

T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

KARS ÇAYI'NDAN AVLANAN
SİRAZ (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) BALIKLARINDA
VE ORTAM SEDİMENTİNDE BAZI AĞIR METALLERİN DERİŞİM
DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Hamit USLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GEY

HAZİRAN-2007
KARS

T.C. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Hamit USLU'nun Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığı "Kars Çayı'ndan Avlanan Siraz (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) Balıklarında ve Ortam Sedimentinde Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin İncelenmesi" adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy ile kabul edilmiştir.

...../...../2007

	Adı Soyadı	İmza
Başkan	: Prof. Dr. Vahit ALİŞOĞLU
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GEY
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Muhittin YILMAZ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../2007 tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Vahit ALİŞOĞLU

ÖNSÖZ

Bu çalışma Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez konumu bana vererek ve projelendirerek çalışmamın her aşamasında değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GEY'e, projemi (2006-FEF-011) maddi yönden destekleyen Kafkas Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Merkezi'ne, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü başkanı Sayın Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ'a, öğretim üyesi Prof. Dr. Nesrin YILDIZ'a, çalışmam sırasında yardımcı olan Evren KOÇ'a ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Kars-2007

Hamit USLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER	I
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
1.GİRİŞ	1
2. İNCELENEN METALLERİN ÖZELLİKLERİ	4
2.1. Bakır (Cu)	4
2.2. Demir (Fe)	5
2.3. Çinko (Zn)	5
2.4. Kadmiyum (Cd)	6
2.5. Kurşun (Pb)	7
2.6. Manganez (Mn)	7
3. LİTERATÜR ÖZETİ	9
4. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA KISA BİLGİ	14
4.1. Çalışma İstasyonları	14
5. İNCELENEN SİRAZ BALIĞI	
(<i>Capoeta capoeta capoeta</i> Guldenstaedt, 1772)	
HAKKINDA KISA BİLGİ	16
6. MATERYALVE METOD	18
6.1. Örneklerin Toplanması	18
6.2. Örneklerin Değerlendirilmesi	18
6.3. Balık Örneklerinin Özütlenmesi	20

6. 4. Sediment Örneklerinin Özütleme	20
6. 5. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	21
7. BULGULAR	22
8. TARTIŞMA VE SONUÇ	28
9. KAYNAKLAR	32
10. ÖZGEÇMİŞ	38

ÖZET

Bu çalışmada Kars Çayı'ndan avlanan Siraz balıklarının (*Capoeta capoeta capoeta*) kas ve solungaç dokuları ile ortam sedimentinde demir, bakır, çinko, manganez, kadmiyum ve kurşun metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır.

Örnekler 2005 yılının Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında toplanıp Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile analiz edilmiştir.

Bulgularımıza göre, *Capoeta capoeta capoeta* 'nın yenilebilir kas dokularında ağır metallere Fe 0.075-0.115, Cu 0.047-0.158, Zn 1.292-1.873, Mn 0.284-0.913, Cd 0.047-0.078 ve Pb 0.593-0.844 mg/kg, solungaç dokusunda Fe 0.083-0.193, Cu 0.055-0.116, Zn 1.217-2.174, Mn 0.725-1.689, Cd 0.024-0.076 ve Pb 0.421-0.861 mg/kg ve sedimentte ise; Fe 0.071-0.100, Cu 0.996-1.855, Zn 1.952-2.739, Mn 25.662-37.000, Cd 0.099-0.127 ve Pb 1.470-1.918 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır.

Bulunan sonuçlar, Ulusal ve Uluslar arası kriterlerle karşılaştırıldı. Araştırılan bu metallerin derişim düzeyleri *Capoeta capoeta capoeta* 'nın kas ve solungaç dokusu ile ortam sedimentinde düşük derişimlerde bulunmuş olup, insan sağlığı açısından zararsız olduğu saptanmıştır.

2007, 48 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Capoeta capoeta capoeta*, Ağır Metal, Birikim, Kars Çayı, Türkiye.

ABSTRACT

In this study, the concentration levels of heavy metals (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd and Pb) in the edible muscle and gill tissues of transcaucasian barb (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) and in the surrounding sediment in the Kars Creek were investigated.

Samples, collected from the liver in August, September and October, 2005, were analysed by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS).

The following results were found in the edible muscle of transcaucasian barb: Fe 0.075-0.115, Cu 0.047-0.158, Zn 1.292-1.873, Mn 0.284-0.913, Cd 0.047-0.078 ve Pb 0.593-0.844 mg/kg, gill tissues of Fe 0.083-0.193, Cu 0.055-0.116, Zn 1.217-2.174, Mn 0.725-1.689, Cd 0.024-0.076 ve Pb 0.421-0.861 mg/kg ve sediment in; Fe 0.071-0.100, Cu 0.996-1.855, Zn 1.952-2.739, Mn 25.662-37.000, Cd 0.099-0.127 ve Pb 1.470-1.918 mg/kg, respectively.

All the samples contained comparatively lower amounts of metals as suggested by international and national regulatory bodies. Thus, we recommend periodic monitoring of these metals in the fish consumed by local people.

2007, 48 page

Keywords: *Capoeta capoeta capoeta*, Heavy Metals, Accumulation, The Kars Creek, Turkey.

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

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

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Kars ayı Haritası

17

Şekil 2. Siraz Balığı Resmi

18

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1. Siraz balığı (<i>Capoeta capoeta capoeta</i>)'nin metrik özelliklerinin istasyonlara göre dağılımı	19
Çizelge 2. Siraz balıklarının kas dokusunda ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	24
Çizelge 3. Siraz balıklarının kas dokusunda ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	24
Çizelge 4. Siraz balıklarının solungaç dokusunda ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	25
Çizelge 5. Siraz balıklarının solungaç dokusunda ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	25
Çizelge 6. Kars Çayı'ndan alınan sediment örneklerindeki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları(mg/kg)	26
Çizelge 7. Kars Çayı'ndan alınan sediment örneklerindeki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları(mg/kg)	26
Çizelge 8. Çevre Koruma Ajansı (= Environmental Protection Agency) (EPA)'ya göre kabul edilebilir ağır metal sınır değerleri (mg/kg)	27
Çizelge 9. Su Ürünleri Yönetmeliği ve Su Ürünleri Kanununa Göre Bazı Ağır Metallerin Organizmalardaki Müsaade Edilebilir Düzeyleri (mg/kg)	27

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 [1]. Tüm canlı ağırlığının %75' ini suyun oluşturması, dünyanın ¾' 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 [2].

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 değişiklikler olmuştur [3].

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 [4].

Türkiye'de su kirliliği ilk kez Haliç'in evsel ve endüstriyel atık suları taşıyan kanalizasyon haline dönüşmesi ile dikkat çekmeye başlamıştır. Bunu İzmit ve İzmir Körfezi kirlenmeleri, Porsuk Çayı kirlenmesi takip etmiş; daha sonraki yıllarda su kaynaklarının etkili kontrol edilmemesi nedeni ile kirlilik tüm ülkede yaygınlaşmıştır. Ülkemizin yıllık nüfus artışının yüksek oluşu ve kalkınma çabası içinde oluşumuz göz önüne alınırsa su tüketimi ve bunların kirletici kaynaklarının giderek artacağı açıktır [2].

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 [5].

Metaller içerisinde yoğunluğu 5 g/cm^3 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır [6]. Ağır metal deyimini 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 (BOİ) değeri düşük, asidik, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılar için de çok zehirli ve inorganik karakterlidirler [7].

Tüm canlılar hayatsal 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 aktivitelerine 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 [8]. Bunlardan bir veya birkaç tanesinin eksikliği veya fazlalığı hücrede fizyolojik işlevleri değiştirir. Özellikle kadmiyum, cıva, 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 [9]. Bu birikim sonucunda sularda 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 cıva artıkları, denizdeki mikroorganizmalar aracılığıyla organik cıva bileşiğine (çoğunlukla metal cıvaya) dönüştürerek gıda zinciri

yolu ile balıklara ve krustaselere geçmiş oradan da kedi, köpek gibi hayvanlara ve insanlara geçerek toplu ölümlere yada beyinin görme, [10] işitme ve denge merkezlerinde görülen sakatlıklara yol açmıştır [11].

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 ve birçok araştırma yapılmaktadır. Ülkemizde de bu tür çalışmalar son yıllarda artan bir hızla yapılmaktadır.

İşte bu çalışma, Kars Çayı'ndan avlanan ve yöre halkı tarafından sevilerek yenilen Siraz (*Capoeta capoeta capoeta*) balıklarının kas dokusunda ve solungaçları ile bu balıkların yaşadıkları ortam sedimentindeki ağır metallerin birikim düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. İNCELENEN METALLERİN ÖZELLİKLERİ

Ağır metallerin farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak sucul ortamdaki konsantrasyonları ile sucul canlılardaki biyolojik birikim ve artışları değişiklik gösterebilir. Bu yüzden, söz konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, kaynakları, toksisiteleri, ortamdaki değişimleri ve biyolojik birikim/artış mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekir [6].

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 [6].

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 [12].

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 [6]. 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 [13].

2.2. Demir (Fe)

Demir dünyada en çok bulunan elementlerden birisi olup yer kabuğunda %5 oranında bulunur. Tüm metaller içinde en çok kullanılanıdır ve tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur [13].

Normal olarak çözünemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözünabilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yeraltı sularında genel bir problemdir [6].

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 [13].

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 [14].

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 kromatın ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{+2} yüzünden değil anyonik CrO_4^{-2} bileşeni

sebebiyledir [13].

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 [15].

2.4. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum çinko ile birlikte az bulunan elementlerdendir. Sayısız endüstriyel üründe ve işlemlerde kullanılır. Şarj edilebilen pil üreten sanayide, plastik sanayide, metallerin galvanizlenmesinde ve birçok karışımın üretilmesinde kullanılır. Volkanik patlamalarla da önemli miktarda kadmiyum havaya karışır. Bunun yanında evsel atıklar, hastane atıklarıyla ve kömür sobalarından veya kömürle çalışan fabrikalardan havaya, suya verilmektedir. Yayılma şekli hava ve toz partikülleri yoluyla olmaktadır. Sucul organizmalara bu yolla alınmakta ve özellikle bitkilerde birikmektedir. Bu nedenle sigara dumanı önemli bir kadmiyum kaynağıdır. Solunumla alınan kadmiyumun akciğer kanseriyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Kronik olarak kadmiyuma maruz kalınması yine akciğer rahatsızlıklarını ortaya çıkarır. Bunlardan başka iskeletin zayıflığı, kalp rahatsızlıkları, anemi, immün sistemin baskılanması, böbrek ve karaciğer rahatsızlıklarına neden olabilmektedir. Özellikle evsel atık suları ile sulanan tarım ürünlerinin yenmesiyle bulaşma tehlikesi artmaktadır. ABD' de içme sularında izin verilen maksimum miktarı 5 µg/l'dir. [16].

2.5. Kurşun (Pb)

Yerkabuğunda yaygın bir element olan kurşun, toprakta yaklaşık 12,5 ppm'lik bir konsantrasyona sahip olup, toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece yüksek oranlarda absorbe edilir. Aynı zamanda, sucul ortamlarda kurşun alımı, sertlik, pH, tuzluluk, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler tarafından son derece etkilenmektedir. Çevredeki ana kaynakları, maden ve metal endüstrileri, otomobil aküleri, tıbbi ekipmanlar, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi, kaplama, bilimsel ve optik aletler, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin kullanımınıdır [6].

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 [17].

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 beyin 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 $15 \mu\text{g l}^{-1}$ 'den fazla olmaması önerilir [6].

2.6. 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 [14].

Toprakta minerallerden geçmiş manganeye rastlanır. Toprak veya tortul kütlelerdeki manganer atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçer. Yeraltı sularında bulunan manganer 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 manganer 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 manganer eser elementtir. Ancak alınan manganezin % 3'ü absorbe edilir. Kalp, damar hastalıklarında ölüme mani olmak için içme sularında manganer bulunması önerilmektedir [14].

Manganer, organizmalardaki enzimlerin yapısal bütünlüğü açısından gerekli bir elementtir. Eksikliği kemiklerde bükülmelere, kısırlığa ve boy kısalığına neden olur [18].

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Ajmal ve Khan (1987) Hindistan'ın Hindon Nehri'nde yaptıkları çalışmada suda, Cd 1.50-6.75, Co 7.50-15.00, Cr 12.50-210.00, Cu 16.50-175.00, Fe 53.70-500.00, Mn 30.00-200.00, Ni 9.75-21.25, Pb 10.00-142.50 ve Zn 13.00-231.50 $\mu\text{g l}^{-1}$ olarak bulmuşlar. Sedimentte Cd 0.12-0.29, Co 3.90-7.50, Cr 6.67-13.42, Cu 1.92-4.60, Fe 9733.89-21733.89, Mn 87.34-208.84, Ni 11.70-23.32, Pb 1.57-3.15 ve Zn 20.25-35.25, $\mu\text{g g}^{-1}$ değerleri arasında bitkilerde Cd N.D. , Co 2.25-8.25, Cr N.D.-15.75, Cu 3.90-18.30, Fe 1462.50-8437.50, Mn 156.90-689.40, Ni 8.32-18.45, Pb 3.00-11.25 ve Zn 15.00-120.00 $\mu\text{g g}^{-1}$ ve balıkta ise Cd 0.82-1.50, Co 3.75-6.37, Cr N.D., Cu 4.50-4.65, Fe 98.25-507.00, Mn 4.65-23.40, Ni 2.32-9.07, Pb 7.50-12.00 ve Zn 124.80-173.55 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak tespit etmişlerdir.

Singh ve Ark. (1990) Subernarekha Nehri'nde yaptıkları çalışmada, *Labeo pungusia*'nın solungaç dokusunda Cu, Zn, Pb, Fe ve Cd sırasıyla 0.038, 0.026, 0.014, 0.884 ve 0.012 karaciğerinde 0.074, 0.068, 0.048, 1.324 ve 0.014 böbrekte 0.048, 0.058, 0.022, 0.902 ve 0.014, *Glossogobius giuria*'nın solungaç dokusunda 0.027, 0.024, 0.019, 0.624 ve 0.010 karaciğer dokusunda 0.065, 0.059, 0.034, 0.985 ve 0.017 böbrekte 0.035, 0.038, 0.024, 0.854 ve 0.015 mg/g olarak bulmuşlar. *Puntius ticta*'da ise bütün olarak çalışmışlar Cu, Zn, Pb, Fe ve Cd düzeylerini sırasıyla 0.058, 0.042, 0.034, 0.896 ve 0.029 mg/g olarak belirlemişlerdir.

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

Ünlü ve Ark. (1994) Dicle Nehrinde yaşayan *Achantabroma marmid*'in kas, karaciğer, gonat solungaç ve barsaklarındaki Co, Cd, Ni, Mo ve Zn gibi metallerin 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. *Achantabroma 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.

Ağtaş (1994) Yıldız Irmağı (Sivas)'ndan yakalanan *Leuciscus cephalus*'da Fe 12.24 µg/g, Cu 1.68 µg/g, Zn 11.22 µg/g olarak saptamıştır.

Ünlü ve Ark. (1996) Tigris 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 edilmiştir.

Canlı ve Ark. (1998) 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 incelemiştir. 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.

Ponta ve Ark (2002) Batı Romanya'da Cris Nehri'nde Su, balık, sediment ve mollusklarda çalışmışlar, suda; 1-15 (Cu), 10-1500 (Mn), 3-100 (Zn) $\mu\text{g l}^{-1}$. Sedimentte 5-300 (Cu), 225-2000 (Mn), 23-1140 (Zn), balık etinde 1-11 (Cu), 4-40 (Mn) ve 8-130 (Zn) $\mu\text{g/g}$, molluskların kas dokusunda 5-34 (Cu), 100-600 (Mn), 50-130 (Zn) $\mu\text{g/g}$ ve solungaçlarında ise 8-60 (Cu), 11000-16000 (Mn) ve 190-1200 (Zn) $\mu\text{g/g}$ olarak bulmuşlardır.

Bordajandi ve Ark. (2003) İspanyanın Turia Nehri'nde *Salmo trutta*, *Anguilla anguilla* ve *Barbus barbus* üzerine yaptıkları çalışmada sırasıyla Cu, Zn, Cd, Pb ve As düzeylerini 0.446, 0.977, 0.793, 3.969, 16.95, 3.596, 0.0014, 0.0049, 0.0018, 0.0273, 0.1018, 0.0620, 0.0557, 0.2279 ve 0.0182 $\mu\text{g/g}$ olarak belirlemişlerdir.

Minareci ve Ark. (2004) Manisa Belediyesi evsel atıksu arıtma tesisinin Gediz Nehri'ne boşalttığı su ve sediment örneklerinde ağır metaller üzerine çalışmışlar. Su örneklerinde Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Ni ve Pb konsantrasyonlarını sırasıyla 0.0161, 0.0103, 0.0075, 1.0579, 0.036, 0.0063, 0.1055, 0.0796 ve 0.2183 ppm olarak bulmuşlar. Sediment örneklerinde ise 346, 3072, 145, 631, 0.95, 159, 135 ve 25.5 ppm olarak tespit etmişlerdir.

Heng ve Ark.(2004) Barneo Nehri'nde tatlısu yılan balıklarında yaptıkları bir çalışmada Cu, Fe, Mn ve Zn değerlerini sırasıyla 31.6-63.1, 368.7-741.4, 107.6-926.7 ve 119.9-716.4 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit etmişlerdir.

Asuquo ve Ark. (2004) Nijerya'nın Cross Nehri'nde çeşitli balıklara ağır metaller ve hidrokarbonların bulaşımını incelemiş olup, ağır metallerin bu balıklarda birikimini sırasıyla Fe>Zn>Mn>Pb>Cu>Cd şeklinde olup en yüksek konsantrasyonda Fe 243 $\mu\text{g/g}$ (yaş ağırlık) olarak bulmuşlardır.

Silva ve Shimizu (2004) Sri Lanka'nın Hydropower rezervuarından alınan 9 balık türünde ağır metaller üzerine çalışmışlar Al 37.8-208.0, Rb 20.90-70.75, Zn 20.29-92.00, Au 0.004-0.043, Mn 4.30-6.62 ve V 0.245-0.43 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bulunmuş olup; Al, Rb ve Zn' yi yüksek oranda tespit etmişlerdir.

Marcovecchio (2004) Arjantin'in Plata Nehri'nde yaptığı çalışmada *Micropogonias*

furnieri'nin karaciğer dokusunda kadmiyum 0.95-5.34, çinko 30.6-60.1 ve cıva 0.04-0.21 arasında kas dokusunda ise kadmiyum tespit edilebilir sınırlar altında, çinko 10.7-31.2, cıva ise 0.03-0.19 µg/g arasında tespit etmiş, *Mugil liza*'nın karaciğer dokusunda kadmiyum 7.85-12.4, çinko 44.2-60.2 ve cıva 0.27-0.79 kas dokusunda ise kadmiyum 0.20-0.44, çinko 40.8-59.8 ve cıvayı ise 0.30-0.50 µg/g (yaş ağırlık) olarak tespit etmiştir.

Ajmal ve Ark. (2004) Hindistan'ın Yamuna Nehri'nde bitki ve balıklar üzerine yaptıkları çalışmada Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeylerini bitkide sırasıyla 0.02-0.12, 2.7-21.3, 4.6-64.48, 9.8-114.0, 183.0-1835.0, 380.0-1443.0, 4.4-83.0, 4.8-30.2 ve 22.1-356.5 µg g⁻¹ balıkta ise N.D.-0.40, 2.3-13.7, 3.7-26.9, 8.33-58.1, 278.3-1108.0, 81.3-213.8, 2.8-32.7, 1.4-12.8 ve 101.8-364.8 µg g⁻¹ (kuru ağırlık) olarak bildirmişlerdir.

Çalışkan (2005) Asi Nehri'nde su, sediment ve *Clarias caripenus*'ta çalışmış. 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 metallerinde 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.

Ip ve Ark. (2005) Çin'in Pearl Nehri'nde sucul organizmalardaki ağır metal ve kurşun izotopları üzerine çalışılmış ve bu organizmalardaki ağır metal konsantrasyonları; 0.01 - 2.10 mg/kg Cd, 0.02 - 4.33 mg/kg Co, 0.08 - 4.27 mg/kg Cr, 0.15 - 77.8 mg/kg Cu, 0.17 - 31.0 mg/kg Ni, 0.04 - 30.7 mg/kg Pb, ve 8.78 - 86.3 mg/kg Zn (yaş ağırlık) olarak tespit edilmiş. Cd, yengeç, karides ve kabuklu deniz hayvanlarında, Pb ise, balıkta yüksek konsantrasyonda bulunmuştur.

Yalçın ve Ark.. (2006) Niğde'nin Karasu Nehri'nin sedimentinde yaptıkları çalışmada;

Co, Cu, Ar, Tin, 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 ve Ark. (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* içinde 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 etmişler, Ni ise bu dokularda tespit edilememiştir.

4. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA KISA BİLGİ

Doğu Anadolu Bölgesi, su potansiyeli yönünden Türkiye'nin en zengin bölgesidir. Bölge, Aras, Fırat ve Çoruh gibi önemli nehirlerin kaynağını oluşturmakta olup, Türkiye akarsu varlığının % 35'ine sahiptir. Bölge göl ve gölet bakımından da oldukça zengin olup, gölalanı bölgenin % 2,5'ini içermektedir. Bu potansiyele bağlı olarak 40'a yakın balık türü yaşamaktadır.

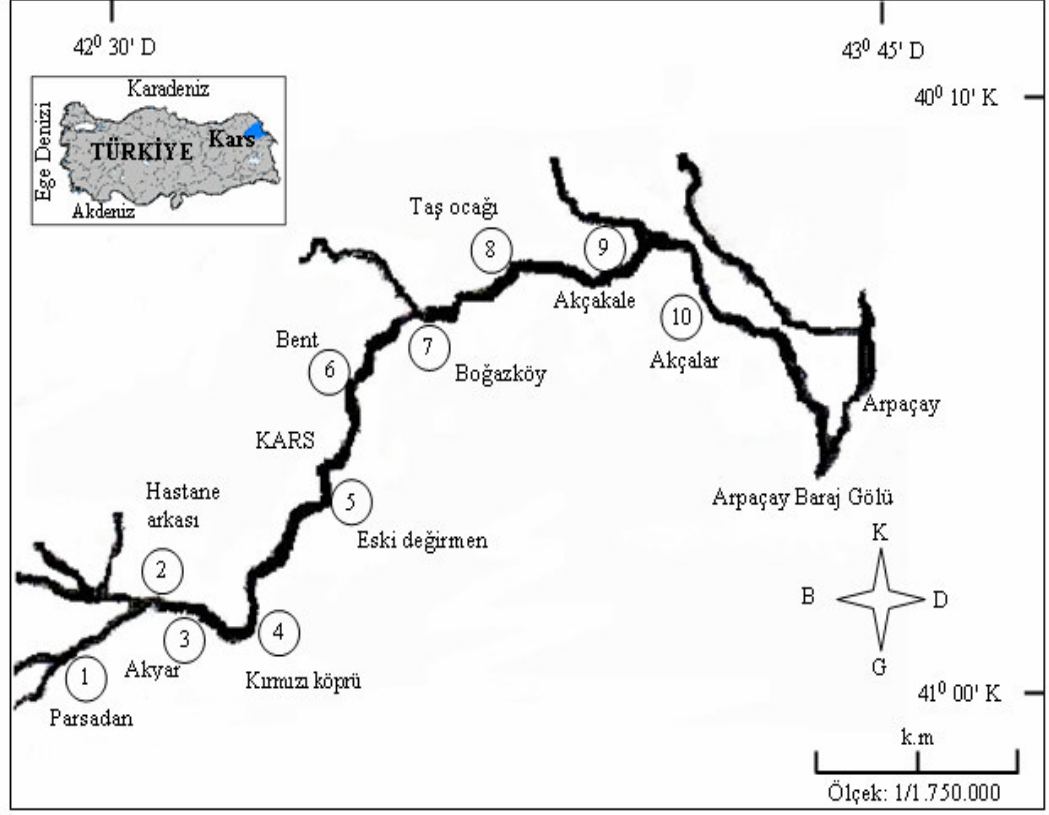
Kars İli, Doğu Anadolu'nun en soğuk bölgesinde yer almaktadır. İde, Doğu Anadolu yüksek yayla iklimi görülmektedir. Kars'ta kış aylarında uzun ve sert, yaz aylarında ılıman hatta serince geçen bir iklim hâkimdir. Bu sert iklim nedeniyle araştırma sahamızı oluşturan Kars Çayı, kasım aylarında donmaya başlamakta ve aralık ayında tamamen buz altında kalmaktadır. Buzlar ancak mart ayında havaların ısınmasıyla kısmen, nisan ayında ise tamamen erimektedir [19].

Kars Çayı farklı isimlerle anılan yan kolların birleşmesinden oluşur. Bunlar, Sarıkamış Çayı, Kekeç Çayı, Katranlı Çayı, Bayburt Suyu, Susuz Çayı, Çıldır Göluyağı, Karahan Çayı ve Tazekent Suyudur.

Uzunluğu 93 kilometre olan Kars Çayı'nın en uzun kolu Sarıkamış Çayı'dır. Soğanlı Dağları'nın Aşit Tepe (2350 m) eteklerinden doğan Sarıkamış Çayı, Sarıkamış İlçesi'ni geçtikten sonra Kars Çayı adını alır. Kars Çayı'nın su potansiyeli açısından en önemli kolu Kekeç Çayı'dır. Katranlı Çayı ve Bayburt Suyu ile birleştikten sonra Selim İlçesi Killik Düzü mevkiinde Kars Çayı'na karışır. Bu noktadan itibaren doğu yönünde akışını sürdüren Kars Çayı Kars İli'nin içinden geçerek Kuzeyden gelen Susuz Çayı ve Çıldır Gölü ayağını da alarak Arpaçay Baraj Gölü'ne dökülür [20].

4.1. Çalışma İstasyonları

Araştırma, Kars Çayı üzerinde belirlenen 10 istasyonda yürütülmüştür. Bu istasyonların yerleri sırası ile; Parsadan (1. istasyon), Hastane arkası (2. istasyon), Akyar (3. istasyon), Kırmızı köprü (4. istasyon), Eski değirmen (5. istasyon), Bent (6. istasyon), Boğazköy (7. istasyon), Taş ocağı (8. istasyon), Akçakale (9. istasyon) ve Akçalar (10. istasyon)'dır. Balık ve sediment örnekleri, belirlenen bu istasyonlardan 2005 yılının ağustos, eylül ve ekim aylarında toplanmıştır.



Şekil 1. Kars Çayı üzerinde balık ve sediment örneklerinin toplandığı istasyonları.

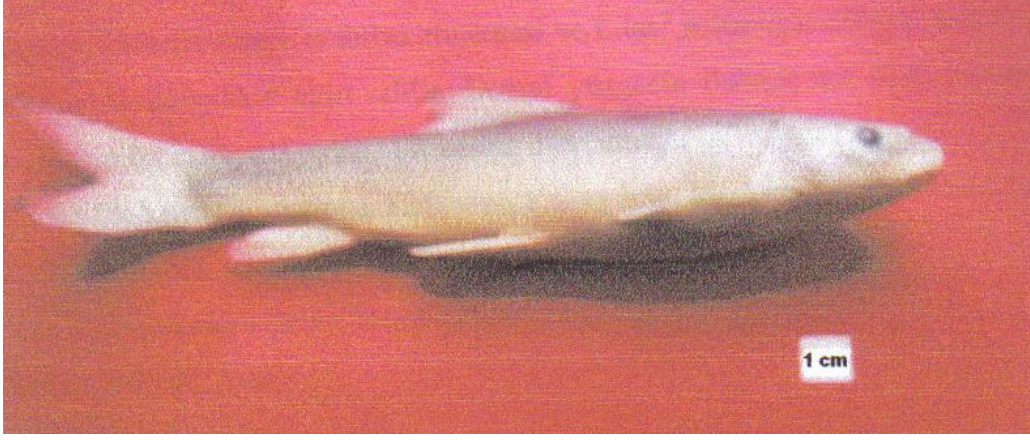
5. İNCELENEN SİRAZ BALIĞI (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) HAKKINDA KISA BİLGİ

Vücut yuvarlak olup, kısmen iri pullarla örtülüdür. Üzeri boynuzsu bir madde ile çevrelenmiş ve iyi gelişmiş dudaklar vardır. Ağız köşelerinde bir çift kısa bıyık yer alır. Dorsalin serbest kenarı hafifçe içeriye doğru kavisli ve sonuncu basit ışının kaideden itibaren 2/3'ü testere şeklinde dişlenmiştir. Aynı ışının serbest ucu ise, tırtıksız, ince ve esnektir.

Renk sırtta koyu esmer, karın gövdesinde kirli sarıdır. Henüz erginlik çağına ulaşmamış genç fertlerde vücut üzerinde siyahımsı renkli küçük benekler görülürse de, erginlerde bu benekler tamamen kaybolur ve bütün vücut homojen bir görünüş kazanır. Uzunluğu en fazla 70 cm. kadardır.

Esas yayılış alanı Kura ve Aras nehir sistemleri olan bu ırk, sadece Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaşamakta olup, söz konusu nehirlerin sınırlarımız içinde kalan kaynak ve kollarında yayılış göstermektedir. Eti lezzetli olup, insan gıdası olarak kullanılır. Bu nedenle ülkemiz için ekonomik önemi vardır [21].

Siraz Balıkları gündüz beslenip gece taşların aralarına ve oyuklara çekilirler. İyi yüzücü oldukları için genelde akarsuların çağlayanlı, dibi taşlı-çakıllı ve çamursuz yerlerinde bulunabildikleri gibi bazen yavaş akan yerlerde su bitkilerinin arasında da bulunabilirler [20].



Şekil 2. Siraz Balığı (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772)

6. MATERYAL VE METOD

6.1. Örneklerin Toplanması

Siraz balıkları ve sediment örnekleri, Kars Çayı'ndan ağustos, eylül ve ekim 2005 tarihlerinde belirlenen istasyonlardan toplanmıştır.

Balık örnekleri 181 tane olup elektroşokerle yakalanmıştır. Sediment örnekleri ise, plastik kürekle alındıktan sonra polietilen torbalara konularak HNO₃ ile asitlendirilmiştir. Örnekler, içi buz dolu taşıma kaplarına konularak muhafazalı şekilde laboratuara taşındı. Balıkların taşınmaları esnasında örneklerin gün ışığı, sıcaklık değişimi vs. gibi dış etkenlerden etkilenmemesi için gerekli önlemler alındı.

Avlanan balıklar ve toplanan sediment örnekleri naylon torbalarda analize kadar – 21°C'ye ayarlı derin dondurucuda saklandı.

6.2. Örneklerin Değerlendirilmesi

Laboratuara getirilen Siraz balıklarının yaş tayinleri (42, 43) ile boy ve ağırlık ölçümleri yapıldı.

Balıkların yaş tayini için pratik olması nedeniyle pullar tercih edilmiş ve gerekli preparatlar Lagler (1966)'in verdiği yöntemle hazırlandı. Bunun için örneklerin uygun bölgelerinden alınan pullar önce petri kutularında % 4'lük KOH çözeltisi içerisinde bekletilmiş, su ve fırça yardımı ile yıkanarak temizlendi; daha sonra %70'lik alkolle muamele edilen pul preparatlarının alkolü bekletilerek uçurulduktan sonra Nikon marka ışık mikroskopunda iki lam arasına tespit edilerek incelendi.

Çizelge 1. Siraz balığı (*Capoeta capoeta capoeta*)'nin metrik özelliklerinin istasyonlara göre dağılımı.

İSTASYON	N	YAŞ	ÇATAL BOY Ç.B. ± S.D. (Min-Max)	TOTAL AĞIRLIK T.A. ± S.D. (Min-Max)
1. Parsadan	12	4	21,21 ± 2,84 (16,5-27,3)	109,01 ± 45,63 (55,6-223)
2. Hastane arkası	19	3	19,80 ± 1,96 (13,9-23,2)	64,21 ± 27,97 (32,6-162,4)
3. Akyar	20	3	19,31 ± 1,18 (17,2-22,2)	81,45 ± 10,22 (66,1-104,4)
4. Kırmızı köprü	20	3	19,80 ± 1,96 (17,0-23,5)	93,12 ± 29,67 (60,3-156,9)
5. Eski değirmen	11	2	17,6 ± 2,27 (14,5-21,5)	67,54 ± 34,27 (29,6-134,6)
6. Bent	16	3	18,86 ± 3,18 (15,0-27,0)	102,01 ± 79,61 (38,3-370,4)
7. Boğazköy	16	3	19,24 ± 2,92 (14,8-23,7)	96,23 ± 50,36 (32,5-191,2)
8. Taş ocağı	23	4	21,85 ± 2,15 (18,6-26,0)	136,38 ± 49,06 (76,1-225,7)
9. Akçakale	23	3	19,61 ± 1,74 (16,0-22,1)	98,34 ± 26,28 (58,9-145,5)
10. Akçalar	21	3	19,52 ± 1,47 (17,0-22,6)	88,17 ± 24,59 (47,8-131,3)
Ortalama	181	3.1±0,57 (2-4)	19,55 ± 2,45 (13,9-27,3)	94,94 ± 44,39 (29,6-370,4)

6. 3. Balık Örneklerinin Özütleme

Çalışma toplam 181 adet balıkta yapılmıştır. Avlanan balıklar aynı gün içerisinde Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Laboratuvarına getirilerek toplam boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ağırlık ölçümleri Kern EW (0,001 g hassasiyetinde) marka hassas terazide yapılmıştır. Balık örnekleri analize kadar -21 °C'de derin dondurucuda saklanmıştır. Balık örnekleri derin dondurucudan çıkartıldıktan sonra bir süre çözündürülmüştür. Bundan sonra paslanmaz çelikten yapılmış pens, makas ve bisturi yardımıyla balıkların her iki dorsalinden, pectoral yüzgecin hemen arkasından, kuyruk tarafından da kuyruk yüzgecinin biraz önünden kesilerek yenilebilen kas dokusu çıkartılmıştır. Bu doku üzerini örten deriden kesilerek ayrılmış ve kas dokusundaki tüm kılçıklar temizlenmiştir. Bu şekilde kesilen balıkların her birinin yenilebilen kas dokusunun ağırlığı ölçülmüştür. Bu balıkların yenilebilir kas dokularından 5,0 gr alınarak aynı istasyonlardan avlanan balıkların kas dokuları mikserde karıştırılarak daraları bilinen 100 ml'lik erlenmayerler içerisine konulmuştur. Daha sonra 105 °C'ye ayarlı etüvde 24 saat bekletilip kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Kuru ağırlıkları belirlenen her bir örneğin üzerine 5 ml Nitrik asit (HNO₃) ilave edilerek çözünmesi sağlanmıştır. Çözünmüş örnekler sıcak tablada (Hot-plate) ısıtılarak (85-90 °C) Nitrik asit (HNO₃) buharlaştırılmıştır. Bu asit buharlaştırıldıktan sonra örneklerin üzerine 15 ml Hidroklorik asit (HCl) ilave edilerek örnekler tekrar sıcak tablada düşük sıcaklıkta (50-60 °C) ısıtılarak buharlaştırılmıştır. Örneklerdeki asit buharlaştırma işlemi bittikten sonra her bir örneğin üzerine N/10'luk Hidroklorik asit (HCl) ilave edilerek hacim 50 ml'ye tamamlanmış [44] ve 589³ Ø 110 mm mavi band filtre kâğıdından süzölmüştür.

6. 4. Sediment Örneklerinin Özütleme

Sediment örneklerinden 15-20 g. alınarak petri kaplarına konuldu, 105 °C'a ayarlı etüvde 24 saat kurutulduktan sonra etüvden çıkarılan bu örnekler, porselen havanda dövölerek toz haline getirildi ve 63 µm'lik göz açıklığına sahip paslanmaz çelikten yapılmış elek ile elendi. Elenmiş olan sediment örneklerinden 1.0-1.1 g. alınarak darası bilinen erlenmayerler içerisine konuldu. Sediment örneklerinin üzerine HNO₃ : HCl (1/3) oranında asit karışımı (Kral suyu = Aqua-regia) eklenmiş ve 24 saat asitte bekletilmiştir. Sonra düz ısıtıcı üzerinde 70-80 °C asitler tamamen buharlaşmaya kadar

ısıtılmıştır. Kuruyan örneklerin üzeri deiyonize su ile 25 ml.ye tamamlanıp 589³ Ø 110 mm mavi band filtre kâğıdından süzölmüştür [44, 45]. Örneklerin analizi SensAA marka Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde yapılmıştır.

6.5. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Çalışmada demir, bakır, çinko, manganez, kadmiyum ve kurşun metallerinin derişimleri, balık ve sediment örneklerinde paralel kullanarak ve bunları da iki defa okuyarak bulunmuştur. Bulunan değerlerin ortalamaları alınmıştır. Ortalama verileri karşılaştırmak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi uygulanmıştır. [46]. Ortalamalar arası farklar $p < 0.05$ olduğu zaman önemli kabul edilmiştir.

7. BULGULAR

2005 yılının ağustos, eylül ve ekim aylarında Kars Çayı'ndan alınan balık ve sediment örnekleri üzerinde yapılan ağır metal analizlerinin sonuçlarına göre; Siraz balığının yenilebilir kas dokusunda, Fe 0.075-0.115, Cu 0.047-0.158, Zn 1.292-1.873, Mn 0.284-0.913, Cd 0.047-0.078 ve Pb 0.593-0.844 mg/kg olduğu (Tablo 2), solungaç dokusunda, Fe 0.083-0.193, Cu 0.055-0.116, Zn 1.217-2.174, Mn 0.725-1.689, Cd 0.024-0.076 ve Pb 0.421-0.861 mg/kg olduğu (Tablo 4), belirlenmiştir. Sedimentte ise; Fe 0.071-0.100, Cu 0.996-1.855, Zn 1.952-2.739, Mn 25.662-37.000, Cd 0.099-0.127 ve Pb 1.470-1.918 mg/kg arasında olduğu (Tablo 6) tespit edilmiştir.

Kars Çayı'ndan avlanan Siraz balıklarının yenilebilir kas ve solungaç dokuları ile ortam sedimentinde mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metallerin derişim düzeylerinin aylık ortalamaları kas dokusunda; Fe 0.091 ± 0.014 , Cu 0.112 ± 0.032 , Zn 1.496 ± 0.194 , Mn 0.562 ± 0.208 , Cd 0.062 ± 0.011 ve Pb 0.711 ± 0.092 (Tablo 2.), solungaç dokusunda; Fe 0.122 ± 0.041 , Cu 0.084 ± 0.021 , Zn 1.824 ± 0.309 , Mn 1.338 ± 0.289 , Cd 0.056 ± 0.018 ve Pb 0.666 ± 0.139 (Tablo 4) ve sedimentte; Fe 0.086 ± 0.009 , Cu 1.504 ± 0.306 , Zn 2.239 ± 0.247 , Mn 31.254 ± 4.219 , Cd 0.112 ± 0.009 ve Pb 1.697 ± 0.147 mg/kg olarak (Tablo 6) bulunmuştur.

Kas, solungaç ve sedimentte yapılan istatistiksel analizlerde hem istasyonlar arasında hemde aylar arasında önemli bir fark ($p>0,05$) bulunmamıştır.

Demir, kas dokusunda en fazla 3. istasyonda (Tablo 2), solungaç dokusunda (Tablo 4), ve sedimentte 1. istasyonda (Tablo 6), tespit edildi.

Bakır, kas dokusunda en fazla 1. istasyonda (Tablo 2), solungaç dokusunda 7. istasyonda (Tablo 4), ve sedimentte 6. istasyonda (Tablo 6), tespit edildi.

Çinko, kas dokusunda en fazla 5. istasyonda (Tablo 2), solungaç dokusunda 8. istasyonda (Tablo 4), ve sedimentte 6. istasyonda (Tablo 6), belirlendi.

Manganez, kas dokusunda en fazla 3. istasyonda (Tablo 2), solungaç dokusunda 1. istasyonda (Tablo 4), ve sedimentte 9. istasyonda (Tablo 6), tespit edildi.

Kadmiyum, kas dokusunda en fazla 6. istasyonda (Tablo 2), solungaç dokusunda 10.

istasyonda (Tablo 4), ve sedimentte 5. istasyonda (Tablo 6), belirlendi.

Kurşun, kas dokusunda en fazla 2. istasyonda (Tablo 2), solungaç dokusunda 1. istasyonda (Tablo 4), ve sedimentte 3. istasyonda (Tablo 6), belirlendi.

Kas ve solungaç dokusunda Fe, Cu ve Cd ile Mn, Pb ve Zn arasında anlamlı bir fark ($p<0,05$) bulundu (Tablo 2, Tablo 4). Sedimentte ise Fe ve Cd ile Zn ve Mn arasında önemli bir fark ($p<0,05$) tespit edildi (Tablo 6).

Kas, solungaç ve sedimentte Cd, Fe ve Cu ile Mn, Pb ve Zn arasında istatistiki olarak önemli bir fark ($p<0,05$) bulunurken, kas ve solungaç dokusunda en fazla birikim eylül ayında, sedimentte ise ekim ayında tespit edildi ($p<0,05$).

Metal birikim düzeyleri, kas dokuda $Zn>Pb>Mn>Cu>Fe>Cd$ (Tablo 2), solungaç dokusunda $Zn>Mn>Pb>Fe>Cu>Cd$ (Tablo 4) ve sedimentte $Mn>Zn>Pb>Cu>Cd>Fe$ şeklinde sıralanmıştır (Tablo 6). Çalışılan tüm örneklerdeki sıralama ise sediment>solungaç>kas şeklinde belirlenmiştir.

Metaller arası ilişkiyi araştırmak amacı ile çalışılan örneklerde saptanan iz element derişimlerinin kendi aralarındaki istatistiki analizleri sonucu Mn ile incelenen diğer metaller (Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb) arasında önemli bir fark ($p<0,05$) tespit edilmiştir (Tablo 2, Tablo 4, Tablo 6).

İncelenen örneklerde istasyon ve ay gözetmeksizin, Zn ile Cu arasında $r = 0,689$ ($p<0,01$), Mn ile Cu arasında $r = 0,975$ ($p<0,01$), Cd ile Cu arasında $r = 0,868$ ($p<0,01$) ve Pb ile Cu arasında $r = 0,939$ ($p<0,01$), Mn ile Zn arasında $r = 0,724$ ($p<0,01$), Cd ile Zn arasında $r = 0,562$ ($p<0,01$), Pb ile Zn arasında $r = 0,669$ ($p<0,01$), Cd ile Mn arasında $r = 0,887$ ($p<0,01$), Pb ile Mn arasında $r = 0,948$ ($p<0,01$) ve Pb ile Cd arasında da $r = 0,861$ 'e ($p<0,01$) varan pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Siraz balıklarının kas dokusunda ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg).

İstasyonlar	N	Metaller					
		Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
1.Parsadan	3	0.082±0.010	0.158±0.139	1.352±0.167	0.707±0.078	0.070±0.011	0.663±0.156
2.Hastane arkası	3	0.091±0.026	0.088±0.007	1.542±0.505	0.373±0.252	0.071±0.012	0.844±0.166
3.Akyar	3	0.115±0.007	0.101±0.029	1.313±0.216	0.284±0.121	0.061±0.012	0.727±0.057
4.Kırmızı köprü	3	0.081±0.007	0.116±0.027	1.304±0.298	0.558±0.338	0.075±0.006	0.730±0.242
5.Eski değirmen	3	0.089±0.030	0.112±0.017	1.873±0.219	0.913±0.252	0.062±0.021	0.808±0.231
6.Bent	3	0.097±0.045	0.119±0.038	1.654±0.080	0.335±0.265	0.078±0.008	0.593±0.088
7.Boğazköy	3	0.097±0.015	0.143±0.022	1.555±0.375	0.697±0.334	0.047±0.020	0.772±0.156
8.Taş ocağı	3	0.110±0.063	0.047±0.022	1.658±0.429	0.744±0.295	0.055±0.012	0.774±0.236
9.Akçakale	3	0.078±0.028	0.096±0.028	1.420±0.241	0.611±0.382	0.056±0.042	0.600±0.036
10.Akçalar	3	0.075±0.006	0.144±0.070	1.292±0.118	0.395±0.164	0.047±0.004	0.600±0.131
Ortalama	30	0.091±0.014	0.112±0.032	1.496±0.194	0.562±0.208	0.062±0.011	0.711±0.092

Çizelge 3. Siraz balıklarının kas dokusunda ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg).

Aylar	N	Metaller					
		Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
Ağustos	10	0.081±0.023	0.102±0.036	1.462±0.331	0.524±0.328	0.062±0.017	0.715±0.214
Eylül	10	0.108±0.037	0.098±0.051	1.509±0.244	0.647±0.303	0.068±0.013	0.783±0.134
Ekim	10	0.085±0.014	0.137±0.068	1.517±0.367	0.513±0.274	0.056±0.023	0.636±0.104
Ortalama	30	0.091±0.015	0.112±0.021	1.496±0.030	0.562±0.074	0.062±0.006	0.711±0.074

Çizelge 4. Siraz balıklarının solungaç dokusunda ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg).

İstasyonlar	N	Metaller					
		Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
1.Parsadan	2	0.193±0.083	0.077±0.016	2.133±0.388	1.689±0.356	0.071±0.005	0.861±0.239
2.Hastane arkası	3	0.083±0.013	0.096±0.046	1.842±0.158	0.725±0.318	0.052±0.024	0.517±0.220
3.Akyar	3	0.093±0.027	0.062±0.014	1.505±0.459	1.548±1.048	0.057±0.041	0.597±0.242
4.Kırmızı köprü	3	0.158±0.111	0.095±0.025	2.067±0.180	1.581±0.216	0.024±0.016	0.839±0.284
5.Eski değirmen	2	0.179±0.009	0.083±0.016	1.751±0.303	1.438±0.508	0.069±0.023	0.656±0.220
6.Bent	3	0.130±0.054	0.063±0.018	1.606±0.077	1.137±0.453	0.052±0.018	0.778±0.081
7.Boğazköy	3	0.087±0.014	0.116±0.034	1.217±0.817	1.265±0.775	0.063±0.029	0.720±0.142
8.Taş ocağı	3	0.101±0.024	0.112±0.051	2.174±0.513	1.107±0.318	0.028±0.018	0.421±0.053
9.Akçakale	3	0.113±0.036	0.055±0.017	1.900±0.382	1.534±0.509	0.071±0.009	0.613±0.168
10.Akçalar	3	0.087±0.008	0.078±0.016	2.048±0.378	1.354±0.326	0.076±0.015	0.656±0.127
Ortalama	28	0.122±0.041	0.084±0.021	1.824±0.309	1.338±0.289	0.056±0.018	0.666±0.139

Çizelge 5. Siraz balıklarının solungaç dokusunda ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg).

Aylar	N	Metaller					
		Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
Ağustos	10	0.121±0.054	0.077±0.040	1.931±0.430	1.331±0.614	0.062±0.028	0.603±0.190
Eylül	10	0.140±0.067	0.073±0.023	1.930±0.247	1.405±0.553	0.057±0.022	0.629±0.285
Ekim	8	0.088±0.004	0.100±0.037	1.529±0.605	1.206±0.416	0.045±0.025	0.617±0.167
Ortalama	28	0.116±0.026	0.083±0.015	1.797±0.232	1.314±0.101	0.055±0.009	0.616±0.013

Çizelge 6. Kars Çayı'ndan alınan sediment örneklerindeki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg).

İstasyonlar	N	Metaller					
		Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
1.Parsadan	3	0.100±0.014	0.999±0.077	2.518±0.059	28.802±7.931	0.102±0.006	1.726±0.225
2.Hastane arkası	3	0.081±0.012	1.800±0.082	2.007±0.059	28.060±0.523	0.099±0.012	1.823±0.321
3.Akyar	3	0.097±0.023	1.804±0.113	2.249±0.124	34.794±2.146	0.110±0.020	1.918±0.132
4.Kırmızı köprü	3	0.079±0.003	1.528±0.189	2.096±0.160	35.238±5.650	0.110±0.006	1.647±0.063
5.Eski değirmen	3	0.085±0.012	1.637±0.336	2.213±0.342	35.050±20.369	0.127±0.008	1.614±0.420
6.Bent	3	0.090±0.017	1.855±0.336	2.739±0.280	33.415±6.921	0.110±0.005	1.637±0.209
7.Boğazköy	3	0.086±0.012	1.436±0.231	2.210±0.124	25.662±3.575	0.117±0.009	1.865±0.301
8.Taş ocağı	3	0.071±0.006	1.435±0.348	2.025±0.091	27.625±4.865	0.119±0.004	1.470±0.572
9.Akçakale	3	0.078±0.014	1.547±0.193	2.384±0.084	37.000±9.475	0.120±0.010	1.516±0.418
10.Akçalar	3	0.093±0.012	0.996±0.096	1.952±0.159	26.893±3.502	0.108±0.004	1.751±0.304
Ortalama	30	0.086±0.009	1.504±0.306	2.239±0.247	31.254±4.219	0.112±0.009	1.697±0.147

Çizelge 7. Kars Çayı'ndan alınan sediment örneklerindeki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg).

Aylar	N	Metaller					
		Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
Ağustos	10	0.089±0.016	1.512±0.362	2.235±0.293	28.118±8.201	0.112±0.007	1.724±0.310
Eylül	10	0.083±0.012	1.456±0.306	2.192±0.230	31.679±4.184	0.113±0.012	1.696±0.387
Ekim	10	0.086±0.014	1.544±0.405	2.291±0.327	33.964±10.253	0.112±0.016	1.670±0.239
Ortalama	30	0.086±0.003	1.504±0.045	2.239±0.050	31.254±2.946	0.112±0.001	1.697±0.027

Çizelge 8. Çevre Koruma Ajansı (= Environmental Protection Agency) (EPA)'ya göre kabul edilebilir ağır metal sınır değerleri (mg/kg) [47].

Balık (mg/kg)	Ağır metaller				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Cd
	410	54	410	190	1.4

Çizelge 9. Su Ürünleri Yönetmeliği ve Su Ürünleri Kanununa Göre Bazı Ağır Metallerin Organizmalardaki Müsaade Edilebilir Düzeyleri (mg/kg) [48].

Balık (mg/kg)	Niteliği	Ağır metaller			
		Cd	Pb	Cu	Zn
	Canlı, işlenmiş, taze, Soğutulmuş, Dondurulmuş	0.1	1,0	20.0	50.0

8. 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 [49].

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 sedimentinde ki toksik etkilerini belirlemek çok önemlidir [24].

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 [14].

Bahsedilen nedenlerden dolayı mevcut çalışmada Kars Çayı'ndan avlanan ve yöre halkı tarafından bol miktarda tüketilen Siraz balıklarının kas, solungaç dokuları ile bu balıkların yaşadıkları ortam sedimentinde saptanan ortalama Fe, Cu, Zn, Mn, Cd ve Pb düzeyleri belirlenmiştir.

Kas dokusunda, Fe 0.091, Cu 0.112, Zn 1.496, Mn 0.562, Cd 0.062 ve Pb 0.711 mg/kg solungaç dokusunda, Fe 0.122, Cu 0.084, Zn 1.824, Mn 1.338, Cd 0.056 ve Pb 0.666 mg/kg, ortam sedimentin de ise, Fe 0.086, Cu 1.504, Zn 2.239, Mn 31.254, Cd 0.112 ve Pb 1.697 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Dünya ve Ülkemiz nehirlerinde ağır metal kirliliği üzerine yapılmış olan bazı çalışmalarda;

Yılmaz ve Ark. 2007'de Sarıçay'da, *Leuciscus cephalus* için Cd 0.010-0.084, 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 Cd 0.008-0.082, 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 etmiş olup, Cd, Cu, Mn ve Pb değerleri bizim bulgularımıza benzerdir.

Yalçın ve Ark. 2006'da Niğde'nin Karasu Nehri'nin sedimentinde yaptıkları çalışmada; Cu, Zn, Cd, Pb, Fe ve Mn düzeylerini sırası ile 12.40-595.0, 28.90-103.300, 4.1-356.2, 7.70-37.840, 11.740-62.900 ve 12.09-3.480 mg/kg arasında olduğunu belirtmişler, Mn konsantrasyonunu bizden düşük bulmuşlardır.

Minareci ve Ark. 2004'de Gediz Nehri (Manisa)'nin sedimentinde Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, ve Pb konsantrasyonlarını 346, 3072, 145, 631, 0.95 ve 25.5 ppm olarak tespit etmişlerdir.

Ünlü ve Gümüş (1993) Tigris Nehri'nde *Capoeta capoeta umbla*'nın kas dokusunda bakır ve çinkoyu sırasıyla 125-208 ve 29-90 ppm, sedimentte ise bakır 641-3433 ppm ve çinkoyu 405-891 ppm olarak etmiş olup bu değerler bulgularımızdan yüksektir.

Ünlü ve Ark. (1994) Dicle Nehri (Diyarbakır)'nde *Achantabroma marmid*'de çalışmışlar Solungaçta yüksek oranda Cu ve Zn birikimi olduğunu belirlemişler, kas dokusunda Cu ve Zn su ürünleri ağır metal kabul edilebilir değerleri altında saptanmıştır. *Achantabroma marmid*'in organlarındaki yüksek Cu 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.

Ağtaş 1994'de Yıldız Irmağı (Sivas)'ndan yakalanan *Leuciscus cephalus*'da Fe 12.24 $\mu\text{g/g}$, Cu 1.68 $\mu\text{g/g}$ ve Zn'yu 11.22 $\mu\text{g/g}$ olarak saptamış olmakla beraber, bu değerler bizim bulgularımızdan yüksektir.

Bordajandi ve Ark. 2003'de Turia Nehri (İspanya)'nde *Salmo trutta*, *Anguilla anguilla* ve *Barbus barbus* üzerine yaptıkları çalışmada sırasıyla düzeylerini Cu 0.446, 0.977, 0.793, Zn 3.969, 16.95, 3.596, Cd 0.0014, 0.0049, 0.0018 ve Pb'yi 0.0273, 0.1018, 0.0620 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit etmiş olup Cd ve Pb bizim bulgularımızdan daha düşük, diğer metaller ise daha yüksektir.

Ajmal ve Ark. 2004'de Yamuna Nehri (Hindistan)'nde *Heteropneustes fossilis* üzerinde çalışmışlar Cd N.D.-0.40, Cu 8.33-58.1, Fe 278.3-1108.0, Mn 81.3-213.8, Pb 1.4-12.8 ve Zn 101.8-364.8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bildirmişlerdir.

Ajmal ve Khan 1987'de Hindon Nehri (Hindistan)'nde yaptıkları çalışmada Sedimentte Cd 0.12-0.29, Cu 1.92-4.60, Fe 9733.89-21733.89, Mn 87.34-208.84, Pb 1.57-3.15 ve Zn 20.25-35.25, $\mu\text{g g}^{-1}$ değerleri arasında balıkta ise Cd 0.82-1.50, Cu 4.50-4.65, Fe 98.25-507.00, Mn 4.65-23.40, Pb 7.50-12.00 ve Zn 124.80-173.55 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak tespit etmişler, sedimentte Cd, Cu ve Pb düzeyleri çalışmamızda elde edilen sonuçlara benzerdir.

Norrgrren ve Ark. 2000'de Kafue Nehri (Zambia)'nde *Tilapia*'nın solungaç dokusunda Cd, Cu, Fe, Mn, Zn ve Pb düzeylerini sırası ile 0,3, 115-170, 400-490, 71-122, 87-100 ve 1,3-3,1 $\mu\text{g/g}$ (kuru ağırlık) olarak bildirmişlerdir.

Silva ve Shimizu 2004'de Hydropower rezervuarı (Sri Lanka)'ndan alınan 9 balık türünde çalışmışlar Zn 20.29-92.00 ve Mn'ı 4.30-6.62 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak tespit etmişlerdir.

Clark and Maret 1998'de Lower Snake (USA) Nehri'nden avlanan *Catostomus macrocheilus*'da Cu 20 $\mu\text{g/g}$, Zn 35 $\mu\text{g/g}$, Cd 0.4 $\mu\text{g/g}$; *Cyprinus carpio*'da Cu 18 $\mu\text{g/g}$, Zn 152 $\mu\text{g/g}$, Cd 2 $\mu\text{g/g}$ olarak saptamışlardır.

Peterson and Boughton (2000) Yellowstone Nehri (USA)'nden avlanan *Cyprinus carpio*'da Fe 1.3 $\mu\text{g/g}$, Cu 138 $\mu\text{g/g}$, Zn 882 $\mu\text{g/g}$, Cd 41.2 $\mu\text{g/g}$; *Salmo turutta*'da Fe 489 $\mu\text{g/g}$, Cu 397 $\mu\text{g/g}$, Zn 90.2 $\mu\text{g/g}$, Cd 0.3 $\mu\text{g/g}$; *Catostamus commersoni*'da Fe 212 $\mu\text{g/g}$, Cu 55.5 $\mu\text{g/g}$, Zn 115 $\mu\text{g/g}$, Cd 0.2 $\mu\text{g/g}$; *Oncorhynchus clarki bouvieri*'de Fe 757 $\mu\text{g/g}$, Cu 207 $\mu\text{g/g}$, Zn 128 $\mu\text{g/g}$, Cd 1.2 $\mu\text{g/g}$; *Salvelinus fontinalis*'te Fe 878 $\mu\text{g/g}$, Cu 71.9 $\mu\text{g/g}$, Zn 103 $\mu\text{g/g}$, Cd 0.6 $\mu\text{g/g}$ 'dan daha az, şeklinde rapor etmişlerdir. Rapor edilen bu değerler bizim bulgularımızdan çok çok yüksek düzeydedir.

Ayrıca, bulgularımız Environmental Protection Agency (EPA) ve Su Ürünleri Yönetmeliği'nin kabul edilebilir sınır değerleriyle karşılaştırıldığında düşük düzeylerde olduğu görülmüştür. Bunun nedeninde özellikle Kars yöresinde yoğun bir endüstriyel ve tarımsal aktivitenin olmamasından kaynaklanabileceği kanısındayız.

Bulgularımızda, ağır metallerin sedimentte, kas ve solungaç dokularından daha fazla birikim gösterdiği saptandı. Özellikle manganez diğer metallerden çok daha yüksek derişimde bulundu. Mn oksijence fakir CO₂'ce zengin kirli sularda görölmektedir. Çünkü bu element sedimentte çözünmeyen bileşikler halinde bol miktarda bulunmaktadır. Ancak bu elementin suda çözünebilir bileşik haline geçmesi için sedimentte ve suda anaerobik koşullarda bazı kimyasal reaksiyonlar sonucu suda çözünmeyen Mn⁺⁴'ün Mn⁺²'ye indirgenerek, CO₂'li sularda ortama bol miktarda geçebildiği rapor edilmiştir [52].

Çalışmamızda bulduğumuz sonuçlar dikkate alındığında, Kars Çayı'ndan avlanan Siraz balıklarındaki Fe, Cu, Zn, Mn, Cd ve Pb konsantrasyonlarının bugünkü düzeylerde kaldığı sürece çevre ve halk sağlığı açısından bir sorun teşkil etmeyeceği kanısına varılmıştır.

9. KAYNAKLAR

- [1] Kesim, G., Mansuoğlu, S, G. ve Uzun, O., “Atıksuların akarsular üzerine etkilerinin Düzce çevresindeki Asarsuyu örneğinde incelenmesi”, *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri, 230-235, (22–24 Haziran) (1998).
- [2] Kabasolak, H. B., “Atıksu – atıksu arıtımı ve alıcı ortamlara etkileri”, *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri , 299-303, (22-24 Haziran) (1998).
- [3] Karadavut, U., Şener, O., Gözübenli, H., “Farklı kirleticiler ile kirlenmiş olan suların ekonomik öneme sahip olan bazı tarla bitkilerinin ilk gelişme dönemleri üzerin etkileri” *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri (22–24 Haziran) (1998).
- [4] Uslu, G., Koçer, N., “Organik atıklardan biyogaz üretimi ve kullanım alanları” *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri, 115-118, (22–24 Haziran) (1998).
- [5] Kumbur, H., Özer, Z., “Berdan Çayı’nın kirlilik durumunun araştırılması ve çözüme yönelik uygun modellerin geliştirilmesi” *I. Atıksu Sempozyumu*, Kayseri, 193-198, (22–24 Haziran) (1998).
- [6] Çalışkan, E., “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 1-70, (2005).
- [7] Beyazıt, N., Peker, İ., “Atıksularda ağır metal kirliliği ve giderim yöntemleri”, *I. atıksu sempozyumu*, Kayseri, 209-215, (22–24 Haziran) (1998).
- [8] Göksel, H., “Trabzon Limanı ve çevresinden avlanan mezgit (*merlangus merlangus euxinus* Nordmann, 1840)’te bazı ağır metal (Cu, Mn, Zn) birikimlerinin araştırılması”, Yüksek lisans tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 1-23. (1993).
- [9] Heath, A. G., “Water pollution and fish physiology”. *Virginia Polytechnic Institue and Elsenz. Dipl.*, Arbeit Univ. Heidelberg, 143, s 359 (1995).
- [10] Zahir, F., Rizwi, S. J., Haq, S. K., Khan, R. H., “Low dose mercury toxicity and human healt”, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20: (2), 351-360,

(2005).

- [11] Pekin, B., “Çevre ve kanser”, Mas Ambalaj, *İzmir*, 102-105 (1984).
- [12] <http://www.food-info.net/tr/metal/copper.htm>
- [13] Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö ve Timur, S., “Metallerin çevresel etkileri II. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü”
http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf.
- [14] Gürbüz, B., “Çıldır Gölü’nde avlanan tatlısu 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, 1-25 (2005).
- [15] Ergül, H. A., “Karadeniz’in Trabzon Yöresi’nde oksik zonda sedimentasyon yapan materyalin bazı ağır metal, radyonüklit, organik karbon ve klorofil-a düzeylerinin araştırılması”, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora tezi, Trabzon, 25-27 (2005).
- [16] Yiğit, N., Çolak, E., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Sözen, M., Hamzaoğlu, E., Karataş, A., Özkurt, Ş., “Çevresel etki değerlendirme”, Ankara (2002).
- [17] Karakaş, İ. U., “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, 1-4 (1993).
- [18] Yolaçan, E., “Kars Çayı’ndaki *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstaedt, 1772)’nın büyüme ve üreme özelliklerinin incelenmesi”, *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, Kars, 6-7 (2005).
- [19] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., “Metallerin çevresel etkileri I. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü”
http://metalurji.org.tr/dergi136/d136_4753.pdf.
- [20] Karakuş, S., “Kars Çayı’ndan avlanan siraz balıklarında (*Capoeta capoeta*

- capoeta* Guldenstaedt, 1772) bazı ağır metallerin (demir, bakır, çinko, krom, kobalt ve kadmiyum) derişim düzeylerinin incelenmesi”, *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, Kars, 1-33 (2004).
- [21] Geldiay, R. ve Balık, S., “Türkiye tatlısu balıkları”, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yayınları* no. 46 Bornova/İzmir, 361, (1999).
- [22] Karakuş, S. ve Gey, H., “A preliminary study of heavy metals in transcaucasian barb (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) from the Kars Creek, Turkey” *Revue Méd. Vét.* 157: 11, 551-556, (2006).
- [23] Minareci, O., Öztürk, M. ve Minareci, E., “Manisa Belediyesi evsel atıksu arıtma tesisinin, Gediz Nehri’nin ağır metal kirliliğine olan etkilerinin belirlenmesi”, *Trakya Univ. J. Sci.*, 5 (2): 135-139, (2004).
- [24] Canlı, M., Ay, Ö., Kalay, M., “Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey”, *Tr. J. Of Zoology*, 22: 149-157, (1998).
- [25] Heng, L. Y., Mokhtar, M. B., Rusin, S., “The bioaccumulation of trace essential metals by the freshwater snail, *Turritella* sp. Found in the rivers of Borneo East Malasia”, *Journal of Biological Sciences*, 4(4): 441-444, (2004).
- [26] Asoquo, F. E., Ewa-Oboho, I., Asuquo, E. F., Udo, P. J., “Fish species used as biomarker for heavy metal and hydrocarbon contamination for Cross River, Nigeria”, *Earth and Environmental Sciences*, 24 (1): 129-37, (2004).
- [27] Silva, E. I. L., Shimizu, A., “Concentrations of trace metals in the flesh of nine fish species found in a Hydropower Reservoir in Sri Lanka”, *Asian Fisheries Sciences*, 17: 377-384, (2004).
- [28] Ünlü, E., Pakdemir, S., Akba, O., “Dicle Nehri’nde yaşayan *Acanthabroma marmid* Heckel, 1843’in doku ve organlarında bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesi”, *XII. Ulusal Biyoloji Kongresi*, Edirne, 327-334, 6-8 Temmuz (1994).
- [29] Ünlü, E. ve Gümgüm B., “Concentrations of copper and zinc in fish and

- sediments from the Tigris river in Turkey”, *Chemosphere*, 26 (11), 2055-2061, (1993).
- [30] Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak A. and Tuna, L., “Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*” *Food Chemistry*, 100 (2): 830-835, (2007).
- [31] Marcovecchio, J. E., “The use of *Micropogonias furnieri* and *Mugil liza* as bioindicators of heavy metals pollution in La Plata River Estuary, Argentina”, *Science of the Total Environment*, 323 (1-3): 219-226, (2004).
- [32] Ajmal, M. R., Khan, A. U., “Heavy metals in water, sediment, fish and plants of River Hindon, U.P., India”, *Hydrobiologia*, 148: 151-157, (1987).
- [33] Ünlü, E., Akba, O., Sevim, S. and Gümgüm, B., “Heavy metal levels in mulled, *Liza abu* (Heckel, 1843) (Mugilidae) from Tigris River, Turkey”, *Fresenius Envir. Bull.* 5: 107-112, (1996).
- [34] Bordajandi, L. R., Gómez, G, Fernández, M. A., Abad, E., Rivera J. and González M. J., “Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain)”, *Chemosphere*, 53: 163-171, (2003).
- [35] Singh, N. K., Varma, M. C. and Datta Munshi, J. S., “Accumulation of copper, zinc, lead, iron and cadmium in certain freshwater fishes of River Subernarekha”, *J. Freshwater Biol.*, 2 (3): 189-193, (1990).
- [36] Ajmal, M., Khan, M. A. and Nomani, A. A., “Distribution of heavy metals in plants and fish of the Yamuna River (India)”, *Earth and Environmental Sciences*, 5 (4): 361-367, (1985).
- [37] Ip, C. C. M., Li, X. D., Zhang, G., Wong, C. S. C. and Zlang W. L., “Heavy metal and Pb isotopic compositions of aquatic organisms in the Pearl River Estuary, South China” *Environmental Pollution*, 138: (3) 494-504, (2005).
- [38] Ağtaş, Ş., Concentrations of some heavy metals in water and chub (*Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758) from the River Yıldız, Turkey. *MSc. Th.* 49: (1994).

- [39] Kalay, M ve Karataş S.,” Kadmiyumun *Tilapia nilotica* (L.)’da Kas, Beyin ve Kemik (Omurga Kemiği) Dokularındaki Birikimi”, *Tr. J. of Zoology*, 23 (3), 985-991, (1999).
- [40] Yalçın, M. G., Narin, İ. and Soylak, M., “Heavy metal contents of the karasu creek sediments, Nigde, Turkey”. *Earth and Environmental Science*, 128 (1-3), 351-357, (2006).
- [41] Ponta, M., Frentiu, T., Sarkany-Kiss, A. and Cordosa, E, A., “Traces of Cu, Mn and Zn in Aquatic Animals, Water and Sediments from the Cris River Basin – West Romania. Part II: Distribution Study”, *Croatica Chemica Acta*, 75 (1), 307-317, (2002).
- [42] Kuru, M., 1971, “Doğu Anadolu Bölgesi’nin tatlı su balıkları”, *İ.Ü. Fen. Fak. Der.* 136-147s.
- [43] Kuru, M., 1975, “Doğu Anadolu Bölgesi’nin balık faunası”, *Atatürk Üniv. Basım Evi*, 62s.
- [44] Uysal, H. ve Tuncer, S., “A comparative study on the heavy metal concentrations in some fish species and in the sediments from Izmir bay” *Journees Etud. Pollutions, Lucerne, C.I.E.S.M.*, 275-284, (1984).
- [45] Gey, H. ve Mordoğan, H., “İzmir Körfezi’ndeki bazı deniz organizmalarında ve iç körfezin sahil kenarı sedimentlerinde çeşitli ağır metallerin derişimleri” *Tu Zooloji D. C.* 12, 3, (1988).
- [46] Ozdamar, K., “Bioistatitic with SPSS”, *Kaan Book Co*, 454, (1999).
- [47] “Environmental Protection Agency (EPA) National Recommended Water Quality Criteria Correction”, <http://www.epa.gov>, (2005).
- [48] “Su ürünleri yönetmeliği” Resmi gazete sayısı 22223, (10.03.1995).
- [49] Aksun, F. Y., “Karamık Gölü’nde yaşayan turna balıklarında (*Esox lucius* L. 1758) ağır metal birikimi” Doktora Tezi, *H. Ü. Biyoloji Bölümü*, Ankara, 1-17, (1984).

- [50] Norrgren, L., Pettersson, U., Orn, and Bergqvist, P. A., “Environmental monitoring of the Kafu River, located in the Copperbelt, Zambia” *Arch. Environ Contam. Toxicol.* 38, 334-341, (2000).
- [51] Clark, G. M. and Maret, T.R., “Organochlorine compounds and trace elements in fish tissue and bed sediments in the Lower Snake River Basin”, *Idaho and Oregon. Water-Resources Investigations Report* 98-4103, (1998).
- [52] Gey, H., “Türkiye’nin Ege Denizi Kıyılarında Avlanan Levrek (*Dicentrarchus labrax* L.) ve Dil Balıklarında (*Solea vulgaris* QUENSEL) Bazı İz Elementlerin Birikim Düzeylerinin Araştırılması”. *IX. Ulusal Biyoloji Kongresi*, Sivas. 449-456, (21-23 Eylül 1988).

10. ÖZGEÇMİŞ

10.01.1983 tarihinde Trabzon'un Vakfıkebir İlçesi'nde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Çarşıbaşı'nda tamamladı. 2000 yılında girdiği öğrenci seçme sınavı sonucu Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünü kazandı. 2004 yılında bu bölümden mezun oldu. Yine 2004 yılında Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi'nde yüksek lisansa başladı. Halen burada yüksek lisansına devam etmektedir.