



T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAKAYA BARAJ GÖLÜ'NDE YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN GÖKKUŞAĞI
ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) KAS DOKUSUNDA METAL
BİRİKİMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Alper ALP

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Gülderen KURT KAYA

II.DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mehmet VAROL

ARALIK – 2015

T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAKAYA BARAJ GÖLÜ'NDE YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN GÖKKUŞAĞI
ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) KAS DOKUSUNDA METAL
BİRİKİMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alper ALP

(131106107)

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Gülderen KURT KAYA

II.DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Mehmet VAROL

ARALIK – 2015

T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAKAYA BARAJ GÖLÜ'NDE YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN GÖKKUŞAĞI
ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) KAS DOKUSUNDA METAL
BİRİKİMLERİNİN İNCELENMESİ**

Alper ALP
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez / / 2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği/ oyçokluğu** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

İmza:.....

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. Gülderen
KURT KAYA
(T.Ü)

Doç. Dr. Özlem EMİR
ÇOBAN
(F.Ü)

Doç. Dr. Durali DANABAŞ
(T.Ü)

DANIŞMAN

ÜYE

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu çalışma, Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLTUB15-08

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı "Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu"ndaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Bu araştırma, Karakaya Baraj Gölünde yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığı kasında ağır metal birikimini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla gökkuşuğu alabalıkları Kasım 2014- Nisan 2015 tarihleri arasında 3 farklı istasyondan temin edilmiştir. Ağır metal analizlerinde AAS cihazı kullanılmıştır.

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan alabalık örneklerin kas dokusunda birikim yapan As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin ortalama düzeyleri sırasıyla; $73,7 \pm 15,03$ $\mu\text{g/kg}$, $0,516 \pm 0,44$ $\mu\text{g/kg}$, $0,527 \pm 0,08$ mg/kg , $0,745 \pm 0,11$ mg/kg , $0,385 \pm 0,07$ mg/kg , $7,140 \pm 2,57$ mg/kg , $0,746 \pm 0,10$ mg/kg , $1,039 \pm 0,21$ mg/kg , $53,3 \pm 5,63$ $\mu\text{g/kg}$ ve $3,387 \pm 0,86$ mg/kg olarak hesaplanmıştır. Ortalama değerlere göre Fe, Zn ve Ni elementlerinin üç istasyonda da en yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu, Cd, Pb ve As elementlerinin ise en düşük konsantrasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen balıklarda ağır metaller için kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Karakaya Baraj Gölü'nde yetiştirilen alabalıkların, insanlar tarafından tüketilmesinin sağlık açısından herhangi bir risk oluşturmadığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metaller, Karakaya Baraj Gölü, Gökkuşuğu Alabalığı, Gıda Güvenliği

ABSTRACT

Investigation of Metal Concentrations in Muscle Tissues of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cultured in the Karakaya Dam Lake

This study was carried out to determine the heavy metal accumulation in muscle tissue of cultured rainbow trout in Karakaya Dam Lake. For this purpose, rainbow trout were obtained from three different stations between November 2014- April 2015. AAS is used for heavy metal analysis.

Karakaya Dam Lake taken from trout examples of Ace which accumulate in muscle tissue, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, average levels of Pb and Zn, respectively, 73.7 ± 15.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ and 0.516 ± 0.44 $\mu\text{g}/\text{kg}$ and 0.527 ± 0.08 mg / kg , 0.745 ± 0.11 mg / kg , 0.385 ± 0.07 mg / kg , 7.140 ± 2.57 mg / kg , 0.746 ± 0.10 mg / kg , 1.039 ± 0.21 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 53.3 ± 5.63 mg / kg and 3.387 ± 0.86 mg / kg was calculated. According to the mean value Fe, Zn and Ni in the three stations to have the highest concentration, Cd, Pb and As the element is determined to have the lowest concentration. The data obtained from the World Health Organization (WHO), the Food and Agriculture Organization (FAO) and the fish was determined by comparison with the Turkish Food Codex acceptable values for heavy metals. As a result, Karakaya Dam Lake rainbow trout are bred, it was found that any creation of health for human consumption.

Keywords: Heavy Metals, Karakaya Dam Lake, Rainbow Trout, Food safety.

TEŐEKKÖRLER

Bu alıőmanın her aőamasında yardım, öneri ve desteğini esirgemeden beni yönlendiren Danıőmanım Sayın Yrd. Do. Dr. Gülderen KURT KAYA'ya, hem laboratuvar hem de tez yazımı aőamalarında fikir ve yardımlarını esirgemeyen İkinci Danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Memet VAROL'a, laboratuvar çalışmalarına yardımcı olan Sayın M. Raőit SÜNBÖL'e ve analiz çalıőmaları için laboratuvar imkanlarının kullanımına izin veren Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürü Sayın Hakan AKGÜN'e, hayatımın her aőamasında olduğu gibi, çalıőmamın baőından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teőekkür eder saygılar sunarım.

Alper ALP

TUNCELİ - 2015

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜRLER	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
RESİMLER LİSTESİ	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	3
1.2. Ağır Metaller	2
1.2.1. Arsenik (As)	6
1.2.2. Kadmiyum (Cd).....	7
1.2.3. Krom (Cr)	7
1.2.4. Kobalt (Co).....	7
1.2.5. Bakır (Cu).....	8
1.2.6. Demir (Fe)	8
1.2.7. Mangan (Mn).....	9
1.2.8. Nikel (Ni)	9
1.2.9. Kurşun (Pb)	10
1.2.10. Çinko (Zn)	10
1.3. Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS)	11
1.3.1. Mikrodalga Yöntemi	11
2. MATERYALveMETOT	13
2.1. Çalışma alanı	13
2.1. Materyal.....	13
2.2. Metot	16
2.4. İstatistiksel Analizler	17
3. BULGULAR	18
4. TARTIŞMA	29
5. SONUÇ	33

6.	ÖNERİLER.....	34
	KAYNAKLAR.....	35
	ÖZGEÇMİŞ	39

SEKİLLERLİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Sucul ortamlarda ağır metallerin balıklara geçme yolu.	5
Şekil 2.1. Örnekleme istasyonlarını gösteren harita.....	14
Şekil 3.1. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen As düzeyleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	19
Şekil 3.2. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Cd düzeyleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	20
Şekil 3.3. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Cr düzeyleri (mg/kg)	21
Şekil 3.4. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Co düzeyleri (mg/kg)	22
Şekil 3.5. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Cu düzeyleri (mg/kg)	23
Şekil 3.6. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Fe düzeyleri (mg/kg)	24
Şekil 3.7. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Mn düzeyleri (mg/kg).....	25
Şekil 3.8. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Ni düzeyleri (mg/kg)	26
Şekil 3.9. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Pb düzeyleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$).....	27
Şekil 3.10. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Zn düzeyleri (mg/kg).....	28

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Çeşitli sanayi ve endüstri kollarından çevreye bırakılan metal çeşitleri	3
Tablo 1.2. Bazı ağır metallerin insan sağlığına etkileri	3
Tablo 2.1. Mikrodalga yakma ünitesi prosedürü.	16
Tablo 2.2. Standart referans materyalin (TORT-3), sertifikalı referans değerleri ile bu çalışmada analiz edilen değerleri.....	17
Tablo 3.1. Ağır metal değerlerinin istasyonlara göre minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (As, Cd, ve Pb µg/kg yaş ağırlık; diğer elementler mg/kg yaş ağırlık)	18
Tablo 4.1. Ulusal ve uluslar arası standartlara göre balık kaslarındaki ağır metallerin (mg/kg, yaş ağırlık) izin verilen maksimum limitleri.....	29
Tablo 4.2. Alabalık kasında tespit edilen ağır metallere göre hesaplanan günlük ve haftalık alım değerleri ile tolere edilebilir değerlerin karşılaştırılması.....	32

RESİMLER LİSTESİ

Sayfa No

Resim 2.1. I. istasyondan bir görünüm	14
Resim 2.2. II. istasyondan bir görünüm	15
Resim 2.3. III. istasyondan bir görünüm.....	15

SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

As	:Arsenik
Cd	:Kadmiyum
Co	:Kobalt
Cr	:Krom
Cu	:Bakır
Fe	:Demir
kg	:Kilogram
M	:Metre
mg	:Miligram
mL	:Mililitre
mg/L	:1 Litre Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Miligram Cinsinden Miktarı
µg/L	:1 Litre Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Mikrogram Cinsinden Miktarı
µg/g	:1 Gram Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Mikrogram Cinsinden Miktarı
mm	:Milimetre
Mn	:Mangan
Ni	:Nikel
Pb	:Kurşun
Zn	:Çinko
°C	:Santigrat derece

Kısaltmalar

AAS	:Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
FAO	:Gıda ve Ziraat örgütü
HDPE	:Yüksek Yoğunluklu Polietilen Kap
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Geçmişten beri insanoğlu doğal çevresini kirletmekte, değiştirmekte ve doğada var olan dengeleri bozmaktadır. İçinde yaşadığımız dönemde, denetimsiz ve düzensiz gelişen endüstri ve hızlı nüfus artışı gibi faktörler doğal çevreyi önemli derecede tahrip etmektedir. Çevrenin temel öğeleri olan hava, su ve toprakta oluşan kirlilik neticesinde, insan hayatı ve geleceği olumsuz yönde etkilenmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Katalay ve ark., 2005; İsan, 2010).

Kirletici maddelerin özellikle sucul ortamlara deşarj edilmesi ve çeşitli etkileşimler sonucu insanoğlunun yaşantısını olumsuz yönde etkileyen kimyasal ve biyolojik değişimlere neden olması, dünya üzerinde bu konuya karşı endişenin her geçen gün hızla artmasına yol açmıştır. Bu da çeşitli kirleticilerin canlılardaki birikim miktarları ve etkileri konusunda çeşitli bilimsel çalışmalar yapılmasına neden olmuştur (Göksu, 2003; İsan, 2010).

Ağır metaller çevresel sorunlar içinde en tehlikeli kirleticiler olarak kabul edilmektedir. Çünkü ağır metaller fiziksel yöntemlerle ayrışmayıp, uzun zaman mevcudiyetleri devam etmektedir (Kasassi ve ark., 2008). Tüm ağır metaller Esansiyel veya esansiyel olmasın biyolojik sistemdeki birikimleri belli bir düzeyde olmalıdır yoksa ağır metaller toksiktir (Anton ve ark., 2000). Ağır metaller; temas ile besin yoluyla hatta solunum yoluyla metabolizmaya girerler. Ağır metaller kısa ve uzun vadede pek çok hastalığın başta kanser olmak üzere, bunlara davranış bozuklukları da dâhildir. Mineral maddelerden bazıları insan ve hayvanlar için faydalıyken, bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum gibi bazı metaller belli sınırların üzerinde vücuda alındığı zaman farklı sağlık sorunlarına yol açar. Özellikle Pb ve Cd çok az miktarda bile organizmalar için zararlıdır. Bundan dolayı toksik etki gösteren ağır metallerin gıdalardaki miktarı belli limitlerde sınırlandırılmıştır (Yazkan ve ark., 2002). Özellikle ağır metal kirliliğinin fazla olduğu sulardan avlanan su ürünleri, insan sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir.

Ağır metallerin, çok yoğun olduğu ortamda uzun süre kalabildikleri için, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirir ve besin zincirine karışıp insan sağlığını tehdit eder. (Canpolat, 2001). Bu nedenlerden dolayı bugüne kadar sucul ekosistemlerde yaşayan balık türlerinde birikim yapan ağır metallerin düzeyleri ve insan sağlığına etkileri ile ilgili

birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir (Dalman ve ark., 2006; İsaç, 2010).

Ülkemizin en önemli baraj göllerinden biri olan Karakaya Baraj Gölü, alabalık yetiştiriciliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Keban Baraj Gölü'nün dip kısmından gelen soğuk ve temiz sulardan dolayı Karakaya Baraj Gölü'nün özellikle yukarı bölgesi, ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliğine oldukça elverişlidir. Şu ana kadar Karakaya Baraj Gölü'nde kültüre alınmış alabalıklarda metal birikimi ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, Karakaya Baraj Gölü'nde yetiştiriciliği yapılan alabalıkların kas dokusunda birikim yapan bazı ağır metallerin konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Ağır Metaller

Zehir etkisi gösteren maddeler, suda düşük düzeylerde bulunsalar dahi insan sağlığını tehdit edebilirler. Eser miktarlarda bile sakıncalı olabilen bu maddelerin en önemli grubunu, ağır metaller diye adlandırılan Cr, Pb, Mn, Ag, As, Hg, Ni, Zn gibi elementler oluşturmaktadır. Ağır metaller, özgül ağırlığı 5 gr/cm^3 'ten fazla olan elementlerdir. Toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikmesi de söz konusudur (Köse, 2007).

Ağır metaller, su kaynaklarına, asit yağmurlarının toprağa geçmesiyle bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi , çözünen ağır metallerin göl, ırmak ve yeraltı sularına ulaşmasıyla veya endüstriyel atıklarla geçerler. Ağır metallerin çevreye yayılımının da etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler Tablo 1.1 de görüldüğü gibi çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir (Yılmaz ve ark., 2011).

Tablo 1.1. Çeşitli sanayi ve endüstri kollarından çevreye bırakılan metal çeşitleri (Yılmaz ve ark. 2011).

Sanayi kolu	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
Demir-çelik sanayi	+	+	+	+	+	+
Petrokimya	+	+	-	+	-	+
Gübre sanayi	+	+	+	+	+	+
Kağıt endüstrisi	-	+	+	+	+	-
Enerji üretimi (termik)	+	+	+	+	+	+
Klor-alkali üretimi	+	+	-	+	-	+

Ağır metaller yerkabuğunda doğal olarak bulunurlar. İnsan vücuduna içme suyu, gıdalar ve hatta hava yolu ile girerler. İnsan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için bazı ağır metaller (örneğin bakır, çinko) gerekli olup, insan sağlığına faydalı doğal olarak bulunan bazı ağır metaller de vardır. Ağır metallerin normal olarak vücutta bulunma oranı yükseldiği takdirde, vücutta toksik etki yapmaya başlarlar (Radjaei, 2006). İnsan vücudu için zararlı olan ağır metallerden bazılarının etkileri Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2. Bazı ağır metallerin insan sağlığına etkileri (Aydın ve Yıldız, 2004; Demirci, 2010).

Metal	Olumsuz Etkileri
Arsenik (As)	Arsenik sindirim, deri ve solunum yoluyla alınır. Saç, tırnak, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojen etkiye sahiptir.
Kadmiyum (Cd)	Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemoglobin düzeyleri.
Krom (Cr)	Deri lezyonları, ülser, kanser, sindirim yaraları, solunum yolları zedelenmesi.
Kobalt (Co)	Buharlarının solunması ile solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, mide tahrişi ve çeşitli karaciğer etkileri.
Bakır (Cu)	Karın ağrısı, kusma, kanama, bitkinlik, kansızlık, sarılık, soluma zorluğu, akyuvar çoğalması.
Demir (Fe)	Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir toksitesine rastlanır.
Nikel (Ni)	Aşırı dozları kansere sebep olabilir.
Kurşun (Pb)	Kansızlık, kas kilitlenmesi, diş eti mavileşmesi, inme, beyin kanaması, sinir sistemi hastalıkları, akıl bozukluğu
Çinko (Zn)	Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi ve çeşitli karaciğer etkileri.

Ağır metaller biyolojik bakımdan esansiyel elementler, iz elementler ve metaloitler olarak üç gruba ayrılmaktadır (Kaptan ve Tekin- Özan, 2014). Bu üç gruptan iz elementler ve metaloitler genel olarak ağır metaller şeklinde adlandırılmaktadır (Förstner ve Wittmann, 1981).

1- Esansiyel elementler: Bunlar, canlının yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmesi için mutlaka ihtiyaç duyulan elementlerdir. Örnek olarak kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum gibi elementler verilebilir (Förstner ve Wittmann, 1981; Kocataş, 2008; Kaptan ve Tekin- Özan, 2014).

2- İz elementler: Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan, yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etki yapan elementlerdir. Bu elementler vitamin ve enzimlerin yapısına girerek biyokimyasal olaylarda katalizör rolü oynarlar. Demir, bakır, kobalt, mangan, çinko, molibden, krom gibi (Förstner ve Wittmann, 1981; Kocataş, 2008; Kaptan ve Tekin- Özan, 2014).

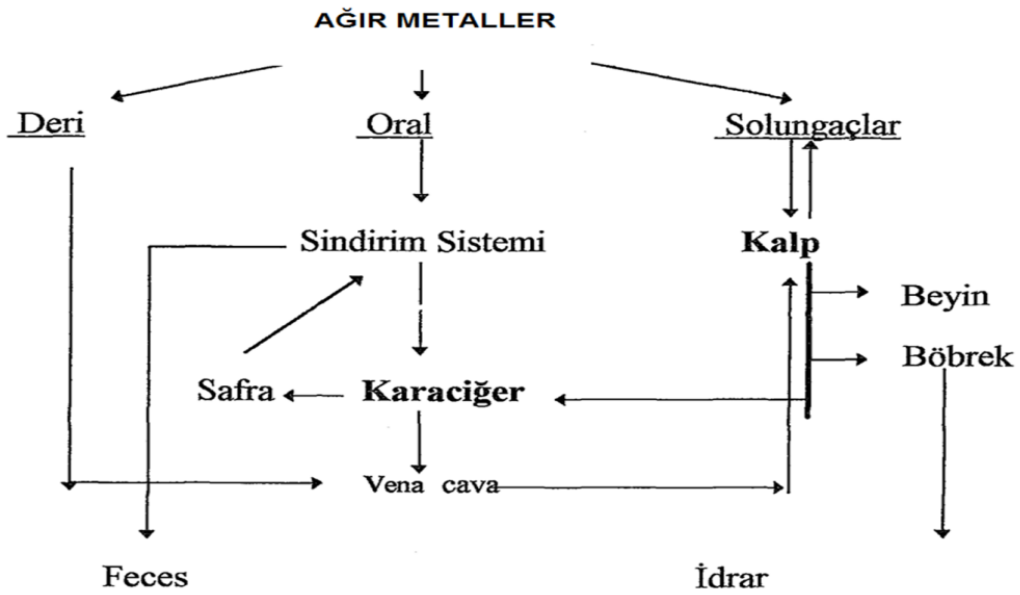
3- Metaloitler: Metabolik aktivite için genellikle gerekli olmayan ve oldukça düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki oluşturan elementlerdir. Bu elementlere örnek olarak kadmiyum, arsenik, civa, kurşun, kalay, selenyum, berilyum verilebilir (Förstner ve Wittmann, 1981; Kaptan ve Tekin- Özan, 2014).

Sucul ortamdaki ağır metallerin balıklar tarafından alınımı başlıca solungaçlar, vücut yüzeyi (deri) ve sindirim sistemi ile olmaktadır (Şekil 1.1). Vücuda alınan metaller, taşıyıcı proteinlere bağlı bir halde kan yolu vasıtasıyla doku ve organlara taşınmakta ve dokulardaki metal bağlayıcı proteinler tarafından bağlanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadırlar (Şentürk, 2013; Kaptan ve Tekin- Özan, 2014).

Solungaçlardan absorpsiyon: Solunum için ağıza alınan sudaki oksijen solungaçlar tarafından vücuda alınırken suda bulunan ağır metaller de solungaçlardaki lameller tarafından vücuda alınmaktadır (Heath, 1987). Solungaçlar ağır metal birikiminde önemli rol oynamaktadırlar ve yüksek birikim potansiyeline sahiptirler (Shah, 2002). Ağır metal içeren solunum suyu, geniş yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleriyle etkileşime geçmekte ve solungaçlardan vücuda sürekli olarak metal alınmaktadır (Kalay ve ark., 2004; Kaptan ve Tekin- Özan, 2014).

Deri yolu ile absorpsiyon: Balıkların derileri toksik maddelerle devamlı temas halindedir. Derinin ağır metallere karşı geçirgenliğinin az olması nedeniyle balıkların deri yoluyla zehirlenmeleri daha az görülür (Kardede, 1997; Kaptan ve Tekin- Özkan, 2014).

Sindirim sisteminden absorpsiyon: Balıklarda görülen zehirlenmelerin çoğu ağız yoluyla alınan toksik maddeler nedeniyle olur. Bunun sonucunda sindirim sistemi tarafından gerçekleşen emilim zehirlenme açısından önemlidir. Şekil 1.1 'de görüldüğü gibi sindirim sisteminin absorbe ettiği toksik maddeler, dolaşım sistemi yoluyla tüm vücuda yayılarak zehirlenmelere neden olabilmektedir. Bu zehirli maddelerin toksik etkisi, vücuda alınan toksik maddenin şiddetine, türüne ve absorbe edilen madde miktarına göre farklılık gösterir (Dökmeci, 1988; Kaptan ve Tekin- Özkan, 2014).



Şekil 1.1. Sucul ortamlarda ağır metallerin balıklara geçme yolu (Şentürk, 2013)

Balıkların farklı dokularında biriken ağır metallerin düzeyi ortamda bulunan ağır metal türüne, ağır metalin miktarına, balığın ağır metal ile etkileşim sürecine, metabolik aktivitelerine, yaşına, doku ve organlar ile suyun fizikokimyasal özelliklerine, gelişimin hangi evresinde bulunduğuna göre değişir (Kaptan ve Tekin- Özkan, 2014). Balıkların doku ve organlarındaki ağır metal miktarı, ağır metalin vücuda alınma, depolanma ve vücuttan atılma miktarına bağlı olarak da değişmektedir (Kaptan ve Tekin- Özkan, 2014).

Ağır metallerin balıklardaki birikimi ve toksik etkisi suda bulunan oksijen miktarına, tuz miktarına, ışık miktarına, suyun sertliğine, suyun organik bileşimine, suyun pH değerine ve metal konsantrasyonuna göre değişmektedir. Ayrıca balıkların türüne, mevsimsel değişmelere, vücut kütlesine, balığın cinsiyetine ve balığın üremesine göre de değişir (Çoğun, 2008; Kaptan ve Tekin- Özan, 2014).

Balıklardaki ağır metal miktarı, balığın beslendiği besin türüne göre de çeşitlilik gösterir. Genel itibariyle karnivor balık türlerinde, herbivor türlere nazaran ağır metal birikiminin daha fazla olduğu görülür. Besin zincirinin üst trofik düzeyinde bulunan balıklar besin yoluyla daha alt basamaktaki canlılardan ağır metal alırlar. Bunun sonucunda vücutta biriken ağır metallere kronik ve akut zehirlenmelere neden olurlar (Haesloop ve Schirmer, 1985; Kaptan ve Tekin- Özan, 2014). Önemli protein kaynağı olarak tüketilen ve biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan balıklarda giderek artan ağır metal birikimi hem balıklarda toksik etki yaratmakta hem de insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Kaptan ve Tekin- Özan, 2014).

1.2.1. Arsenik (As)

Periyodik cetvelde bulunan VA grubunda yer alan yarı metal bir elementtir. Volkanik aktivitesi olan ve jeotermal bölgelerde bulunur. As gaz (arsin), Elemental, organik ve inorganik formlarda bulunur. En toksik formu gaz formudur. Doğada en çok bulunan formu inorganik arseniklerden arsenik trioksittir. İnsanlar günlük 300 µg alabilirler. Arsenik ppm'den ppd'ye değişen konsantrasyonlarda canlı organizmalarda, toprakta ve suda bulunur. İnsan sağlığı üzerine toksisite etkisi bakımından arsenik bileşiklerini değerlendirildiğinde bileşiğin formu önemlidir. İnsan sağlığı açısından olumsuz etki yapan arsenik bileşiği solunum yolu ile alınan arsenik hidrür (AsH_3) dır (URL-1, 2015).

Arsenik, Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme sularındaki en tehlikeli kimyasal olarak tespit edilmiş, en fazla kansorejen etki taşıyan, özellikle akciğer ve mesane kanseri açısından risk oluşturan elementtir. Bunun yanında böbrek ve cilt kanserlerine de sebep olabilir. Beyin ve sinir sisteminde, kalp damar sisteminde olumsuz etkileri de vardır (URL-2, 2015).

1.2.2. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyumun doğada tek başına bulunduğu minerali olmayıp doğada başlıca sülfür tuzu halinde bulunur. Ayrıca fosil yakıtların yanması sonucu baca gazları ve katı partiküller içinde çevreye önemli ölçüde kadmiyum yayılır. Ancak sulara genellikle endüstri atıklarından karışır. Sigara dumanı da yüksek düzeyde kadmiyum içerir. Kadmiyum; tütün dumanı ile akciğerlere taşırken, kanla birlikte vücudun diğer kısımlarına da taşınır. Vücudun bu kısımlarında toksik etkiye sebep olabilir. İnsanlar kadmiyumu solunum yoluyla aldıklarında, kadmiyum ciddi olarak akciğerlere zarar verebilir. Ölüme bile neden olabilir (URL-3, 2015). Vücuda değişik yollarla giren kadmiyum hemen hemen tüm dokularda birikir. En çok biriktiği organlar karaciğer, böbrek, dalak, pankreas ve testislerdir. Kadmiyumun birçok organda tümör oluşturduğu deneysel olarak kaydedilmiştir (Waalkes ve ark., 1999).

1.2.3. Krom (Cr)

İnsanlar kroma, solunum yoluyla, yeme - içme ile maruz kalabildikleri gibi deri teması ile de maruz kalmaktadırlar. Krom miktarı su ve havada genelde düşüktür. Krom miktarı İçme suyunda, genellikle düşüktür ancak kontamine kuyu suları tehlikeli olan krom heksavalent kromu barındırabilirler. İnsanların çoğu için krom içeren gıdayı yemek kromu yüksek miktarda almak demektir, ayrıca krom birçok meyvede, sebzedede, ette, tahılda ve mayada doğal olarak bulunmaktadır. Gıda depolama ve hazırlamanın çeşitli yolları gıdanın krom içeriklerini değiştirebilir. Eğer gıda çelik kutu yada tanklarda saklanıyorsa, krom konsantrasyonu artabilir. İnsanlar için krom elzem bir besin ögesidir ve eksikliğinde kalp sorunları, diyabet, metabolizma aksaklıkları olabilir. Ancak çok fazla krom alımı sağlık sorunlarına neden olabilir, örneğin deri döküntülerinden burada bahsedilebilir. Özellikle çelik ve tekstil endüstrisinde çalışan insanların sağlığı açısından krom oldukça tehliktir. Ayrıca sigara içen kişilerde kroma maruz kalma ihtimali daha da yüksektir. Krom solunursa, burun da tahrişlere ve burun da kanamalara neden olabilir (URL-4, 2015).

1.2.4. Kobalt (Co)

Kobalt, doğada mineral olarak birçok yerde mevcuttur, ancak insanlar genelde B12 kaynaklarıyla birlikte alırlar. Bu sebeple de en iyi kaynakların hayvansal yiyecekler

olduğundan bahsedilebilir. Hayvanlarda intestinal florada bakteriler tarafından da sentez edilir. Kobalt içme sularıyla, havadan solumun yoluyla, ve diyet yoluyla organizma tarafından alınır. Fazla miktarda alınması; kalp büyümesine, soluk alıp verme mekanizmasında bozulmaya, ve genişlemesine, karaciğer ve böbrek rahatsızlıklarına, sinüs taşikardiye ve bağışıklık sistemine olumsuz yönde etkide bulunarak astım krizlerine neden olacağı belirtilmiştir (Deveci, 2012).

1.2.5 Bakır (Cu)

Bakır, bitkilerin yaşaması ve klorofil oluşumu başta olmak üzere birçok enzimin gelişimi için mutlaka eser miktarda bulunması gereken temel elementtir. Bakır, hayvanların metabolizması ve kalpteki hemoglobin için de gerekli olan bir metal olmasının yanı sıra kanın oksijen taşıma mekanizması olayında önemli bir role sahiptir. Biyolojik önemi demire yakındır (Belce, 2002). Az miktarda bakır, enzim etkisi yapar. Yetişkin bir insan vücudunda 100 mg'dan daha fazla bakır bulunur. Bakırın gereğinden fazla birikmesi "Wilson Hastalığı" olarak bilinmektedir. Bu hastalığın belirtileri arasında karaciğer sirozu, gözde renk halkası oluşması, sinir sistemi bozuklukları sayılabilir (Baysal, 1999). Günde yaklaşık 5 mg bakır, besinler yardımıyla özümlemeye katılır. Bakır eksikliğinde demir hareketi azalacağından kan formülü bozulur ve kansızlık meydana gelir. Doğal sularda bulunan az miktardaki bakırın insana zararlı etkisi yoktur. Suda 1mg/L' den fazla bakır bulunması tadında değişme yapar. Dünya sağlık örgütünün belirlediği sınır 0.05-1.5 mg/L olup, bazı ülkelerde böyle bir sınırlama yoktur (Tofan, 2008). İnsan vücudunda hayati öneme sahip enzimlerin etkinliklerinin Cu tarafından engellenmesi, karaciğerin görevinin bozulmasına neden olarak karaciğer nekrozunu başlatır ve bu organda bakırın depolanmasına yol açar (Kaya ve Akar, 1998).

1.2.6. Demir (Fe)

Demir insan vücudu için gerekli bir element, fakat demirin fazlası da insanlar için zehirleyicidir. Aşırı miktarda alınan Fe, kan dolaşım sistemine girebilir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir. Kan dolaşımına giren Fe, karaciğer, kalp ve diğer organların hücrelerine de zarar verir. Aşırı dozda alınan Fe ölümlere ve uzun süreli organ hasarları verebilir. İnsan vücudunun dayanabileceği günlük

demir üst sınırı yetişkinlerde 45 miligram, 14 yaş altı çocuklarda ise 40 miligramdır (URL-5, 2015). Dünyada milyonlarca kişinin yaşam kalitesini ve iş gücünü etkileyen demir eksikliği, insanlarda en yaygın görülen hastalıklardan biridir (Belce, 2002). Yüksek düzeyde alınan demirin tümör oluşumuna neden olduğu da kaydedilmiştir (Aksoy, 1984).

1.2.7. Mangan (Mn)

Canlılar için önemli bir eser element olan mangan, bitki bünyesinde, Mn^{2+} formunda iletilir. Bitkilerdeki Mangan içeriği, ortamda bulunan çözülmüş Mangan miktarına bağlı olduğu için toprağın organik madde içeriğinden ve ortamın pH'ı etkilenir. Manganın bitkideki esas rolü katalizör olması, redüksiyon, oksidasyon ve klorofil sentezinde de etkilidir (Tosun, 1992). Mangan insanlar için büyüme, beyin fonksiyonları, tiroit, üreme, yaraların iyileşmesi ve böbrek üstü bezlerinin sağlığı ile şeker, insülin ve kolesterol metabolizmasında önemli bir rol oynar. WHO (Dünya Sağlık Örgütü) manganın, maksimum içme suyunda 0,5 mg/L düzeyinde olduğunu belirtmiştir. Uzun süreli mangana maruz kalındığında veya günlük gereksinimden fazla miktarda Mn alındığında yüksek düzeyde zehir etkisi göstererek şiddetli kramplar ve farklı derecede halüsinasyonlarla kendini gösteren zehirlenmelere neden olur (Sanlı, 2002).

1.2.8. Nikel (Ni)

Nikel, doğada çoğunlukla demirle birlikte bulunurlar. Nikel cevheri, demirsiz alaşımlarda, elektro kaplamada, başlıca paslanmaz ve alaşım çeliği üretiminde kullanılır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahrip etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. İnsanlar nikel içme suyuyla, gıdaların tüketimiyle, sigara içilmesiyle veya solunum yoluyla maruz kalabilir.

Nikelin aslında az miktarda alınması vücut için gereklidir; fakat yüksek düzeyde insan sağlığı için tehlikeli arz etmektedir. Çikolata ve katı yağlarda, yüksek oranda nikel içerdiği bilinmekte olup gıda maddelerinde ise doğal olarak küçük miktarlarda nikel bulunur. Bitkilerin nikeli topladığı bilinir. Sebzelerin kirli topraklardan elde edilip fazla miktarda tüketilirse, nikel alımı artacaktır (Kars, 2007). Ni fazla miktarda alınması, doğum kusurları, astım, kalp rahatsızlıkları, akciğerlerde tıkanma, solunum yetersizliği ve kronik bronşit gibi hastalıklara neden olabilir.

1.2.9 Kurşun (Pb)

Kurşun, yer kabuğunda esas olarak sülfür mineralleri (özellikle PbS) şeklinde bulunur. Bunun yanı sıra birçok kayaç oluşturan mineralin yapısında (magmatik kökenli potasyum ve kalsiyum minerallerinde) yer alır. Bozunma ürünleri olarak sülfat, karbonat, fosfat, kromat, vanadat bileşikleri şeklinde sedimanter kayaçlarda ve toprakta bulunur (Goldscmidt, 1958). Doğal ve kirlenmiş sulardaki kurşun kayaçlardan, topraktan ve esas olarak insan aktivitelerinden kaynaklanır. Pb cevherinin işlenmesi sırasında ve Pb'li yakıtların kullanımıyla, atmosfere ve sulara bir miktar Pb yayılır. Bunun yanı sıra metalik kurşun ve bileşikleri akümülatör, boru, metal yağları, boya, fotoğraf malzemesi, patlayıcı üretiminde ve matbaacılıkta kullanılmaktadır (Mc Neely ve ark., 1979). Tampon özelliği düşük olan sular veya asidik özellikteki su dağıtım şebekelerindeki Pb borulardan önemli miktarda Pb çözebilmektedirler. Pb inorganik ve organik sedimanların yüzeyine absorblanması ve Mn oksitlerle birlikte çökmesi, yüzey ve yeraltı sularında düşük derişimlerde bulunmasına yol açar (Hem, 1985). Kurşun miktarı nadiren doğal sularda büyük değerlere ulaşır. Çoğu göllerde ve akarsu derişimleri 0,001-0.010 mg/L arasında değişir.

Endüstriyel kaynaklı kirlenmeye bağlı olarak daha yüksek değerler de görülebilir. Solunum yoluyla havadan da bir miktar kurşun alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan kurşunun bir kısmı vücutta absorblanmaktadır. Yetişkinlerde suyla alınan kurşunun ortalama %10'u absorblanır. İnsan vücudu tarafından absorblanan kurşun kana geçerek yumuşak dokulara ve kemiklere dağılır. Kurşun kemiklerde zamanla birikir. Vücutta taşınan kurşunun %90'ı kemiklerde bulunur (WHO, 1984). Pb'nin balıklar üzerindeki sertlik ve çözünmüş oksijen miktarının artışı ile zehirli etkisi azalır. Tatlı sulardaki sucul hayatın korunması için kurşunun sınır değeri 0,03 mg/L olarak kabul edilmiştir (Mc Neely ve ark., 1979).

1.2.10. Çinko (Zn)

Çinko, metal kaplamalarda, alaşımlarda, boya, lastik ve kozmetik sanayisinde kullanılmaktadır. Çinko atık yakma tesislerinden çok az miktarda atmosfere atılırken, otomobil lastiklerinin yıpranmaları sonucu fazla miktarda atmosfere salınmaktadır. Çinko atmosferde aerosoller içerisinde oksitlenmiş yapıda bulunmaktadır. Arizona

havasında yapılan bir çalışmada atmosferde çinko sülfür, demirli çinko, çinko fosfit, çinko klorür ve metalik çinko olmak üzere beş farklı kimyasal yapıda bulunduğu ortaya çıkarılmıştır. Toprak ortamına yaş ve kuru çökeltme yoluyla ulaşmaktadırlar (Anderson ve ark., 1988).

1.3. Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS)

Prensip olarak diğer spektroskopik cihazlara benzerler. Önemli ana kısımları; ışın kaynağı, atomlaştırıcı, dalga boyu seçici, dedektör, sinyal işlemci ve göstergedir. Işın kaynağı olarak tek dalga boylu ışın üreten primer ışın kaynakları kullanılır. En çok kullanılanlar oyuk katot lambalarıdır. Atomlaştırıcı, örneğin atomlaştırıldığı ve absorpsiyonun gerçekleştiği bölümdür. Cihazın bu kısmı önemlidir. Burada yapılan değişikliklerle birçok AAS teknikleri geliştirilmiştir. Monokromatör, çalışılan dalga boyunu diğer dalga boylarından ayıran kısımdır. Mercekler, prizmalar ve aynalar sisteminden oluşur. Dedektör, bu dalga boyundaki enerjiyi elektrik sinyallerine çevirir. Sinyal işlemci ve gösterge, tüm bilgileri dış ortama aktaran kısımdır (Uluözlü, 2005; Ünal, 2010).

AAS, örnekteki analiteye ait serbest atomların elde edilmesi ve oluşan bu atomların elektromanyetik ışını absorplamaları olmak üzere iki ana bölüme ayrılabilir. Örnekteki iyonlardan veya moleküllerden temel haldeki element atomlarının oluşturması, atomlaştırıcıda gerçekleştirilir. Temel düzeyde bulunan atomların elektromanyetik ışını absorplamalarıyla atomlar, uyarılmış elektronik düzeye geçerler. Absorpsiyonun büyüklüğü, analit derişimi ve temel düzeydeki atomların derişimine bağlıdır. Analit derişimi absorbansın ölçülmesiyle bulunabilir (Özkan, 2007; Demirci, 2010).

1.3.1 Mikrodalga Yöntemi

Hem inorganik hem de organik numunelerin parçalanması için mikrodalga fırınların kullanılması ilk önce 1970'lerin ortalarında önerilmiş ve günümüzde örnekleri hazırlamak için önemli bir metot haline gelmiştir. Mikrodalga parçalaması hem açık kapta hem de kapalı kapta yürütülebilir; ama daha yüksek basınçlar ve sıcaklıklar elde edilebilmek için kapalı kap daha çok tercih edilir (Demirel, 2005; Demirci, 2010).

Mikrodalga parçalamasının başlıca üstünlüğü hızlı olmasının yanı sıra bir ısıtıcı veya alev tabla kullanılarak yapılan parçalama işlemleridir. Tipik olarak zor numunelerin mikrodalga parçalanması bile beş ile on dakikada tamamlanabilir. Buna karşılık, parçalanma bir alev veya ısıtıcı tabla ile ısıtılarak yapıldığında aynı sonuçlar için birkaç saat gereklidir. Mikrodalga parçalama işlemi sırasında uygulanan güç, zaman, ortamda parçalamayla oluşan basınç, parçalama sıcaklığı ve parçalama reaktifinin kimyasal gücü mutlaka denetim edilmesi gereken kritik değerlerdir. Mikrodalga parçalama işlemi kapalı ve açık kaplarda olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Kapalı sistemde asit /asit karışımı ile örnek yüksek basınç altında teflon tüp içerisinde etkileştirilir ve mikrodalga enerjisi gönderilerek ısıtma yapmak suretiyle çözünürleştirme gerçekleştirilir. Açık sistemlerde ise asit/asit karışımı ile örnek birlikte bir tüp içine alınır ve mikrodalga enerjisi gönderilerek ısıtma yapmak suretiyle çözünürleştirme yapılır (Demirel, 2005; Başgel, 2005;Demirci,2010).

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Çalışma alanı

Karakaya Baraj Gölü, Elazığ, Malatya, Adıyaman ve Diyarbakır il sınırları içerisinde yer almakta olup, su ürünleri açısından önemli bir potansiyele sahiptir. 1987 yılında faaliyete geçen Karakaya Barajı, Fırat Nehir Havzası üzerinde bulunan önemli su rezervuarlarından biridir. Göl alanı bakımından Türkiye'nin üçüncü büyük baraj gölü olup, 38° 8'-39° 13' doğu boylamları ile 38° 47'-38° 8' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Karakaya Barajı, Atatürk Barajı'ndan sonra, elektrik enerjisi üretmesi bakımından Türkiye'de ikinci sırada yer almaktadır. Baraj gölünün ana akarsuyunu Fırat Nehri teşkil etmekle birlikte, Sultansuyu ve Tohma Çayı da baraja önemli su girdisi sağlamaktadır. Normal su kotunda göl hacmi 9.580 hm³, göl alanı ise 268 km² 'dir. Karakaya Baraj Gölü'nde ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliği yapan işletmelerin kiraladıkları toplam su alanı 18,24 hektardır. Mevcut alan içerisinde 43 adet ağ kafes işletmesinde 6.060 ton/yıllık alabalık yetiştiriciliği yapılmaktadır.

2.1. Materyal

Tez çalışması, Kasım 2014-Nisan 2015 ayları arasında Karakaya Baraj Gölü'nün yukarı bölgesinde yer alan 10. Avlak Sahasında farklı üç istasyondaki (Şekil 2.1- Resim 2.1 -2.3) toplam altı yetiştiricilik çiftliğinden örneklenen 180 adet gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ile yürütülmüştür. Araştırmada ağırlıkları 175±336 gr, total boyları 22±29,5 cm ve çatal boyları 20 ±26,8 cm arasında değişen balıklar kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Örnekleme istasyonlarını gösteren harita.



Resim 2.1. I. istasyondan bir görünüm



Resim 2.2. II. istasyondan bir görünüm



Resim 2.3. III. istasyondan bir görünüm

2.2. Metot

İşletmelerden temin edilen örnekler temiz polietilen torbalara konularak, içerisinde buz aküleri bulunan taşınabilir soğutucu içerisinde yerleştirilerek en kısa zamanda laboratuara ulaştırılmıştır. Laboratuara getirilen örneklerin ağırlık ve boy ölçümleri yapıldıktan sonra örnekler etiketlenerek tekrar polietilen torbalara konularak analiz aşamasına kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir.

Alabalık örneklerinin kas dokusunda ağır metal birikimi (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) incelenmiştir. Kas dokusu, alabalık örneklerinin operkulum ile dorsal yüzgeçleri arasındaki bölgeden alınarak homojenize edildikten sonra 1 gr tartılarak mikrodalga ünitesinin teflon tüplerine bırakılmıştır. Tüplerin içerisine 8 ml HNO₃ ve 2 ml H₂O₂ ilave edilerek Tablo 2.1’deki mikrodalga yakma prosedürü izlenmiştir.

Tablo 2.1. Mikrodalga yakma ünitesi prosedürü

Adım	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)	100	140	160	180	0
Çıkış süresi (dk)	3	3	3	3	0
Bekleme süresi (dk)	3	3	1	20	5
Güç (%)	100	100	100	100	0
Basınç (bar)	-	-	-	-	-
Maksimum güç (watt)	800	1600	1600	1600	10

Mikrodalga programı sona erdikten sonra mikrodalga tüplerinin içeriği çeker ocak altında filtre kağıdından süzülerek 50 ml hacimli ve taksimatlı falkon tüplere aktarılmış ve ultra saf su ile 50 ml’ye tamamlanmıştır. Ağır metal analizleri için her bir elemente ait kalibrasyon standartları hazırlandıktan sonra analize hazır hale getirilen örneklerin ağır metal düzeyleri alevli ve grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) cihazı (Thermo Scientific ICE 3000 marka) kullanılarak ölçülmüştür. Arsenik, Cd ve Pb analizleri grafit fırınlı AAS ile yapılırken, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn analizleri ise alevli AAS ile yapılmıştır.

Ayrıca bu tez çalışmasında standart referans madde olarak TORT-3 kullanılmış olup, sertifikalı referans değerler ile analiz sonucu bulunan değerler Tablo 2.2 'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Standart referans materyalin (TORT-3), sertifikalı referans değerleri ile bu çalışmada analiz edilen değerleri

Ağır Metal	Referans Değer (mg/kg)	Bulunan Değer (mg/kg)	Geri Kazanım (%)
As	59,5	57,8	97
Cd	42,3	43,6	103
Cr	1,95	2,12	109
Co	1,06	1,17	110
Cu	497	492	99
Fe	179	167	93
Mn	15,6	14,3	92
Ni	5,5	5,8	105
Pb	0,225	0,239	106
Zn	136	139	102

2.4. İstatistiksel Analizler

İstasyonlardan alınan gökkuşağı alabalığı örneklerinde ölçülen metal konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklar tek yönlü varyans analizi (one way ANOVA) ile 0,05 önem düzeyinde değerlendirilmiştir. İstatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik programına göre yapılmıştır.

3. BULGULAR

Karakaya Baraj Gölü'nde belirlenen işletmelerden yetiştiricilik süresince (Kasım 2014-Nisan 2015) alınan toplam 180 adet alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) örneğinin kas dokusunda ağır metal birikimi incelenmiştir (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn). Çalışma süresince elde edilen ağır metal değerlerinin istasyonlara göre minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

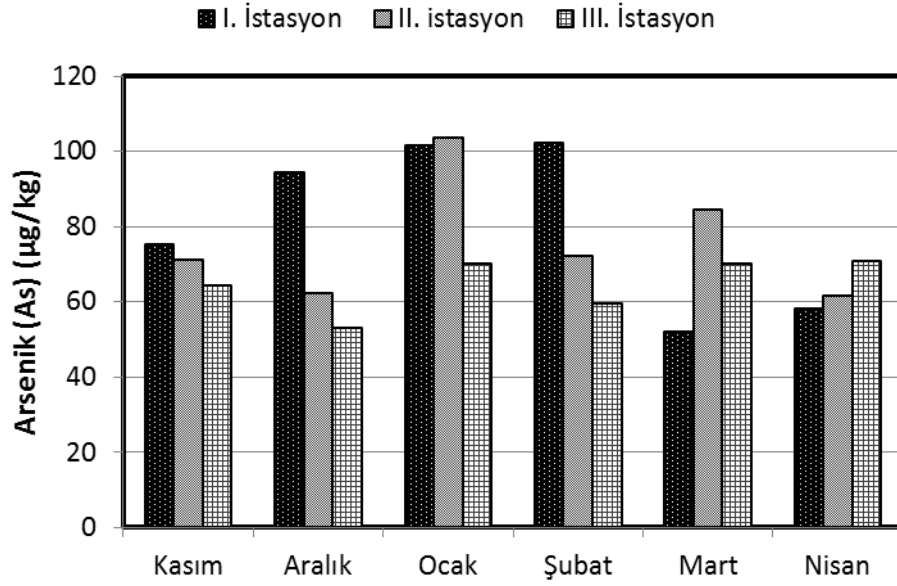
Tablo 3.1. Ağır metal değerlerinin istasyonlara göre minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (As, Cd, ve Pb µg/kg yaş ağırlık; diğer elementler mg/kg yaş ağırlık)

	I. istasyon				II. istasyon				III. istasyon			
	Min	Mak	Ort	SS	Min	Mak	Ort	SS	Min	Mak	Ort	SS
As	52,1	102,4	80,7	22,1	61,4	103,5	75,8	15,9	53,2	70,8	64,6	7,1
Cd	0,331	1,954	0,798	0,587	0,057	1,584	0,504	0,553	0,034	0,525	0,246	0,200
Cr	0,575	0,904	0,755	0,122	0,665	0,824	0,734	0,071	0,648	0,811	0,745	0,055
Co	0,275	0,672	0,511	0,131	0,436	0,692	0,565	0,102	0,328	0,687	0,506	0,122
Cu	0,23	0,524	0,389	0,104	0,323	0,506	0,403	0,078	0,294	0,431	0,364	0,057
Fe	2,533	11,323	7,474	3,478	3,251	13,297	8,300	3,232	4,217	6,989	5,645	1,019
Mn	0,505	0,951	0,784	0,176	0,619	0,845	0,731	0,087	0,666	0,761	0,722	0,040
Ni	0,792	1,362	1,041	0,225	0,789	1,336	1,050	0,191	0,792	1,349	1,027	0,231
Pb	46,0	60,6	54,7	5,9	45,8	63,4	55,2	6,0	42,5	55,3	49,9	5,0
Zn	2,862	4,974	3,517	0,765	2,405	4,491	3,203	0,720	2,035	4,628	3,443	1,109

Karakaya Baraj Gölü'nden alınan alabalık örneklerinin kas dokusunda birikim yapan As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin ortalama düzeyleri sırasıyla 73,7 µg/kg, 0,516 µg/kg, 0,527 mg/kg, 0,745 mg/kg, 0,385 mg/kg, 7,140 mg/kg, 0,746 mg/kg, 1,039 mg/kg, 53,3 µg/kg ve 3,387 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Ortalama değerlere göre Fe, Zn ve Ni elementlerinin üç istasyonda da en yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu, Cd, Pb ve As elementlerinin ise en düşük konsantrasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. Baraj gölünden alınan alabalık örneklerinin kas dokusunda ağır metal birikimi büyükten küçüğe şu şekilde sıralanmıştır: Fe>Zn> Ni> Mn>Cr>Co>Cu>As>Pb>Cd.

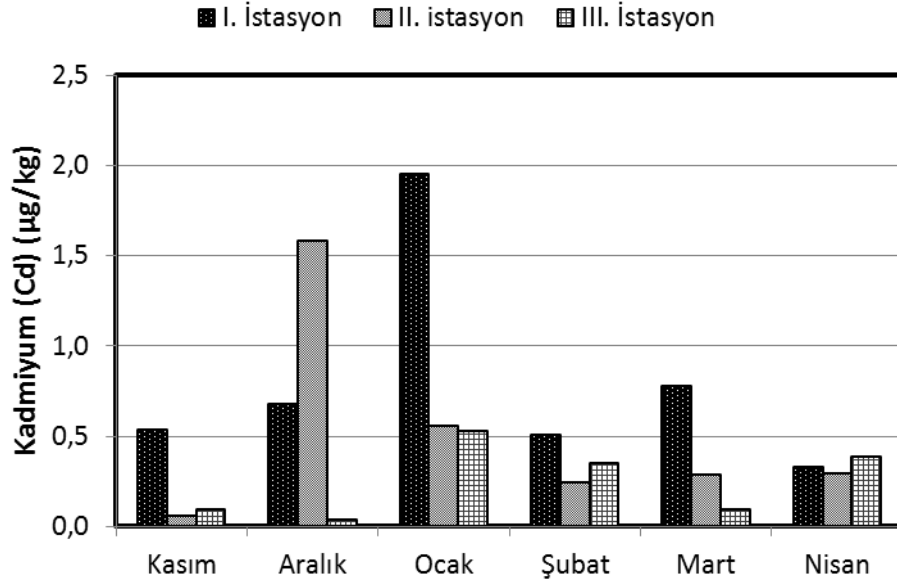
Tek yönlü varyans analizine (ANOVA) göre, Karakaya Baraj Gölü'nden alınan alabalık örneklerinin kas dokusunda tespit edilen ağır metallerin istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermediği ($P>0,05$), Fe ve Cu elementlerinin ise aylar arasında farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Karakaya Baraj Gölünde farklı üç istasyondan örneklenen gökkuşığı alabalığının kas dokularındaki As düzeyleri karşılaştırılmalı olarak Şekil 3.1’de verilmiştir. Araştırma süresince elde edilen verilere göre, en yüksek As konsantrasyonu 103,5 µg/kg olarak Ocak ayında II. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük As konsantrasyonu ise 52,1 µg/kg olarak Mart ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edilmiştir.



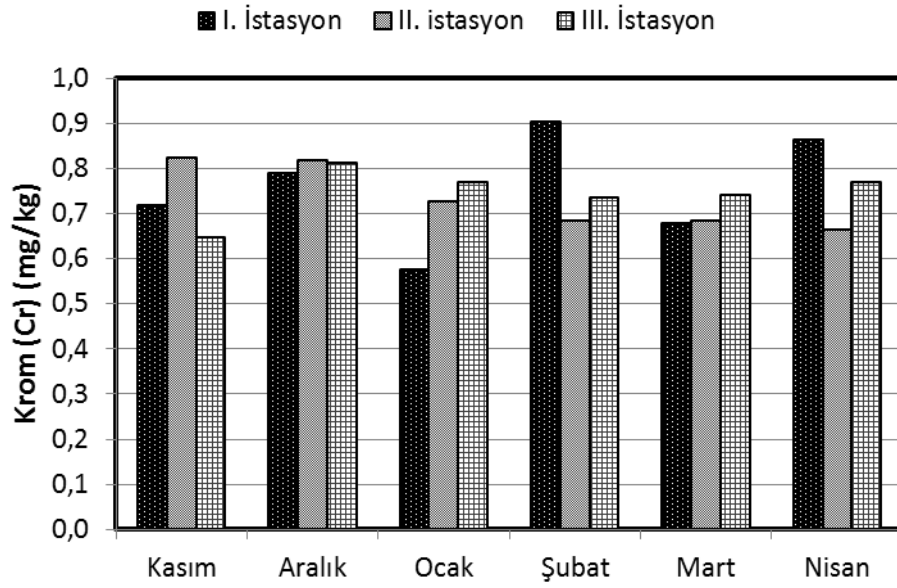
Şekil 3.1. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen As düzeyleri (µg/kg)

Araştırma süresince belirlenen Cd konsantrasyonu Şekil 3.2 'de verilmiştir. Çalışma süresince en yüksek Cd konsantrasyonu 1,954 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak Ocak ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Cd konsantrasyonu ise 0,034 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak Aralık ayında III. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edilmiştir.



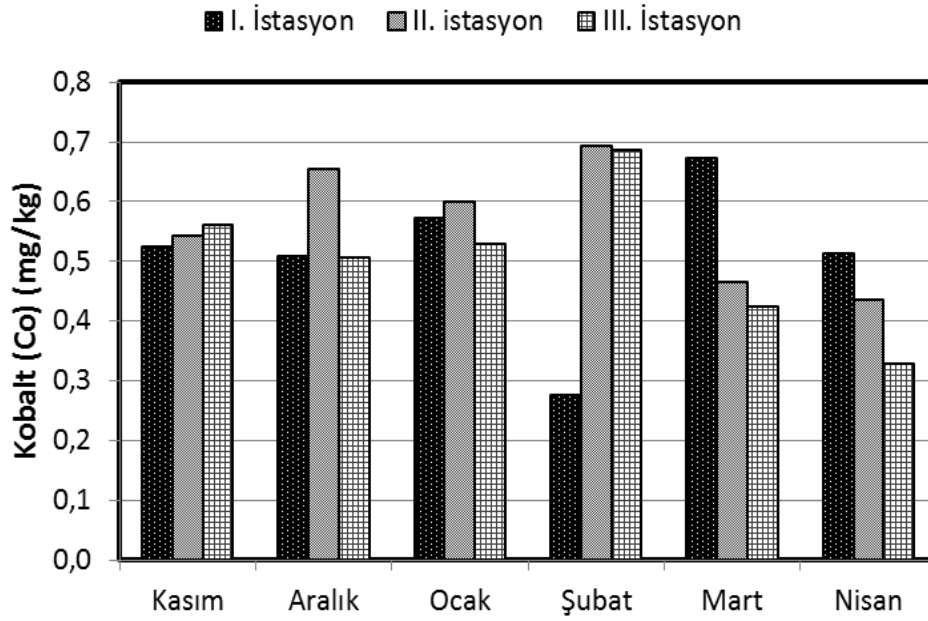
Şekil 3.2. Gökkuşáđı alabalığının kas dokusunda belirlenen Cd düzeyleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Çalışma süresince belirlenen Cr düzeyleri Şekil 3.3'te verilmiştir. En yüksek Cr konsantrasyonu, Şekilde görüldüğü gibi 0,904 mg/kg olarak Şubat ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Cr konsantrasyonu 0,575 mg/kg olarak Ocak ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde belirlenmiştir. İstasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar görülmediği ($P>0,05$) tespit edilmiştir.



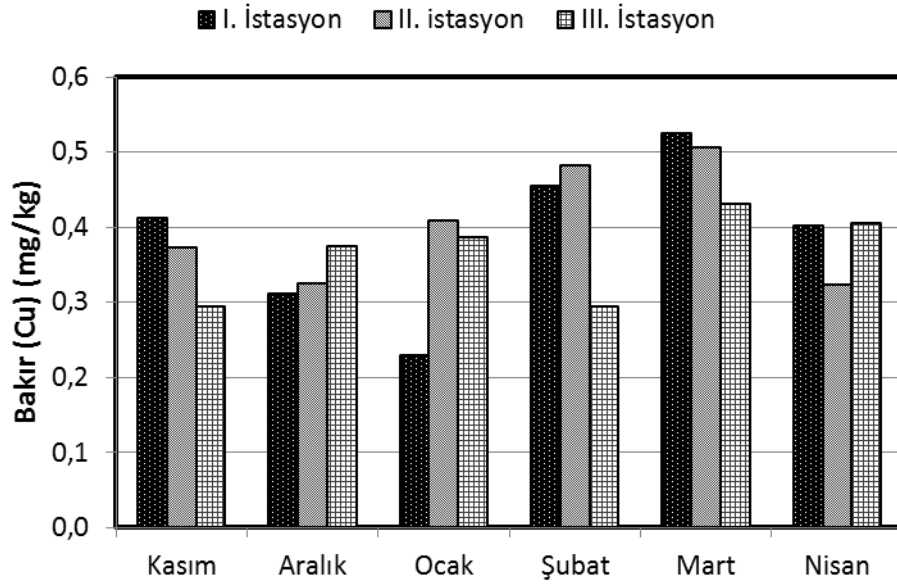
Şekil 3.3. Gökkuşuğu alabalığının kas dokusunda belirlenen Cr düzeyleri (mg/kg)

Karakaya Baraj Gölü'nde farklı üç istasyondan örneklenen gökkuşığı alabalığının kas dokularındaki Co düzeyleri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.4 'de verilmiştir. Bu veriler ışığında en yüksek Co değerinin 0,692 mg/kg olarak Şubat ayında II. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Co konsantrasyonu ise 0,275 mg/kg olarak Şubat ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edildiği saptanmıştır.



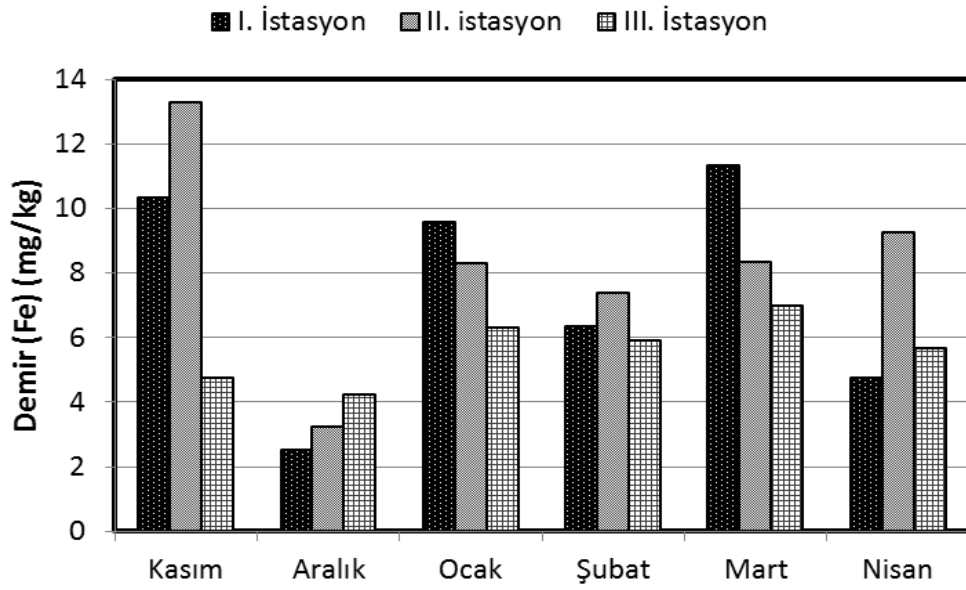
Şekil 3.4. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Co düzeyleri (mg/kg)

Araştırma süresince elde edilen Cu değerleri Şekil 3.5 'te verilmiştir. Verilere göre en yüksek Cu konsantrasyonu 0,524 mg/kg olarak Mart ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Cu konsantrasyonu ise 0,230 mg/kg olarak Ocak ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre Cu elementinin aylar arasında ve istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli ($P < 0,05$) farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir.



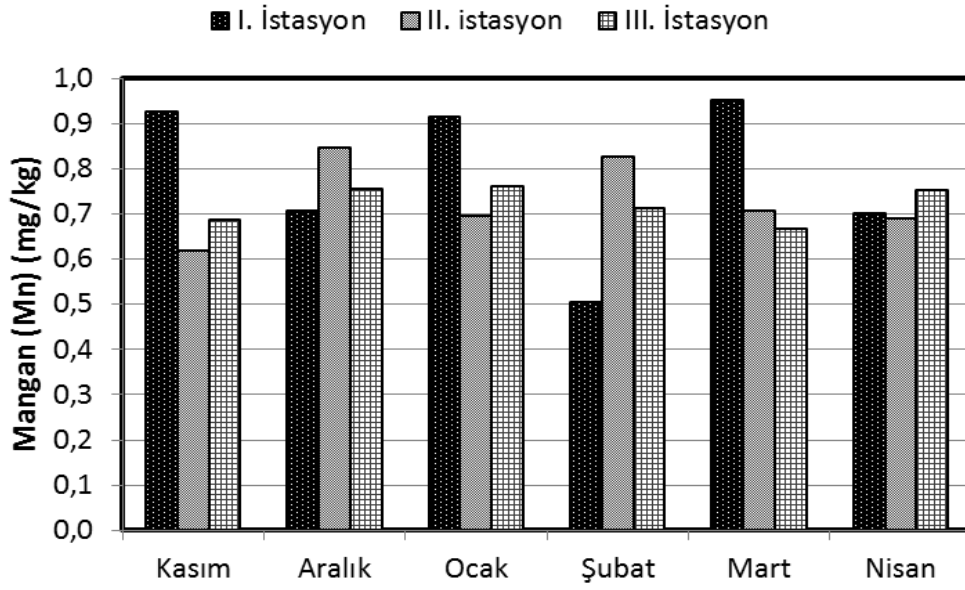
Şekil 3.5. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Cu düzeyleri (mg/kg)

Karakaya Baraj Gölü'nde farklı üç istasyondan örneklenen gökkuşığı alabalığının kas dokularındaki Fe düzeyleri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.6 'da verilmiştir. Bu verilere göre en yüksek Fe konsantrasyonu 13,297 mg/kg olarak Kasım ayında II. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Fe konsantrasyonu ise 2,533 mg/kg olarak Aralık ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edilmiştir. Demir elementinin, istasyonlar arası yapılan istatistiksel değerlendirilmesine göre önemli farklılıklar ($P<0,05$) gösterdiği tespit edilmiştir.



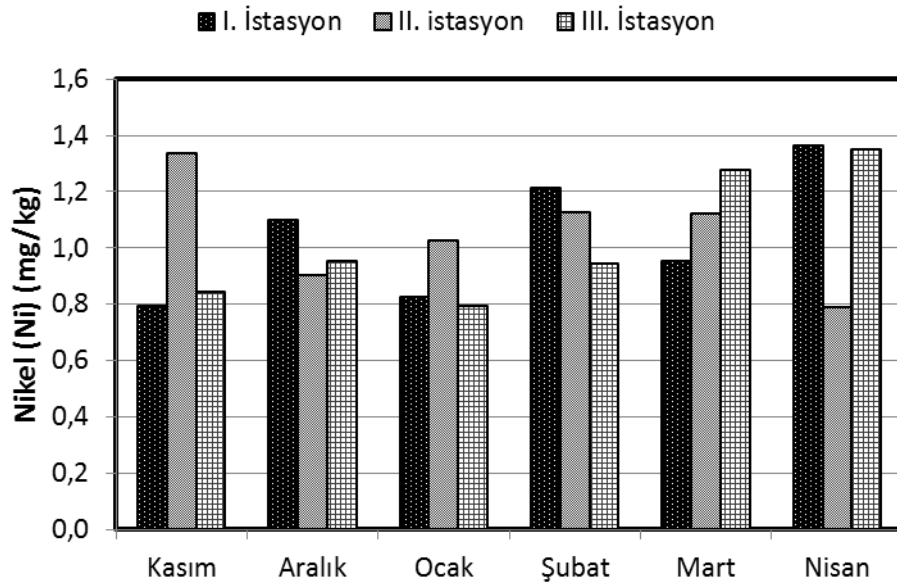
Şekil 3.6. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Fe düzeyleri (mg/kg)

Araştırmada Karakaya Baraj Gölü'nden örneklenen gökkuşağı alabalığının kas dokularındaki Mn düzeyleri karşılaştırılmal olarak Şekil 3.7 'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek Mn konsantrasyonu 0,951 mg/kg olarak Mart ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklelerinde, en düşük Mn konsantrasyonu ise 0,505 mg/kg olarak Şubat ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklelerinde tespit edilmiştir.



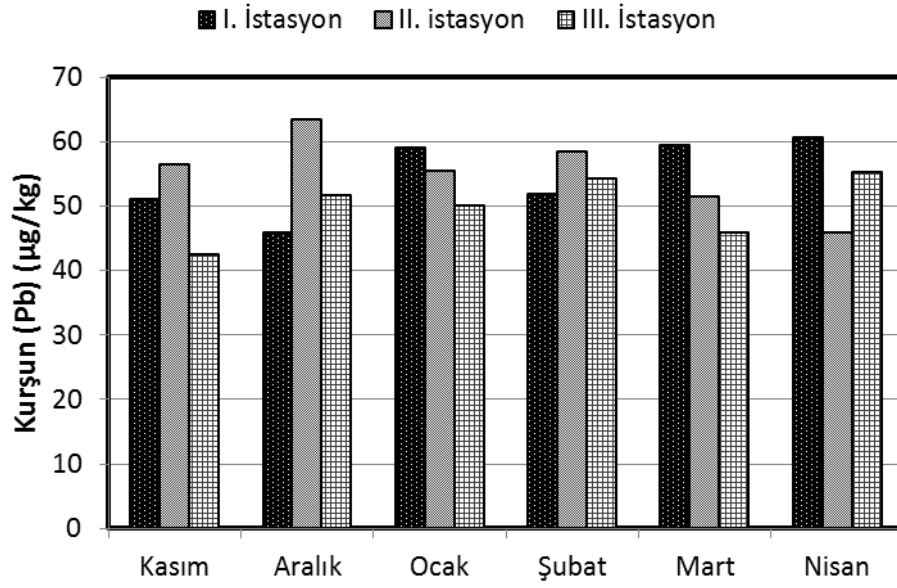
Şekil 3.7. Gökkuşağı alabalığının kas dokusunda belirlenen Mn düzeyleri (mg/kg)

Karakaya Baraj Gölü'nde örneklenen gökkuşığı alabalığının kas dokularındaki Ni düzeyleri Şekil 3.8 'de sunulmuştur. Şekilde de görüldüğü gibi en yüksek Ni konsantrasyonu 1,362 mg/kg olarak Nisan ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Ni konsantrasyonu ise 0,789 mg/kg olarak Nisan ayında II. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre istatistiksel açıdan istasyonlar arasında önemli farklılıklar göstermediği ($P>0,05$) tespit edilmiştir.



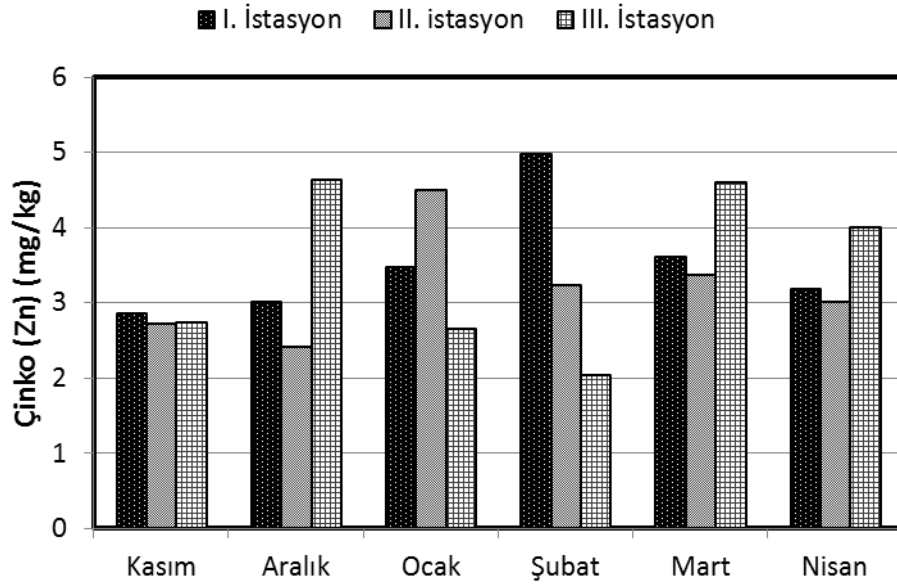
Şekil 3.8. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Ni düzeyleri (mg/kg)

Araştırmada belirlenen Pb düzeyleri karşılaştırılmalı olarak Şekil 3.9 'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek Pb konsantrasyonu 3,4 µg/kg olarak Aralık ayında II. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Pb konsantrasyonu ise 42,5 µg/kg olarak Kasım ayında III. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edilmiştir. İstasyonlar arasında Pb konsantrasyonu istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermediği ($P>0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 3.9. Gökkuşluğu alabalığının kas dokusunda belirlenen Pb düzeyleri (µg/kg)

Araştırma süresince Karakaya Baraj Gölü'nde farklı üç istasyondan örneklenen gökkuşığı alabalığının kas dokularındaki Zn düzeyleri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.10 'da verilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre gökkuşığı alabalığının kas dokusunda en yüksek Zn konsantrasyonu 4,974 mg/kg olarak Şubat ayında I. istasyondan alınan alabalık örneklerinde, en düşük Zn konsantrasyonu ise 2,035 mg/kg olarak Şubat ayında III. istasyondan alınan alabalık örneklerinde tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. Gökkuşığı alabalığının kas dokusunda belirlenen Zn düzeyleri (mg/kg)

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Kasım 2014-Nisan 2015 tarihleri arasında Keban Baraj Gölü'nde üç farklı bölgede yer alan alabalık işletmelerinden alınan alabalık örneklerinin kas dokusunda ağır metal birikimi belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen metal değerlerinin, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Gıda ve Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü (FAO/WHO) ile Türk Gıda Kodeksi (TGK) tarafından balıklarda ağır metaller için belirlenen maksimum limitleri Tablo 4.1'de geçmediği belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Ulusal ve uluslararası standartlara göre balık kaslarındaki ağır metallerin (mg/kg, yaş ağırlık) izin verilen maksimum limitleri

Metaller				
Cd	Cu	Pb	Zn	
0,05	30	0,5	30	FAO (1983)
0,5	30	0,5	40	FAO/WHO (1989)
0,05	-	0,3	-	TGK (2011)
0,000516	0,385	0,0533	3,387	Mevcut çalışma

Ural ve ark. (2012), Karakaya Baraj Gölü'nden topladıkları üç balık türünün (*Squalus cephalus*, *Barbus esocinus* ve *Barbus xanthopterus*) kas dokusunda birikim yapan elementlerin Fe>Zn>Se>Mn>Cu>Ni>Cd şeklinde sıralandığını, Fe, Cu ve Zn elementlerinin Türk Gıda Kodeksi'nde izin verilen maksimum limitleri geçtiğini bildirmişlerdir. Yapılan bu tez çalışmasında da alabalıkların kas dokusunda en fazla birikim yapan elementlerin Fe ve Zn, en az birikim yapan elementin ise Cd olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada alabalıkların kas dokusunda tespit edilen metal düzeylerinin izin verilen maksimum limitleri geçmediği tespit edilmiştir.

Çelik ve ark. (2008), Atatürk Baraj Gölü'nden yakaladıkları gökkuşacağı alabalığı örneklerinin kas dokusunda ortalama Mn, Zn, Fe, Pb, As, Cd, Cu, Ni ve Co düzeylerinin sırasıyla 1,91 mg/kg, 5,45 mg/kg, 4,15 mg/kg, 0,65 mg/kg, 0,05 mg/kg, 0,01 mg/kg, 8,19 mg/kg, 0,12 mg/kg ve 20,82 mg/kg olduğunu rapor etmişlerdir.

Mevcut tez çalışmasından elde edilen ortalama ağır metal verilerine göre, Karakaya Baraj Gölü'ndeki alabalıkların kas dokusunda belirlenen Mn, Zn, Fe ve As değerleri, Çelik ve ark. (2008), tarafından bildirilen değerlere yakın, Cu, Cd, Pb ve Co değerleri oldukça düşük, Ni değerleri ise daha yüksek bulunmuştur.

Mol ve ark. (2010), Atatürk Baraj Gölü'nden yakaladıkları beş balık türünün (*Silurus triostegus*, *Aspius vorax*, *Carasobarbus luteus*, *Capoeta trutta*, *Acanthobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulens* ve *Cyprinus carpio*) kas dokusunda birikim yapan elementlerin (Zn: 10,27-19,74 mg/kg, Cu: 0,101-2,785 mg/kg, As: 0,164-0,279, Pb: 0-0,236 mg/kg) düzeylerini belirlemişler ve As, Zn ve Cu değerlerinin beş balık türünde de insani tüketim için izin verilen limitleri geçmediğini, Pb değerlerinin ise *Silurus triostegus* ve *Acanthobrama marmid* türlerinde izin verilen limitleri geçtiğini bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasından elde edilen verilere göre, Karakaya Baraj Gölü'ndeki alabalıkların kas dokusunda belirlenen Zn, Cu, As ve Pb değerleri, Mol ve ark. (2010), tarafından bildirilen değerlerden daha düşük bulunmuştur.

Ural ve Danabas (2015), Keban Baraj Gölü'nden yakaladıkları *Capoeta trutta* türünün kas dokusunda ağır metallerin düzeylerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda en yüksek Fe, Mn, Pb ve Ni konsantrasyonlarını sırasıyla 206,26 mg/kg, 11,24 mg/kg, 9,62 mg/kg ve 4,56 mg/kg olarak belirlediklerini rapor etmişlerdir. Bu tez çalışmasında Karakaya Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştirilen alabalıklarda birikim yapan Fe, Mn, Pb ve Ni konsantrasyonlarının, Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta trutta* türünün kas dokusunda tespit edilen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Kaptan ve Tekin- Özkan (2014), Eğirdir Gölü'nde yaşayan sazan balığının (*Cyprinus carpio*) kas dokusunda birikim yapan Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin ortalama değerlerini sırasıyla 0,22 mg/kg, 0,74 mg/kg, 14,21 mg/kg, 85,06 mg/kg, 0,96 mg/kg, 1,47 mg/kg, 0,04 mg/kg ve 90,93 mg/kg olarak belirlediklerini rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen verilere göre, Karakaya Baraj Gölü'ndeki alabalıkların kas dokusunda belirlenen Cd, Cu, Fe ve Zn değerleri, Kaptan ve Tekin- Özkan (2014), tarafından bildirilen değerlerden daha düşük, Mn, Cr, Ni ve Pb değerleri yakın bulunmuştur.

Çağlak ve Karanlı (2014) 'nın, Beyşehir Gölü'ndeki sudak balığının (*Stizostedion lucioperca*) kas dokusunda ağır metal birikimi ile ilgili yapmış olduğu çalışmanın sonuçları

ile bu çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında, Karakaya Baraj Gölü'ndeki alabalıkların kas dokusunda birikim yapan Cd, Zn ve Pb düzeylerinin, Çağlak ve Karslı (2014) 'nın bildirdiği değerlerden oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

Canpolat ve Çalta (2001), Keban Baraj Gölü'nde yakaladıkları *Acanthobrama marmid* türünün kas dokusunda birikim yapan ağır metal konsantrasyonlarının Zn>Fe>Cu>Mn>Ni>Pb>Cd şeklinde sıralandıklarını ve kaslarda birikim yapan metal düzeylerinin kabul edilebilir ağır metal değerlerinin altında olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu tez çalışmasında ise Karakaya Baraj Gölü'nde yetiştirilen alabalıkların kas dokusunda en fazla birikim yapan elementlerin Fe olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada da alabalıklarda tespit edilen metal düzeylerinin izin verilen maksimum limitleri geçmediği tespit edilmiştir.

Yabancı ve ark. (2014), İzmir'deki marketlerden satın aldıkları gökkuşağı alabalıklarının ağır metal düzeylerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, örneklerin kas dokusundaki ortalama Cr, As, Cd ve Pb konsantrasyonlarının sırasıyla 0,25 mg/kg, 0,51 mg/kg, 0,03 mg/kg ve 0,08 mg/kg olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Cr, As, Cd ve Pb değerlerinin Yabancı ve ark. (2014), tarafından rapor edilen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında Karakaya Baraj Gölü'nde yetiştiriciliği yapılan alabalıkların kaslarında tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarından yararlanılarak, insanlar tarafından günlük tüketilen balık miktarına bağlı olarak ağır metallerin tahmini günlük ve haftalık alım düzeyleri hesaplanmıştır. Türkiye'de kişi başına düşen ortalama günlük balık tüketimi 20 gr, haftalık 140 gr olarak bildirilmektedir. Ortalama 70 kg ağırlığında bir kişinin günde 20 gr balık tükettiği farz edilerek bulunan HGA (hesaplanan günlük alım) ve HHA (hesaplanan haftalık alım) değerleri Tablo 4.2 'te verilmiştir. Hesaplamalarda ağır metallerin balıklarda belirlenen en yüksek değerleri kullanılmıştır. HGA ve HHA değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

HGA ($\mu\text{g}/70$ kg vücut ağırlığı/gün) = en yüksek metal düzeyi ($\mu\text{g}/\text{kg}$) x balık tüketim miktarı (kg/70 kg vücut ağırlığı/gün).

HHA ($\mu\text{g}/70$ kg vücut ağırlığı/hafta) = HGA ($\mu\text{g}/70$ kg vücut ağırlığı/gün) x 7 (bir haftadaki gün sayısı)

Her bir elementin HGA ve HHA değerleri ile Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen TGA (tolere edilebilir günlük alım) ve THA (tolere edilebilir haftalık alım) değerleri karşılaştırıldığında, bu çalışmada elde edilen alım değerlerinin tolere edilebilir değerlerin çok altında olduğu Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Alabalık kasında tespit edilen ağır metallere göre hesaplanan günlük ve haftalık alım değerleri ile tolere edilebilir değerlerin karşılaştırılması

Element	Dünya Sağlık Örgütü			Mevcut Çalışma	
	THA	THA	TGA	HGA	HHA
As	-	-	-	2,07	14,49
Cd	7	490	70	0,039	0,274
Cr	-	-	-	18,08	126,56
Co	-	-	-	13,84	96,88
Cu	3500	245000	35000	10,48	73,36
Fe	5600	392000	56000	265,94	1861,58
Mn	980	68600	9800	19,02	133,14
Ni	35	2450	350	27,24	190,68
Pb	25	1750	250	1,268	8,876
Zn	7000	490000	70000	99,48	696,36

5. SONUÇ

Balıklarda kas dokusu genelde metallerin bağlanması için etkin bir doku değildir. Fakat insanlara besin zinciri yolu ile ağır metallerin taşınması önemlidir. İnsan gıdası olarak kullanılan balıkların kas dokusunda, daha az ağır metal birikiminin olması gıda güvenliği açısından çok önemlidir.

Karakaya Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığı örneklerinin kas dokusunda belirlenen ağır metallerin birikim düzeylerinin, ulusal ve uluslararası standart değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca bu çalışma ile alabalıkların kaslarında tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarından yararlanılarak, insanlar tarafından günlük tüketilen balık miktarına bağlı olarak ağır metallerin tahmini günlük ve haftalık alım düzeyleri belirlenmiş ve WHO tarafından tavsiye edilen tolere edilebilir günlük ve haftalık alım düzeyleri ile karşılaştırılmıştır. Tahmini günlük ve haftalık alım düzeyleri, tolere edilebilir günlük ve haftalık alım düzeylerinin altında olduğu için Karakaya Baraj Gölü'nde yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığının tüketilmesinin insan sağlığı açısından herhangi bir riske yol açmayacağı açıkça söylenebilir.

6. ÖNERİLER

Yaptığımız çalışmada elde edilen sonuçlara göre günümüz için bir tehlike arz etmediği ortaya çıkarılsa da, gelişen teknoloji, sanayileşme ve şehirleşme nedeniyle büyük tehdit altında olan ekolojik dengeyi koruyabilmek için şimdiden gerekli önlemler alınmalıdır. Gerek çalışma bölgesinde, gerekse diğer alanlarda, balıklardaki toksik metal düzeylerinin sürekli kontrol edilerek, buna neden olabilecek önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aksoy, M.**, 1984. Beslenme ve kanser. Çağ Matbaası, Ankara, 54-58s.
- Antón, A., Serrano, T., Angulo, E., Ferrero, G., Rallo, A.**, 2000. The use of two species of crayfish as environmental quality sentinels: the relationship between heavy metal content, cell and tissue biomarkers and physico-chemical characteristics of the environment. *The Science of the Total Environment* 247: 239-251.
- Anderson, J.R., Aggett, F.J., Buseck, P.R., Germani, M.S., Shattuck, T.W.**, 1988 Chemistry of individual aerosol particles from Chandler. *Environ Science and Technology*, 22: 811-818, Arizona.
- Aydın, E. M., Yıldız, S.**, 2004. Konya ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin ICPAES tekniği ile incelenmesi, I. Ulusal Çevre Kongresi, Konya.
- Başgel, S.**, 2005. Çeşitli şifalı bitkilerde eser element ve bazı önemli polifenollerin tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Anabilim Dalı, Malatya, 58s.
- Baysal, A.**, 1999. Beslenme, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 131-147s.
- Belce, A.**, 2002. Mineraller, In *"İnsan Biyokimyası"* Ed. By Onat T., Emerk K. ve Sözmen, E.Y., 529-537, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Çağlak, E., Karşlı, B.**, 2014. Beyşehir Gölü'nde yaşayan sudak (*Sander lucioperca*, Linnaeus 1758) balığında metal tayini. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2), 203-214.
- Canpolat, Ö., Çalta, M.**, 2001 Keban Baraj Gölü'nden yakalanan *Acanthobrama marmid* (Heckel,1843) 'de bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi* 13, 2, 263-268.
- Canpolat, Ö.**, 2001. Hazar Gölü'nde yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'de bazı ağır metal miktarlarının tespiti. *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniv., Fen Bilimleri, Ens. Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı, Elazığ, 72s.
- Celik, M., Gokce, M. A., Başusta, N., Kucukgulmez, A., Taşbozan, O., Tabakoğlu, Ş. S.**, 2008. Nutritional quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) caught from the Atatürk Dam Lake in Turkey. *Journal of Muscle Foods*, 19(1), 50-61.
- Çoğun, H.Y.**, 2008. The effect of accumulation of copper and lead ion distribution in gill, muscle, liver, kidney, and blood tissues of *Oreochromis niloticus* and *Cyprinus carpio* Doctoral dissertation, PhD Thesis, Çukurova University, Adana Turkey, 98s.
- Dalman, Ö., Demirak, A., Balcı, A.**, 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 95: 157-162.
- Danabas, D., Ural, M.**, 2012. Determination of metal (Cu, Zn, Se, Cr and Cd) levels in tissues of the cyprinid fish, *Capoeta trutta* (heckel, 1843) from different regions of Keban dam lake (euphrates-turkey). *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 89(3), 455-460.

- Deveci, T.**, 2012. Gaziantep'te atık sularından etkilenen toprak ve bitkilerde eser element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe konsantrasyonlarının ICP-MS ile tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kilis, 64s.
- Demirci, Z.**, 2010. Karadenizde avlanan bazı balık türlerinde eser elementlerin tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat, 66s.
- Demirel, Ş.**, 2005. Bazı gıda maddelerinde atomik absorpsiyon spektrometresi ile eser metal tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat, 59s.
- Dökmeçi, İ.**, 1988. Toksikoloji: akut zehirlenmelerde tanı ve tedavi. Nobel Tıp Kitabevi.
- FAO.**, 1983. Compilation of Legal Limits for Hazardous Substance in Fish and Fishery Products. FAO Fishery Circular, No. 464; Food and Agricultural Organization. Rome.
- FAO/WHO.**, 1989. Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. WHO Technical Report, Series No. 505.
- FAO/WHO.**, 2004. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003), (First Through Sixty First Meetings). ILSI Press International Life Sciences Institute.
- Forstner, U., Wittmann, G. T. W.**, 1981. Metal pollution in the aquatic environment. Berlin Heidelberg, *Newyork Springer Verlag*, 3, 21, 271-318.
- Goldschmidt, V.M.**, 1958. Geochemistry. Oxford Univ. Pres, London, 730.
- Göksu, M. Z. L.**, 2003. Su Kirliliği Ders Kitabı. *Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, (7), 232.
- Haesloop, U., Schirmer, M.**, 1985. Accumulation of orally administered cadmium by the eel (*Anguilla anguilla*). *Chemosphere*, 14(10), 1627-1634.
- Hem, J.D.**, 1985. Study and interpretation of the chemical characteristic of naturel water. U. S. Geological Survey Water-Supply, USA, 263.
- Heath, A. G.**, 1987. Water pollution and fish physiology. CRC Press, 384p. Florida.
- İsanç, A.**, 2010. Farklı baraj göllerindeki balıkların ağır metal birikimleri üzerine araştırmalar. *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, 85s.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S.**, 2003. Metallerin çevresel etkileri. *Metallurji Dergisi*, 136: 47-53.
- Kalay, M, Koyuncu, C.E., Dönmez, A.E.**, 2004, Comparison of Cd levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf, (In Turkish). *Ekoloji Çevre Dergisi*, 13: 23-27.
- Karadede, H.**, 1997. Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Diyarbakır, 68s.

- Kaptan, H., Tekin-Özan, S.,** 2014. Eğirdir Gölü'nün (Isparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazan'ın (*Cyprinus carpio L.*, 1758) bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel University Journal of Science*, 9(2).
- Kars, A.,** 2007. Doğal örneklerdeki bazı eser metal iyonlarının birlikte çöktürme yöntemiyle zenginleştirilmesi ve AAS ile tayinleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, Kayseri, 70s.
- Kasassi, A., Rakimbei, P., Karagiannidis, A., Zabaniotou, A., Tsiouvaras, K., Nastis, A.,** 2008. Soil contamination by heavy metals: *Measurements from a closed unlined landfill. Bioresource Technology*, 99: 8578-8584.
- Katalay, S., Parlak, H., Çakal Arslan, Ö.,** (2005), The accumulation of some heavy metals in the liver tissues of black gobby (*Gobius niger L.*, 1758) living in the Aegean Sea (in Turkish). *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 22: 385-388.
- Kaya, S., Akar, F.,** 1998. Metaller in veteriner hekimliğinde toksikoloji. Ed. By Kaya.
- Kocataş, A.,** 2008. Ekoloji ve çevre biyolojisi. Ege Üniv. Fen Fak. Ders Kitapları Serisi, 142, İzmir, 597s.
- Köse, E.,** 2007. Enne Barajı'nda Yaşayan balıklarda ağır metal birikiminin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kütahya, 74s.
- Mol, S., Özden, Ö., Oymak, S.A.,** 2010. Trace metal contents in fish species from Atatürk Dam Lake (Euphrates, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 209-213.
- Mc Neely, R.N., Dwyer, L., Neimanis, V.P.,** 1979. Water quality sourcebook- a guide to water quality parameters : inland waters directorate, water quality branch, Ottawa, Canada, 88p.
- Özkan, T.,** 2007. Kahramanmaraş bölgesindeki akarsu ve kaynak sularındaki demir, nikel, kobalt ve kromun birlikte çöktürme/ön zenginleştirme ve alev atomik absorpsiyon spektrometresiyle tayini. *Yüksek Lisans Tezi*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kahramanmaraş*, 88s.
- Radjaei, A.,** 2006. Kuzey Marmara Denizi'ndeki karagöz istavrit balığında (*trachurus trachurus L.*, 1758) bazı ağır metal birikimleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, İstanbul, 67s.
- Sanlı, Y.,** 2002. Veteriner klinik toksikoloji. Mesipres Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara, 744-751s.
- Shah S.L.,** 2002 Ağır metallerin (Hg Cd, Pb) kadife balığının (*Tinca tinca L.* 1758)'nın kan parametreleri üzerine bazı etkileri, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 154s.
- Şentürk, M.,** 2013. Saroz Körfezi balık türlerinde arseniğin hidrür oluşturmali atomik absorpsiyon ve grafit fırın atomik absorpsiyon spektrometri ile tayini.
- TGK.,** 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

- Tofan, S.**, 2008. Konya Bölgesi'ndeki içme sularında metal tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Konya, 51.70s.
- Tosun, F.**, 1992. Bitki yetiştiriciliğinin fizyolojik esasları. O.M.U, Ziraat Fakültesi Ders Notu No: 5.
- Uluözlü, Ö.D.**, 2005. Tokat Yöresi bazı sulama göletlerinin suyunda ve balıklarında eser element tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat, 56s.
- Ural, M., Danabas, D.**, 2015. some metal levels in gill, liver, kidney and muscle tissues of *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) in Keban Dam Lake (Euphrates-Turkey). *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(1).
- Ural, M., Arca, S., Örneği, G.N., Demiroğlu, F., Yüce, S., Uysal, K., Koçer, M.A.T.**, 2012. Metal accumulation in sediment, water, and freshwater fish in a Dam Lake. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94(1), 49-55.
- URL-1**, bati.ege.edu.tr/files/arsenik.ppt 20 Mayıs 2015.
- URL-2**, <https://arsenikveizmir.wordpress.com/category/uncategorized>. 20 Mayıs 2015.
- URL-3**, <http://www.fishbase.org/Family=Cyprinidae>, 16 Nisan 2015.
- URL- 4**, www.biyotip.com/images/File/e.pdf. 16 Nisan 2015.
- URL-5**, www.wikipedia.org/wiki/Demir. 20 Mayıs 2015.
- Ünal, Ö.F.**, 2010. Yeşilirmak Nehri'nden toplanan balık ve sediment örneklerinde eser element tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat, 72s.
- Yabanlı, M., Yozukmaz, A., Alparslan, Y., Acar, Ü.**, 2014. Evaluation of metals and selenium contents in the muscle tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in Western Anatolia, *Journal of Food, Environment*, 12(2):165-168-.2014.
- Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükçü, M.**, 2002. Antalya Körfezi'nde avlanan bazı balık türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. *Türk J. Vet. Anim. Sci*, 26: 1309-1313.
- Yılmaz, F., Yorulmaz, B., Kula, İ., Apaydın, G., Genc, T.O., Aylıkçı, V., Cengiz, V.**, 2011. Köyceğiz Gölü lagün sisteminde metal kirliliği kaynaklarının organizmalardaki kalıntı miktarlarının belirlenmesi ve metal kirliliği denetimi (MEKİD) için bir yönetim modelinin geliştirilmesi, Muğla.
- Waalkes M,P., Anver M,R., Diwan B,A.**, 1999. Chronic toxic and carcinogenic effects of oral cadmium the noble rat: induction of neoplastic and poliferative lesions of the adrenals, kidney, prostate and tests. *J toxicol environ health*, 58: 199-214.
- World Health Organization (WHO)**. 1984. Guidelines for drinking water quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information : WHO Publ., Geneva, Switzerland, 335.

ÖZGEÇMİŞ

05.05.1981 tarihinde Yozgat'ın Yerköy ilçesinde doğdum. Liseyi Bodrum Lisesinde tamamladım. 1999 yılında başladığım lisans eğitimimi 2003 yılında K.T.Ü. Rize Su Ürünleri Fakültesinde tamamladım. 2013 yılında Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans çalışmalarına başladım.