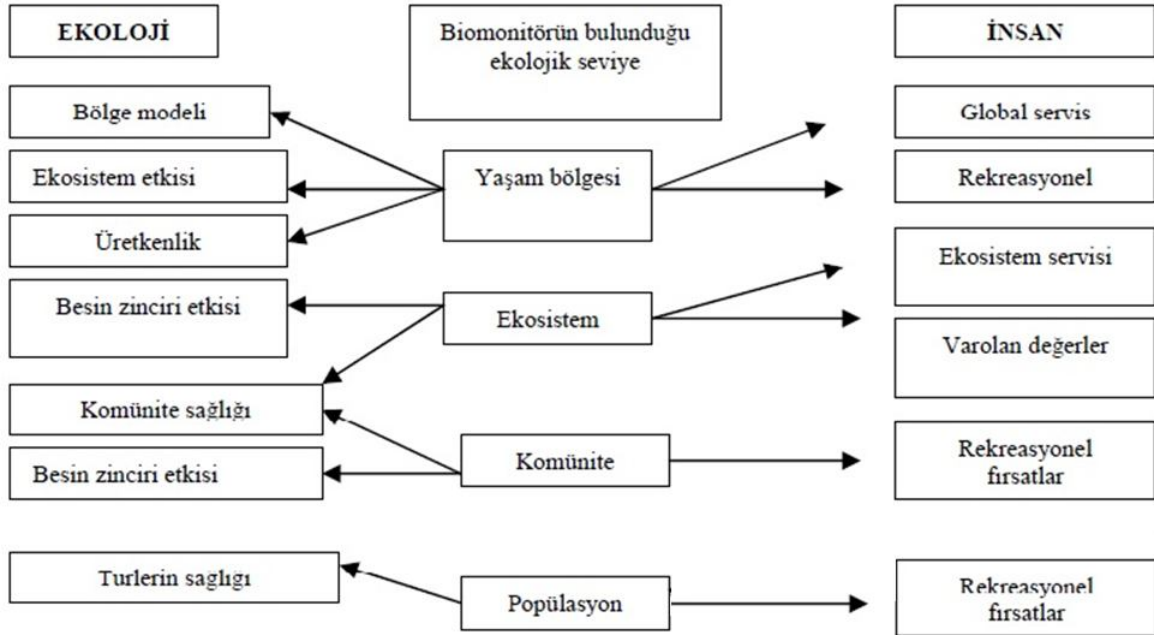
Ekosistemde canlılar arasındaki dengeyi bozan kirleticileri organik ve inorganik kirleticiler olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu kirleticiler metaller, pestisitler, Poli Klorlu Bifeniller (PCB), Poli Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)'dır. Bunlar organizmalara toksik etki yapmaktadırlar (Webb ve Gagnon 2002). Toksik bir madde "herhangi bir organizmada veya onun yavrularında ölüme, hastalığa, anormal davranışlara, fiziksel veya üreme bozukluklarına ya da fiziksel deformasyonlara neden olabilen, besin zinciri veya diğer maddelerle birleşmesi durumundaki konsantrasyonlarda zehirlenme etkisi oluşturabilen madde" olarak tanımlanmaktadır. Bir maddenin toksisitesi ise hedef bölgede maruz kalınan biyolojik olarak kullanılabilir konsantrasyonu ile belirlenir.

Biyolojik olarak kullanılabilir bölüm ise; hedef bölgedeki etkili konsantrasyonun tam olarak belirlenmesi oldukça güç olan vücut hasarları ile belirlenebilir. Verilen bir etki altında kalma konsantrasyonundaki kullanılabilir kısım farklı organizmalar için organizmanın morfoloji ve fizyolojisine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Toksik etki oluşturabilen maddeler çok çeşitli konsantrasyonlarda olabilir. USEPA tarafından ters etki şu şekilde tanımlanmaktadır: Organizmanın tepkisinde ek bir müdahale gerektiren, verimi veya tüm organizma performansını etkileyebilen ve fonksiyonel bozulma ile sonuçlanan

herhangi bir biyokimyasal, psikolojik, anatomik, patolojik ve/veya davranış değişikliğidir (Kurt, 2000).

Kirleticilerden organik kontaminantların aksine, inorganik kökenli olan ağır metaller konsantrasyon ya da toksisitelerini azaltan parçalanma işlemine uğramazlar. Bazı ağır metaller akuatik organizmalara doğrudan zehirli olan çoğu deniz ve nehir organizması tarafından önemli seviyelerde birikirler. Bu birikim, hem sahil ortamındaki canlılar üzerinde metallerin muhtemel zararlı etkileri, hem de insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri açısından bir fikir verir. Bu sebeple izleme programları hem nehir hem de sahil bölgelerinde metallerin geçici ve kalıcı bio kullanılabilirliklerini belirlemek için gereklidirler (Serfor-Armah vd. 2001).

İndikatör organizmalar ağır metalin alımı, atılımı ve biyo kullanılabilirliğinin izlenmesinde ve toksik etkilerin belirlenmesinde kullanılabilir, buldukları su ortamları ile doğrudan temas halinde olduklarından su ortamındaki kirleticileri alarak bünyelerinde biriktirebilirler ve bu sayede ortamın kirlilik seviyesi hakkında bilgi verebilirler. İnsan ve ekolojik sağlık etkisini değerlendirmek için kullanılan biomonitör akış şeması Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. İnsan ve ekolojik sağlık etkisini değerlendirmek için kullanılan biomonitör akış şeması (Burger ve Gochfeld, 2001).

Elazığ ve Keban Baraj Gölü'nün yer aldığı Fırat Havzası'nda ağır metal kirliliğine neden olan başlıca kaynaklar ilk yıllarda maden işlemeciliği yakın zamanda ise deri

işlemeciliğidir. Fırat Havzası'nda maden işlemeciliğine başlanması yıllar öncesine dayanmaktadır. İlk işlenen metaller arasında, Keban'da kurşun ve gümüş, Maden'de ise bakır yer almaktadır. Ayrıca, krom, demirli mangan, silisyum ve kalsiyum filizleri de Fırat Havzasında önemli miktarlarda üretilen diğer hammaddeleri oluşturmaktadır. Deri işlemeciliği ise, yakın zamanda Ağın ilçesinde bir deri fabrikasının kurulmasıyla başlamıştır. Yukarıda açıklandığı üzere, hem maden işlemeciliği hem de deri fabrikası atık suları önemli miktarlarda ağır metal içermektedir. Ağır metaller ise, sucul organizmalar tarafından alınarak birikebilmekte ve besin zinciri yoluyla üst trofik düzeylere taşınmaktadır. Ayrıca, besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturan balıklarda ve diğer sucul organizmalarda ağır metallerin düşük konsantrasyonları fizyolojik bozukluklara neden olurken, yüksek konsantrasyonlar ölüme neden olabilmektedir (Coello ve Khan, 1996). Bu kadar önemli olmasına rağmen, gerek maden gerekse deri işlemeciliğinin Keban Baraj Gölü'nde neden olduğu metal kirliliği ile ilgili detaylı herhangi bir çalışma mevcut değildir.

Sanayi tesislerinde herhangi bir arıtma işlemi yapılmadan boşaltılan suların akarsulara karışması sonucu sıcaklık artışı ve renk değişimleri gibi fiziksel değişimler, sulara pestisitler, ağır metaller, tuzlar ve deterjanlar gibi bileşiklerin karışması ile oluşan kimyasal değişiklikler ve suya karışan organik materyallerin (kanalizasyon, evsel atıklar, gübreler v.b.) oluşturduğu değişiklikler suyun kirlenmesine neden olmaktadır (Kumbur ve Özer, 1998).

Metaller içerisinde yoğunluğu 5 g/cm^3 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır (Çalışkan, 2005). Ağır metal deyimi doğadaki tüm metalleri ve metalloidleri kapsamaktadır. Su kirlenmesinde önemli bir yer tutan ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında esas olarak madencilik endüstrisi yer almaktadır. Örneğin: cevherlerden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, çoğu kez geçirdikleri işlemlere bağlı olarak aktifleşip birer kirlilik kaynağı haline gelmektedirler. Ağır metaller ile kirlenmiş atık sular, genel olarak biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI) değeri düşük, asidik, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılar için de çok zehirli ve inorganik karakterlidirler (Beyazıt ve Peker, 1998).

Tüm canlılar hayati etkinliklerini normal olarak sürdürebilmeleri için, ortamlarında bulunan Cu, Zn, Mn ve diğer ağır metaller (Fe, Cd, Cr, Mo, V, Se, Ni, Sn)'lere belirli düzeylerde gereksinim duymaktadır. Bu metaller organik moleküllerle ve daha çok proteinlerle birleşerek metal-protein komplekslerini oluştururlar. Bunun yanında, birçok

enzim yapılarına katılırlar. Örneğin: Fe kanı kırmızı olan canlılarda, Cu ise renksiz kan sıvısı olan omurgasızlarda ve deniz organizmalarında oksijen taşımaları yanında diğer birçok enzim aktivitelere direkt olarak metalloprotein olarak katılırlar. Bununla beraber, bazı metaller vitaminlerin yapı taşlarını oluştururlar. Bazıları da deniz ortamındaki canlı organizmalar için zorunlu elementlerdir. Bu metaller besin zincirleri ile girdikleri canlı bünyelerinden atılamadıkları için canlılarda fizyolojik olarak birikime neden olurlar ve bünyede belirli sınır konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar (Göksel, 1993). Bunlardan bir veya birkaç tanesinin eksikliği veya fazlalığı hücrede fizyolojik işlevleri değiştirir. Özellikle kadmiyum, civa, kurşun ve krom gibi ağır metaller besin zinciri ile girdikleri canlı yapılarından doğal fizyolojik mekanizmalarla atılamadıkları için birikime uğrar, canlıda belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar (Heath, 1995). Bu birikim sonucunda sulara yaşayan balıklar ve diğer canlılar ölür. Hatta bu tür su ürünleri ile beslenen insanların yaşamı da tehlikeye girebilir. Toksik metaller, suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları halinde bile (örneğin 1 mg/l) insan sağlığına ciddi olarak zarar vererek hastalıklara ve hatta ölüme neden olur. Bu gibi toksik maddelerle kirlenen sular insan ve çevre sağlığını tehdit eden en önemli etmenlerdir. Örneğin; 1953 yılında Japonya'nın Minimata Kenti'nde kurulan asetaldehit fabrikasının Minimata Körfezi'ne aktığı civa artıkları, denizdeki mikroorganizmalar aracılığıyla organik civa bileşiğine (çoğunlukla metal civaya) dönüştürerek gıda zinciri yolu ile balıklara ve krustaselere geçmiş oradan da kedi, köpek gibi hayvanlara ve insanlara geçerek toplu ölümlere ya da beyinin görme, işitme ve denge merkezlerinde görülen sakatlıklara yol açmıştır.

Son yıllarda etkisini giderek artıran çevre kirliliğinde çok büyük rolü olan ağır metallerin hiçbir önlem alınmadan çevreye atılması, özellikle alıcı ve uzaklaştırıcı ortamlar olarak görülen akarsu ve göllere atılması sonucu suda ağır metal kirliliğini oluşturmaktadır. Dünyada gerek su ortamı gerekse bu ortamda yaşayan canlılar ağır metal yönünden sürekli olarak izlenmekte ve bu konuda birçok araştırma yapılmaktadır. Ülkemizde de bu tür çalışmalar son yıllarda artan bir hızla yapılmaktadır.

İşte bu çalışma, Keban ve Karakaya Baraj gölünde yetiştiriciliği yapılan ve yöre halkı tarafından sevilerek yenilen gökkuşuğu alabalıklarında kas dokusundaki ağır metallerin birikim düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Ağır metaller: İnsanlar ve hayvanlar için hayati önemi olan metaller, endüstri ve uygarlığın temelini de oluştururlar. Farklı şekillerde tanımlanan ağır metal kavramı en çok

"nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal" olarak açıklanır. Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³' ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir (Kahvecioğlu vd. 2004).

Ağır metaller canlıların yaşamlarını sürdürdükleri hava, su, topraktan oluşan ekosistem içerisine, doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle yayılımı söz konusu olduğu görülmektedir. Ağır metallerin çevreye yayılımında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir (Kahvecioğlu vd. 2004).

Ağır metallerin etkileri: Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon işleminin vazgeçilmez parçasıdır. Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan civadır. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin, nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz element olarak bulunması gerekir (Kahvecioğlu vd. 2004).

Ağır metaller içerisinde çevresel etki açısından en yüksek yayılıma sahip olan kurşun, toksikolojik olarak en büyük hasara yol açan kadmiyum ve yaşamsal özellik göstermesine rağmen aldığı farklı değeriğe göre kanserojen özellik gösteren krom ekosistemde aldıkları rollerinden dolayı önemlidirler. Ağır metallerin insan metabolizmasında fizyolojik ve taşıma sistemlerine, kimyasal reaksiyonlara, alerjen, hormon ve enzimlerin aktivitelerine, kanserojen ve mutajen olarak oluşturduğu olumsuz etkiler bulunmaktadır (Kahvecioğlu vd. 2004).

Doğada bulunan iz elementler, kaynakları ve etkileri Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Doğada bulunan iz elementler, kaynakları ve etkileri (Karadede, 1997)

Element	Kaynaklar	Etki ve Önemleri
Arsenik	Madencilikte yan ürün, peptisitler, kimyasal atıklar,	Toksik, muhtemelen kanserojen
Kadmiyum	Endüstriyel madencilik, metal kaplamacılık	Biyokimyasal olarak çinko ile yer değiştirir, toksik,
Kurşun	Endüstriyel madencilik, sıvı yakıt ve kurşun kaplamacılığında	Toksik, yabancı hayata zarar
Bakır	Metal kaplamacılık, endüstriyel atık, madencilik	Hayvanlarda çok toksik değil, alg ve bitkiler için toksik
Çinko	Endüstriyel atıklar, metal kaplamacılık	Esansiyel element, yüksek seviyelerde fitotoksik
Krom	Metal kaplamacılık	Muhtemelen kanserojen
Florür	Doğal, endüstriyel, içme suyuna ilave	1mg/lt civarında diş çürümelerini, 5mg/lt civarında ise kemik hasarını önler
İyot	Endüstriyel, doğal ve deniz suyundan	Guatr’ı önler
Demir	Demir kaynakları, maden suyu	Çok toksik değil, demir oksitlerinden dolayı elbise ve banyo eşyalarının hasara uğraması,
Mangan	Mangan kaynakları, endüstriyel atık	Çok toksik değil, mangan oksitlerinden dolayı elbise ve banyo eşyalarının hasara uğraması
Civa	Endüstriyel atıklar madencilik, kömür	Akut ve kronik toksisite
Molibden	Endüstriyel atık, doğal kaynaklar	
Gümüş	Doğal jeolojik kaynaklar, fotografik işlemler için elektro kaplamacılık	Derinin, mukoz membranlarının ve gözlerin mavi-gri renksizleşmesine sebep olur.

İnsanlarda kanser oluşumuna neden olan ağır metaller ile bu ağır metallerin oluşturduğu kanser türleri Tablo 1.2. 'de verilmiştir.

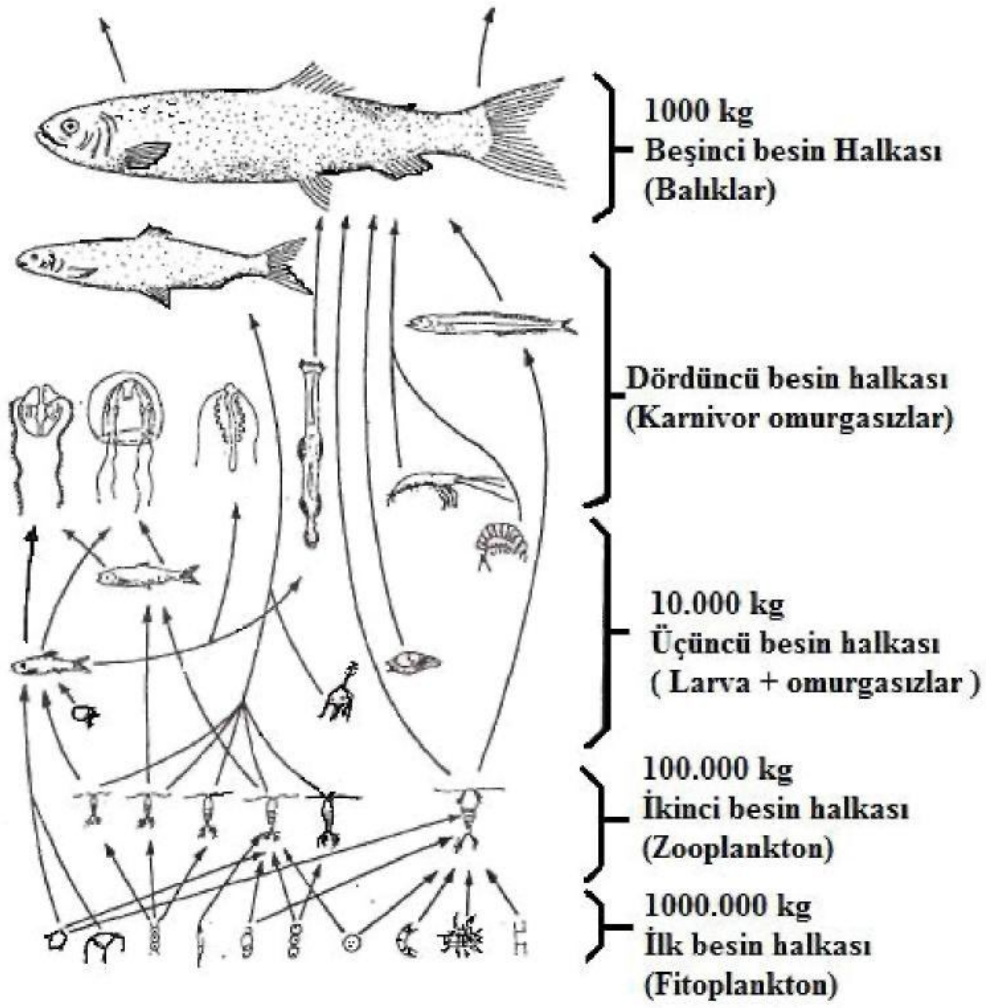
Tablo 1.2. İnsanlarda kanser oluşturan metaller (Klaassen, 2001)

Metal ve kaynağı	Kanser Türü
Bakır rafineleri Arsenik peptisitleri Kimyasal tesisler İçme suyu (oral) Sigara dumanı	Pulmoner karsinoma Lenfoma, lösemi Dermal karsinoma Hepatik anjiyosarkoma
Kadmiyum Kadmiyum rafineleri	Pulmoner karsinoma
Krom Krom rafineleri Krom üretimi Kromant pigmentleri	Pulmoner karsinoma Gastrointestinal karsinoma
Nikel Nikel rafineleri	Pulmoner karsinoma Nazolarenks karsinoma Gastrik ve renal karsinoma

Ağır metallerin besin zinciri ile alınımı: Bir ekosistemdeki madde iletimi canlılar arasındaki besin zinciri ile sağlanır. Besin zinciri bir canlının diğeri üzerinden beslenmesi sonucu oluşan bir piramittir. Ağır metaller beslenme zinciri ile balıklara geçmektedirler. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu balık türünün beslenme alışkanlıkları ve vücuda alınan metallere bağlı olup, balığın doku ve organlarında da ayırım göstermektedir. Karnivor balıklardaki konsantrasyon, herbivor balıklardaki konsantrasyondan daha yüksek değerlerdedir. Beslenme mevsimine bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarında önemli değişimler görülür (Aksun, 1986).

Alabalık üretme tesislerinde havuz ortamında doğal besin zinciri basamaklarının tamamı görülmemektedir. Ağır metallerin besin zinciri yolu ile alınımında alabalık üretme çiftliklerinde en önemli girdi, rasyondaki metal içerikleridir.

Alabalıklarda doğal beslenme basamakları Şekil 1. 2.'de verilmiştir.

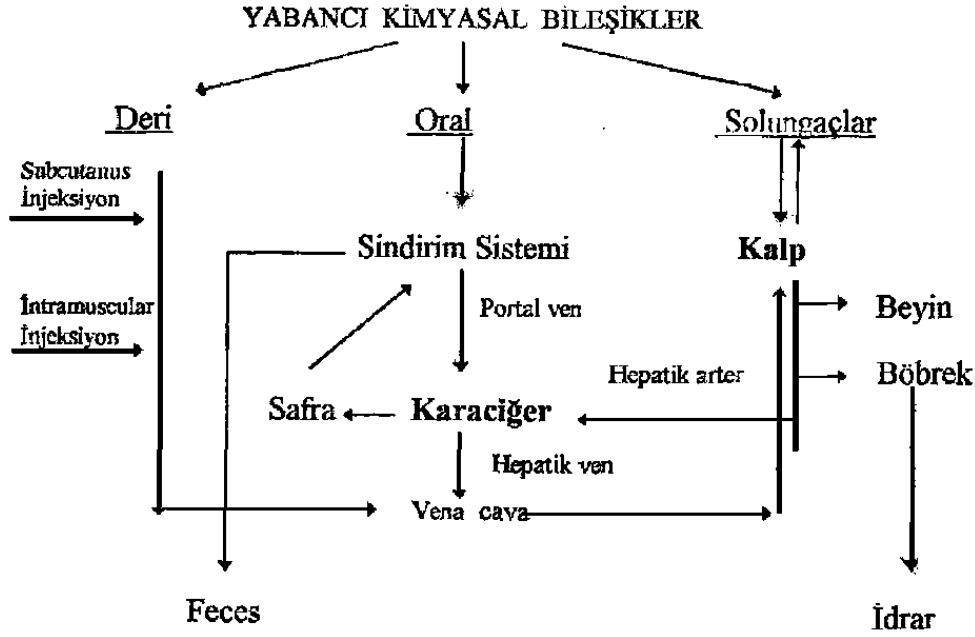


Şekil 1.2. Alabalıkların doğal beslenme basamakları (Tanyolaç, 2009)

Fitoplankton grubundan başlayarak birçok sucul canlı ile beslenen alabalıklar bu tip beslenme ile alt basamaklardan yukarı doğru birçok birikim gösteren maddeleri de vücutlarına almaktadır.

Ağır metallerin vücut içerisine alınımı: Akuatik canlılarda, ağır metallerin alınması ile birikimi, suyun ve sedimentin, kimyasal, fiziksel özelliklerine bağlıdır. Sudaki artan kalsiyum konsantrasyonu bakır, kadmiyum ve çinko'nun alınımını azalttığı bildirilmiştir. Akuatik canlılar grubu içindeki balıkların ağır metal alınım yolları solungaçlar ve bağırsaklar aracılığı ile olduğu görülmektedir (Hogstrand ve Haux,1991).

Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı Şekil 1.3.'de verilmiştir.



Şekil 1.3. Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı (Dökmeci,1988)

Şekil 1.3'te balıkların vücutlarına temel olarak üç farklı yol ile girebilen ağır metal gibi yabancı kimyasal maddelerin çeşitli organlarda izledikleri yollar ve sindirim sistemi, böbrekler ile vücut dışına atılışı görülmektedir.

Solungaçlardan emilim: Balıklar, ağız yolu ile alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcacıklardan alınması sırasında suda çözünmüş ya da askıda bulunan diğer materyalleri de alırlar. Balıklar solunum hareketleri sırasında ağır metalleri de solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine almaktadırlar (Heath, 1987).

Sindirim sisteminden emilim: Balıklarda en fazla görülen zehirlenmeler ağız yolu ile alınan toksik maddelerle olmaktadır. Bu nedenle sindirim sisteminden emilim oldukça önemlidir. Ağız yolu ile alınan toksik maddelerin en fazla emiliminin olduğu yer ince bağırsaklardır. Sindirim sisteminden emilen toksik maddeler, kan dolaşımı yolu ile tüm vücuda dağılarak bir zehirlenme tablosu ortaya çıkarır. Bu tip zehirlenme, toksik maddenin türüne ve vücut tarafından emilen miktarına bağlıdır (Dökmeci,1988).

Deriden emilim: Akuatik ortamlarda yaşayan balıkların derileri genellikle toksik maddelerle temas halindedir, bu durum balıkların sudaki çözünmüş durumda bulunan ağır metallerin deriden emilimini arttırmaktadır (Dökmeci, 1988).

Metallerin dokulardaki dağılımı: Ağır metaller, canlı metabolizması tarafından emildikten sonra vücut ağırlığının büyük bir bölümünü oluşturan sıvı bölüme geçer. Kandan sıvı bölümlere geçiş genellikle pasif difüzyon yardımı ile olmaktadır. Birçok metal, canlı vücudunda genellikle özel dokularda depolanırlar. Bazıları yüksek konsantrasyonlarda bir dokuda depolanıp toksik etkinin dokuların bulunduğu organda ortaya çıkmasına yol açarlar. Bazı metaller ise depolandığı doku ve organların dışında toksik etki yaparlar. Örneğin, kurşun kemiklerde depolanmasına karşın zehirlenme belirtilerini yumuşak dokularda gösterir (Dökmeci, 1988).

Vücut içerisindeki toksik maddelerin merkezi sinir sistemine geçişlerinde kan-beyin engeli sınırlayıcı faktörü rol oynamaktadır. Kan-beyin engeli tam olarak gelişmeyen yavru balıklarda ağır metaller daha çok etkilidir. Örneğin, kurşun yavru balıklarda oldukça etkili olurken gelişmiş balıklarda daha az etkilidir (Timbrell, 1991).

Canlılar tarafından alınan ağır metallerin dağılım yerleri oldukça farklılık gösterir. Balıklarda, bakır daha çok karaciğerlerde akümüle olurken, çinko birincil olarak deride ve kaslarda gözlenir. Kadmiyum, balıklarda yavaş birikir, özellikle böbrek ve karaciğerde birikme özelliği bulunmaktadır (Hogstrand ve Haux, 1991).

Bazı ağır metaller vücuttaki en yüksek konsantrasyona gelince depolanmaktadır. Vücut içindeki toksik madde belirli limiti aşmadığı sürece zehirlilik özelliğini göstermemektedir. Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, etkide kalınan süreye ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Genellikle en yüksek birikim karaciğerde olurken en düşük birikim kas dokularında görülür. Bunun en önemli nedeni ağır metallerin lethal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak daha aktif organlarında birikmesidir (Kargın ve Erdem, 1992).

Ortamda birden fazla metalin bulunduğu durumlarda bu metallerin toksikolojik etkilerinde artma veya azalma, metallerin toksik mekanizmalarının farklı olmasıyla, organizmaya bağlı olarak değişim göstermektedir. Örneğin bakır-çinko karışımında bakırın etkisi, salt bakıra göre daha azdır. Ortamda bakırın birikmesi çinko birikimini etkilememiştir (Kargın ve Erdem, 1992).

2. İNCELENEN METALLERİN ÖZELLİKLERİ

2.1. Bakır (Cu)

Çevredeki başlıca bakır kaynaklarının; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, otomobil, kamyon, otobüs ve tır gibi araçların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleri olduğu bildirilmektedir (Çalışkan, 2005).

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin insanlarda ortama 50 – 120 mg bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hastalıkları ve sinir sisteminde bozukluklar saptanmıştır.

Çoğu bakır bileşiği ya su tortusuna ya da toprak parçacıklarına yerleşip bağlanır. Çözünür bakır bileşikleri insan sağlığı için en büyük tehdidi oluşturmaktadır. Genellikle doğada suda çözünür bakır bileşikleri tarım uygulamalarında kullanımı sonucu ortaya çıkmaktadır (URL,1).

Tarımsal yüzey akışlarından çözülebilir bakır bileşikleri, son derece zararlı olabilir. Bunlar sucul ekosistemlere girdiklerinde genellikle yaklaşık bir günde sudaki parçacıklara bağlanır ve bu şekilde ortam koşullarına bağlı olarak çevreye daha az bir tehdit oluşturur. Bakırın kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yüksek düzeylerde bakır içeren su, kusma, ishal, mide bulantısı ve kramplara sebep olmaktadır. Bakır, en çok karaciğer, böbrek, mide, akciğer, barsak, kalp, beyin ve adrenal bezde birikim yapar. İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan sınır değeri 2mg/l'dir. Gün içinde alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda 12mg/gün, erkeklerde 10mg/gün, 6–10 yaş grubu çocuklarda ise 3 mg/gündür (Kartal vd, 2004).

2.2. Demir (Fe)

Demir dünyada en çok bulunan elementlerden birisi olup yerkabuğunda %5 oranında bulunur. Tüm metaller içinde en çok kullanılanıdır ve tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur (Kartal vd, 2004).

Normal olarak çözölemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözölebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yeraltı sularında genel bir problemdir (Çalışkan, 2005).

İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla, alınan aşırı miktardaki demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir ve kan dolaşım sistemine girebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir. İnsanlarda demir zehirlenmesinin başlangıç değeri; vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligramdır (Kartal vd, 2004).

2.3.Çinko (Zn)

Günümüzde çinko; çelik, alüminyum ve bakırdan sonra Dünya'da miktar olarak yıllık tüketimi en fazla olan metaldir. Kimyasal yönden aktif olması ve diğer metallerle kolayca alaşım yapabilmesi nedeniyle çinko, endüstride birçok alaşımın ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır. Kuvvetli elektropozitif özelliğinden dolayı diğer metallerin özellikle demir çelik ürünlerinin aşınmaya karşı korunmasında kullanılmaktadır. Üretilen çinko metalinin ana ürün olarak tüketildiği belli başlı beş alan bulunmaktadır. Bunlar; galvanizleme, pres döküm alaşımları, pirinç ve bronz alaşımları, çinko oksit ve haddelenmiş çinko alaşımlarıdır (Gürbüz, 2005).

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatin ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{+2} yüzünden değil anyonik CrO_4^{-2} bileşeni sebebiyledir (Kartal vd, 2004).

Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10-20 mg). Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ,

protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir. Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz ve karboksipeptidaz gibi 70'den fazla metalo-enzim fonksiyonu için ko-enzim bileşeni olarak gereklidir. Fizyolojik miktarlardaki çinko Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açmaktadır (Ergül, 2005)

2.4.Kurşun (Pb)

Kurşun, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun, atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok gıda ve et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan su tesisatlarında, kurşunun suya karışmasına neden olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddelerde kurşun bulundurulur. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler (Kahvecioğlu vd. 2004).

Çeşitli besin maddeleri değişen miktarlarda kurşun içerir. Artan sıraya göre yetiştiği toprağa bağlı olarak bitkisel kaynaklı besinlerde, balık ve deniz ürünlerinde, et ve yumurtada kurşun bulunmaktadır. Özellikle evlerde kurşun içerikli boyaların kullanımı toksik etkilere sebep olur (Denizli, 2008).

Kurşun, başlıca sindirim, solunum ve deri yoluyla vücuda alınır. Sindirim yoluyla kurşun alınımı yavaştır. Kurşun kimyasal olarak kalsiyuma benzemektedir ve vücut kurşunu kalsiyummuş gibi kullanır. Kalsiyumun önemli rol oynadığı yerlere dağılır. Özellikle diş ve kemik gelişiminin önemli olduğu yerlerde sorunlar yaratır. Kemikler dışında böbrek ve karaciğerdeki kurşun konsantrasyonu önemlidir. Kan yoluyla alınan kurşun, alyuvar hücreleriyle ekstraselüler sıvı arasındaki su-elektrolit alışverişini bozarak, alyuvar hücrelerinin su ve potasyum kaybetmelerine neden olur. Alyuvar hücrelerinin zar bütünlüğü bozulur, parçalanmaları kolaylaşır. Bunun sonucunda anemi oluşur (Denizli, 2008).

Besin zincirinde kurşun yayılımını genellikle midye türü kalsiyumlu kabuklular üzerinden ve kalsiyuma bağlı olarak gerçekleşir. Tek hücreli canlıların ve balıkların 0,04 - 0,198 mg/litre inorganik kurşun içeren suları tolere edebildikleri ancak daha düşük miktarlarda kurşunun besin yoluyla alınmasında akut zehirlenme gösterdikleri bilinmektedir (Kahvecioğlu vd. 2004).

İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300- 400 mg'ı geçmemektedir. Buna rağmen çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500-1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir (Karakaş, 1993).

Balık ve kabuklularda öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte biriken kurşun, organizmalarda son derece uzun bir yarılama ömrüne sahiptir. Larvaları tamamen öldürmese de önemli hasarlar verebilir. Önce iskelete girer ve vücudu terk etmesi 20 yıl alır. Yumurta ve embriyolarda birikebilir. Genellikle, karaciğer, böbrek, iskelet ve dalakta birikim yaptığı bildirilmektedir. Yüksek düzeyde kurşun zehirlenmesinden, gastrointestinal sistem ve sinirlerde hasarlar bildirilmiştir. Düşük düzeylerde bile beynin büyüme ve gelişimini engellemektedir. Ayrıca, plasentayı geçip, cenini etkileyebilir. Bundan başka, kırmızı kan hücrelerinin sağlığını olumsuz etkileyerek anemiye sebep olabilir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından kanserojen olabileceği bildirilmektedir. EPA'ya göre içme sularında 15 µg l⁻¹'den fazla olmaması önerilir (Çalışkan, 2005).

2.5. Manganez (Mn)

Türkiye'de manganezin kullanım alanları Dünya'daki kullanım alanlarıyla paralellik göstermektedir. Türkiye'de manganez başlıca demir-çelik ve kimya sanayinde kullanılmaktadır. Genelde manganez tüketiminin yaklaşık %95'i parça manganez cevheri ve alaşımları şeklinde demir-çelik endüstrisinde, %5'i de kimya sanayinde olmaktadır. Kimya sanayinde kullanılan manganez değişik sahalarda ve miktarlarda olmak üzere; suni gübre, cam, pil, seramik, oto boyası, refrakter, çimento, ilaç, fotoğrafçılık, petrokimya ve elektronik endüstrisinde kullanılmaktadır (Gürbüz, 2005).

Toprakta minerallerden geçmiş manganeze rastlanır. Toprak veya tortul kütlelerdeki manganez atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçer. Yeraltı sularında bulunan

manganez ortamda oksijen bulunmayışı nedeniyle iki değerlidir. Yüzeysel sularda, özellikle göl ve baraj gibi rezervuarların dip çökeltisi çamurları içerisinde bulunur ve indirgeyici ortamda çamurdan suya geçer. Manganezin suda bulunmasının zararı endüstri sularında hemen hemen demirin etkisinin aynısıdır. Bu da sularda bazı bakterilerin çoğalmasına yardım ettiği gibi, boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. Yiyeceklerde manganez miktarı önemli derecede değişiklik gösterir. Süt ürünlerinde düşük konsantrasyonlarda, etlerde 0–0,8 mg/kg, balıkta 0–0,1 mg/kg bulunur. İnsan ve hayvanda manganez eser elementtir. Ancak, alınan manganezin % 3'ü absorbe edilir. Kalp, damar hastalıklarında ölüme mani olmak için içme sularında manganez bulunması önerilmektedir (Gürbüz, 2005).

Manganez, organizmalardaki enzimlerin yapısal bütünlüğü açısından gerekli bir elementtir. Eksikliği kemiklerde bükülmelere, kısırlığa ve boy kısalığına neden olur (Yolaçan, 2005).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Şentürk (1993) tarafından yapılan çalışmada, Marmara Denizi'nin değişik bölgelerinden avlanan midye ve istiridyelerde ağır metal birikiminin tespiti amaçlanmıştır. Midye ve istiridyelerdeki civa, kadmiyum ve kurşun seviyeleri araştırılmıştır.(Şentürk, 1993), Marmara Denizi'nin çeşitli bölgelerinden avladıkları 17 numunede ortalama değerler olarak 0,46 mg/kg civa, 0,25 ppm kadmiyum ve 0,304 ppm kurşun verilerini elde etmiştir. Bu değerler, su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal değerleri limitlerinin altında olmakla beraber bu canlıların ağır metaller tarafından kirletildiği gerçeğini de görmemizi sağlamıştır.

Canlı ve diğ. (1998), Seyhan Nehri'nde yaşayan balıkların (*Cyprinus carpio*, *Barbus capito*, *Chondrostoma regium*) dokularında ağır metal (kadmiyum, kurşun, bakır, krom ve nikel) düzeylerini araştırmışlardır. Dokulardaki ağır metal düzeylerinin örnek istasyonları arasında genellikle önemli oranlarda değişim gösterdiğini belirtmişler, özellikle hastane akıntılarının bulaştığı düşünülen bir örnek istasyonunda en yüksek değerleri gösterdiğini vurgulamışlardır. Bazı metallerin derişimleri bazı dokularda insan tüketimi için kabul edilebilir değerleri aştığı ve biyolojik gereksinimleri ne olursa olsun bütün balıkların yüksek düzeylerde metal derişimleri gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bat vd. (1999), Karadeniz'in Sinop kıyılarından toplanan midyelerin dokularında bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum konsantrasyonları kıyısız suların metal kirliliğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında; elde ettikleri ağır metal konsantrasyonları örneklenen üç istasyon arasında istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Bu çalışmaya göre yaz ve sonbahar aylarında kurşun miktarları 1-1,3 mg/litre olarak gözlemlenirken, kurşun ve kadmiyum miktarlarının yılın ikinci yarısından itibaren ilk yarısına oranla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Çiçek ve Koparal (2001), Porsuk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus* 'da kurşun, krom ve kadmiyum seviyeleri araştırılmasında balıklarda ve baraj suyunda ağır metalleri incelenmişlerdir. Balık dokularında kurşun ve krom, ölçüm duyarlılığının altında olduğunu tespit etmişlerdir. Kadmiyum değerleri ise Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın 1991 yılı ve 20884 sayılı Resmi Gazetede yayınladığı, balık ve yumuşakçalar için önerdiği kabul edilebilir ağır metal değerlerinin üzerinde bulunmuştur.

Çalta ve Canpolat (2002) Hazar Gölü'nden yakalana 200 adet *Capoeta capoeta umbla* 'da kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreğinde ve balıkların yakalandığı bölgeden

alınan su örneklerinde bazı ağır metallerin birikim düzeylerini araştırmışlardır. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile yapılan analiz sonuçlarına göre tespit edilebilen ağır metaller (Bakır, demir, mangan ve çinko) en yüksek karaciğerde, en düşük ise kas dokusunda bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Tarım Bakanlığı'nca belirtilen ağır metaller için kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılmış ve bu balığın besin olarak tüketildiğinde insan sağlığı açısından bir risk oluşturmadığı belirtilmiştir.

Yazkan vd. (2004), çalışmalarında Antalya körfezinde 2000 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında avlanan bazı yumuşakça türlerinde kurşun ve kadmiyum içeriklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre ağır metaller arasında insan sağlığı açısından önemli olan kurşun ve kadmiyum yumuşakçalarda sırasıyla 0,00-0,35 mg/kg, kurşun ve 0,26-0,28 mg/kg kadmiyum olarak saptamışlardır. İncelenen türlerde analiz edilen ağır metaller açısından henüz ciddi bir tehlike olmadığını bildirmişlerdir.

Arslan vd. (2006) tarafından *Clarias lazera* ile yapılan araştırmada, balıklar 7, 15 ve 30 gün sürelerle bakırın 0,1, 0,5 ve 1,0 ppm ortam derişimlerinin etkisinde bırakılarak, metalin karaciğer ve kas dokularındaki glikojen düzeyi ile serum glukoz düzeyi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlamıştır. Doku glikojen düzeyinin belirlenmesinde Antron, serum glukoz düzeyinin belirlenmesinde ise O-Toluidin yöntemi kullanılmıştır. İncelenen bakır derişimlerinin, belirlenen sürelerde *Clarias lazera*'nm doku glikojen ve serum glukoz düzeylerini etkileyerek karbonhidrat metabolizmasında önemli değişimlere neden olduğu saptanmıştır.

Toprak (2007), karma yemlerde bulunan ağır metallerin mevcut durumu ve hayvan besleme üzerine etkileri üzerine yürüttüğü çalışmada Tekirdağ ili civarından aldığı farklı çiftlik hayvanlarına ait yem örneklerinde ağır metal içeriklerini incelemiş ve yapmış olduğu araştırmanın sonucunda yemler içinde limit değerlerin üzerinde ağır metal içeriğine rastladığını vurgulamıştır.

Köse ve Uysal (2008), pullu sazanlarda ağır metal akümülyasyon oranlarının karşılaştırılması çalışmalarında, ağırlıklı olarak kaplıca suları ile beslenen Enne Baraj Gölü (Kütahya)'nde yaşayan cinsi olgunluğa erişmemiş pullu sazanların (*Cyprinus carpio*) kas, deri ve solungacında ağır metal biyoakümülyasyon oranları araştırılmıştır. Ağır metal analizleri İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES), ve kadmiyum analizleri ise Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri (AAS) ile gerçekleştirmişlerdir. Kas dokunun metal seviyeleri solungaçlardan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Bor, suda magnezyum ve kalsiyumdan sonra üçüncü derecede

yüksek konsantrasyona sahipken hiçbir dokuda ölçülebilecek derecede akümüle olmamıştır. Tespit edilen elementlerin dokulara akümülyasyon sırası; kasda Ca>Mg>Zn>Fe>Cd, solungaçta Ca>Mg>Zn>Fe>Cd ve deride Ca>Mg>Fe>Zn>Cd olarak bulunmuştur.

Tufan (2008), Tekirdağ İlinde üretilen yem hammaddelerinin ağır metal düzeylerinin belirlenmesi araştırmasında, hayvan beslemede büyük önemi olan yem hammaddelerindeki kirlilik düzeyinin hangi derecede olduğu ve il içinde nasıl değişim gösterdiğini incelemiştir. Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile ağır metallere kurşun (Pb), arsenik (As), bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe) içerikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, ağır metal analizinde yemlerin %50'sinde kurşun, %100'sinde bakır, %100'inde çinko, %100'inde demir bulunmuş olup Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı Tebliği'ndeki değerlerini hiçbiri aşmamıştır, yem hammaddelerinin tümünde ise arsenik düzeyinin tespit limitinin altında kaldığını belirtmiştir.

Kayhan vd. (2009), bazı ağır metallere sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar adlı derleme makalede sucul organizmalarda, ağır metallere etkilerini araştıran önceki çalışmaları bir tablo haline getirmişlerdir. Bu makalede çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak canlılarda ölçülen metalik kirleticilerin özellikle su ürünlerinde yüksek seviyelere ulaşabileceğini ve besinlerle birlikte düşük düzeylerde olsa sürekli olarak alınan civa, kadmiyum ve kurşun gibi metal kalıntıları çevre ve insan sağlığını önemli derecede etkilediğine dikkat çekmişlerdir.

Ünlü ve Gümgüm (1993), Dicle Nehri'nde yaptıkları çalışmada *Capoeta capoeta umbla*'nın kas dokusunda bakır ve çinkoyu sırasıyla 125-208 ve 29-90 ppm, karaciğer dokusunda 543-1217 ve 250-450 ppm, sedimentte ise bakır 641-3433 ppm ve çinkoyu 405-891 ppm arasında tespit etmişlerdir.

Ünlü vd. (1994), Dicle Nehrinde yaşayan *Acanthobrama marmid*'in kas, karaciğer, gonat, solungaç ve barsaklarındaki Co, Cd, Ni, Mo ve Zn gibi metallere konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlar, analiz sonuçlarına göre Co, Cd ve Mo tayin sınırları arasında belirlenememiştir. Kas dokusunda Cu, Ni ve Zn birikimleri “su ürünleri ağır metal kabul edilebilir değerleri” altında saptanmıştır. Karaciğer, gonat, solungaç ve barsakta ise yüksek oranda Cu, Ni ve Zn birikimi olduğu belirlenmiştir. Ortalama ağır metal değerleri göz önüne alındığında Cu en fazla barsakta bunu sırasıyla solungaç, karaciğer, gonat ve kas izlemiştir. Ni ve Zn ise en yüksek barsakta, bunu gonat, karaciğer ve kas takip etmiştir. *Acanthobrama marmid*'in organlarındaki yüksek Cu, Ni ve Zn

birikiminin nedeninin, Dicle Nehri'nin zengin maden yataklarının bulunduğu bir bölgeden doğması ve Ergani Bakır Fabrikasının filtrasyon artıklarını Dicle Nehri'ne boşaltmasıyla nehrin ağır metaller bakımından kirletilmesinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Akbaba (2010)'ya göre Ağtaş'ın 1994'de yaptığı çalışmada, Yıldız Irmağı (Sivas)'ndan yakalanan *Leuciscus cephalus*'da Fe 12.24 µg/g, Cu 1.68 µg/g, Zn 11.22 µg/g olarak saptanmıştır.

Ünlü vd. (1996), Dicle Nehri'nde *Liza abu*'nun kas dokusunda Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn düzeylerini sırasıyla 18.89-25.96, 23.77-55.63, 44-14.76, 1.90-106.20, 11.10-61.35, karaciğer dokusunda 6.28-158.19, 66.54-335.03, 30.15-47.33, 1.64-550.11, 32.29-317.36, gonatlarında 6.80-107.96, 43.46-90.63, 60.72-195.38, 12.47-19.04, 22.24-238.08, solungaçlarında 23.79-29.43, 24.32-265.64, 23.90-65.70, 22.90-153.41, 34.16-389.68 ve barsaklarında 0.07-338.48, 34.33-347.21, 56.22-397.81, 46.38-506.41, 29.61-317.56 µg/g (yaş ağırlık) düzeylerinde tespit etmişlerdir.

Canlı vd. (1998), 'nin yapmış oldukları çalışmada Seyhan Nehri'nde yaşayan balıkların (*Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*) dokularında tespit ettikleri ağır metallerin solungaç, karaciğer ve kas dokusundaki düzeylerini sırasıyla şöyledir. kadmiyum düzeylerini 1.26-6.10, 0.96-4.72 ve 0.51-1.67 arasında, kurşun düzeylerini 9.41-44.75, 5.22-37.15 ve 2.94-13.73 arasında, bakır düzeylerini 5.43-58.63, 5.91-201.1 ve 3.27-7.35 arasında, krom düzeylerini 1.72-6.10, 0.23-5.35 ve 0.36-1.71 arasında nikel düzeylerini ise 6.83-28.03, 3.42-27.05 ve 1.62-13.35 µg/g (kuru ağırlık) arasında bulmuşlardır.

Kalay ve Karataş (1999), *Tilapia nilotica*'nın kas, beyin ve kemik dokularındaki kadmiyum birikim düzeylerini 0.1, 0.5 ve 1.0 ppm kadmiyum ortam derişimlerinin etkisinde 15, 30 ve 60 günlük sürelerle incelemişlerdir. Kas dokusu kadmiyum düzeyi, ortamdaki kadmiyum derişimine ve deney süresine bağlı olarak istatistik ayırım gösterecek düzeyde artmamıştır. Buna karşın, beyin ve kemik (omurga) dokularındaki kadmiyum derişimi artan ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak istatistik ayırım gösterecek düzeyde artış göstermiştir. Beyin dokusundaki kadmiyum birikim düzeyi özellikle 60. günde 0.5 ve 1.0 ppm ortam derişimlerinde sırasıyla 14.35 ve 18.57 ppm gibi yüksek değerlere çıkmıştır. İncelenen dokularda biriken toplam kadmiyumun % 16'sı kas dokusunda, % 36'sı kemik dokusunda, % 48'i ise beyin dokusunda ölçülmüştür.

Çalışkan (2005), Asi Nehri'nde su, sediment ve *Clarias cariepenus*'ta metal birikimlerinin mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiğini tespit

etmiştir. Genellikle en yüksek birikim, su ve balık örneklerinde yazın, sedimentte ise kışın ölçülmüştür. Ayrıca, balık dokuları arasında birikim genellikle karaciğerde en yüksek olmasına rağmen Cr ve Mn solungaçta, Zn ise deride en fazla birikmiştir. En az Cd, Cu, Mn ve Pb birikimi deri dokuda, Co, Cr, Fe, Ni ve Zn kas dokuda tespit edilmiştir. Sedimentteki birikimin balık ve suya göre (sudaki Cd hariç) daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Cd birikimi suda en fazla bulunmuştur. Genelde birikim sıralaması su<balık<sediment olmasına rağmen Cr ve Ni metallere sıralamanın balık<su<sediment olarak değiştiği gözlenmiştir. Su, sediment ve balık örneklerindeki Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri (suda Cd hariç) kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur.

Yalçın vd. (2006), Niğde'nin Karasu Nehri'nin sedimentinde yaptıkları çalışmada; Co, Cu, Ar, Ni, Zn, Cd, Pb, Al, Fe, Ti, Cr ve Mn düzeylerini sırası ile 18.30-69.00, 12.40-595.0, 5.50-345.3, 5.80-15.1, 10.9-64.1, 28.90-103.300, 4.1-356.2, 7.70-37.840, 13.460-109.400, 11.740-62.900, 22.18-59.04, 41.70-369 ve 12.09-3.480 mg/kg arasında tespit etmişlerdir.

Karakuş ve Gey (2006), Kars Çayı'nda siraz balıklarının (*Capoeta capoeta capoeta*) kas dokusundaki Fe, Zn, Co, Cr, Cu ve Cd değerlerini sırasıyla 8.22-16.33, 0.610-0.757, 0.0038-0.0373, 0.0053-0.0140, 0.030-0.093 ve 0.0018-0.029 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak tespit etmişlerdir.

Yılmaz vd. (2007), Sarıçay'da yaptıkları çalışmada *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus*' un kas, solungaç ve karaciğer dokularında ortalama metal konsantrasyonlarını; *Leuciscus cephalus* için Cd 0.010-0.084 Co N.D-0.131, Cu 0.193-2.611, Fe 4.240-172.000, Mn 0.112-24.230, Pb 0.068-0.874, Zn 6.350-28.550 ve *Lepomis gibbosus* için de Cd 0.008-0.082, Co N.D.-0.233, Cu 0.065-4.360, Fe 11.200-125.000, Mn N.D.-12.434, Pb 0.070-0.920, Zn 6.540-16.064 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak tespit etmişlerdir, Ni ise bu dokularda tespit edilememiştir.

Her alanda olduğu gibi çevre ile ilgili çalışmalarda da çözüme varmak için sorunları bilmek ve anlamak gerekir. Dünyada ve ülkemizde çeşitli şekillerde görülen çevre sorunları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu nedenle hem denizlerde hem de iç sularda kirliliğe neden olan kirletici kaynaklar, bu kirletici kaynakların canlılar ve su kalitesi üzerindeki etkileri ile ilgili olarak hem ülkemizde hem de yurt dışında pek çok çalışma yapılmıştır.

Akuatik ortamlarda ağır metallerin canlılar ve su kalitesi üzerindeki etkileri ile ilgili olarak son yıllarda ülkemizde yapılan çalışmaları aşağıdaki şekilde kısaca özetlemek mümkündür.

Kaya vd. (1988), Dicle Nehri ağır metal kirlenmesini; Ünlü ve Gümgüm (1993), Dicle Nehri'nde yaşayan *Capoeta capoeta umbla*'da ve sedimentteki Cu ve Zn birikimini; Ünlü vd. (1994), Dicle Nehri'nde yaşayan *Acanthobrama marmid*'in doku ve organlarında bazı ağır metallerin birikim düzeylerini; Gümgüm ve diğ. (1994), Dicle Nehri'nden aldıkları su, sediment ve balık örneklerinde ağır metal birikimini; Ünlü vd. (1995), Dicle Nehri'nde yaşayan *Capoeta trutta*'da ağır metal birikimini; Öztürk (1995), Altınkaya Barajı'nda yaşayan *Cyprinus carpio*'nun çeşitli organ ve dokularında bazı ağır metallerin birikimini; Ünlü vd. (1996), Dicle Nehri'nde yaşayan *Liza abu*'da ağır metal düzeyini; Özkan vd. (1997), Mersin yöresinde ekonomik değere sahip çipura (*Sparus aurata*), barbun (*Mullus barbatus*) ve kefal (*Mugil cephalus*) türlerinin solungaç, karaciğer ve kas dokusundaki Zn, Cu ve Cd birikimini; Karadede ve Ünlü (1998), Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Cyprinion macrostomus*'da ağır metal birikimini; Şeker vd. (1998), Elazığ Hazar Gölü'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla*'da bazı ağır metallerin birikimini; Canlı vd. (1998), Seyhan Nehri'nde 5 istasyondan yakaladıkları *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*'un kas, solungaç ve karaciğer dokularında Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb düzeylerini; Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü'nden aldıkları su, sediment ve bazı balık türlerinde (*Acanthobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carasobarbus luteus*, *Capoeta trutta* ve *Cyprinus carpio*) Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını; Canpolat ve Çalta (2001), Hazar Gölü'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla*'nın kas dokusundabazı ağır metallerin (Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Cd ve Pb) birikim düzeylerini; Çalta ve Canpolat (2002), Hazar Gölü'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla*'da bazı ağır metallerin balığın büyüklüğüne ve mevsimlere bağlı olarak birikim düzeylerini; Akçay vd. (2003), Büyük Menderes ve Gediz Nehirlerinde yaptıkları çalışmada su örneklerinde Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn metallerinin konsantrasyonlarını; Göksu vd. (2003), Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) ve sudak (*Stizostedion lucioperca*)'ın kas dokusunda, Fe, Zn ve Cd birikimini; Karadede vd. (2004), Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Liza abu* ve *Silurus triostegus*'un 3 farklı kas, karaciğer ve solungaç dokusunda bazı ağır metallerin birikim düzeylerini araştırmışlardır.

Keban Baraj Gölü'nde de su kirliliğiyle ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bildik vd. (1988), Etibank Simli Kurşun Tesisleri atıklarından kaynaklanan ağır metal kirliliğini; Çetin (1993), Elazığ şehir kanalizasyonunun Keban Barajı Gölü'ne boşaldığı yer ve çevresinde meydana getirdiği kirlilik ile bunun su ürünleri bakımından olumsuz etkilerini; Pehlivan vd. (1993), deterjan aktif maddesinin Keban Baraj Gölü suyunda biyolojik yolla parçalanmasını; Ekiz vd. (1988), Keban Baraj Gölü yüzey sularının kirlenmesini; Sarıeyyüpoğlu ve Say (1991), Elazığ şehir kanalizasyonunun Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü bölgeden yakalanan *Barbus capito pectoralis*'de ağır metal birikimini; Topkaya ve Şen (1999), Keban Baraj Gölü'nün çok amaçlı kullanımı ve ortaya çıkabilecek sorunları; Yılmaz (1998), Keban Baraj Gölü ova bölgesi balıklarından *Capoeta trutta*'da ağır metal birikimini; Şeker ve diğ. (2000), Keban Baraj Gölü'ndeki tatlısu midyesi *Unio elongatulus eucirrus*'da ağır metal birikimini ve Çalta vd. (2000), Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta trutta*'da bazı ağır metal düzeylerini araştırmışlardır.

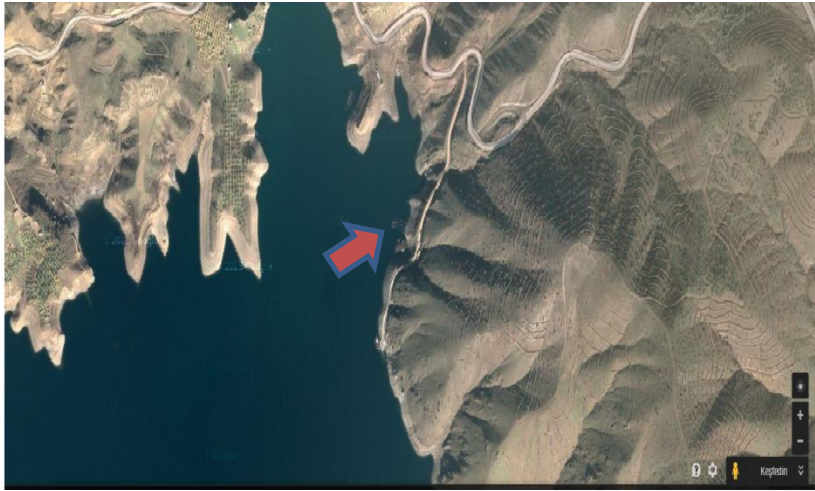
4. MATERYAL VE METOT

4.1.Örneklerin Toplanması

Bu çalışmada örneklerin temin edildiği çalışma sahası Keban Baraj Gölü (Şekil 4.1.a) ve Karakaya Baraj Gölü' dür(Şekil 4.1.b).



Şekil 4.1a. Keban Baraj Gölü



Şekil 4.1b. Karakaya Baraj Gölü

Keban Barajı, Elazığ ilinin 45 km kuzeybatısında ve Malatya ilinin 65 km kuzeydoğusunda, Karasu ve Murat nehirlerinin birleştiği yerden 10 km daha güneybatıda Keban ilçesi civarlarında inşa edilmiştir. Keban Baraj Gölü, Doğu Anadolu bölgesinde $38^{\circ} 37'-39^{\circ} 20'$ N enlemleri ile $38^{\circ} 15'- 39^{\circ} 52'$ E boylamları arasında yer alır. Baraj gölünün maksimum işletme kotu 845 m, minimum işletme kotu ise 813 m' dir. Maksimum işletme

kotunda yüzey alanı 687,31 km² ve depolama hacmi 30,6 milyar m³tür. Minimum işletme kotunda yüzey alanı 379,3 km²ve depolama hacmi 14,2 milyar m³ tür(Anonim, 1994).

Baraj gölünün en derin yeri baraj gövdesinin bulunduğu nokta olup, bu noktada maksimum derinlik 163 m' dir. Baraj gölünün ana akarsuyu olan Fırat Nehri, yılın çeşitli mevsimlerinde çok farklı akım düzeyine sahiptir. Fırat Nehri' nin önemli kollarından olan Murat, Karasu, Peri ve Munzur sularının yıllardır taşıdıkları sedimentlerin çökeliş dipte birleşmesiyle özellikle Murat Nehri tarafında bulunan Gülüşkür Köprüsü, Karasu tarafında bulunan Göktepe bölgesi ve bu bölgenin güney kısımları rezervuar alanı bakımından büyük değişikliğe uğramıştır.

Keban Baraj Gölü işletmeye alındığı ve su tutmaya başladığı 1973 yılı kasım ayından itibaren oluşmaya başlamıştır. Baraj gölünün su seviyesinin devamlı değişken olması; enerji üretimi amacıyla çekilen su miktarı, sulamaya harcanan su miktarı ve yaz aylarında buharlaşma ile meydana gelen kayıplardan kaynaklanmaktadır (Anonim, 1994).

Karakaya Baraj Gölü'nün büyük bir kısmı Malatya il sınırları içerisinde kalmaktadır. Karakaya Barajı Elâzığ ilinin batısında ilimize 56 km, Keban Barajına 166 km, Diyarbakır iline 134 km mesâfede ve Çüngüş ilçesi sınırları içindedir. 1976 yılında ihâle edilerek inşâatına başlanmış 1987 yılında tamamlanmıştır. Enerji üretimi gayesiyle kurulmuş olup, 1800 megavat kurulu gücü, 7,5 milyar kilovat saat/yıl üretim kapasitesi bulunmaktadır.

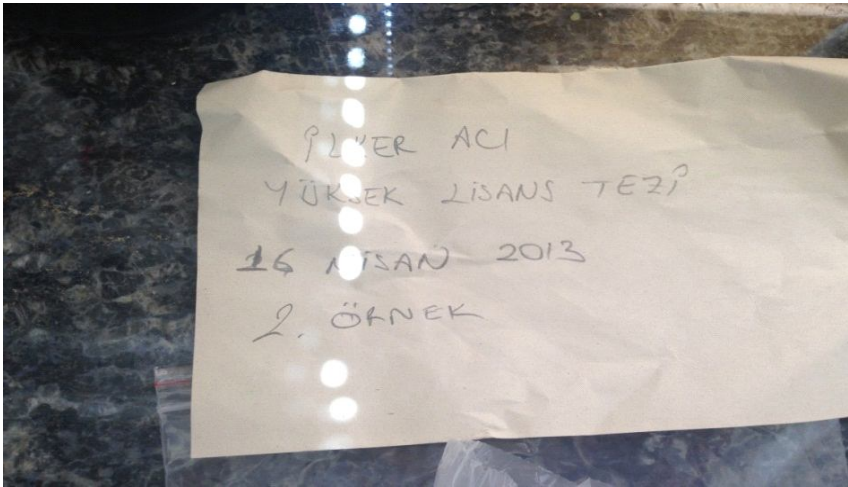
Karakaya Barajı, Atatürk Barajından sonra, elektrik enerjisi üretmesi bakımından Türkiye'de ikinci sırada yer almaktadır. 225 metre sabit yarıçapında tek eğrili(beton kemer ağırlık) tipindedir. Dolu kret uzunluğu 462 m ve gövde beton hacmi 2 milyon metreküptür. Baraj üzerinde tesis edilen 14x14 metre ebadında on adet radyal kapak ile kontrol edilebilen, saniyede 17 bin metreküp kapasitede olan dolu savak, açılı düşük kanallı ve santral üzerinde traplenli olarak yapılmıştır.

Her birinin gücü üç yüz megavat olan, altı adet türbün generatör üretim ünitesi bulunmaktadır. Hidroelektrik santral 184 m tül ve 81 m genişlikte inşâ edilmiştir. Su depolama alanı 80.538 km², yıllık ortalama su akışı 23.554 milyar metreküptür. Toplam su hacmi 9.58 milyar metreküp, baraj gölü alanı 29.800 hektardır. Tipi beton kemer ağırlıklı olup, temelden yüksekliği 173 metredir. Türkiye'nin ikinci sırada en büyük barajdır (Anul, 1995).

4.2. Balık örneklerinin alınması ve ağır metallerin incelenmesi

Bu çalışma Şubat 2013–Şubat 2014 tarihleri arasında Keban Baraj Gölü ve Karakaya Baraj Göl’ündeki alabalık tesislerinde üretimi yapılan gökkuşağı alabalığı örnekleri üzerinde yapıldı. Çalışma süresince Keban Baraj Gölü’nden 20 adet balık örneği, Karakaya Baraj Gölü’nden 20 adet balık örneği temin edildi. Çalışma Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Araştırma İstasyonu ve Çevre Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında gerçekleşti.

Keban ve Karakaya Baraj Gölleri’ndeki alabalık tesislerinden alınan balıklar laboratuvara getirilerek total boy, çatal boy, standart boy, cinsiyet ile ağırlıkları belirlendikten sonra; ağır metal birikimi için gerekli olan kas dokusu pens, makas ve bistirü yardım ile dorsal yüzgecin yaklaşık 2 cm alt kısmından 5 g alınıp örneklerin alındığı yer ve tarih yazılıp kilitli poşetlere konuldu (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Balıklardan kas örnekleri alımı ve etiketlenmesi

Balık numuneleri analiz aşamasına gelene kadar derin dondurucuda beklemeye alındı. Derin dondurucudaki örnekler asitle yakılarak sıvı hale getirmek için Su Ürünleri Araştırma İstasyonu laboratuvarına getirildi Laboratuvarda 5 g örneğe 5 ml % 65 'lik nitrik asit ile 5 ml konsatre nitrik asit tüplere konulmuş örneklerin üzerine ilave edilerek mineralisasyon işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 4.3) (APHA, 1985).



Şekil 4.3. Laboratuvar ortamında örneklerin işlenmesinden bir görünüm.

Örnekler sıralı şekilde tüplere dizildi ve MARS marka mikrodalgaya konuldu ve makinada yakmak için 130°C 8 dk, 155 C 5 dk ve 170°C 12 dk metot girilerek beklendi ve 25 dk sonra numuneler makinadan çıkarılarak soğumaya bırakıldı (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Mikrodalgadan çıkarılan örnekler.

Soğuyan numuneler önceden hazırlanmış 50 ml' lik balon jojelerde filitre kağıdında süzüldü ve 50 ml ye saf su eklenerek seyreltilmiştir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Mikrodalgada parçalanan kas örneklerinin 50 ml'lik balon jojelerde seyreltilerek analize hazır hale getirilişinden bir görünüm.

Analize hazır duruma getirilen numuneler Çevre mühendisliği laboratuvarına getirilerek numunelerdeki demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), kurşun (Pb), mangan (Mn) analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (perkin Elmer Model 370) ile uygun standartları hazırlanarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Örnekelerin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri cihazında analizi

Örneklerin demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), kurşun (Pb), mangan (Mn) değerleri ppm cinsinden hesaplanmıştır.

4.3. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi (perkin Elmer Model 370)'nin çalışma prensibi

Atomik absorpsiyon spektrofotometresi, su ve atıklarda element tayininde kullanılmaktadır. Atomik absorpsiyon spektrofotometresinde element, elementel hale dönüştürüldükten sonra buharlaştırılır ve kaynaktan gelen ışın demetine maruz bırakılır. Aynı elementin ışın kaynağından gelen ışınları absorplar. Sulu numune alev içinde yükseltgen gaz karışımı ile püskürtülür. Numunenin alev ile yakılması sonucunda açığa çıkan ışığın ölçülmesiyle analiz gerçekleştirilmiş olur. Her bir elementin kendine has ışık spektrosu vardır. Bu spektroda ışık yayan element bilindiğinde numune içerisindeki elementlerin cinsi ve miktarı bulunabilmektedir. Tez kapsamında analizi yapılan elementlerin dalga boyları aşağıda verilmiştir.

$$\text{Cu} = 324,7 \text{ nm} \quad \text{Fe} = 248,3 \text{ nm} \quad \text{Zn} = 213,9 \text{ nm}$$

İndüktif eşleşmiş plazma (ICP), iç içe geçmiş üç kuvars borudan yapılmıştır. Bunların arasından dakikada 10-17 ml argon gazı geçer. En geniş borunun çapı 2,5 cm'dir. Bu borunun üst kısmında suyla soğutulan radyo indüksiyon bobini bulunur. Akan argonun iyonlaşması bir Tesla bobininden kıvılcım ile başlatılır. Oluşan iyon ve elektronlar indüksiyon bobini tarafından oluşturulan manyetik alan salınımları ile etkileşir. Bu etkileşim sonucunda iyonlar ve elektronlar aynı yöne doğru akmaya başlar en içteki kuvars borudan geçen argon gazı akışıyla plazma içerisinde numune taşınır. Numune atomları taşıyıcı argon gazı sayesinde 4000-8000 K sıcaklığındaki bölgeye ulaşır. Burada 2 ms kalırlar. Bu sıcaklıkta atomlaşma olur. Farklı elementlerin sıcak bölgede farklı yüksekliklerde emisyon vermesiyle elementlerin analizi gerçekleştirilmiş olur. Tez kapsamında analizi yapılan elementlerin dalga boyları aşağıda verilmiştir;

$$\begin{array}{llll} \text{Cu} = 237,393 \text{ nm} & \text{Fe} = 238,204 \text{ nm} & \text{Zn} = 206,200 \text{ nm} & \text{Cr} = 267,716 \text{ nm} \\ \text{Ni} = 231,604 \text{ nm} & \text{Cd} = 228,802 \text{ nm} & \text{As} = 188,979 \text{ nm} & \text{Hg} = 253,652 \text{ nm} \end{array}$$

4.4. Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma süresince elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi Minitab Versiyon 16 programı kullanılarak yapıldı ve elde edilen bulgulara yıl bazında student T-testi, mevsimsel olarak ki-kare testi uygulandı.

5. BULGULAR

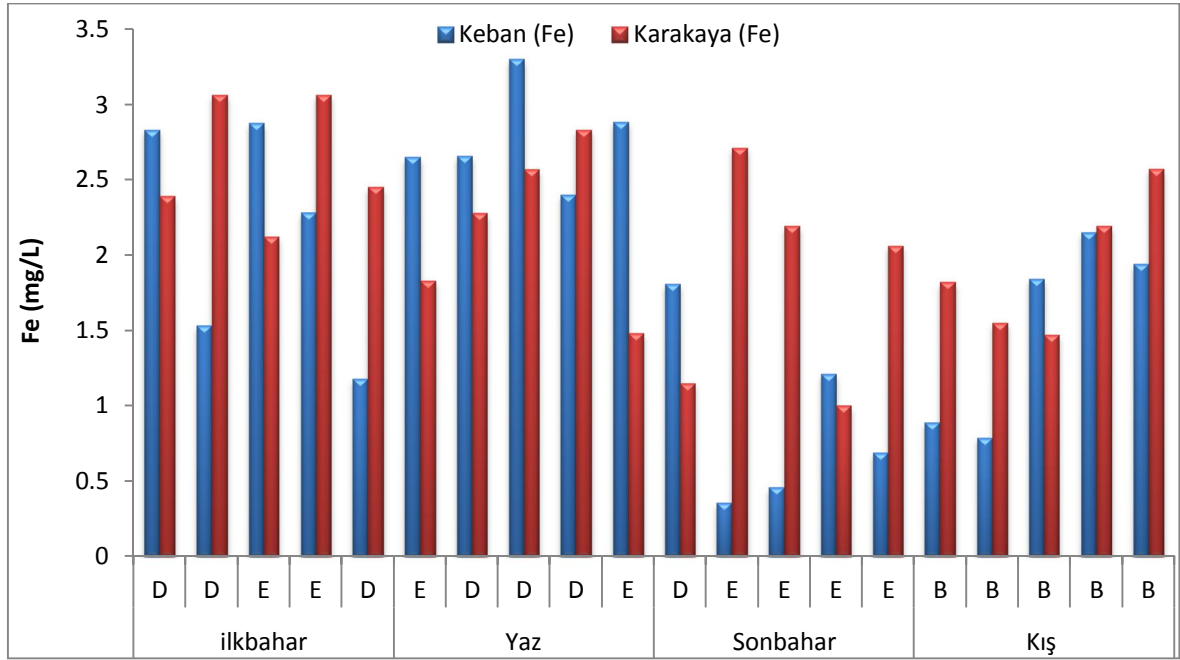
EPA ve FAO'nun balıkların insanlar tarafından tüketilmesinde ağır metaller için önerdiği kabul edilebilir sınır değerler ve bu çalışmada *Oncorhynchus mykiss* kas dokusunda belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Tablo 5.1.' de verilmiştir.

Tablo5.1. EPA ve FAO'nun balıkların insanlar tarafından tüketilmesinde ağır metaller için önerdiği kabul edilebilir sınır değerler ve bu çalışmada *Oncorhynchus mykiss* kas dokusunda belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı

	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn
EPA(mg/g)	25	410	54	410	0,980
FAO(mg/kg)	0,5	150	10	-	0,60
Keban ilkBahar	*	4,01	*	2,83	0,022
	*	4,01	*	1,53	0,022
	*	4,09	*	2,87	0,015
	*	3,84	*	2,28	0,026
	*	4,04	*	1,18	0,021
Karakaya ilkbahar	*	3,65	*	2,39	0,027
	*	2,1	*	3,06	0,038
	*	3,06	*	2,12	0,024
	*	4,03	*	3,06	0,034
	*	4,02	*	2,45	0,037
Keban Yaz	*	4,06	*	2,65	0,035
	*	3,95	*	2,66	0,039
	*	3,29	*	3,3	0,042
	*	4,01	*	2,4	0,051
	*	3,95	*	2,88	0,044
Karakaya Yaz	*	3,67	*	1,83	0,052
	*	2,8	*	2,28	0,055
	*	3,79	*	2,57	0,052
	*	3,44	*	2,83	0,052
	*	4,02	*	1,48	0,054
Keban Sonbahar	*	4,09	*	1,81	0,068
	*	4,07	*	0,36	0,048
	*	4,09	*	0,46	0,053
	*	4,05	*	1,21	0,062
	*	4,02	*	0,69	0,063
Karakaya Sonbahar	*	4,00	*	1,15	0,053
	*	4,07	*	2,71	0,065
	*	3,81	*	2,19	0,066
	*	3,69	*	1,00	0,084
	*	3,64	*	2,06	0,072
Keban Kış	*	2,82	*	0,89	0,069
	*	3,28	*	0,79	0,073
	*	4,08	*	1,84	0,081
	*	4,08	*	2,15	0,081
	*	4,02	*	1,94	0,092
Karakaya Kış	*	3,37	*	1,82	0,054
	*	3,13	*	1,55	0,059
	*	3,03	*	1,47	0,068
	*	4,00	*	2,19	0,059
	*	4,06	*	2,57	0,061

*: Tespit sınırının altında değer

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki demir (Fe) ağır metallerin karşılaştırılması Şekil 5.1, dağılımı ise Tablo 5.2. 'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki demir (Fe) ağır metallerin karşılaştırılması (D: Dişi E: Erkek B: Eşey belirsiz)

Tablo 5.2. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki demir (Fe) ağır metallerin dağılımı

		Keban (Fe)	Ort.	SS	SH	Karakaya (Fe)	Ort.	SS	SH
İlkbahar	1	2,83	2,14	0,76	0,34	2,39	2,62	0,42	0,19
	2	1,53				3,06			
	3	2,87				2,12			
	4	2,28				3,06			
	5	1,18				2,45			
Yaz	1	2,65	2,78	0,33	0,15	1,83	2,2	0,55	0,24
	2	2,66				2,28			
	3	3,3				2,57			
	4	2,4				2,83			
	5	2,88				1,48			
Sonbahar	1	1,81	0,91	0,60	0,27	1,15	1,82	0,76	0,32
	2	0,36				2,71			
	3	0,46				2,19			
	4	1,21				1			
	5	0,69				2,06			
Kış	1	0,89	1,52	0,63	0,28	1,82	1,92	0,46	0,20
	2	0,79				1,55			
	3	1,84				1,47			
	4	2,15				2,19			
	5	1,94				2,57			

Keban Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında demir(Fe) ağır metalin en yüksek ortalamasının yaz mevsiminde, en düşük ortalamasının ise sonbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalamasının ilkbahar mevsiminde ve en düşük ortalamasının sonbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

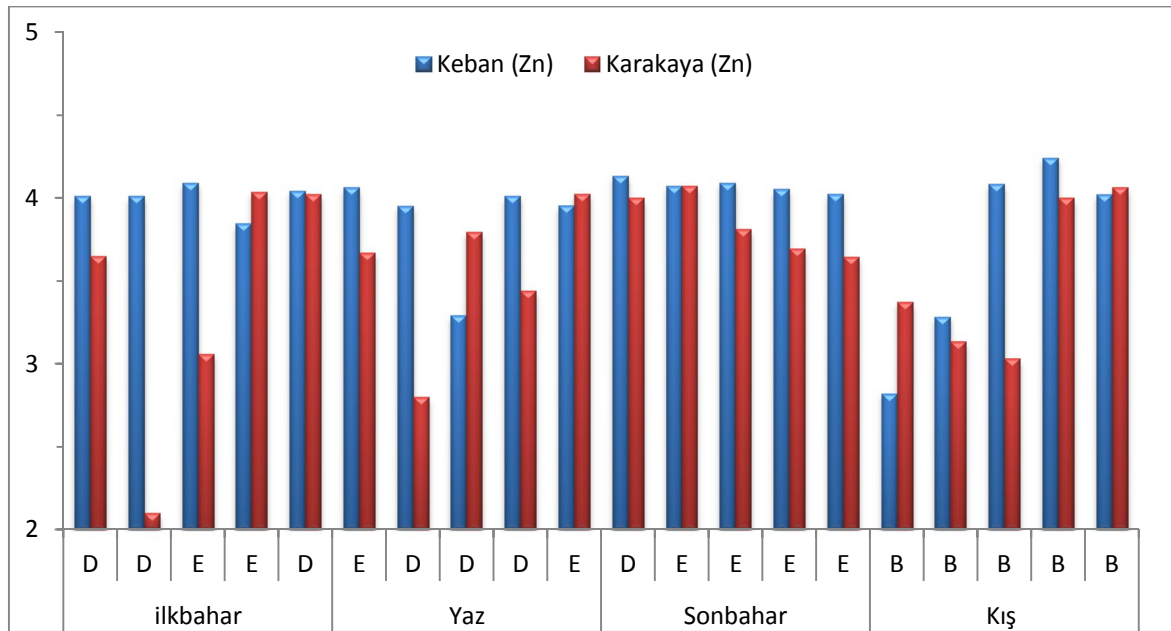
Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin demir (Fe) ağır metalinin sonbahar mevsiminde en düşük ortalamasının olduğu görülmüştür (Tablo 5.2.).

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin demir(Fe) ağır metal miktarları karşılaştırıldığında, demir (Fe) miktarları arasında fark olmadığı görülmüştür (t:1,25, p>0.05).

Keban Baraj Gölü'nden alınan balıkların kas dokusunda biriken demir (Fe) oranlarının mevsimsel ortalamalarına bakıldığında herhangi bir farkın olmadığı görülmüştür (X^2 :1,06,p>0,05).

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan balıkların kas dokusunda biriken demir (Fe) oranlarının mevsimsel ortalamalarına bakıldığında herhangi bir farkın olmadığı görülmüştür (X^2 :1,80,p>0,05).

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki çinko (Zn) ağır metallerin karşılaştırılması Şekil 5.2, dağılımı ise Tablo 5.3. 'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki çinko (Zn) ağır metallerin karşılaştırılması (D: Dişi E: Erkek B: Eşey belirsiz)

Tablo 5.3.Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki çinko (Zn) ağır metallerin dağılımı

		Keban (Zn)	Ort.	SS	SH	Karakaya (Zn)	Ort.	SS	SH
İlkbahar	1	4,01	3,99	0,09	0,04	3,65	3,372	0,813	0,364
	2	4,01				2,1			
	3	4,09				3,06			
	4	3,84				4,03			
	5	4,04				4,02			
Yaz	1	4,06	3,85	0,31	0,14	3,67	3,544	0,466	0,208
	2	3,95				2,8			
	3	3,29				3,79			
	4	4,01				3,44			
	5	3,95				4,02			
Sonbahar	1	4,09	4,07	0,04	0,01	4,00	3,842	0,188	0,084
	2	4,07				4,07			
	3	4,09				3,81			
	4	4,05				3,69			
	5	4,02				3,64			
Kış	1	2,82	3,68	0,61	0,27	3,37	3,518	0,484	0,216
	2	3,28				3,13			
	3	4,08				3,03			
	4	4,08				4,00			
	5	4,02				4,06			

Keban Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında çinko (Zn) ağır metalin en yüksek ortalamasının sonbahar mevsiminde, en düşük ortalamasının ise kış mevsiminde olduğu görülmektedir.

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalamasının sonbahar mevsiminde ve en düşük ortalamasının ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

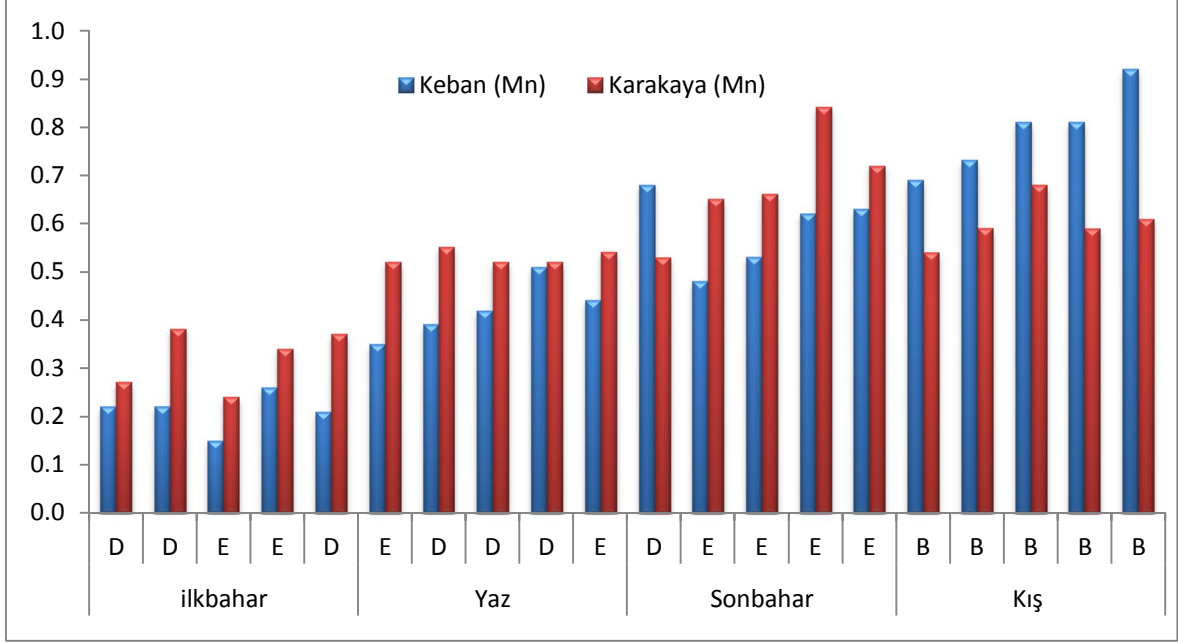
Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin çinko (Zn) ağır metalinin sonbahar mevsiminde en yüksek ortalamasının olduğu görülmüştür (Tablo 5.3.).

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin çinko (Zn) ağır metal miktarları karşılaştırıldığında çinko (Zn) miktarları arasında fark olduğu görüldü ($t:2,31, p<0,05$).Yapılan t testinde çinko (Zn) ağır metalinin farklı çıkmasının nedeni kullanılan yemlerden kaynaklandığı kanısına varılmıştır.

Keban Baraj Gölü'nden alınan balıkların kas dokusunda biriken çinko (Zn) oranlarının mevsimsel ortalamalarına bakıldığında herhangi bir farkın olmadığı görülmüştür ($X^2:0,22, p>0,05$).

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan balıkların kas dokusunda biriken çinko (Zn) oranlarının mevsimsel ortalamalarına bakıldığında herhangi bir farkın olmadığı görülmüştür ($X^2:0,03, p>0,05$).

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki mangan (Mn) ağır metallerin karşılaştırılması Şekil 5.3, dağılımı ise Tablo 5.4. 'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki mangan (Mn) ağır metallerin karşılaştırılması (D: Dişi E: Erkek B: Eşey belirsiz)

Keban Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında mangan (Mn) ağır metalin en yüksek ortalamasının kış mevsiminde en düşük ortalamasının ise ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalamasının sonbahar mevsiminde ve en düşük ortalamasının ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin mangan (Mn) ağır metalinin ilkbahar mevsiminde en düşük ortalamasının olduğu görülmüştür.

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin mangan (Mn) ağır metal miktarları karşılaştırıldığında mangan (Mn) miktarları arasında fark olmadığı görülmüştür ($t:0,48, p>0,05$)

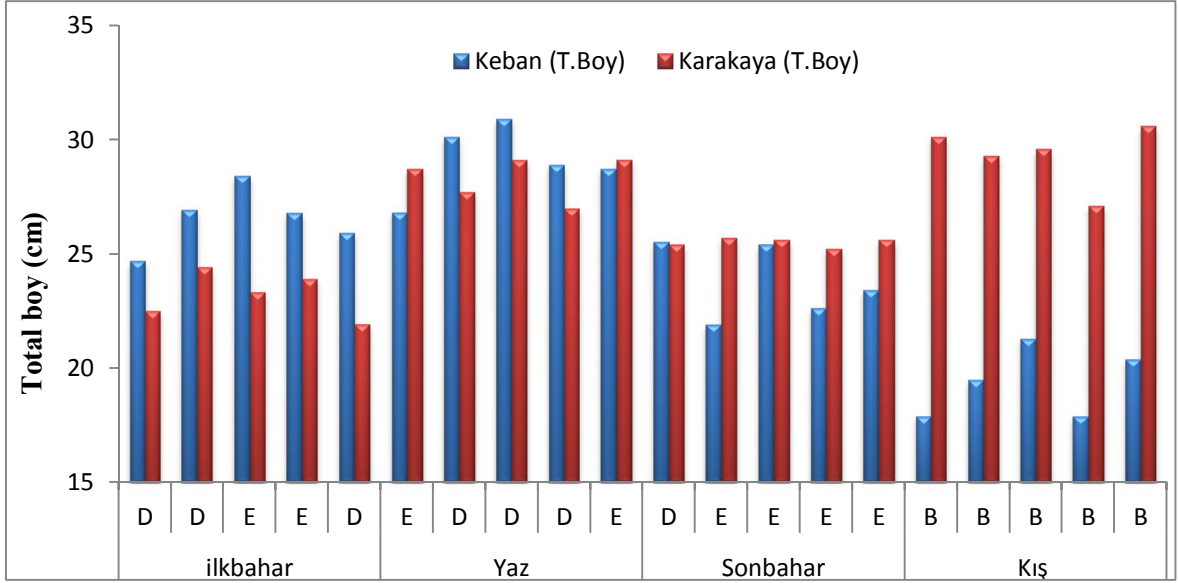
Keban Baraj Gölü'nden alınan balıkların kas dokusunda biriken mangan (Mn) oranlarına mevsimsel ortalamalarına bakıldığında herhangi bir farkın olmadığı görülmüştür (X^2 : 0,36, $p>0,05$).

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan balıkların kas dokusunda biriken mangan (Mn) oranlarının mevsimsel ortalamalarına bakıldığında herhangi bir farkın olmadığı görülmüştür (X^2 :0,13, $p>0,05$).

Tablo 5.4. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki mangan (Mn) ağır metallerin dağılımı

		Keban (Mn)	Ort.	SS	SH	Karakaya (Mn)	Ort.	SS	SH
İlkbahar	1	0,22	0,021	0,04	0,018	0,27	0,032	0,062	0,028
	2	0,22				0,38			
	3	0,15				0,24			
	4	0,26				0,34			
	5	0,21				0,37			
Yaz	1	0,35	0,042	0,06	0,027	0,52	0,053	0,014	0,006
	2	0,39				0,55			
	3	0,42				0,52			
	4	0,51				0,52			
	5	0,44				0,54			
Sonbahar	1	0,68	0,058	0,081	0,036	0,53	0,068	0,113	0,05
	2	0,48				0,65			
	3	0,53				0,66			
	4	0,62				0,84			
	5	0,63				0,72			
Kış	1	0,69	0,079	0,088	0,04	0,54	0,060	0,051	0,023
	2	0,73				0,59			
	3	0,81				0,68			
	4	0,81				0,59			
	5	0,92				0,61			

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerdeki total boylarının karşılaştırılması Şekil 5.4 ,dağılımı ise Tablo 5.5. 'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin total boylarının karşılaştırılması (D: Dişi E: Erkek B: Eşey belirsiz)

Tablo 5.5 Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin total boylarının dağılımı

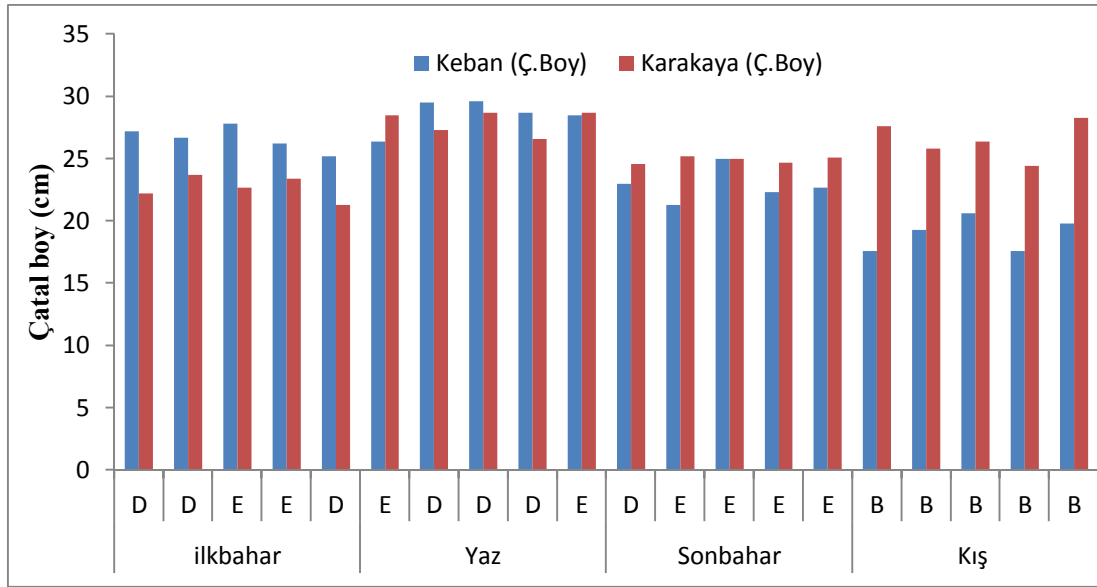
		Keban	Ort.	SS	SH	Karakaya	Ort.	SS	SH
İlkbahar	1	24,7	26,54	1,365	0,61	22,5	23,2	1,015	0,454
	2	26,9				24,4			
	3	28,4				23,3			
	4	26,8				23,9			
	5	25,9				21,9			
Yaz	1	26,8	29,08	1,559	0,697	28,7	28,32	0,934	0,418
	2	30,1				27,7			
	3	30,9				29,1			
	4	28,9				27			
	5	28,7				29,1			
Sonbahar	1	25,5	23,76	1,632	0,73	25,4	25,5	0,2	0,089
	2	21,9				25,7			
	3	25,4				25,6			
	4	22,6				25,2			
	5	23,4				25,6			
Kış	1	17,9	19,4	1,51	0,675	30,1	29,34	1,346	0,602
	2	19,5				29,3			
	3	21,3				29,6			
	4	17,9				27,1			
	5	20,4				30,6			

Keban Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında total boyun en yüksek ortalamanın yaz mevsiminde en düşük ortalamanın ise kış mevsiminde olduğu görülmektedir.

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalamanın kış mevsiminde ve en düşük ortalamanın ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin total boyun farklılık gösterdiği görülmüştür. Bunun sebebi ise alabalık tesislerine farklı zamanda yavru bırakılması olabilir.

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin çatal boylarının karşılaştırılması Şekil 5.5, dağılımı ise Tablo 5.6. 'de verilmiştir.



Şekil 5.5. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin çatal boylarının karşılaştırılması (D: Dişi E: Erkek B: Eşey belirsiz)

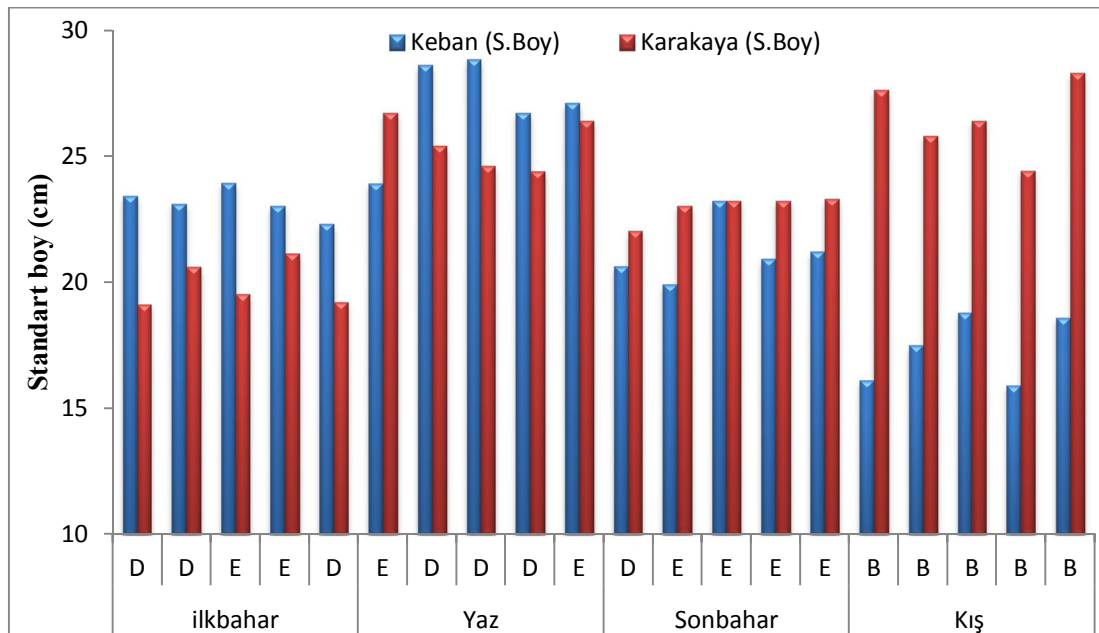
Keban Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında çatal boyun en yüksek ortalamasının yaz mevsiminde en düşük ortalamasının ise kış mevsiminde olduğu görülmektedir.

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalamasının yaz mevsiminde ve en düşük ortalamasının ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

Tablo 5.6. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin çatal boylarının dağılımı

		Keban	Ort.	SS	SH	Karakaya	Ort.	SS	SH
İlkbahar	1	27,2	26,62	0,991	0,443	22,2	22,66	0,961	0,43
	2	26,7				23,7			
	3	27,8				22,7			
	4	26,2				23,4			
	5	25,2				21,3			
Yaz	1	26,4	28,54	1,29	0,577	28,5	27,96	0,958	0,428
	2	29,5				27,3			
	3	29,6				28,7			
	4	28,7				26,6			
	5	28,5				28,7			
Sonbahar	1	23	22,86	1,358	0,607	24,6	24,92	0,259	0,116
	2	21,3				25,2			
	3	25				25			
	4	22,3				24,7			
	5	22,7				25,1			
Kış	1	17,6	18,98	1,342	0,6	27,6	26,5	1,53	0,684
	2	19,3				25,8			
	3	20,6				26,4			
	4	17,6				24,4			
	5	19,8				28,3			

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin standart boylarının karşılaştırılması Şekil 5.6. dağılımı ise Tablo 5.7. 'de verilmiştir.



Şekil 5.6. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin standart boylarının karşılaştırılması(D: Dişi E: Erkek B: Eşey belirsiz)

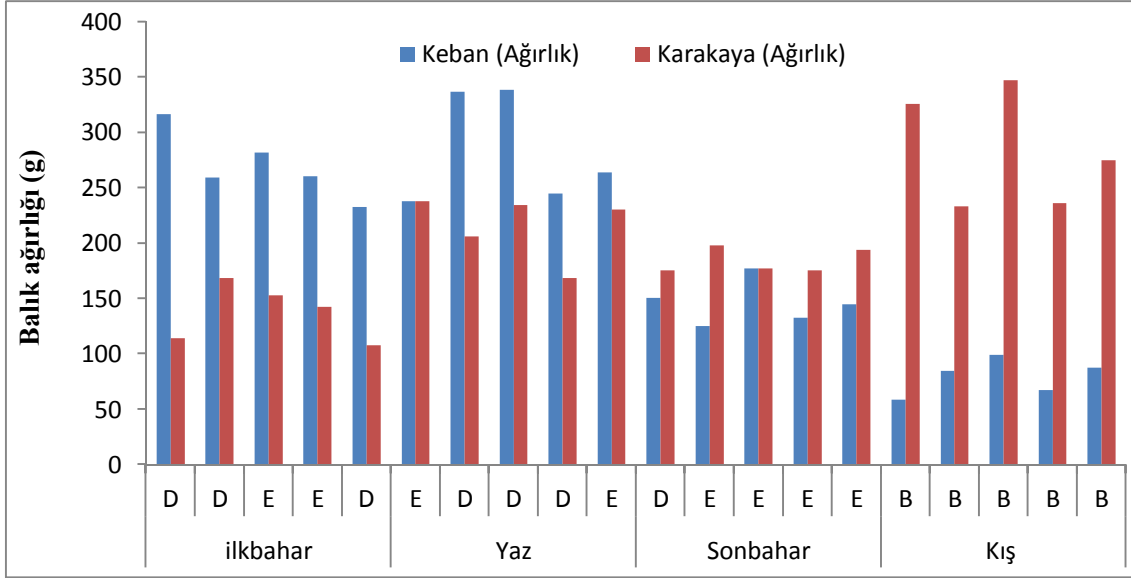
Tablo 5.7. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin standart boylarının dağılımı

		Keban	Ort.	SS	SH	Karakaya	Ort.	SS	SH
İlkbahar	1	23,4	23,14	0,586	0,262	19,1	19,9	0,897	0,401
	2	23,1				20,6			
	3	23,9				19,5			
	4	23				21,1			
	5	22,3				19,2			
Yaz	1	23,9	27,02	1,969	0,881	26,7	25,5	1,034	0,463
	2	28,6				25,4			
	3	28,8				24,6			
	4	26,7				24,4			
	5	27,1				26,4			
Sonbahar	1	20,6	21,16	1,238	0,554	22	22,94	0,537	0,24
	2	19,9				23			
	3	23,2				23,2			
	4	20,9				23,2			
	5	21,2				23,3			
Kış	1	16,1	17,38	1,355	0,606	27,6	26,5	1,53	0,684
	2	17,5				25,8			
	3	18,8				26,4			
	4	15,9				24,4			
	5	18,6				28,3			

Keban Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında standart boyun en yüksek ortalamanın yaz mevsiminde en düşük ortalamanın ise kış mevsiminde olduğu görülmektedir.

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalamanın kış mevsiminde ve en düşük ortalamanın ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin ağırlıklarının karşılaştırılması Şekil 5.7. dağılımı ise Tablo 5.8. 'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin ağırlıklarının karşılaştırılması (D: Dişi E: Erkek B: Eşey belirsiz)

Tablo 5.8. Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerin ağırlıklarının dağılımı.

		Keban (Ağr)	Ort.	SS	SH	Karakaya (Ağr.)	Ort.	SS	SH
İlkbahar	1	316,64	270,1	31,25	13,97	114,3	137,2	25,78	11,53
	2	259,1				168,57			
	3	281,65				152,72			
	4	260,37				142,73			
	5	232,81				107,57			
Yaz	1	237,7	284,3	49,68	22,22	237,9	215,4	29,00	12,97
	2	337				206			
	3	338,4				234,2			
	4	244,6				168,6			
	5	263,8				230,4			
Sonbahar	1	150,5	146	20	8,943	175,5	184	10,93	4,88
	2	125,3				198			
	3	177,1				177,3			
	4	132,5				175,6			
	5	144,8				193,7			
Kış	1	58,9	79,47	16,14	7,218	326,01	283,5	51,72	23,13
	2	84,73				233,25			
	3	99,04				347,07			
	4	67,37				236,01			
	5	87,33				275,09			

Keban Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalama ağırlığın yaz mevsiminde en düşük ortalama ağırlığın ise kış mevsiminde olduğu görülmektedir (Tablo 5.8.).

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan örneklere bakıldığında en yüksek ortalama ağırlığın kış mevsiminde ve en düşük ortalama ağırlığın ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir (Tablo 5.8.).

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yaşamın temel öğeleri olan hava, su ve toprakta oluşan kirlilik insan hayatını ve geleceğini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle doğal su kaynaklarının sulama suyu ve elektrik enerjisi elde etmek için baraj ve göletlerde toplanması, kanalizasyon ve sanayi atık sularının bu kaynaklara hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan verilmesi, tarımsal alanda zararlılarla mücadelede kullanılan kimyasal ilaçların çeşitli yollarla bu sulara karışması, suların kirlenmesine ve doğal özelliklerini kaybetmesine neden olmaktadır.

Ekolojik dengenin ve insan sağlığının korunması için ağır metallerin, biyolojik çevirim zincirinin önemli bir halkasını oluşturan ve ayrıca protein kaynağı olarak tüketilen balıklardaki ve bu balıkların içinde buldukları ortamın sedimentindeki toksik etkilerini belirlemek çok önemlidir.

Günümüzde gıdalardaki ağır metallerin düzeylerinin bilinmesi, bu toksik metallerin denetiminde aranılan en önemli koşuldur. Çünkü bu metallerin tolerans limitleri ve günlük alım düzeylerinin belirlenmesi, belirlenen bu düzeylerle gıdalardaki metal düzeylerinin karşılaştırılması gerek besin endüstrisi ve gerekse insan sağlığı açısından çok önemlidir.

Bahsedilen nedenlerden dolayı mevcut çalışmada Keban baraj gölü ve Karakaya baraj göllerinde yetiştiriciliği yapılan ve yöre halkı tarafından bol miktarda tüketilen alabalıkların kas, dokusunda Fe, Cu, Zn, Mn ve Pb düzeyleri belirlenmiştir.

Keban ve Karakaya baraj göllerinden alınan örneklerin kas dokusunda demir (Fe)'in mevsimlere göre ortalaması: İkbahar: Keban baraj gölü: 2,30, Karakaya baraj gölü: 2,62; yaz: Keban baraj gölü: 2,78, Karakaya baraj gölü: 2,2,sonbahar: Keban baraj gölü: 0,91, Karakaya baraj gölü: 1,82, kış: Keban baraj gölü: 1,5,Karakaya baraj gölü: 1,92 ppm olarak belirlendi. Buna göre, değerlerin her iki baraj gölü için de ilkbahar ve yaz mevsimlerinde diğer mevsimlere göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki baraj gölü demir değerlerine bakıldığında önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen demir değerleri, diğer çalışmalarda (Yılmaz vd 2007'de Sarıçay'da, *Leuciscus cephalus* için (Fe 4.240-172.000), Akbaba (2010)'ya göre Ağtaş'ın 1994'de yaptığı çalışmada Yıldız Irmağı (Sivas)'ndan yakalanan *Leuciscus cephalus*'da (Fe 12.24 µg/g)) değerlerinden düşük olduğu görülmüştür. Bu fark çalışılan ortamların ve türlerin farklı olmasından kaynaklanabilir.

Keban ve Karakaya baraj göllerinden alınan örneklerin kas dokusunda bakır (Cu) ağır metalin mevsimlere göre ortalaması: Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan

örneklerde kas dokusunda bakır (Cu) miktarı tespit değerinin altında bulunmuştur. Buna göre, değerlerin her iki baraj gölü için de mevsimlere göre ve yıllık bakıldığında bakır ağır metal birikiminin tespit değeri altında olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen bakır değerlerinin, diğer çalışmalarda (Yılmaz vd. 2007'de; Akbaba 2010'a göre Ağtaş'ın 1994; Ünlü ve Gümgüm 1993 elde edilen bakır değerlerinden düşük olduğu görülmüştür. Bunun sebebi Ünlü ve Gümgüm (1993) Dicle Nehri'nde yaptığı çalışmada Ergani Bakır Fabrikasının filtrasyon artıklarını Dicle Nehri'ne boşaltmasıyla nehrin ağır metaller bakımından kirletilmesinden kaynaklanabilir. Ayrıca, Yılmaz vd. 2007; Akbaba 2010'a göre Ağtaş 1994 'ün yapmış oldukları çalışmalardaki farkın ise türlerin ve ortamların farklı olmasından kaynaklanabilir.

Keban ve Karakaya baraj göllerinden alınan örneklerin kas dokusunda çinko (Zn) ağır metalin mevsimlere göre ortalaması: ilkbahar: Keban baraj gölü 3.99, Karakaya baraj gölü: 3.37 yaz: Keban baraj gölü 3.85, Karakaya baraj gölü: 3.54, sonbahar: Keban baraj gölü:4.07, Karakaya baraj gölü: 3.84,kış: Keban baraj gölü:3.68 .Karakaya baraj gölü:3.5 ppm olarak belirlendi. Buna göre, değerlerin her iki baraj gölü için de sonbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki baraj gölü çinko değerlerine bakıldığında önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen çinko değerlerinin, diğer çalışmalarda (Yılmaz vd. 2007; Ünlü ve Gümgüm 1993; Akbaba 2010'a göre Ağtaş 1994) elde edilen değerlerinden düşük olduğu görülmüştür. Bu farklılık türlerin ve ortamların farklı olmasından kaynaklanabilir.

Keban ve Karakaya baraj göllerinden alınan örneklerin kas dokusunda mangan (Mn) ağır metalin mevsimlere göre ortalaması: ilkbahar: Keban baraj gölü 0.021,Karakaya baraj gölü: 0.032, yaz: Keban baraj gölü: 0.042, Karakaya baraj gölü: 0.053 sonbahar, Keban baraj gölü: 0.058,Karakaya baraj gölü: 0.068, kış: Keban baraj gölü: 0.079, Karakaya baraj gölü 0.060 ppm olarak belirlendi. Buna göre, değerlerin her iki baraj gölü için de ilkbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre biraz daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki baraj gölü mangan değerlerine bakıldığında önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen mangan değerlerinin, Yılmaz vd. 2007' nin bulmuş olduğu değerlerden düşük olduğu görülmüştür. Bu fark, türlerin ve ortamların farklı olmasından kaynaklanabilir.

Keban ve Karakaya Baraj göllerinden alınan örneklerde kas dokusunda kurşun (Pb) miktarı tespit değerinin altında bulunmuş ve değerler mg/g olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen kurşun değerlerinin, Yılmaz vd. 2007' nin bulmuş olduğu

değerlerden düşük olduğu görülmüştür. Bu fark, türlerin ve ortamların farklı olmasından kaynaklanabilir.

Bu çalışmada elde edilen veriler Environmental Protection Agency (EPA) ve Food and Agriculture Organisation (FAO) 'nun kabul edilebilir sınır değerleriyle karşılaştırıldığında düşük düzeylerde olduğu görülmüştür. Bunun özellikle Keban baraj gölü ve Karakaya baraj gölü yöresinde ağır metal kirliliği oluşturabilecek yoğun bir endüstriyel ve tarımsal aktivitenin olmamasından kaynaklanabileceği kanısındayız.

Bu çalışmada, ağır metallerin kas dokusundaki birikimlerine bakıldığında Keban Baraj Gölü'nde en yüksek ortalamanın yaz mevsiminde en düşük ortalamanın ise kış mevsiminde olduğu görülmektedir. Karakaya Baraj Gölü'nde ise en yüksek ortalamanın kış mevsiminde ve en düşük ortalamanın ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

İncelenen balık örneklerinin total boy, çatal boy, standart boy ve ağırlık değerleri Keban Baraj Göl'ünden alınan örneklerde en yüksek yaz mevsiminde, en düşük ise kış mevsiminde görülmektedir. Bu veriler ağır metal verileri ile bir paralellik göstermektedir.

Karakaya Baraj Göl'üne bakıldığında balıklara ait ölçümlerde en yüksek ortalamanın kış mevsiminde, fakat çatal boy ortalamasının yaz mevsiminde en yüksek olduğu görülmüştür. En düşük değerler ise ilkbahar mevsiminde görülmüştür. Her iki baraj gölünden de elde edilen balıklarda özellikle çinko (Zn) diğer ağır metallerden çok daha yüksek derişimde bulundu. Çünkü bu element sedimentte çözünmeyen bileşikler halinde bol miktarda bulunmaktadır. Çinko genel olarak protein içeren gıdalarla ilişkilidir ve çinko içeren gıdaların protein bakımından zengin olduğunu söyleyebiliriz. Bu yüksekliğin alabalık yetiştiriciliğinde kullanılan yüksek proteinli yemlerden kaynaklandığını söyleyebiliriz.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, ağır metal değerlerinin $Zn>Fe>Mn>Cu=Pb$ şeklinde sıralandığı görülmektedir. Ayrıca, bu ağır metallerin miktarlarının çeşitli standartlarda önerilen miktarların çok altında olduğu belirlendi. Bu nedenle Keban baraj gölü ve Karakaya baraj gölünde yetiştiriciliği yapılan alabalıklarda Fe, Cu, Zn, Mn ve Pb düzeyleri bugünkü değerlerinde kaldığı sürece çevre ve halk sağlığı açısından bir sorun teşkil etmeyeceği kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akbaba, G.,B. 2010.** Kars çayının suyunda, sedimentinde ve buradan avlanan karabalıklarda (*Capoeta Capoeta Capoeta* Guldenstaedt, 1772) bazı ağır metallerin derişim düzeylerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Kars.
- Akçay, H., Oguz, A., Karapire C. 2003.** Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz river sediments. Water Res. 37(4):813-822.
- Aksun, F.Y,1986.** Karamık Gölünde yaşayan turna balıklarında (*Esox lucius* L.1758) ağır metal birikimi. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 2, 454- 461, İzmir.
- Anonim, 1994.** Keban baraj gölü limnoloji raporu, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü IX. Bölge Müdürlüğü Su Ürünleri Başmühendisliği, Keban – Elazığ.
- Anul, N. 1995.** Karakaya baraj gölü limnoloji raporu, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİGM IX. Bölge Müdürlüğü Su Ürünleri Başmühendisliği, Keban, 53 s.
- APHA. 1985.** Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C. 1268.
- Arslan, M., Karaytuğ, S., Cici, B., 2006.** Bakırın *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da doku glikojen ve serum glukoz düzeyi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23: 23-27.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., 1999.** Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the mediterranean mussel *mytilus gallorovincialis* from the Sinop Coast of the Black Sea. Türk. J Zoology, 23:321-326.
- Beyazıt, N., Peker, İ., 1998.** Atıksularda ağır metal kirliliği ve giderim yöntemleri, *I. atıksu sempozyumu*, Kayseri, 209-215, (22-24 Haziran) .
- Bildik, M., Boybay, M.,Cici, M.,Solmaz, B., Tümen, F., 1988.** Etibank simli kurşun tesisleri atıklarından kaynaklanan ağır metal kirliliğinin incelenmesi, Çevre "88 Sempozyumu, DEÜ, Bildiriler Kitabı, İzmir,
- Burger, J., Gochfeld, M.,2001.** “On developing bioindicatörs for human and ecological ealth”, **Environmental Monitoring and Assessment**, 66,23-46.
- Canlı, M., Ay, O., Kalay, M. 1998.** Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River. Türk. J Zoology, 22:149-157

- Canpolat, Ö., Çalta, M., 2001.** Keban Baraj Gölü'nden (Elazığ) yakalanan *Acanthobrama marmid* (Heckel,1843).de bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi", **F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi** 13, 2, 263-268.
- Coello, WF, Khan, MAQ.** 1996. Protection against heavy metal toxicity by mucus and scales in fish Archives of Environmental Contamination and Toxicology March 30, 3: 319-326
- Çalışkan, E., 2005.** "Asi Nehri'nde su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması", *M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay*
- Çalta M., Canpolat Ö., Nacar A., 2000.** Elazığ Keban Baraj Göl'ünde yakalanan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'da bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu, (28-30 Haziran 2000), Erzurum, 800-811.
- Çalta, M., Canpolat, Ö. 2002.** Hazar gölü'nde yakalanan *Capoeta capoeto umbla* (Heckel, 1843)'da bazı ağır metal miktarlarının tespiti. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1: 225-230.
- Çetin, A. K., 1993.** Keban ilçesi ve Elazığ şehir kanalizasyonunun Keban baraj gölü' ne döküldüğü kesimlerdeki alglerin mevsimsel değişimleri, Doktora tezi, F. Ü. Fen Bilimleri Enst,
- Çiçek, A., Koparal, A. Ş., 2001.** Porsuk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus* 'da kurşun, krom ve kadmiyum seviyeleri. Anadolu Üniversitesi Çev-Kor Dergisi, 10:3-6.
- Denizli, A., 2008.**Ağır metal toksikolojisi. Su ürünlerinde uygulamalı moleküler biyoloji teknikleri. Lisansüstü yaz okulu, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 1-16.
- Dökmeci, İ., 1988.** Çevre kirlenmesine rol oynayan toksik maddeler. S.Ü Dergisi Cilt:23 Ek (1/1): 49, 488-489.
- Ekiz, H.İ., Özer, D., Çağlar, A., 1988.** Keban barajı gölü yüzey sularının kirlenmesi III. Fırat Havzası Birinci Çevre Sempozyumu (S. Kırımhan, B. Topkaya eds) 103-107, Fırat Üniversitesi Elazığ.
- Ergül, H.A., 2005.** "Karadeniz'in Trabzon Yöresi'nde oksik zonda sedimentasyon yapan materyalin bazı ağır metal, radyonüklit, organik karbon ve klorofil-a

düzelelerinin araştırılması”, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora tezi, Trabzon

Göksel, H., 1993. “Trabzon Limanı ve çevresinden avlanan mezigit (*Merlangus merlangus euxinus* Nordmann, 1840)’te bazı ağır metal (Cu, Mn, Zn) birikimlerinin araştırılması”, Yüksek lisans tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Göksu M., Çevik, F. Fındık Ö., Sarıhan E., 2003. Seyhan Baraj Gölü’ndeki aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve sudak (*Stizostedion lucioperca* L.,1758)’larda Fe, Zn, Cd düzeylerinin belirlenmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 48:32-36.

Gümgüm, B., Ünlü, E., Tez. Z., Gülsüm, Z. 1994. Heavy metal pollution in water sediment and fish from the tigris river in Turkey. *Chemosphere* 29(1)111-116

Gürbüz, B., 2005. “Çıldır Gölü’nde avlanan tatlisu kefali (*Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758) ve bıyıklı balıklarda (*Barbus plebejus lacerta* Bonaparte, 1832) bazı ağır metallerin derişim düzeylerinin incelenmesi”, *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, Kars .

Heath, A. G. 1987. Water pollution and fish physiology. CRP Press Inc. 245 . Florida.

Heath, A.G., 1995. Water pollution and fish phyiology. *Virginia Polytechnic Institue and Elsenz. Dipl.* Arbeit Univ. Heidelberg, 143, 359 .

Hogstrand, C., Haux, C., 1991. Mini review binding and detoxification of heavy metals in lower vertebrates with reference to metallothionein. *Comp Biochem. Physiol*, 100:137-147,

Kabasolak, H. B., 1998. Atıksu - atıksu arıtımı ve alıcı ortamlara etkileri, *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri, 299-303.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri (I- II- III) *İstanbul Teknik Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü*.

Kalay, M., Karataş, S. 1999. Kadmiyum *Tilipia nilotica* (L.)’da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokulardaki birikimi. *Tr. J. of Zool.* 23: 985-991.

Karadavut, U., Şener, O., Gözübenli, H., 1998. Farklı kirleticiler ile kirletilmiş olan suların ekonomik öneme sahip olan bazı tarla bitkilerinin ilk gelişme dönemleri üzerin etkileri *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri (22-24 Haziran)

- Karadede, H., 1997.** Atatürk Baraj Gölün' de su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır.
- Karadede H., Ünlü E., 1998.**Atatürk Baraj Göl'ündeki *Cyprinion macrostomus* (*cyprinidae*)'nin dokularındaki ağır metal birikiminin incelenmesi. XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi, (7-10 Eylül 1998), Samsun, 181-190,
- Karadede, H. Ünlü E. 2000.** Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk dam lake (Euphrates) Turkey. *Chemosphere*, 41, 1371-1376.
- Karadede, H., Oymak, S. A., Ünlü, E., 2004.** Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), *Environment international*, 30: 183-188.
- Karakaş, İ. U., 1993.** “Trabzon Limanı ve Küçük Liman'da avlanan bazı kayabalığı türlerinde organ ve doku düzeyinde ağır metal (Cu, Mn, Zn) birikimlerinin araştırılması”, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, Trabzon.
- Karakuş, S. and Gey, H. 2006.** A preliminary study of heavy metals in transcaucasian barb (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) from the Kars Creek, Turkey. *Revue. Med. Vet.*, 157, 11, 551-556.
- Kargın, F., Erdem, C. 1992,** Bakır-çinko etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L)'nin karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi. *Tr. J. of Zoology*. 16: 343-348
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö ve Timur, S., 2004.** Metallerin çevresel etkileri. II. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf.
- Kaya, M., Alkan, C., Çetintaş, A., 1988.** Dicle Nehri ağır metal kirlenmesi. Fırat havzası I. Çevre Sempozyumu, Elazığ, 191-194, 13-15 Ekim.
- Kayhan, E.F., Muşlu, M,N., Koç, N.D. 2009.** Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. *Journal of Fisheries Sciences*, 3:153-162.
- Kesim, G., Mansuoğlu, S, G. ve Uzun, O., 1998.** Atıksuların akarsular üzerine etkilerinin Düzce çevresindeki Akarsuyu örneğinde incelenmesi, *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri, 230-235, (22-24 Haziran).

- Klaassen, D.C. 2001.** Casarett & Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons. Mc Graw Hill 6th Edition, http://www.amazon.com/Casarett-Doulls-Toxicology-Science-Poisons/dp/0071347216#reader_0071347216 (erişim tarihi, 01.12.2009).
- Köse, E., Uysal, K. 2008.** Cinsi olgunluğa erişmemiş pullu sazan (*Cyprinus Carpio* L 1758)'ların kas, deri ve solungaçlarındaki ağır metal akümülyasyon oranlarının karşılaştırılması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17: 19-26.
- Kumbur, H., Özer, Z., 1998.** Berdan Çayı'nın kirlilik durumunun araştırılması ve çözüme yönelik uygun modellerin geliştirilmesi *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri, 193-198, (22-24 Haziran).
- Kurt, P. B., 2000.** Karadeniz-Samsun kıyı şeridinde çeşitli organik kirleticilerin midye ve deniz suyunda incelenmesi, **Yüksek Lisans Tezi**, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Özkan, F., Göçer, M., Karayakar, F., Koyuncu, E., Dönmez, E., Sağlamtimur, B., 1997.** Mersin yöresinde ekonomik değere sahip çipura (*Sparus aurata* L., 1758), barbun (*Mullus barbatus* L., 1758) ve kefal (*Mugil cephalus* L., 1758) türlerinde bakır, çinko ve kadmiyum birikimi". IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Eğirdir/Isparta, 419-425. (Bildiri-Tam Metin).
- Öztürk, M., 1995.** Altınkaya Barajı'nda (Samsun) yaşayan *Cyprinus carpio* L., 1758 türünün çeşitli organ ve dokularındaki bazı ağır metallerin birikimi" **II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirgeleri**, (11-13 Eylül 1995), Ankara, 650-667.
- Pehlivan, D., Özçelik, S., Yörük, S., 1993,** Deterjan aktif maddesinin göl sularında biyolojik parçalanması", Doğa- Tr. J of Engineering and Environmental Sciences, 17,249-254.
- Rainbow, P. S., Phillips, D.J.H., 1993.** Cosmopolitan biomonitors of trace metals, Marine Pollution Bulletin, 26: .593-601.
- Sarıeyyüpoğlu, M., Say, H. 1991.** Elazığ şehir kanalizasyonunun Keban Baraj gölüne döküldüğü bölgeden yakalanan *Barbus capito pectoralis*'de ağır metal birikimlerinin araştırılması. Su Ürünleri Sempozyumu 12-14 Kasım 1991 Sempozyum Kitabı. 121-130.

- Serfor-Armah, Y. Boadu, M., Osaе, E.K., Golow, A.A., and Nyarko, B.J.B. 2001**
Determination of arsenic in some water bodies, untreated ore and tailing samples at konongo in the ashanti region of ghana and its surrounding towns and villages by instrumental neutron activation analysis. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 249, 581-585.
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1013246231569>
- Şeker, E., H. Özmen, Ş. Aksoy, 1998.** Elazığ Hazar Gölü'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla'da* bazı ağır metallerin birikimi. F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 10: 13-20,
- Şeker, E., Köprücü, K., Ural, M., Gür, F. and Sarıeyyüpoğlu, M. 2000.** Keban baraj gölü'ndeki tatlısu midyesi *Unio elongatulus eucirrus* (Bourguignat, 1860)'da ağır metallerin araştırılması, Ege Ü., Su Ürünleri Dergisi, 6: 319-326.
- Şentürk, F. 1993.** Determination of mercury and lead levels in molluscs from different areas (in Turkish). Yüksek Lisans tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Tanyolaç, J. 2009.** Limlonoji, Tatlısu Bilimi. Hatipoğlu Basım ve Yay. Ankara. 290.
- Timbrell, J.,A. 1991.** Principles of biochemical toxicology. Second Edition, Taylor& Francis, United Kingdom.
- Topkaya, B., Şen, B., 1999.** Keban Baraj Gölü'nün çok amaçlı kullanımı ve ortaya çıkabilecek sorunlar, İ. Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Dergisi, Özel Sayı, 233-240
- Toprak, (Demirezen) P. 2007.** Karma yemlerde bulunan ağır metallerin mevcut durumu ve hayvan besleme üzerine etkileri. Yüksek Lisans tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Tufan, M. 2008.** Tekirdağ ilinde üretilen yem hammaddelerinin ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- URL 1, <http://www.food-info.net/tr/metal/copper.htm>**
- Uslu, G., Koçer, N., 1998.** Organik atıklardan biyogaz üretimi ve kullanım alanları” *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri, 115-118, (22-24 Haziran)).
- Ünlü, E., Akba, O., Sevim, S., Gümgüm., 1996** Heavy metal levels in mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (*Mugilidae*) from the Tigrisi River, Turkey Fresenius Envir, Bull., 5:107-112

- Ünlü, E., Cengiz, E.İ., Akba, O., Gümgüm, B., 1995.** Dicle Nehrindeki *Capoeta trutta* Heckel, 1843'da ağır metal birikimi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri (11-13 Eylül 1995), Ankara, 639-649
- Ünlü, E., Gümgüm, B. 1993.** Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris river in Turkey. *Chemosphere*, 26(11):2 055-2061.
- Ünlü, E., Pakdemir, S. Akba, O., 1994.** Dicle nehrinde yaşayan *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843'in doku organlarında bazı ağır metal birikimlerin incelenmesi. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi (6-8 Temmuz, 1994) Edirne, 327-334
- Webb, D., Gagnon, M.M. 2002.** Biomarkers of exposure in fish inhabiting the swan-canning estuary western Australia-a preliminary study. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 259-269.
- Yalçın, Ş., Ö., Ekmekçi F., G., Kırankaya, Ş.,G., Gençoğlu L., Yoğurtçuoğlu B. 2006,** Çanakkale 309 Hirfanlı Barajı'nda yaşayan *Pseudorasbora parva* (Temnick & Schlegel, 1846)'nın beslenmelerindeki ontogenik değişiklikler. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi 04-07 Ekim, 2006.
- Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükçü, M. 2004.** Cu, Zn, Pb and Cd contents in some mollusca and crustacea caught in the gulf of Antalya (in Turkish). *Türk J Vet Anim Sci*, 28:95-100.
- Yılmaz, A., 1998.** Keban Baraj Gölü ova bölgesi balıklarından *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'da ağır metal birikimi, Yüksek Lisans tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
- Yılmaz, F. Özdemir N., Demirak, A., Tuna A. L. 2007.** Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. *Food Chemistry*,100/2.830-835
- Yolaçan, E., 2005.** Kars Çayı'ndaki *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstaedt, 1772)'nin büyüme ve üreme özelliklerinin incelenmesi. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, Kars.

ÖZGEÇMİŞ

25.08.1982 yılında Kurşunlu'da doğdu. İlkokulu Malya Tarım İşletmesi İlköğretim Okulunda, ortaokulu Boztepe Lisesinde liseyi ise Luleburgaz lisesinde okudu. 2001'de Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümünde başladığı lisans öğrenimini 2006 yılında tamamladı. Fırat Üniversitesi Temel Bilimler Bölümünde Yüksek Lisans Öğrenimine 2011 yılında başladı. Halen 2007 yılında girdiği polis memurluğu görevini yapmaktadır.

İlker ACI