



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTALYA KÖRFEZİ'NDE EKONOMİK ÖNEME SAHİP BAZI BALIK
TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİ

ERSAN OĞUZHAN PINAR

ARALIK 2014

ÖZET

ANTALYA KÖRFEZİ'NDE EKONOMİK ÖNEME SAHİP BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİ

PINAR, Ersan Oğuzhan

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

ARALIK 2014, 47 sayfa

Bu çalışmada, Antalya Körfezi'nden yakalanan *Pagellus erythrinus*, *Pagellus acarne*, *Diplodus annularis*, *Sphyaena chrysotaenia*, *Upeneus moluccensis*, *Pomadasy incusus*, *Merluccius merluccius*, *Serranus cabrilla*, *Mullus barbatus*, *Pagrus caeruleostictus* türlerinin kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Ni ve Zn) incelenmiştir. Analiz edilen balıklarda ağır metal birikimleri ortalama ppm olarak kas dokuda; Cd: 0.03-0.09, Co:<0,01-0,11, Cr: 0,33-0,80, Cu: 0.19-0.94, Mn: 0,10-1,83, Ni: 0,03-3.91, Pb: 0.04-0.38, Zn: 3,68-13,1; karaciğerde; Cd: 0.03-0.27, Co: 0.07-0.75, Cr: 0,36-0,82, Cu: 1.12-26,7, Mn: 0,77-9,91, Ni: 0.07-9.02, Pb: 0.13-0.87, Zn: 18,2-146. düzeylerinde bulunmuştur. Karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri kas dokusundakinden daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. Analiz edilen balıkların yenilebilir kas dokuları incelendiğinde bu balıkların insanlar tarafından tüketilmesinin sağlık açısından herhangi bir risk oluşturmayacağı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Antalya Körfezi, Ağır Metal, Sağlık, Kas, Karaciğer, Balık

ABSTRACT

HEAVY METAL ACCUMULATION IN THE ECONOMICALLY IMPORTANT FISH SPECIES FROM THE ANTALYA BAY

PINAR, Ersan Oğuzhan

Giresun University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

DECEMBER 2014, 47 pages

In this study, the heavy metal (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Ni and Zn) accumulation in muscles and livers of *Pagellus erythrinus*, *Pagellus acarne*, *Diplodus annularis*, *Sphyræna chrysotaenia*, *Upeneus moluccensis*, *Pomadasyus incusus*, *Merluccius merluccius*, *Serranus cabrilla*, *Mullus barbatus*, *Pagrus caeruleostictus* from the the Antalya Gulf have been searched. Heavy metal levels in fish muscles in ppm were Cd: 0.03-0.09, Co:<0,01-0,11, Cr: 0,33-0,80, Cu: 0.19-0.94, Mn: 0,10-1,83, Ni: 0,03-3.91, Pb: 0.04-0.38, Zn: 3,68-13,1; livers; Cd: 0.03-0.27, Co: 0.07-0.75, Cr: 0,36-0,82, Cu: 1.12-26,7, Mn: 0,77-9,91, Ni: 0.07-9.02, Pb: 0.13-0.87, Zn: 18,2-146. The levels of heavy metals were higher in livers than these in muscles. When the edible tissues of muscles of analysed fishes are searched, it might be said that muscles of these fishes when eaten by human does not generate a risk healthily.

Key Words: The Antalya Gulf, Heavy metal, Health, Muscle, Liver, Fish

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN'e, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan Biyoloji Ana Bilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. İhsan AKYURT'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan başta Yrd. Doç. Dr. Cengiz MUTLU olmak üzere Biyoloji bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Çalıőmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşlarım Natic DURA'ya Köksal ÖZTÜRK'e Aydın ŐENOL'a Yakup KESEKLER'e Emre YELLİCE' ye teőekkürü bir borç bilirim.

Çalıőmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teőekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
TABLolar DİZİNİ	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VI
1. GİRİŞ	1
1.1. Ağır Metaller	2
1.2. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri.....	3
1.2.1. Kadmiyum (Cd)	5
1.2.2. Kobalt (Co)	6
1.2.3. Krom (Cr)	7
1.2.4. Bakır (Cu)	8
1.2.5. Mangan (Mn)	9
1.2.6. Nikel (Ni).....	9
1.2.7. Kurşun (Pb).....	9
1.2.8. Çinko (Zn).....	11
1.3. Önceki Çalışmalar	13
2. MATERYAL ve METOD	21
2.1. Araştırma yeri.....	21
2.2. Materyal.....	22
2.3. Metot	22
2.4. İstatistiksel Hesaplamalar	23
3. BULGULAR.....	24
3.1. Kaslarda ağır metal düzeyleri	24
3.2. Ciğer Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri	27
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	29
4.1 Sonuç	36
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	46

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Metallerin Domingo tarafından sınıflandırılması (17).....	3
Tablo 1.2. Metallerin Toksisitelerine Göre Sınıflandırılması.....	4
Tablo 1.3. Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (43).....	12
Tablo 1.4. Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (43)	13
Tablo 2.1. Standart referans materyal (SRM, DORM-4)'in sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (ppm, kuru ağırlık).....	23
Tablo 3.1. İstasyonlardan örneklenen balık türlerinin boy ve ağırlık değerleri (ortalama±standart hata).....	24
Tablo 3.2. Antalya Körfezi'nden Örneklenen Balık Türlerinin Kas Dokularında Metal Düzeyleri.....	26
Tablo 3.3. Antalya Körfezi'nden Örneklenen Balık Türlerinin Karaciğer Dokularında Metal Düzeyleri.....	28
Tablo 4.1. Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması (ppm).....	31
Tablo 4.2. Karaciğer dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması (ppm)	32
Tablo 4.3. Örneklerin kas dokuları kullanılarak hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çalışma Alanı	21
--------------------------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

l	Litre
µg	Mikrogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
kg	Kilogram
ppb	Milyarda Bir (1/1.000.000.000)
ppm	Milyonda Bir (1/1.000.000)
nm	Nanometre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
Hg	Civa
As	Arsenik
HCl	Hidroklorik Asit
HNO ₃	Nitrik Asit
N	Normalite
M	Molarite

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır (1). Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artışıdaki hızlanmaya bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır. Bununla birlikte kirlenme denilince insan müdahalesi sonunda oluşan çevre bozulması anlaşılır. Çünkü insan müdahalesi kısa bir zaman aralığında ve büyük bir yoğunlukta ortaya çıkar ve ekosistemde, yaşamı ciddi ölçüde etkileyen değişimler oluşturur. İnsan da bulunduğu ekosistemin bir parçası olduğu için kendisinin neden olduğu değişiklikler başka canlıları etkilediği gibi, eninde sonunda kendini de etkiler. Bu değişiklikler bazen insanın o çevrede barınmasını imkânsız kılacak boyutlara ulaşır (2). İnsanların bazı kimyasal maddelere ve özellikle ağır metallere maruz kalmaları halinde ortaya çıkan halk sağlığı problemleri her geçen gün daha da artmaktadır. Hg, Pb, Cd, Co gibi metaller toksik ağır metallerdir. Organizmalar, bu maddelerin çok az bulunduğu doğal ortamlarda gelişimlerini sürdürdüklerinden, bunların toksik etkilerini ortadan kaldıracak bir mekanizmaya sahip değildirler (3). Nitekim ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım halini almıştır. Genellikle, ağır metal içeren sanayi ve kent atıkları su yardımıyla daha uzak noktadaki büyük sucul ortamlara verilmektedirler. Bu nedenle, tatlı su ve deniz ortamındaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi öncelik taşımaktadır. Denizlere taşınan ağır metaller en fazla sedimentte, sudaki asılı partiküllerde ve canlılarda yoğunlaşmaktadır (4, 5).

Su kaynaklarının gittikçe kirlenmesi ve tükenmesi ekonomik, ekolojik ve sosyolojik bakımdan ciddi sorunların çıkmasına neden olmuştur. Bunlar genel olarak, besin maddesi üretimin azalması, sucul ekosistemlerde ekolojik dengenin bozulması, sosyal ve politik istikrarın sarsılması ve hastalıkların artması, olarak sıralanabilir (6). Doğal dengeyi bozan bu kirlenici unsurlar şu şekilde gruplandırılabilir: Organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisidler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre, endüstriyel atıklar ve bazı pestisidler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır (7). Metaller

içerisinde yoğunluğu 5 g/cm^3 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır. Ağır metallere örnek olarak Cu, Fe, Zn, Pb, Hg, Co, Mn, Cr, Se, Ni ve Cd sayılabilir (8). Doğada bulunan bu elementler belli bir doza kadar canlı yaşamı için gereklidir. Ağır metaller deniz ortamında iz halinde bulunmalarına karşılık, organizmadaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklı olmaktadır. Ağır Metal Düzeyleri çevre kirlenmesine neden olmalarından ve çok düşük yoğunluklarda bile deniz organizmalarına ve dolayısıyla insanoğluna zehirleyici etki gösterdiğinden deniz ekosisteminde sürekli etki göstermektedir. Çağımızda endüstrinin hızla gelişmesi ve yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak, ağır metallerin kullanım alanları da giderek artmaktadır. Bu artışta tarımsal mücadelenin de önemli payı vardır (7).

Balıkları da olumsuz yönde etkileyen çevre faktörleri vardır ve bunların ilk sıralarında biyotoksinler, parazitler, enfeksiyona neden olan mikroorganizmalar, fiziksel-kimyasal faktörler, pestisit, hidrokarbon ve ağır metaller gibi kirleticilerdir (9). Balıklar gibi deniz canlıları su veya sedimentte oranla kat ve kat yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktirirler. Su ortamındaki ağır metallerin, besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturan, balıklar tarafından alınması sindirim sistemi, vücut yüzeyi ve solungaçlar gibi yapılar üzerinden olmaktadır. En fazla alınıp solungaçlar aracılığıyla olmaktadır. Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun, geniş bir yüzey alanına sahip olan, solungaç lamelleri ile etkileşmesidir (10).

Bu çalışmada, Antalya Körfezi'nden seçilen 10 balık (karaciğer ve kas dokularında) türünde birikim gösteren 8 farklı ağır metalin (Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, Ni, Cr, Co) konsantrasyonlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece Antalya Körfezi'nde hangi boyutlarda kirliliğe maruz kaldığı ve türler açısından bakıldığında en fazla kirliliğe maruz kalan türlerin hangileri olduğu, ayrıca en yüksek konsantrasyonlarda olan metallerin hangisi veya hangileri olduğu gibi hususlar tespit edilip balık türlerinin metal kirlilik düzeyleri belirlenecek ve halk sağlığına olası etkileri ortaya çıkartılacaktır.

1.1. Ağır Metaller

Ağır metal, periyodik cetvelin (öğeler çizelgesi), üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir deyimdir. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Yoğunluğu 5 g/cm^3 ten fazla olan element metallere, genel olarak

“ağır metaller” adı verilmektedir (11, 12). Suyun yoğunluğunun 1 g/cm³ olduğunu düşünürsek bu metallerin sudan 5 kat daha ağır olduğu gerçeğiyle yüzleşebiliriz. Bu metaller, günümüzde endüstri toplumunun egemenliğiyle birlikte, fabrika ve üretim tesislerinde sıklıkla kullanılır oldu (11). Cıva, kadmiyum ve kurşun ağır metaller arasında en tehlikeli olanlarıdır. Ağır metaller; Sularda belirli bir derişimden sonra sucul canlıların bünyesinde birikip toksik etki oluşturmaktadırlar (13). Ağır metallerin deniz suyundaki konsantrasyonları 1 ppm’den düşüktür. Ancak doğal kaynaklardan; jeolojik ve volkanik faaliyetler, erozyon, yangınlar veya insan faaliyetleri sonucunda; maden arama, işleme, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar ile derişimleri artar (14, 15). Metaller Domingo tarafından 4 farklı grupta ele alınmıştır (Tablo 1.1). Normal koşullarda ağır metallerin doğadaki oranı düşüktür. Doğal ortamdaki konsantrasyon oranı arttığında, gümüş, cıva bakır, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller özellikle organizmalar üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimleri inhibe etmektedir. Canlılardaki bazı enzimatik aktiviteler için bazı metaller belli konsantrasyonlarda olmak şartı ile gereklidir. Organik maddeye bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve organik maddelerin bozuşması ile çözülmüş olarak tekrar serbest hale geçer (16).

Tablo 1.1. Metallerin Domingo tarafından sınıflandırılması (17).

Çevrede Geniş Oranda Bulunan ve En Fazla Toksikiteye Neden Olan Metaller	Argon (Ar), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Cıva (Hg)
Esansiyel iz metaller	Krom (Cr), Kobalt (Co), Mangan (Mn), Selenyum (Se), Çinko(Zn)
Biyolojik önemi olan diğer metaller	Nikel (Ni), Vanadyum (Va)
Farmakoloji ile ilgili metaller	Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca), Lityum (Li)

1.2. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri

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 (18).

Havada bulunan partiküllerin % 0.01-3'ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Bazı ağır metaller canlı organizmalar için esansiyel oldukları halde yüksek konsantrasyonda toksiktirler. Bunlar bakır (Cu), krom (Cr⁺³ formu) , demir (Fe) , mangan (Mn) , molibden (Mo) çinko (Zn) ve nikel (Ni)'dir. Bununla birlikte kadminyum (Cd) , krom (Cr⁺⁶ formu) , civa (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller canlılar için esansiyel olmayıp eser miktarda bile toksik etki gösterebilir (19). Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküler maddeler vücuda alınmaktadır. Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin insineratörlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar (20).

Organizmalar üzerindeki etkilerine bağlı olarak metaller, kritik olmayan, toksik ve çok toksik olarak sınıflandırılır (Tablo 1.2). Bununla birlikte çok toksik sınıfta yer alan manganez, bakır ve çinko gibi elementler mikro besin elementlerinden olup; çoğunlukla iz elementler olarak gösterilirler (21).

Tablo 1.2. Metallerin Toksisitelerine Göre Sınıflandırılması

KritikOlmayan	Toksik	ÇokToksik
Na,C,K,P,Li, Mg,Fe,Rb, Ca,S, Sr,H,Cl,Al,O,Br,Si	Ti,Ga,Hf, La,Zr, Os,W, Rh, Nb,Ir, Ta,Ru, Re,Ba	Be,As,Co,Se, Hg,Ni,Te,Tl,Cu, Pd,Pb,Zn,Ag,Sb,

Deniz ortamındaki ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla balıkların ve diğer sucul organizmaların kas, karaciğer, böbrek, solungaç, deri gibi doku ve organları biyo belirteç olarak kullanılmaktadır (21, 22). Balıklar kirlilik artışı gibi çevresel değişikliklere karşı çok hassas olduklarından dolayı tüm akuatik ekosistemin genel durumunun belirlenmesinde balık sağlığı güvenilir bir göstergedir. Kirleticilerin ilk belirgin etkileri canlıların davranış ya da dış görünümde ortaya çıkmadan önce doku

ya da hücre seviyesinde görülür. Histolojik analizler çok duyarlı parametreler olarak bilinir ve hedef organlarda hücresel değişimlerin belirlenmesinde gereklidir. İnsan beslenmesinde önemli yeri olan balıklar kirleticilere maruz kaldıklarında insan sağlığını da tehdit eder duruma gelirler (24). Solungaç epitelinde çevresel kirlenmeye fizyolojik tepki olarak görülebilecek hiperplazi, mukoz hücrelerin fazla aktif olması, primer lamellerin ayrılması gibi defektler biyolojik yanıtların sadece bazılarıdır. Değişik yollardan canlı bünyesine alınan ağır metaller her organ ve dokuda farklı düzeyde birikirler. Canlı bünyesinde çeşitli metabolik yollara katıldıktan sonra vücut dışına atılabilen metallere fizyolojik öneme sahip olanlar depolanır. Eğer bunlar toksik metallere biri ise, enzimlerin yapısını bozabilmektedir (25). Toksik maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak, eritrositlerin membran yapılarını, iyon geçirgenliğini ve hücre metabolizmasını bozduğu ortaya konulmuştur (26, 27).

1.2.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum en çok yer kabuğunda bulunur. Her zaman çinko ile kombinasyon halinde bulunur. Endüstriyel alanda son derece yaygın olarak kullanılan ve bir iz element olan kadmiyumun yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0,1-0,5 mg/kg olarak bildirilmiştir. Çinko ve kurşun üretiminde oluşan bir yan ürün olduğundan, eğer ortamda çinko ve kurşundan kaynaklanan ağır metal kontaminasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur. Diğer önemli kaynakları fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır (28).

Kadmiyum diğer ağır metallere içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd^{+2} halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olma özelliğine sahiptir (29).

İnsan vücudundaki Cd seviyesi ilerleyen yaşla beraber artış gösterir ve genellikle 50'li yaşlarda maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Yeni doğmuş bebeklerde hiç kadmiyum bulunmaz ve kadmiyum, kurşun ve cıvanın aksine plasenta ya da kan yoluyla anne karnındaki bebeğe geçmemektedir. Normal olarak vücudumuzda 40 mg' a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 µg'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Bu seviyeler, kadmiyumun çoğunu topraktan yani yiyecekler yoluyla alması nedeniyle bölgelere göre değişiklik

gösterebilmektedir. Yiyecekler yoluyla alınan kadmiyumun yanı sıra su boruları yoluyla, sigara dumanı ve endüstriyel metal üretimi sonucu çıkan fabrika atıkları da diğer önemli kadmiyum kaynaklarıdır. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir (13).

Pek çok organizma için toksik olan Cd, direk sudan, bir dereceye kadar havadan ve besin yoluyla alınarak, hem bitkisel ve hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur. Özellikle mantarlar başta olmak üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindir. İnsanlar sigara içtiklerinde, yüksek miktarda kadmiyuma maruz kalırlar. Tütün dumanı kadmiyumu akciğerlere taşır. Kan da vücudun diğer kısımlarına taşır. Vücudun bu kısımlarında toksik etkiye neden olabilir. Nefes yoluyla insanlarda alımı akciğer hastalığı, yüksek kan basıncı, su ve gıdalarla alımı karaciğer, böbrek, beyin, sinir hastalıkları kemiklerde hassasiyet, demir eksikliği gibi pek çok hasarlara yol açar ve çoğu ölümcül olabilir (28). Balıklardaki kadmiyum düzeyi 0,2-10 mg/kg, kabuklu su ürünlerinde 1-20 mg/kg düzeyindedir. Kadmiyum balıkların kas dokusunda bulunur. Yengeçte ise vücudunun her yerinde farklı miktarlarda bulunur. Akdenizde yapılan bir araştırmada midyelerde 0,10-5.9 mg/kg arasında kadmiyum tespit edilmiştir. İzmit körfezi suyunda kadmiyum miktarı ortalama 0.00038 mg/kg olarak bulunmuştur (30).

Kadmiyum, larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olduğundan sucul organizmalar için oldukça toksiktir. Balıkta iyon dengesinin bozulmasına sebep olan Cd zehirlenmesi kalsiyum metabolizmasını engelleyerek de zararlı olur. EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilir (18, 31).

1.2.2. Kobalt (Co)

Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan ve kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla girer. Havada parçacık halinde bulunup, birkaç günde su veya toprağa düşerek, parçacıklara bağlanır. Bazı kobalt bileşikleri suda çözülebilir, çevrede yok olmaz ancak form değiştirir. Solunum, gıda ve içme suyuyla düşük miktarda kobalt alımı söz konusudur. Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan, kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla dahil olur. Çevredeki radyoaktif Co miktarının artmasının tek sebebi radyoaktif bozulmalardır. İnsan sağlığına hem

zararlı hem de faydalı olabilir (31). Kobalt, hayvansal ve mikrobiyolojik tekniklerle üretilen besinlerle vücuda alınabildiği gibi solunum, gıda ve içme suyuyla da düşük miktarda vücuda alımı olabilir.

Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerini üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B₁₂ vitaminin bileşenidir. Kobalt, eksikliğinde anemi riski artar. Kobalt, başlıca karaciğer, sakatatlar, kırmızı et, istiridye ve balıkta bulunur (32). Gıda ve su yolu ile yüksek düzeyde radyoaktif olmayan kobalt alımının insan ve hayvanlarda kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Fakat yapılan hayvansal deneylerde direkt solunum yoluyla verildiğinde ya da kas ve deri altına uygulandığında kansere sebep olduğu görülmüş ve buna dayanarak, insanlarda da kanserojen olabileceği bildirilmiştir. Yüksek düzeyde kobalt radyasyonu, hücrelerdeki genetik materyalleri değiştirerek, bazı kanser tiplerinin gelişmesine sebep olabilir (18, 31, 33).

1.2.3. Krom (Cr)

Kromun beslenme açısından gerekli bir mineral olduğu bilinmesine rağmen kromun vücutta nasıl çalıştığı tam olarak bilinmemektedir. Krom, kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr, Cr⁺³, Cr⁺⁶'dır. Çelik üretiminde, alaşım yapımında, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı kontrol edici madde olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır.

Sadece Cr⁺³ bileşikleri vücut için diyetle eser miktarlarda alınması gerekli elementlerdir. Diğer formlardaki kroma vücudun ihtiyacı yoktur. Krom partikülleri havaya karıştığında 10 gün kadar kalabilir. Havadan solunarak, suyla ve besinlerle vücuda alınabilir (34). Cr⁺³ doğal olarak pek çok taze meyve, sebze, et, bira mayası ve hububat tohumlarında bulunabilir. Farklı işleme, depolama ve hazırlama metotları gıdanın krom içeriğini değiştirebilir. Paslanmaz çelik kutular ve pişirme kaplarında depolanan asitli gıdalar paslanmaz çelik kaplardan dolayı yüksek miktarda krom içerebilir. Dünya sağlık örgütü, nefes yoluyla alınan yüksek dozlarda kromun akciğer kanseri riskini arttırdığını, su ve gıdayla alımların ise mide ülserine, böbrek ve karaciğer hastalıklarına ve hatta ölümlere sebep olduğunu bildirmektedir. Ayrıca bazı insanlarda şiddetli alerjik reaksiyonlar da belirlenmiştir. Balıklar sulardan

bünyelerine çok miktarda Cr birikimi yapmazlar (31). Krom bileşiklerinin tümü yüksek miktarlarda alındığında toksik olabilir, ancak Cr⁺⁶, Cr⁺³'e göre daha toksiktir.

1.2.4. Bakır (Cu)

Periyodik cetvelin 1 B grubunda yer almaktadır. Bakır elementi yer kabuğunda 70 mg/kg değerinde bulunur ve birkaç farklı maden cevherinin bileşenini oluşturmaktadır. Bakır, tabiatta metal olarak birçok yerlerde dağınık olarak bulunur (11). İnsan vücudunda toplam 80 – 100 mg kadar bulunur. Kan için gereken Hemoglobin yapımı yanında başka işlevleri de vardır. Eksikliği ve fazlalığı bazı sorunlara yol açabilir. Çevredeki bakır kontaminasyonu kaynaklarının; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, otomobil, kamyon, otobüs ve tır gibi vasıtaların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleri olduğu bildirilmektedir (35). Birçok kaya ve toprakta olduğu gibi, okyanus çamurunda, nehir kumlarında, deniz bitkilerinin küllerinde, deniz mercanlarının birçoğunda, insan karaciğerinde ve salyangoz gibi yumuşakçalarda bulunur (11).

Bunlar sucul ekosistemlere girdiklerinde genellikle yaklaşık bir günde sudaki parçacıklara bağlanır ve bu şekilde ortam şartlarına 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. Bakırın suda en üst kabul edilir sınırları 0.001-0.01 mg/l olup suyun kimyasal ve fiziksel özellikleri ile balığın türüne bağlıdır. Balıkta bakır zehirlenmesinin tipik klinik belirtileri solunumda güçlük, sazanlarda su yüzeyine çıkarak hava alma çabası şeklindedir. Balığın vücudu mukusla kaplanır ve solungaç kapağı altı mukusla dolar. Bakır balığın en fazla kas dokusunda bulunur (36, 37).

Hollanda'nın Scheveningen kıyılarında bakır sülfata (500 mg/l) maruz kalan yaklaşık 100000 balığın sahillerde ölü bulunduğunu ölmeyenlerde ise düzensiz hareketler görüldüğünü, ölü balıkların sindirim yollarında yüksek oranda bakır bulunduğunu, bunun bakırın besin zincirinde birikebileceği şeklinde yorumlanabileceğini yenilebilir midyelerde metal kirliliğine rastlandığını, mavi-yeşil görünüş ve metalik tadın ette bakır birikiminin göstergesi olduğunu belirtilmiştir (29, 38).

1.2.5. Mangan (Mn)

Kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Saf mangan kızıl-gri renkli olup, doğal olarak bulunmaz, ancak oksijen, sülfür ve klor gibi diğer maddelerle bileşik halinde bulunur. Yaşam için gerekli olup, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suyu ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımıyla olur. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Su, hava ve gıda yoluyla düşük miktarlarına herkes maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Bilinçsizce pestisit kullanımını da yine aşırı dozlarda alımına sebep olur. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu “magnetizm” olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan manganın insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir (31). EPA'ya göre içme sularında 0,05 mg/l'den fazla olmaması önerilir.

1.2.6. Nikel (Ni)

Esas olarak çevrede oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan bir element olup, volkanlardan kaynaklanır ve bütün topraklarda bolca bulunur. Genellikle toprak ve sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. Havada çok düşük miktarda bulunabilir, balık, bitki ve hayvanlarda pek bulunmaz. İnsan ve hayvanlar için esansiyel olan ve çok düşük miktarlarda olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri bildirilmektedir. Bazı nikel bileşikleri kanserojen olarak kabul edilebilir. İnsanlara en fazla nikel hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşır. Aşırı miktarda nikel ve bileşiklerinin olduğu rafineriler ile işleme ünitelerindeki havayı teneffüs ederek çalışan işçilerde akciğer ve sinüs kanserleri görülmüştür. EPA'ya göre içme sularında 0,04 ppm'den az olmalıdır (18, 31, 33).

1.2.7. Kurşun (Pb)

Bu element periyodik cetvelin 4A Grubu elementlerden biri olup, simgesi Pb ve atom numarası 82'dir (11). Yer kabuğunda 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 (39). 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. Kurşun insan sağlığına en çok zarar veren 4 metalin dışındadır. Suda az çözünen kurşun tuzları midede hidroklorik asidin etkisiyle çözünür ve kana geçebilir. Kana geçen kurşunun atılımı çok yavaş olduğundan devamlı bir birikim söz konusudur (40). Kurşunun farklı enzim sistemleri ile etkileşim göstermesi nedeniyle birçok organ veya sistem, kurşun birikimi için odak noktalarını oluştururlar. Kandaki kurşun konsantrasyonunun 0.2 µg/ml limitini aşması durumunda olumsuz sağlık etkileri gözlenir. Kan kurşun konsantrasyonu; 0.2 µg/ml limitini aşması ile kan sentezinin inhibasyonu, 0.3-0.8 µg/ml limitlerinde duyu ve motor sinir iletim hızında azalma, 1.2 µg/ml limitinin aşılmasından sonra ise yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları meydana geldiği belirlenmiştir (13). Balık ve kabuklularda öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte biriken kurşun, organizmalarda son derece uzun bir yarılanma 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. 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 (31). Dünya Sağlık Örgütü, sağlık üzerine olumsuz etkilerin gözlenmediği 0.1 µg/ml kan kurşun konsantrasyon limitinin aşılmaması amacı ile; kent havasındaki kurşun konsantrasyonunun 0.5-1 µg/m³ olarak hedeflenmesini önermektedir. Dünya sağlık örgütü sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kanserojen gruptadır (13).

Konumuz olan balıklardaki kurşun birikmesini incelediğimizde, bu birikim en çok solungaç, karaciğer, böbrek ve kılçıkta olmaktadır. Akut doza ulaşıncı balığın solungaç epiteli tahrip olduğundan balık solunum yapamaz ve ölür. Kurşun

zehirlenmesinin semptomu eritrosit ve lökositlerin tahrip olması, alabalıklarda kuyruk boğumu siyahlaşmasıdır (17, 29, 41).

1.2.8. Çinko (Zn)

Çinko, dokuda, insan hücre ve organlarında bulunan esansiyel bir elementtir. Hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcut olup, mineral olarak bol bulunan elementtir. Demir ve diğer metallerin kaplama işlemlerinde, kuru hücre akülerde, alayım imalatında, beyaz boya üretiminde, seramiklerde, kauçuk sanayinde, gübrelerde, bazı kozmetik ve sağlık alanında kullanılmaktadır (31). Kurşun gibi çinko da madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik olaylarla uzun mesafelere taşınıp, depolanır (18, 42). Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'ı bitki büyümesinde kullanılır. Aynı zamanda, sucul organizmalarda çinkoyu biriktirmektedir. En çok birikim gösterdiği organlar, prostat, böbrek, kas ve karaciğerdir. Çinkonun yetersiz miktarda alımı, 200'den fazla enzimi olumsuz etkilediği gibi, yüksek düzeyleri de canlılarda çeşitli hasarlara sebep olmaktadır. Çinko eksikliğinde, örneğin hamile kadınlarda bebeklerin gelişimini engeller, gençlerde büyümeyi olumsuz etkiler, bağışıklık sistemini zayıflatır. İnsan vücudundaki çinkonun yaklaşık %90'ı kemik ve kaslarda bulunup, vücuttan atılması normal şartlarda idrar ve dışkı vasıtasıyla olur. İştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi ve derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, insanlardaki aşırı çinko alımında gözlenen genel problemlerdir (31). Farklı araştırmacılar tarafından, kanser hariç, pek çok olumsuz etkiler bildirilmiştir. Çinkonun toksikolojik açıdan, arsenik, kadmiyum, krom, bakır ve kurşundan daha az hasara sebep olduğu bildirilmektedir. Arsenik çok yüksek, Cd, Cu ve Pb orta derecede, Zn ise hafif derecede toksik etkiye sahiptir (39). EPA'ya göre içme sularında 5 ppm'den fazla olmaması önerilir.

Sanayileşme ve nüfus artışına bağlı olarak, endüstriyel ve evsel atıkların yeterince arıtılmadan doğaya verilmesi, yağmur ve drenaj sularının taşıdığı erozyon, ayrıca tarımda kullanılan gübre ve ilaçlarla kirlenen suların da karışması, nehir ve göllerin kirlenmesine yol açmaktadır. Bu çalışmada Antalya Körfezi'nin değişik bölgelerinden alınan su, sediment ve balık örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi sonucu körfezin ağır metal kirlilik derecesinin

ortaya konulması hedeflenmiştir. Ayrıca kirliliğinin oluşum kaynaklarını belirlemek ve gerekli tedbirlerin alınması yönünde çözümler ortaya koymak amaçlanmıştır. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın su ürünleri yönetmeliğine göre sucul ortamdaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri Tablo 1.3'te verilmiştir.

Tablo 1.3. Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (43).

Ağır metalin adı	Kabul edilebilir değer (mg/l)
As	0,1
Cu	0,01
Hg	0,004
Zn	0,003
Fe	0,7
Ag	0,003
Cd	0,01
Co	1,0
Pb	0,1
Cr	0,1
Mn	1,0
Ni	0,3
Se	0,05
Sn	1,2

Tablo 1.4. Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (43).

Ağır metalin adı	Kabul edilebilir değer (mg/kg)
Cd	0,1
Cu	20,0
Hg	0,5
Zn	50,0
As	1,0
Pb	1,0

1.3. Önceki Çalışmalar

Uysal ve arkadaşlarının 1986 yılında yaptıkları çalışmada Ege Denizi kıyılarında yenilebilir organizmalara ait, farklı ortamları temsil eden 3 pelajik balık türü ve 3 yumuşakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Hg metal düzeylerini belirlemiştir. *S. pilchardus* türündeki metal birikimlerinin *S. scomber* ve *T. trachurus* türlerine oranla daha yüksek seviyelerde olduğunu, yine bu türün diğer türlere oranla kirlenmiş bölge şartlarına daha kolay uyum sağladığını belirtmişlerdir (44).

Uysal ve arkadaşları 1989 yılında yaptıkları çalışmada ise Ege denizi kıyılarında 8 balık ve 9 yumuşakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd ve Hg iz element düzeylerini çalışmışlardır. İz element düzeyleri molluska türlerinde, özellikle pelajik balık türlerine oranla daha yüksek düzeylerde belirlenmiştir (45).

Amundsen ve arkadaşlarının 1997 yılında Norveç ve Rusya'nın arasında bulunan tatlı su kaynaklarından aldıkları farklı balık türlerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında Cd, Cu, Cr, Hg, Ni ve Zn içeriklerini belirlemiştir. Türlerin ortalama metal konsantrasyonları, kas için Cd; 0,01-0,81, Cr; 0,17-0,45, Cu; 1,6-12,3, Ni; 0,48-3,1 ve Zn; 17-63 µg/g, karaciğer için Cd; 0,40-4,3, Cr; 0,19-0,46, Cu; 11-180, Ni; 0,58-9,0 ve Zn; 98-614 µg/g, solungaç için Cd; 0,02-0,28, Cr; 0,64-2,0, Ni; 0,4-9,13 ve Zn 75-675 µg/g (yaş ağırlık) olarak bulmuşlardır. Genellikle metal konsantrasyonlarının en düşük kas dokusunda en yüksek solungaç ve karaciğer dokularında biriktiğini bildirmişlerdir. Farklı türler arasında metal seviyelerinde önemli farklılıklar olduğunu bulmuşlardır (46).

Seng ve arkadaşları 1995 yılında Penang Nehri'nde ve nehre dökülen su kaynaklarında Zn, Cu, Pb ve Ni konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Nehrin dar kesimlerine gidildikçe sedimentteki ağır metal seviyelerinde önemli artışlar olduğunu kaydetmişlerdir. Nehirde bulunan ve nehre giren su kaynaklarındaki kirliliğin antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir (47).

Ünsal ve arkadaşları 1992 yılında yaptıkları araştırmada, Orta ve Doğu Karadeniz'de ekonomik önemi olan deniz balıklarından hamsi, istavrit ve mezgit, omurgasız türünden midye ve fitoplankton türlerinde Hg, Cu ve Pb konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Analiz edilen organizmalarda Cu konsantrasyonlarının Doğu Karadeniz'in doğu kısmında batısına göre arttığı, Cu'ın aksine Pb konsantrasyonlarının batı kısmında daha fazla olduğu, Hg konsantrasyonlarının ise bazı istisnalar dışında tüm Doğu Karadeniz'de eşit dağıldıklarını bildirmişlerdir (48).

Bat ve arkadaşları 1996 yılında Karadeniz'in ticari öneme sahip balıklarından *Mullus barbatus*, *Merlangius merlanguseuxinus*, *Trachurus trachurus* ve *Engraulis encrasicolus* türünde 7 iz element konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Balıkların karaciğer dokusunda kasa göre daha yüksek metal biriktiğini tespit etmişlerdir. Mezgit'in Pb dışında dokularındaki metal seviyesinin tüm balıklardan daha yüksek seviyede olduğunu ve balıkların tüketilmeden önce karaciğer dokusunun fazla bulaştırılmadan çıkarılması ve iyi bir şekilde yıkanması gerektiğini belirtmişlerdir (49).

Bat ve arkadaşları 1998 yılında yaptıkları başka bir çalışmada, Karadeniz bölgesinde halk tarafından sıkça tüketilen zargana (*Belone belone*), lüfer (*Pomatomus saltator*), sahil yengeci (*Carcinus aestuarii*) türlerinde iz element konsantrasyonlarının seviyelerini tespit ederek halk sağlığı açısından risk taşıyıp taşımadıklarını belirlemişlerdir. *Carcinus aestuarii* türünün geniş bir coğrafik dağılıma sahip olması, toplanmasının kolay olması nedeniyle çevresel kirliliğin belirlenmesinde biyomonitör tür olduğunu ifade etmişlerdir (50).

Kocahan 1999 yılında yaptığı araştırmada, Marmara Denizi'ndeki 30 istasyondan yakalanan demersal balıklardan berlam, mezgit, öksüz, barbun, kırlangıç, benekli hani ve krustaselerden karidesin yumuşak dokusunda Hg, Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe değerlerini araştırmıştır. Balıkların beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak, beslenmesini sedimana yakın yerlerden sağlayan türlerin yumuşak

dokularındaki metal miktarının daha fazla olduğunu saptamıştır. Balık boylarına bağlı olarak, berlam, mezigit ve karides örneklerinde Hg'nın, hani ve barbun örneklerinde Cd değerinin boy ile artış gösterdiği, berlam örneklerinde Cu miktarının, mezigit örneklerinde Zn ve Fe miktarının, benekli ve kırlangıç örneklerinde ise Fe miktarının boya bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir (51).

M. Canlı ve arkadaşları 1998 yılında, Seyhan Nehri'nde 5 istasyondan yakaladıkları *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*'un kas, solungaç ve karaciğer dokularında Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb düzeylerini belirlemişlerdir. Dokulardaki ağır metal düzeylerinin istasyonlar arasında genellikle önemli oranlarda değişim göstermiş olduğunu, özellikle hastane atıkları tarafından kontamine edildiğini düşündükleri bir istasyonda en yüksek düzeylerde ölçmüşlerdir. Karaciğer ve solungaç dokularının kas dokusundan daha yüksek düzeylerde metal biriktirdiğini ve balıkların dokularındaki ortalama metal konsantrasyonlarını kuru ağırlık olarak solungaç, karaciğer ve kas dokularında; Cd düzeyleri sırasıyla 1,26-6,10, 0,96-4,72 ve 0,51-1,67 mg/g arasında, Pb düzeyleri 9,41-44,75, 5,22-37,15 ve 2,94-13,73 mg/g arasında, Cu düzeyleri 5,43-58,63, 5,91-201,1 ve 3,27-7,35 mg/g arasında, Cr düzeyleri 1,72-6,10, 0,23-5,35 ve 0,36-1,71 mg/g arasında değişim gösterdiğini, Ni için ise bu değişimlerin 6,83-28,03, 3,42-27,05 ve 1,62-13,35 mg/g arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bazı metallerin konsantrasyonlarının bazı dokularda insan tüketimi için kabul edilebilir düzeyleri aştığını belirtmişlerdir (52).

Karadere ve Ünlü 2000 yılında, Atatürk Baraj Gölü'nden aldıkları su, sediment ve bazı balık türlerinde (*Acanthobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carasobarbus luteus*, *Capoetta trutta* ve *Cyprinus carpio*) Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn düzeylerini incelemişlerdir. Balık örneklerinin farklı dokularında sadece Cu, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarını ölçebilmişler, diğer metallerin konsantrasyonlarını tespit edilebilir sınırların altında bulmuşlardır. Su ve sediment örneklerinde ise balık örneklerinden farklı olarak Ni değerlerini de tespit edilebilir sınırların altında bulmuşlardır. Sonuç olarak Atatürk Baraj Gölü'nde çalışılan dönemde ciddi bir kirliliğin olmadığını, ancak önlemlerin alınmaması durumunda kirliliğin tehlikeli boyutlara ulaşabileceğini bildirmişlerdir (53).

Göksu ve arkadaşlarının 2003 yılında yapmış oldukları çalışmada Seyhan Baraj Gölü'nden alınan *C. carpio* ve *S. lucioperca* balıklarında kas dokusundaki Cd,

Fe ve Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen değerlere göre, Zn ve Cd birikimi kabul edilebilir limit değerlerin üstünde bulunmuştur (54).

Tekin-Özan ve arkadaşının 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada ise Kovada Gölünde yaşayan *T. tinca* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cu, Fe, Zn, Mn, Cr, Pb ve Cd, ağır metallerinin birikimini araştırmışlardır. Elde edilen veriler ışığında *T. tinca* balığının dokularındaki Mn birikimi standartların üstünde bulunmuştur (55).

Tekin-Özan arkadaşlarının 2008 yılında yapmış olduğu çalışmada Beyşehir Gölü'nden 2 yıl boyunca 4 mevsim alınan *Tinca tinca* balığının kas, karaciğer, solungaç dokularındaki Cu, Fe, Zn ve Mn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *Tinca tinca* balığının dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığı için tehlike arz etmemektedir (92).

Erdoğrul ve arkadaşlarının 2006 yılında yapmış olduğu çalışmada Sır ve Menzelet Baraj Göllerinden alınan *L. cephalus*, *C. carpio*, *A. marmid* balıklarının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cd ve Cu ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre Cd bakımından Sır Baraj Gölü'nün, Cu bakımından ise Menzelet Baraj Gölü'nün daha kirli olduğu ancak bu kirliliğin insan sağlığını tehdit edecek düzeyde olmadığı belirlenmiştir (56).

Ural ve arkadaşlarının 2012 yılında yapmış oldukları çalışmada Uzunçayır Baraj Gölünden 6 istasyondan alınan *Capoeta umbla* balığının kas, karaciğer, solungaç, böbrek ve kalp dokularındaki Cd, Cu, Fe, Pb, Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *Capoeta umbla* balığının dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olarak bulunmuştur (90).

Karadeniz ve Ege Denizi'nden alınan balık örneklerindeki ağır metal düzeyleri üzerine yapılan bir başka çalışmada balık örneklerindeki ağır metal içeriğini Cu: 0,73-1,83 µg/g, Cd: 0,45-0,90 µg/g, Pb: 0,33-0,93 µg/g, Zn: 35,4-106 µg/g, Fe: 1,28-7,40 µg/g, Cr: 0,95-1,98 µg/g, Ni: 1,92-5,68 µg/g, Mn: 68,6-163 µg/g olarak rapor etmişlerdir. Yapılan analiz sonucunda balık örneklerindeki kurşun ve kadmiyum düzeyleri insan tüketimi için kabul edilebilir limitlerden daha yüksek seviyelerde bulunmuştur (57).

Kır ve arkadaşlarının 2012 yılında yapmış oldukları çalışmada Karacaören-II Baraj Gölü'nden 4 mevsim olarak alınan *Cyprinus carpio* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, Hg ve Cd ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre metallerin *Cyprinus carpio* balığının karaciğer ve solungaçta kas dokusuna göre daha fazla biriktiği görülmüştür (89).

Akbulut ve arkadaşlarının 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada Kızılırmak Nehri'nden alınan *Capoeta tinca*, *Capoeta capoeta* ve *Leuciscus cephalus* balıklarında kas ve solungaç dokularında Co, Cr, Cu, Pb ve Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Elden edilen verilere göre, kasta $Zn > Cu > Pb > Cr > Co$, solungaçta $Zn > Pb > Cu > Cr > Co$ şeklinde olmuştur (91).

M. Türkmen ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları diğer bir çalışmada Marmara, Ege, Akdeniz denizlerindeki 12 balık türünün kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerini değerlendirmişlerdir. Fe incelenen tüm doku örneklerinde yüksek düzeyde bulundu, ikinci en yüksek düzeyde bulunan ağır metal ise Zn olarak bildirilmiştir. Karaciğerlerdeki ağır metal konsantrasyonları kaslara oranla daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. İncelenen türlerin karaciğerlerinde Pb düzeyleri, tespit edilen Cd ve Cr konsantrasyonları insan sağlığı açısından izin verilen güvenlik düzeylerinden daha yüksek seviyelerde bulunmuştur (58).

Y. Tepe ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları Türkiye denizlerinden toplanan balık örneklerinin kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal seviyelerini belirlemişlerdir. Karaciğerde bütün metaller en yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. Analizler sonucunda balık tüketiminin insan sağlığı için olumsuz bir etki oluşturmayacağı belirtilmiştir (59).

M. Türkmen ve arkadaşları 2008 yılında Türkiye denizlerinde yaptıkları bir diğer çalışmada bu denizlerden yakalanan iki balık türü *E. encrasicolus* ve *S. smarvis*'in kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal seviyelerini belirlemişlerdir. Yapılan analizler neticesinde numunelerde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları TKB ve FAO'nun belirlediği sınır değerlerin içerisinde bulunmuştur (60).

Türkmen ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları çalışmada Ege ve Akdeniz denizlerindeki 12 balık türünün kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerini değerlendirmişlerdir. Kaslarda belirlenen metal düzeyleri karaciğerlere oranla daha düşük değerlerde rapor edilmiştir. Analiz sonucunda incelenen türlerin

yenilebilir kısımları da insan sağlığını tehdit edecek bir durumun olmadığı belirtilmiştir (61).

2003 yılında Türkmen tarafından yapılan çalışmada ise İşkenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve dikenli taş istiridyesindeki (*Spondylus spinosus*) ağır metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) birikimlerini incelemiştir. Deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonlarını Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/ lolarak bulmuştur (18).

Doğan 2004 yılında Hatay'daki dört tatlı su kaynağından (Asi Nehri, Yenişehir Gölü, Kırıkhan Gölbaşı Gölü ve Tahta Köprü Barajı) aldığı su ve sarı benlinin (*Carasobarbus luteus* Heckel, 1843) kas, karaciğer, solungaç ve deri dokusunda ağır metal düzeylerini incelemiştir. Ortalama değerlerde *Carasobarbus luteus*'un ağır metal konsantrasyonlarının organlara göre değişken olduğunu gözlemiştir. Genel olarak karaciğer ve solungacın, kas dokudan daha yüksek metal birikimi gösterdiğini ve kastaki birikimlerin su ürünleri için belirlenen tktilebilirlik sınırlarının altında olduğunu bildirmiştir (62).

Dural 2004 yılında, Akdeniz Bölgesinde bulunan Akyatan, Tuzla ve amlık lagnlerinden aldığı balık, seston, bentoz ve sediment örneklerinde Pb, Cu, Zn, Cd, Fe'nin birikim miktarları ve bunların mevsimsel değerişimlerini belirlemiştir. Balıklarda saptadığı metal konsantrasyonları FAO tarafından getirilen standartlara göre Pb ve Zn bakımından yüksek, Cd bakımından sınırdaki ve Cu bakımından sınırın altında olduğunu bildirmiştir (63).

Sunlu ve Egemen 1990-1992 yılları arasında Homa Dalyanı ve Ege Denizi'nin farklı bölgelerinden toplanan 4 balık türünde bazı iz element konsantrasyonlarını çalışmışlardır. Doku ve organların içermiş oldukları iz element düzeylerine göre karaciğer > solungaç > kas seklinde sıralandığını, balık türlerindeki iz elementlerin birikim düzeylerinin bölgelere, doku ve organlara bağlı olarak değerşebileceği saptanmıştır (64).

alta ve arkadaşları 2000 yılında, Keban Baraj Gölü'nde yakalanan *Capoeta trutta*' da bazı ağır metallerin birikimini incelemişlerdir. Cu'nun sadece deri ve karaciğerde biriktiğini; Fe'nin en fazla karaciğerde biriktiğini bunu sırasıyla böbrek, gonad, deri, solungaç ve kasın izlediğini; Mn' nin en fazla karaciğerde biriktiğini bunu gonad, böbrek, deri, solungaç ve kasın izlediğini; Zn'nin ise yine en fazla

karaciğerde biriktiğini bunu sırasıyla gonad, böbrek, solungaç, deri ve kasın izlediğini bulmuşlardır (65).

Yazkan ve arkadaşları 2002 yılında yaptıkları diğer bir çalışmada ise Antalya Körfezi'nde 2000 yılı ocak, şubat ve mart aylarında avladıkları balık türlerinin (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus*, *Tracharus tracharus*, *Pagellus acarne*, *Dicentrarch labrax*, *Sparus auratus*, *Sardina aurita*, *Boops boops*, *Scomber japonicus* ve *Solea solea*) kas ve karaciğer dokularında Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışmaları sonucunda balıkların kas dokularında Cu ve Zn'nin sırası ile 0,51-3,66 mg/kg ve 3,17-11,36 mg/kg, karaciğerde ise 0,83-4,44 mg/kg ve 3,97-15,14 mg/kg, balık örneklerinin kas dokusunda Pb ve Cd sırası ile 0,00-2,05 mg/kg ve 3,97-15,14 mg/kg, karaciğer dokusunda ise 0,00-2,25 mg/kg ve 0,03-0,15 mg/kg değerleri arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir (66).

Akçay ve arkadaşları 2003 de yaptıkları bir çalışmada Büyük Menderes Nehri sularında ağır metal konsantrasyonlarını; yaz-kış aylarında, Fe: 0,58-0,65 (%), Co: 0,005-0,010, Cr: 0,011-0,013, Cu: 0,010-0,012, Mn: 0,090-0,098, Ni: 0,009-0,010, Pb: 0,020-0,022, Zn: 0,053-0,056 mg/l olarak ölçmüşlerdir (67).

Yazkan ve arkadaşları 2004 yılında yaptıkları başka bir çalışmada Antalya Körfezi'nde 2000 yılı ocak, şubat ve mart aylarında avlanan bazı yumuşakça türleri (*Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris*) ve karidesin (*Parapenaeus longirostris*) yumuşak dokularında Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini belirlemişlerdir. Cu içeriğini yumuşakçalarda 1,82-6,22 mg/kg, karideste ise 4,24-7,40 mg/kg, Zn içeriğini yumuşakçalarda 10,95-21,52 mg/kg, karideste 11,73-14,27 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ağır metaller arasında insan sağlığı açısından önemli olan Pb ve Cd yumuşakçalarda sırası ile 0,00-0,35 mg/kg ve 0,23-0,72 mg/kg, karideste ise Pb tespit edilemezken Cd: 0,26-0,28 mg/kg (yaş ağırlık) olarak saptamışlardır. Sonuçlar incelenen türlerde analiz edilen ağır metaller açısından henüz ciddi bir tehlike olmadığını göstermiştir (68).

M. Türkmen ve arkadaşlarının 2005 çalışmasında Ağustos 2003'te İskenderun Körfezi'nden yakalanan ticari öneme sahip *Saurida undosquamis*, *Sparus aurata*, *Mullus barbatus* türlerinde kadmiyum, demir, kurşun, çinko, bakır, mangan, nikel, krom, kobalt ve alimünyum konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. İncelenen balık türlerindeki ağır metal konsantrasyonları şu şekilde sıralanmıştır; Cd: 0,01-4,16; Fe: 0,82-27,35; Pb: 0,09-6,95; Zn: 0,60-11,57; Cu: 0,04-5,43; Mn: 0,05-4,64; Ni: 0,11-

12,88; Cr: 0,07-6,46; Co: 0,03-5,61; Al: 0,02-5,41 mg/kg (kuru ağırlık). İncelenen balıkların yenilebilir kısımlardaki ağır metal düzeylerinin insan tüketimi için müsaade edilebilir sınırlarda olduğunu bildirmişlerdir (69).

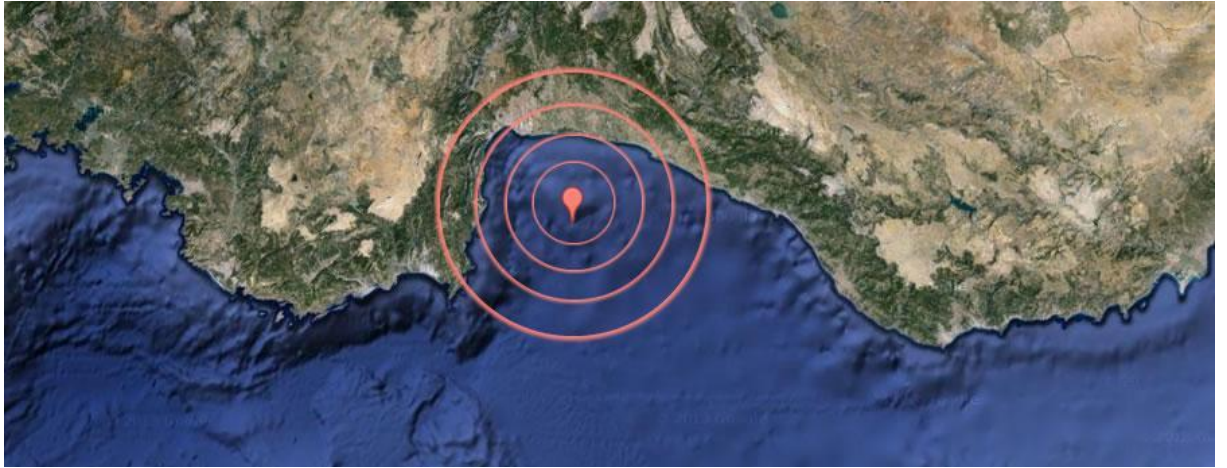
Rashed 2002' de göl ekosistemlerinin her zaman kirliliğe maruz kalabileceğini ve özellikle ağır metal kirliliğinden etkilenebileceğini bildirmiştir. Tatlı su balığı olan *Tilapia niloticus*' unda ağır metallerden etkilenen sucul organizmalardan olduğunu bildirmiştir. *Tilapia niloticus*' un farklı dokularında (mide, kas, bağırsak ve karaciğer) Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn en yüksek düzeyde karaciğerde birikim gösterdiğini tespit etmiştir. Kas, solungaç ve karaciğerde Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn birikimlerini sırasıyla 0,060, 0,078, 0,260, 2,18, 0,026, 0,062 ve 0,630; 0,136, 0,216, 0,338, 4,92, 0,218, 0,132 ve 1,372; 0,314, 0,14, 7,5, 4,58, 0,26, 0,13 ve 2,28 mg kg⁻¹ (kuru ağırlık) olarak tespit etmişlerdir (93).

Turgut 2003'te yaptığı bir çalışmada Küçük Menderes Nehri suyunda aylara göre ağır metal konsantrasyonlarını; Cd: 0,0033 (Mayıs)-0,811 (Ocak), Pb: 1,36 (Mayıs)-2,84 (Kasım), Cr: 0,093 (Ocak)-2,19 (Mart), Ni: 2,27 (Ocak)-8,98 (Mart), Cu: 0,88 (Mart)-14,11 (Kasım), Zn: 249,17 (Ocak)-258,08 (Kasım) mg/l olarak tespit etmişler, bazı metallerin ilkbahar-yaz, bazılarının ise sonbahar-kış aylarında daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir (94).

2. MATERYAL ve METOD

2.1. Araştırma yeri

Antalya Körfezi Türkiye'nin güneyinde Akdeniz kıyısındaki bir körfezdır. Körfeze adını veren Antalya şehri en önemli merkezdir. Antalya Körfezi Güney Anadolu'nun, Akdeniz kıyılarında meydana getirdiği geniş bir deniz girintisidir. Doğuda Anamur Burnu'ndan başlar, batıda Kırlangıç Burnu'na kadar uzanır, Teke yöresinin dik falezlerine dayanır. İki uç arasındaki genişlik, yaklaşık 216 km'dir. Körfezin karaya en fazla sokulduğu kuzeybatı ucunda Antalya kenti ve limanı yer alır. Kumsalları, denize dökülen çağlayanları, uzunluğu bakımından, dünyanın en güzel körfezlerinden biridir.



Şekil.2.1. Çalışma Alanı

Körfeze dökülen en önemli akarsular; Köprüçay Nehri, Manavgat Nehri, Aksu Çayı, Alara Çayı, Kargı Çayı, Dim Çayı, Karpuz Çayı, Acısu (Serik), Sarısu (Manavgat), Kömürcüler ve Ilıca (Manavgat) dereleri oluşturur.

Körfezde tuzluluk oranı yüksektir. Ortalama % 39-40 arasında değişen tuzluluk oranı, akarsu ağızlarında ve denizde kaynayan tatlısu kaynaklarının çevresinde düşer. Deniz suyu sıcaklığı kışın 15-17 derece, yazın 22-27 derece arasındadır. Antalya Körfezi, gerideki yüksek topografyanın sonucu olarak oldukça derindir. Derinlik birden artar ve bir deniz mili içinde 1.000-1.500 m'yi bulur. Körfezin en derin yeri batıda, Beşadaların 30 km doğusundadır (70).

Bu çalışmada belirlenen balıklar bolca yakalanıp, insanların tüketimine sunulan balık türlerinin ağır metal kirlilik düzeylerini ve bu canlılarda var olan metal kirliliğinin boyutlarını belirleyip, bu boyutlardaki bir ağır metal kirliliğinin insan

sağlığını olumsuz etkileyip etkilemediğini öğrenebilmek için çalışma sahası olarak seçilmiştir.

2.2. Materyal

Araştırmada incelenen balık türleri *Pagellus erythrinus*, *Pagellus acarne*, *Diplodus annularis*, *Sphyaena chrysotaenia*, *Upeneus moluccensis*, *Pomadasyus incusus*, *Merluccius*, *Serranus cabrilla*, *Mullus barbatus*, *Pagrus caeruleostictus*, Balık örnekleri Ekim 2013-Ocak 2014 tarihleri arasında Antalya Körfezinden ticari balıkçı tekneleri yardımıyla toplanmıştır.

2.3. Metot

Belirlenen çalışmada, bölgedeki balıkçıların yardımlarıyla elde edilen her türe ait balık örnekleri, buz korumalı kaplar yardımıyla laboratuara getirilmiştir. Türlerle göre tasnif edilip her örnekten yaklaşık 0,5g kas ve karaciğer alınarak örnekler distile su ile yıkanmış, polietilen kaplarda kimyasal analiz yapılana kadar -18 °C de saklanmıştır. Dondurulmuş doku örnekleri oda sıcaklığında bekletildikten sonra mikser ile parçalanarak homojenize edilmiştir. Dokuların metal kontaminasyonuna maruz kalmamaları için laboratuvar ekipmanları kullanılmadan önce 48 saat süre ile 2 M HNO₃ 'ebatırılmıştır. Bu ekipmanlar deiyonize su ile beş kez durulandıktan sonra beş kez daha damıtılmış su ile durulanmıştır ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Tüm doku örnekleri 100 ml'lik cam beherlere aktarıldı. Daha sonra 10 ml ultra saf konsantre nitrik asit örnekler üzerine yavaş yavaş ilave edildi. Saat camı ile üstü kapatılmış teflon beherler 3 saat süreyle sıcak bir plaka üzerinde 200 °C'de çözelti tortu haline gelinceye kadar yavaşça ısıtıldı. 2 ml 1 N HNO₃ tortu üzerine tekrar ilave edildi ve bu çözelti, sıcak plaka üzerinde tekrar buharlaştırıldı. Cam beherler soğutulduktan sonra, 2,5 ml 1 N HNO₃ sindirilmiş artığa eklenmiş ve bu çözelti volümetrik şişelere transfer edilerek deiyonize su ile 50 ml seviyesine kadar seyreltilmiştir. Analizinden önce numuneler 0.45 µm nitroselüloz zar filtre yardımıyla filtre edilmiştir. Analize hazır hale getirilen numuneler ICP MS cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Ekstraksiyon işlemleri Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarlarında, analizler ise Giresun Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

Bu çalışmada referans madde olarak DORM-4 kullanılmış olup, sertifikasyon edilen değerlerle analiz sonucu elde edilen değerler Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Standart referans materyal (SRM, DORM-4)'in sertifikasyon edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (ppm, kuru ağırlık).

Ağır Metal	SRM-DORM-4 Konsantrasyonları	
	Sertifika Edilen	Analiz Edilen (n: 10)
Kadmiyum (Cd)	0,306±0,015	0,278±0,024
Bakır (Cu)	15,9±0,9	16,6±0,75
Krom (Cr)	1,87±0,16	2,11±0,17
Nikel (Ni)	1,36±0,22	1,26±0,11
Kurşun (Pb)	0,416±0,053	0,479±0,08
Çinko (Zn)	52,2±3,2	53,3±2,29

2.4. İstatistiksel Hesaplamalar

İstasyonlar arasındaki farklılıklar Varyans analizi, One Way ANOVA yapılarak, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik program kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışma, Antalya Körfezinde yakalanan balıklarla yapılmıştır. *Pagellus erythrinus*, *Pagellus acarne*, *Diplodus annularis*, *Sphyaena chrysotaenia*, *Upeneus moluccensis*, *Pomadasys incusus*, *Merluccius merluccius*, *Serranus cabrilla*, *Mullus barbatus*, *Pagrus caeruleostictus* türlerinden örnekleme yapılmıştır. Türlerin ortalama boy ve ağırlıkları Tablo 3.1’de verilmiştir. Balıklarda sularda ağır metallerin kabul edilebilir sınır değerleri Ek:1 ve Ek:2 de belirtilmiştir.

Tablo 3.1. İstasyonlardan örneklenen balık türlerinin boy ve ağırlık değerleri (ortalama±standart hata)

Tür	N	Total Boy	Ağırlık
<i>Pagellus erythrinus</i>	2	16.072±0.71	46.22±11.19
<i>Pagellus acarne</i>	6	15.03±0.87	44.06±7.83
<i>Diplodus annularis</i>	7	23.12±2.22	159.43±35.68
<i>Sphyaena chrysotaenia</i>	5	26.2±1.18	104.03±14.47
<i>Upeneus moluccensis</i>	5	16.77±1.03	56.83±12.63
<i>Pomadasys incusus</i>	3	17.87±0.78	80.44±7.88
<i>Merluccius merluccius</i>	3	27.77±1.48	132.492±48.76
<i>Serranus cabrilla</i>	4	16.65±0.91	72.39±14.46
<i>Mullus barbatus</i>	5	15.93±1.46	42.82±9.92
<i>Pagrus caeruleostictus</i>	6	21.75±1.75	161.78±38.64

3.1. Kaslarda ağır metal düzeyleri

Analiz edilen örneklerde kas değerleri incelendiğinde; Cr; en yüksek *Sphyaena chrysotaenia* türünde (0,80 ppm), en düşük *Diplodus annularis* (0,33ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *Sphyaena chrysotaenia* türünde (1,83 ppm), en düşük *Diplodus annularis* ve *Pomadasys incusus* türlerinde (0,10 ppm)

tespit edilmiştir. Co; en yüksek *Mullus barbatus* türünde (0,11 ppm), en düşük ise *Merluccius merluccius* türünde (<0,01 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *Pagellus erythrinus* türünde (3.91 ppm), en düşük ise *Merluccius merluccius* (0,03 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *Pagrus caeruleostictus* türünde (0,94 ppm), en düşük ise *Pomadasy incusus* türünde (0,19 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *Pagellus erythrinus* türünde (13,1 ppm), en düşük ise *Pagellus acarne* türünde (2,48 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *Mullus barbatus* türünde (0,09 ppm), en düşük ise *Upeneus moluccensis* türlerinde (0.03 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *Upeneus moluccensis* türünde (0,38 ppm), en düşük *Pomadasy incusus* türünde tespit edilmiştir (0.04 ppm).

Tablo 3.2. Antalya Körfezi'nden Örneklenen Balık Türlerinin Kas Dokularında Metal Düzeyleri

Tür	N	Metal Düzeyleri (Ortalama±Standart Hata, mg/kg)							
		Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
<i>Sphyraena chrysotaenia</i>	5	0,80±0,26^a	1,83±1,13^a	0,10±0,08 ^a	0,47±0,18 ^a	0,37±0,05 ^a	4,50±0,47 ^a	0,04±0,01 ^a	0,29±0,13 ^a
<i>Upeneus moluccensis</i>	5	0,43±0,13 ^a	0,25±0,06 ^a	0,05±0,02 ^a	0,10±0,05 ^a	0,20±0,06 ^a	4,25±0,48 ^a	<u>0,03±0,00^a</u>	0,38±0,17^a
<i>Merluccius merluccius</i>	3	0,35±0,02 ^a	0,12±0,02 ^a	<u><0,01±0,0^a</u>	<u>0,03±0,01^a</u>	0,22±0,05 ^a	3,68±0,62 ^a	0,04±0,00 ^a	0,09±0,01 ^a
<i>Diplodus annularis</i>	7	<u>0,33±0,04^a</u>	<u>0,10±0,02^a</u>	0,02±0,00 ^a	0,04±0,01 ^a	0,21±0,02 ^a	4,23±0,80 ^a	0,04±0,01 ^a	0,16±0,11 ^a
<i>Pagellus acarne</i>	6	0,42±0,17 ^a	0,12±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,08±0,01 ^a	0,41±0,16 ^a	<u>2,48±0,43^a</u>	0,05±0,01 ^a	0,12±0,04 ^a
<i>Pomadasys incusus</i>	3	0,40±0,02 ^a	<u>0,10±0,02^a</u>	0,01±0,00 ^a	1,49±0,07 ^b	<u>0,19±0,01^a</u>	4,58±0,96 ^a	0,05±0,01 ^{ab}	<u>0,04±0,01^a</u>
<i>Serranus cabrilla</i>	4	0,46±0,06 ^a	0,19±0,03 ^a	0,04±0,02 ^a	1,44±0,11 ^b	0,50±0,12 ^a	8,67±0,86 ^b	0,07±0,00 ^{bc}	0,15±0,07 ^a
<i>Pagrus caeruleostictus</i>	6	0,63±0,07 ^a	0,15±0,02 ^a	0,04±0,03 ^a	2,46±1,13 ^b	0,94±0,53^a	5,04±0,43 ^a	0,09±0,01 ^c	0,11±0,01 ^a
<i>Mullus barbatus</i>	5	0,55±0,10 ^a	0,14±0,03 ^a	0,11±0,04^a	2,08±1,33 ^{ab}	0,26±0,05 ^a	4,38±0,42 ^a	0,09±0,00^c	0,13±0,01 ^a
<i>Pagellus erythrinus</i>	3	0,55±0,03 ^a	0,19±0,03 ^a	0,03±0,00 ^a	3,91±1,06^b	0,80±0,31 ^a	13,1±2,93^c	0,09±0,01 ^c	0,11±0,00 ^a

SCH: *Sphyraena chrysotaenia*, **UM:** *Upeneus moluccensis*, **MM:** *Merluccius merluccius*, **DA:** *Diplodus annularis*, **PA:** *Pagellus acarne*,

PI: *Pomadasys incusus*, **SC:** *Serranus cabrilla*, **PC:** *Pagrus caeruleostictus*, **MB:** *Mullus barbatus*, **PE:** *Pagellus erythrinus*

*Dikey olarak farklı harflerle gösterilen düzeyler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05)

Altı çizili olan değerler minimum, **kalin yazılmış olan değerler maksimum değerleri göstermektedir.

3.2 Ciğer Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri

Ciğer dokusundaki ortalama ağır metal birikim düzeyleri Tablo 3.3' te verilmiştir. Tablo 3.3' e göre kas dokusunda metal birikim düzeyleri sırasıyla Zn> Cu> Ni > Mn > Cr> Cd > Pb > Co şeklinde bulunmuştur.

Antalya Körfezinde toplanan örneklerin ciğer dokusundaki ağır metal birikimleri Tablo 3.3' de verilmiştir. Tablo 3.3' e göre Cr; en yüksek *Sphyraena chrysotaenia* ve *Pagellus erythrinus* (0.82 ppm), en düşük *Diplodus annularis* türünde (0.36 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *Sphyraena chrysotaenia* türünde (9.91 ppm), en düşük *Serranus cabrilla* türünde (0.70 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *Mullus barbatus* türünde (0.75 ppm), en düşük ise *Serranus cabrilla* türünde (0.07 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en *Pagellus erythrinus* türünde (9,02 ppm), en düşük ise *Diplodus annularis* (0.05 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *Upeneus moluccensis* türünde (26,7 ppm), en düşük ise *Serranus cabrilla* türünde (1,12 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *Upeneus moluccensis* türünde (146 ppm), en düşük ise *Serranus cabrilla* türünde (18,2 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *Upeneus moluccensis* türünde (0.94 ppm), en düşük ise *Serranus cabrilla* ve *Merluccius merluccius* türlerinde (0.17 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *Pagellus acarne* türünde (0.87 ppm), en düşük *Pomadasyus incusus* türünde tespit edilmiştir (0.13 ppm).

Tablo 3.3. Antalya Körfezi'nden Örneklenen Balık Türlerinin Karaciğer Dokularında Metal Düzeyleri

Tür	N	Metal Düzeyleri (Ortalama±Standart Hata, mg/kg)							
		Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
<i>Sphyraena chrysotaenia</i>	5	0,82±0,25^b	9,91±3,88^a	0,25±0,06 ^{ab}	0,61±0,25 ^a	25,6±4,82 ^a	37,8±3,59 ^b	0,72±0,10 ^a	0,49±0,18 ^{ab}
<i>Upeneus moluccensis</i>	5	0,58±0,07 ^{ab}	0,77±0,11 ^b	0,36±0,05 ^b	0,13±0,03 ^a	26,7±4,65^a	146±18,8^a	0,94±0,19^a	0,85±0,28 ^a
<i>Merluccius merluccius</i>	3	0,47±0,06 ^{ab}	1,25±0,10 ^b	0,10±0,01 ^a	0,07±0,01 ^a	5,78±1,09 ^b	26,1±1,95 ^b	0,17±0,03 ^b	0,20±0,04 ^b
<i>Diplodus annularis</i>	7	<u>0,36±0,02^a</u>	1,21±0,10 ^b	0,13±0,01 ^a	<u>0,05±0,02^a</u>	2,62±0,26 ^b	21,3±1,27 ^b	0,79±0,08 ^a	0,26±0,05 ^b
<i>Pagellus acarne</i>	6	0,49±0,13 ^{ab}	1,42±0,19 ^b	0,37±0,04 ^b	0,33±0,20 ^a	5,23±0,63 ^b	20,7±1,77 ^b	0,23±0,03 ^b	0,87±0,25^a
<i>Pomadasys incusus</i>	3	0,42±0,04 ^{ab}	0,86±0,07 ^b	0,15±0,00 ^a	2,48±0,07 ^a	1,96±0,20 ^b	29,1±5,16 ^b	0,24±0,06 ^b	<u>0,13±0,01^b</u>
<i>Serranus cabrilla</i>	4	0,67±0,09 ^{ab}	<u>0,70±0,17^b</u>	<u>0,07±0,01^a</u>	2,60±0,08 ^a	<u>1,12±0,46^b</u>	<u>18,2±4,72^b</u>	<u>0,17±0,05^b</u>	0,25±0,03 ^b
<i>Pagrus caeruleostictus</i>	6	0,67±0,03 ^{ab}	1,27±0,06 ^b	0,13±0,01 ^a	2,77±0,12 ^a	5,56±0,87 ^b	37,1±3,33 ^b	0,21±0,01 ^b	0,15±0,03 ^b
<i>Mullus barbatus</i>	5	0,58±0,17 ^{ab}	0,87±0,06 ^b	0,75±0,17^c	3,09±0,13 ^a	3,29±1,34 ^b	20,1±2,54 ^b	0,26±0,03 ^b	0,24±0,02 ^b
<i>Pagellus erythrinus</i>	3	0,82±0,19^b	2,96±0,80 ^b	0,23±0,06 ^{ab}	9,02±4,15^b	5,89±0,44 ^b	34,9±1,42 ^b	0,27±0,02 ^b	0,26±0,07 ^b

SCH: *Sphyraena chrysotaenia*, **UM:** *Upeneus moluccensis*, **MM:** *Merluccius merluccius*, **DA:** *Diplodus annularis*, **PA:** *Pagellus acarne*, **PI:** *Pomadasys incusus*, **SC:** *Serranus cabrilla*, **PC:** *Pagrus caeruleostictus*, **MB:** *Mullus barbatus*, **PE:** *Pagellus erythrinus*

*Dikey olarak farklı harflerle gösterilen düzeyler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Altı çizili olan değerler minimum, **kalin yazılmış olan değerler maksimum değerleri göstermektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İncelenen balıkların kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal düzeyleri kıyaslandığında karaciğerlerdeki birikimin daha yüksek olduğu görülmekle birlikte incelenen metaller arasında her iki dokuda da Zn en yüksek düzeyde olmasına rağmen, kadmiyum ve kobaltın en düşük düzeylerde birikim gösterdiği bulunmuştur. Benzer sonuçlar, pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (59, 60, 75, 76, 80). Kas dokuda istasyonlardan elde edilen en yüksek ve en düşük ağır metal derişimlerinin ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1’ten de görüleceği gibi, bu çalışmada örneklerden elde edilen Krom düzeyleri; Karadeniz sahilleri (77), Birleşik Arap Emirlikleri (81), Yelkoma Lagünü (75), Güney Brezilya Sahilleri (79), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (58) için bulunan değerlerle uyumlu, Akdeniz (78, 69), İskenderun (76), Türkiye Denizleri (59), için bulunan değerlerden düşüktür, Türkiye Denizleri (60) için bulunan değerler yüksektir.

Mangan düzeyleri; Sinop sahilleri (49), Birleşik Arap Emirlikleri (81), Yelkoma Lagünü (75), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (58), Güney Brezilya Sahilleri (79) için uyumludur. Karadeniz (57), Akdeniz (69) Türkiye Denizleri (60) için bulunan değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Kobalt düzeyleri; Türkiye Denizleri (60) için uyumludur. Birleşik Arap Emirlikleri (81) için yüksektir, Yelkoma Lagünü (75), İskenderun (76), Karadeniz sahilleri (77), Akdeniz (69), Türkiye Denizleri (59, 80) için verilen değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Nikel düzeyleri; İskenderun (76), Sinop sahilleri (49), Karadeniz sahilleri (57), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (58) için verilen değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri (60), Yelkoma Lagünü (75) için verilen değerden yüksek, Akdeniz sahilleri (69, 78), Güney Brezilya Sahilleri (79), Türkiye Denizleri (59) için verilen değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Bakır düzeyleri; Türkiye Denizleri (60) ve Birleşik Arap Emirlikleri (81), Yelkoma Lagünü (75), Karadeniz sahilleri (77), İskenderun (76), Akdeniz sahilleri (69, 78), Türkiye Denizleri (59, 80), Ege, Marmara, Akdeniz sahilleri (58), Güney

Brezilya Sahilleri (79) için verilen değerlerden düşük, Karadeniz sahilleri (57) için verilen değerlerle uyumludur (Tablo 4.1).

Çinko düzeyleri; Türkiye Denizleri (60), Yelkoma Lagünü (75), Birleşik Arap Emirlikleri (81), Karadeniz sahilleri (57), Güney Brezilya Sahilleri (79), Akdeniz sahilleri (78) için verilen değerlerden düşüktür; Sinop sahilleri (49) için verilen değerler yüksektir, Türkiye Denizleri (59, 80), İskenderun (76), Ege, Marmara, (58) için verilen değerlerle uyumludur (Tablo 4.1).

Kadmiyum düzeyleri; Sinop sahilleri (49), Türkiye Denizleri (60) ve Karadeniz sahilleri (77) için verilerle uyumlu; Yelkoma Lagünü (75), Karadeniz sahilleri (57), Türkiye Denizleri (80), Ege, Marmara, Akdeniz sahilleri (58), İskenderun (76), Akdeniz sahilleri (78), Birleşik Arap Emirlikleri (81), Güney Brezilya Sahilleri (79), Akdeniz sahilleri (69) için verilen değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Kurşun düzeyleri; İskenderun (76), Türkiye Denizleri (59, 60, 80), Ege, Marmara, Akdeniz sahilleri (58), Güney Brezilya Sahilleri (79), Sinop sahilleri (49), Yelkoma Lagünü (75), Karadeniz sahilleri (57) ve Akdeniz sahilleri (69, 78) için verilen değerden düşüktür. Karadeniz sahilleri (77) ve Birleşik Arap Emirlikleri (81) için verilen değerlerden yüksektir ve bu değerler Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması (ppm)

Örnekleme Bölgesi	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	R.
Sinop	-	0.58	-	1.51	0.69	3.55	0.025	0.78	49
Türkiye Denizleri	0.09-0.51	0.14-2.82	0.01-0.07	0.06-1.51	0.21-8.58	7.12-45.6	0.01-0.07	0.12-0.87	60
Yelkoma lagünü	0.17-0.72	0.75-0.96	0.1-0.43	0.11-0.57	0.62-1.03	6.01-13.9	0.1-0.47	0.19-0.47	75
Karadeniz	-	7.4	-	3.93	0.95	37.4	0.5	0.68	57
İskenderun	0.13-4.26	0.48-6.01	0.02-4.74	0.05-3.54	0.06-4.64	1.28-12.26	0.01-1.84	0.09-4.26	76
Karadeniz	0.06-0.84	0.69-3.56	<0.05-0.40	<0.01-2.04	1.01-4.54	25.7-44.2	<0.02-0.24	<0.05-0.06	77
Akdeniz	0.07-6.46	0.05-4.64	0.03-5.61	0.11-12.88	0.04-5.43	0.60-11.5	0.01-4.16	0.09-6.95	69
Akdeniz	1.28-1.60	-	-	4.25-6.07	3.40-5.88	16.1- 31.4	1.07-1.43	7.33-9.11	78
Türkiye Denizleri	0.10-1.60	0.08-1.12	0.03-0.44	0.02-4.22	0.15-5.06	3.15- 12.9	0.01-0.40	0.11-1.00	59
Ege, Marmara, Akdeniz	0.04-1.75	0.10-0.99	0.04-0.41	0.02-3.97	0.32-6.48	4.49-11.2	0.02-0.37	0.33-0.86	58
Güney Brezilya Sahili	<0.01-0.54	<0.02-1.04	-	<0.03-20.0	<0.05-5.30	11.8-24.5	<0.30-8.33	<0.05-2.77	79
Türkiye Denizleri	0.11-1.78	0.08-1.11	<0.01-0.43	0.01-3.27	0.30-1.82	4.05-6.80	0.02-0.38	0.17-1.13	80
Bileşik Arap Emirlikleri	0.31-0.73	0.12-2.1	0.002-0.02	-	1.63-24.91	3.71-123	0.13-2.89	0.004-0.12	81
Ulusal standartlar	-	-	-	-	20	50	0.1	1	82
Uluslararası	1	-	-	-	10-100	30-100	0.05-5.5	0.5-6.0	83
Bu çalışma	0,33-0,80	0,10-1,83	<0,01-0,11	0,03-3,91	0.19-0.94	3,68-13.1	0.03-0.09	0.04-0.38	

Tablo 4.2 Karaciğer dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması (ppm)

Örnekleme Bölgesi	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	R.
Türkiye Denizleri	0.20-3.88	0.61-7.33	0.11-1.45	0.40-9.70	1.11-46.2	9.83-195	0.04-1.13	0.38-5.20	59
Orta Karadeniz	-	0.95	-	3.92-4.89	1.49-13.8	3.79-4.16	0.07-0.05	0.89-1.36	49
Akyatan Lagünü	0.37-0.83	1.06-2.56	0.09-0.29	0.55-1.86	3.36-29.7	16.9-26.8	0.05-0.15	0.53-1.84	84
Türkiye Denizleri	0.14-1.02	0.46-2.11	0.11-0.64	0.16-3.97	1.31-20.5	16.0-37.9	0.04-0.19	0.59-1.79	85
Ege,Marmara, Karadeniz	0.28-2.97	0.72-9.67	0.06-0.53	0.47-11.6	0.99-30.7	12.5-145	0.06-0.69	0.26-3.38	58
Paradeniz Lagünü	0.35-1.02	1.36-2.23	0.45-0.91	0.73-1.59	6.59-69.9	17.5-28.2	0.27-0.74	0.42-0.88	86
Türkiye Denizleri	0.14-5.01	0.38-9.18	0.09-0.88	0.12-9.56	0.59-7.60	12.2-136	0.03-1.13	0.35-4.70	87
Türkiye Denizleri	0.43-3.93	0.59-3.64	0.19-0.95	0.35-7.63	1.61-41.7	13.0-51.2	0.07-0.91	0.89-4.29	80
Marmara, Ege, Akdeniz	0.19-2.63	0.55-5.40	0.14-0.51	0.13-8.89	5.29-14.9	26.2-43.5	0.13-0.47	0.83-3.71	58
Akdeniz	0.65-0.90	1.29-4.10	0.18-0.54	0.28-0.86	2.61-7.25	15.3-23.5	0.16-0.56	0.52-0.71	75
Bu çalışma	0,36-0,82	0,77-9,91	0.07-0.75	0.07-9.02	1.12-26.7	18.2-146	0.03-0.27	0.13-0.87	

Çiğer dokusunda istasyonlardan elde edilen en yüksek ve en düşük ağır metal derişimlerinin ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4.2’den de görüleceği gibi, bu çalışmada örneklerden elde edilen Krom düzeyleri; Akyatan Lagünü (84), Türkiye Denizleri (85), Akdeniz sahilleri (75) ve Paradeniz Lagünü (86) için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri (59, 80, 87), Marmara, Ege ve Akdeniz sahilleri (58) ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri (50) için bulunan değerlerden düşüktür.

Mangan düzeyleri; Orta Karadeniz sahilleri (49), Akyatan Lagünü (84), Türkiye Denizleri (80, 85), Paradeniz Lagünü (86), Türkiye Denizleri (59, 87), Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri (58) ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri (50) için bulunan değerlerle uyumludur. (Tablo 4.2). Sadece *Sphyraena chrysotaenia* balığındaki veriler yapılan çalışmalara göre yüksektir (Tablo 3.3).

Kobalt düzeyleri; Akyatan Lagünü (84), Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri (50), Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri (58), Akdeniz sahilleri (75) ve Türkiye Denizleri (85) Türkiye Denizleri (59, 80, 87) ve Paradeniz Lagünü (86) için bulunan değerlerle uyumludur (Tablo 4.2).

Nikel düzeyleri; Orta Karadeniz sahilleri (49), Akyatan Lagünü (84), Paradeniz Lagünü (86) Türkiye Denizleri (80, 85), Türkiye Denizleri (59, 87), Marmara, Ege ve Akdeniz sahilleri (58) ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri (50) için bulunan değerlerle uyumludur (Tablo 4.2).

Bakır düzeyleri; Akdeniz sahilleri (75), Orta Karadeniz sahilleri (49) Türkiye Denizleri (85, 87), Türkiye Denizleri (59, 80), Akyatan Lagünü (84), Paradeniz Lagünü (86) ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri (50) için bulunan değerlerle uyumludur (Tablo 4.2).

Çinko düzeyleri; Türkiye Denizleri (85), Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri (50), Türkiye Denizleri (59, 80), Akdeniz sahilleri (75), Paradeniz Lagünü (86), Marmara, Ege ve Akdeniz sahilleri (58) ve Akyatan Lagünü (84) için bulunan değerlerle uyumlu, Orta Karadeniz sahilleri (49) için bulunan değerlerden yüksektir (Tablo 4.2).

Kadmiyum düzeyleri; Akyatan Lagünü (84), Türkiye Denizleri (80, 85), Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri (58), Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri (50), Paradeniz Lagünü (86) ve Akdeniz sahilleri (75) için bulunan değerlerle uyumlu, Orta Karadeniz sahilleri (49) için bulunan değerlerden yüksektir (Tablo 4.2).

Kurşun düzeyleri; Türkiye Denizleri (59, 80, 85, 87), Orta Karadeniz sahilleri (49), Akyatan Lagünü (84), Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri (58) Marmara, Ege, Karadeniz

sahilleri (50), Paradeniz Lagünü (86) ve Akdeniz sahilleri (75) için bulunan değerlerle uyumludur (Tablo 4.2).

Bu çalışmada incelenen balıkların kas dokuları için elde edilen birikim düzeyleri esas alınarak günlük ve haftalık alım miktarları hesaplanmıştır (Tablo 4.3). Türkiye’de kişi başına ortalama günlük balık tüketimi 20 gr olarak bildirilmektedir (74). Bu miktar haftalık kişi başı 140 gramdır. Yetmiş kg ağırlığında bir kişinin haftada 140 gr balık tükettiği farz edilerek elde edilen HHA (hesaplanan haftalık alım) ve HGA (hesaplanan günlük alım) değerleri Tablo 4.3’ te sunulmaktadır. Yetişkin bir kişi için elde edilen Tablo 4.3’ teki HHA değerleri kaslardaki maksimum birikim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır **[HHA ($\mu\text{g}/70\text{ kg vücut ağırlığı/hafta})=\text{en yüksek metal düzeyi } (\mu\text{g}/\text{kg}) \times \text{balık tüketim miktarı } (\text{kg}/70\text{ kg vücut ağırlığı/hafta})]$** . Daha sonra HHA’lar HGA değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 4.3’ te HHA ve HGA değerleri ile tavsiye edilen tolere edilebilir haftalık (THA) ve günlük ve (TGA) alımların kıyaslanmaları verilmektedir. Tablo 4.3’ ten de görülebileceği gibi bu çalışmada elde edilen HHA ve HGA değerleri tavsiye edilen değerlerin çok altındadır (73, 74, 88).

Tablo 4.3. Örneklerin kas dokuları kullanılarak hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması

Metal	THA[*]	THA^b	TGA^c	Mevcut Çalışma HHA^d(HGA)^e
Cd	7 ^a	490	70	12.6 (1.8)
Co	–	–	–	15.4 (2.2)
Cr	–	–	–	112 (16)
Cu	3500 ^a	245000	35000	131.6 (18.8)
Ni	35 ^g	2450	350 ^f	344.4 (49.2)
Mn	980 ^g	68,600	9800 ^h	256.2 (36.6)
Pb	25 ^a	1750	250	53.2 (7.6)
Zn	7000 ^a	490000	70000	1834 (262)

^aFAO/WHO, 2004)

^b THA, 70 kg ağırlığında yetişkin bir kişi için ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70$ kg vücut ağırlığı)

^c TGA, tolöre edilebilir günlük alım ($\mu\text{g}/\text{gün}/70$ kg vücut ağırlığı)

^d HHA, hesaplanan haftalık alım, $\mu\text{g}/\text{hafta}/70$ kg vücut ağırlığı

^e HGA, hesaplanan günlük alım, $\mu\text{g}/\text{gün}/70$ kg vücut ağırlığı

^f WHO (1993) 1 kg vücut ağırlığı için günlük 5 μg ' lık bir TGA önermektedir (yani 70 kg ağırlığındaki bir kişi için 350 μg)

^g Bir hafta için hesaplanan değer ($\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$ vücut ağırlığı)

^h EPA (2008) 1 kg vücut ağırlığı için 0.14 mg referans doz önermektedir (yani 70 kg vücut ağırlığında bir kişi için 9800 μg)

* Tolöre edilebilir haftalık alım ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70$ kg vücut ağırlığı)

4.1 Sonuç

Antalya Körfezi'nde toplanan balık örneklerinin (*Pagellus erythrinus*, *Pagellus acarne*, *Diplodus annularis*, *Sphyræna chrysotaenia*, *Upeneus moluccensis*, *Pomadasys incusus*, *Merluccius merluccius*, *Serranus cabrilla*, *Mullus barbatus*, *Pagrus caeruleostictus*) karaciğer ve kas dokularındaki ağır metal birikimlerinin ulusal ve uluslararası standartların altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada kas doku için hesaplanmış olan günlük ve haftalık alımların (HGA ve HHA) uluslararası kuruluşlar tarafından bildirilen sınır değerlerinin altında olduğundan çalışmanın yapıldığı zaman ve türler açısından bu bölgede yakalanarak tüketilen balıkların insan sağlığı açısından herhangi bir probleme neden olmayacağı söylenebilir (Tablo 4.3).

Sonuç olarak, Antalya Körfezinde' de çalışılan dönemde ciddi bir birikimin olmadığı ancak; ilerleyen zamanlarda oluşabilecek kirliliğin engellenmesi için alınması gereken önlemlerin başında küçük yaştan itibaren insanların çevre konusunda bilinçlendirilmesi ve buna uygun eğitimlerin verilmesi, sanayi ve evsel atıkların doğrudan sucul ortama karışmasını önlemek için etkin arıtma tesislerinin kurulması ve en önemlisi de devletin bu konuda etkin önlemler ve mevzuatların uygulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Yarsan, E., Bilgili, A. ve Türel, İ., 2000, Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus Krynicki*) örneklerindeki ağır metal düzeyleri, Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi 24,93-96 s
2. Sisli, N., 1999, Çevre Bilim Ekoloji, Gazi Büro Kitabevi Tic.Ltd. Sti, 492 s.
3. Parlak, H., 1985. *Mugil spp.* ve *Chasmichtys glusus* Üzerinde Kadmiyum, Demir ve Kurşunun Ayrı Ayrı ve Birlikte Oluşturdukları Toksik Etkilerin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, İzmir.
4. Rashed, M.N., 2001. Monitoring of environmental heavymetals in fishfromNasser Lake. *Environment International* 27, 27-33
5. Topcuoğlu, S., Kırbaşoğlu, C., Güngör, C., 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea. *Environment International* 27, 521-526.
6. Çepel, N., 2003, Ekolojik sorunlar ve çözüm önerileri, Tubitak Popüler Bilim Kitapları, 183 s.
7. Kaya, S., Pirinççi, İ. ve Bilgili, A. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36, 1998.
8. Özdemir, H. İ., 1981. Genel Anorganik ve Teknik Kimya. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
9. Lloyd, R., 1992. Pollution and Freshwater Fish, *Fishing new books* 77-85
10. Flos, R., Caritat, A., Balasch, J., 1979. Zinc content in organs of dogfish (*Scyliorhinus canicula* L.) subjected to sublethal experimental aquatic zinc pollution. *Comp. Biochem. Physiol* 64 C, 77-81.
11. Şehnaz Şener, SDÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta SDUGEO e-dergi
12. Özdemir, O., 2005, Görünmeyen tehlike: Asit yağmurları, Sağlık ve Toplum, 1, 3-11 s.
13. Metallerin Çevresel Etkileri –I Özge Kahvecioğlu, Güldem Kartal, Aybars Güven, Servet Timur İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
14. Sengül, F., 1993. *Çevre Kimyası*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.

15. Sawyer, C.N., Mccarty, P. L., Parkin, G. F., 1994. Chemistry for Environmental Engineering. Fourth Edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
16. Balkıs, N., Algan, O., 2005. Marmara Denizi yüzey sedimentlerinde metallerin birikimi ve denetleyen mekanizmalar. *Deniz Kirliliği*, 21, TÜDAV Yayınları, İstanbul.
17. Domingo, J. L., 1998. Developmental Toxicity of Metal Chelating agents. *Reproductive Toxicology*; 12: 499- 510. 48.
18. Türkmen, A., 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus Spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, s 152.
19. Türkmen, M., Çalışkan, E., Asi Nehri' nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus*Burchell 1822)' ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, M.K.Ü. Araştırma Fonu, 04 M 1703, 2004
20. Walter Mertz, "Trace Elements in Human And Animal Nutrition-15th Edition" Volume 1 1987 Academic Pres
21. Lobban, C. S., Harrison, P. J., 1997. Saeweed Ecology and Physiology. *Cambridge University Press*, 366p.
22. Ayas, D., Kalay, M., Sangün, M.K. 2009. Mersin Körfezi'nden örneklenen yüzey suyu ve *Patella* türlerindeki (*Patella caerulea*, *Patella rustica*) Cr, Cd ve Pb düzeylerinin belirlenmesi. *Ekoloji* 70, 32-37.
23. Kayhan, F.E., Balkısı, N., Aksu, A. 2006. İstanbul Balık Halinden Alınan Akdeniz Midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) Arsenik Düzeyleri. *Ekoloji* 61, 1-5.
24. Dutta, H. M., 1996. A composite approach for evaluation of the effects of pesticides on fish. In: Fish Morphology, (eds) J.S.D. Munshi & H.M. Dutta. *Science Publishers Inc*, USA. p:249.
25. Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükçü, M., 2004. Cu, Zn, Pb and Cd contents in some molluscs and crustacean in the Gulf of Antalya. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28:95-100.
26. Widdows, J., 1985. Physiological responses to pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 16: 129-134.

27. Nikinmaa, M., 1992. How does environmental pollution effect red cell function in fish. *Aquatic Toxicology*, 22:227-238.
28. Cook, M.E. and Morrow, H., 1995. Anthropogenic Sources of Cadmium in Canada: National Workshop on Cadmium Transport into Plants. Canadian Network of Toxicology Centres, 20-21, 165-183.
29. Bilgin, A. Sulu Ortamda Ağır Metallerin Mikroorganizmalarla Giderimi Gazi Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2001.
30. Şentürk, F. Çeşitli yörelerden avlanmış mollusklarda cıva, kadmiyum, kurşun düzeylerinin saptanması. İstanbul Üniv Fen Bilm Enst Yüksek Lisans Tezi, 1993.
31. ATSDR, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>.
32. Doğan, M. 2002. Sağlıklı Yaşamın Kimyası. *Popüler Bilim Dergisi*. s: 32-34.
33. Özdilek, H.G., 2002. Distribution and Transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusetts, Worcester Polytechnic Institute. PhD Thesis, s.242, USA.
34. Anonymous, 2005a. <http://www.ttb.org.tr/bergama/5.html> <http://www.epa.gov>, Environmental Protection Agency (EPA), National Recommended Water Quality Criteria Correction.
35. Fialkowski, W. and Newman, W.A., 1998. A Pilot Study of Heavy Metal Accumulations in a Barnacle from the Salton Sea, Southern California. *Mar. Poll. Bull.*, 36 (2), 138-143
36. Hart, E.B., Steenbock, H., Waddell, J., II. Cooper is supplement to iron for hemoglobin building in rat. 1928, 77,813 (2002)
37. Nuhuğlu, Y., Malkoç, E., Gürses, A., Canpolat, N., 'the removal of copper (II) from aqueous solutions by *Ulothrix zonola*' . *Bioresource Technology*, 85(3) : 331_333 (2002)
38. Beveridge, T.J., 'The role of cellular design in bacterial metal. Accumulation and mineralization'. *Annale Review of Microbiol.*, 43:147_171 (1989).
39. Kesler, S.E., 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment. New York: Macmillan College Publishing Company, Inc., s 223, USA.
40. Dökmeci, İ, "Toksikoloji", Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 56-60, 488-489(1988).

41. Öztürk,A., Artan, A., Ayar,A., ‘Biosorption of nickel (II) and copper (II) ions from aqueous solution by Streptomyces coelicolor ‘. A3(2). Colloids and Surface B: Biointerfaces, 34: 105_111, (2004)
42. Groet, S.S., 1980. Biological Indicators of Atmospheric Zinc Dispersal and Deposition. In J. O. Nriagu (Ed.), Zinc in the Environment, Part I: Ecological Cycling, New York: John Wiley and Sons, Inc., 161-1929
43. Anonim, “Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği”, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara, 63-78 (2002).
44. Uysal, H., Tuncer, S. ve Yaramaz, Ö. 1986.Ege Kıyılarındaki Yenebilen Organizmalarda iz Elementlerin Karsılastırmalı Olarak Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Ege Bölgesi Sanayi Odası, Çevre 86 Sempozyumu 2-5 Haziran, Atatürk Kültür Merkezi, İzmir.
45. Uysal, H., Yaramaz, Ö., Tuncer, S. ve Parlak, H., 1989.Ege Denizi Kıyılarında Pollusyon Durumu, Organizma ve Ekosistem Üzerindeki Etkileriyle ilgili Araştırmalar, *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 6 (21-22-23-24): 144-159 s., Bornova, İzmir.
46. Amundsen, P.A., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popava, O.A. and Reshetnikov, Y.S., 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Border Region Between Norway and Russia. *The Science of the Total Environment*, 201 (3): 211-224.
47. Seng, C.E., Lim, P.E., Chong, P.K. and Wong., L.M., 1995. Heavy Metal Pollution and Waters of the Penang River, Malaysia. *Water Qual. Res. J. Canada*, 30 (1): 39-43.
48. Ünsal, M., Doğan, M., Ataç, Ü., Yemenicioğlu, S., Akdoğan, S., Kayıkçı, Y., Ve Aktaş, M., 1992. Orta ve Doğu Karadeniz’de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında İz Elementlerin Belirlenmesi, *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Proje No: DEBAG-18/G, 52s.*, Erdemli.
49. Bat, L., Öztürk, M., Öztürk, M., 1996. Heavy metal amounts in some commercial teleost fish from the Black Sea. *O.M.Ü. Faculty of Science-Arts. Journal of Science*, 7(1): 117–35.
50. Bat, L., Öztürk, M., and Öztürk, M., 1998. Heavy Metal Concentrarions in some Fish and Crab from the Black Sea of Turkey, II. *Spil Fen Bilimleri Dergisi*

- (Biyoloji), 23-25 Ekim 1997 Manisa, *Celal Bayar Üniversitesi Fen – Edebiyat Fak. Dergisi*, Sayı 1: 148-155 pp
51. Kocahan, İ., 1999. Marmara Denizi Demersal Balıklarında İz Element Kirliliği, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Kimyasal Osinografi ABD, Yüksek Lisans Tezi, 187 s., İstanbul.
52. Canlı, M., AY, Ö. and Kalay, M., 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Tr. J. of Zoology*, 22: 149-157.
53. Karadere, H. and Ünlü, E., 2000. Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41 (9): 1371-1376.
54. Göksu, M. Z. L., Çevik, F., Fındık F. ve Sarihan, E., 2003. Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* Cilt 20, Sayı (1-2): 69 – 74 ISSN 1300 – 1590
55. Tekin-Özan, S., Kir, İ. 2005. Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis*. *Parasitology Research*, Volume 97, Issue 2, pp 156-159
56. Erdoğan, Ö., Ateş, A. D. 2006. Determination of Cadmium and Copper in fish samples from Sır and Menzelet Dam Lake Kahramanmaraş, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 117:1-3, 281-290.
57. Uluozlu, O.D., Tüzen, M., Mendil, D., Soylak, M. 2007. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, 104: 835-840.
58. Türkmen, M. Türkmen, A. Tepe, Y. Ateş, A. Gökkuş, K. 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: twelve fish species, *Food Chemistry*, 108: 794-800.
59. Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A. 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI 10.1007/s 10661-007-0079-3.
60. Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M. 2008. Metal levels in tissues of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus* L., 1758, and picarel, *Spicara smaris*

- L., 1758, from Black, Marmara and Aegean Seas. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 80(6): 521-5. doi: 10.1007/s00128-008-9429-2.
61. Türkmen, M. Türkmen, A. Tepe, Y. Ateş, A. Töre, Y. 2009. Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas, *Food Chemistry*, 113:233-237
62. Doğan, M., 2004. Hatay Bölgesindeki Su Kaynaklarından Alınan Balık (*Carasobarbus luteus*, Heckel, 1843) ve Su Örneklerinde Ağır Metal Düzeyleri. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay. s 60.
63. Dural, M., 2004. Çukurova Bölgesindeki Akyatan, Tuzla Ve Çamlık Lagünlerinde (Adana/Türkiye) Ağır Metal Araştırması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 100 s.
64. Sunlu, U., ve Egemen, Ö., 1998. Homa Dalyanı ve İzmir Körfez'inin (Ege Denizi) Farklı Bölgelerindeki Kirlenme Durumu ile Bazı Ekonomik Balık Türlerinde İz Element Düzeylerinin Karşılaştırılması, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 15 (3-4): 241-261 s
65. Çalta, M., Canpolat, Ö. ve Nacar, A., 2000. Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu, (28-30 Haziran 2000), Erzurum, 799-811.
66. Yazkan, M., Özdemir, F. ve Gölükçü, M. , 2002. Antalya' da Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği. *Türk J Vet. Anim Sci.*, 26:1309-1313.
67. Akçay, H., Oğuz, A. and Karapire, C., 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments, *Water Research*, 37, 813-822.
68. Yazkan, M., Özdemir, F. ve Gölükçü, M., 2004. Antalya Körfezi'nde Avlanan Bazı Yumuşakçalar ve Karideste Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği. *Türk J Vet. Anim. Sci.*, 28:95-100.
69. Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y. and Akyurt, İ. 2005. Heavy Metals in Three Commercially Valuable Fish Species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey., *Food Chemistry*, 91, 167-172
70. <http://www.renkliweb.com/soru-cevap-2/antalya-korfezi-nerededir.html>
71. Anonim. 2005. <http://www.ttb.org.tr/bergama/5.html>. Web adresinden 13 Mart 2013 tarihinde edinilmiştir.

72. FAO, 2008. FAO, (Food and Agriculture Organization of the United Nations) , Fisheries and Aquaculture, Turkey, http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey
73. FAO/WHO, 2004. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003), (First through sixtyfirst meetings), *ILSI Press International Life Sciences Institute*.
74. WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, Chemical aspects. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/
75. Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Çekiç, M., Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168 (1-4), 223-230 (2010).
76. Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Mazlum, Y., Oymael, S., Heavy Metal Levels in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugil cephalus*) in İskenderun Bay (North Eastern Mediterranean, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77 (2): 186-193, (2006).
77. Topcuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç., ve Güngör, N., 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environment International*, 1069, 1-8
78. Kalay, M., Ay, Ö ., Canlı, M., (1999). Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 63, 673–681.
79. Carvalho CEV, Rezende CE, Ferreira AG, FariaVV, Gomes MP, Cavalcante MPO (2000). Trace metals in muscle tissue from southern Brazilian coast fish. <http://www.cprm.gov.br/pgagem/Manuscripts/carvalhoctrace.htm>
80. Türkmen, A., 2011. Türkiye Denizleri’nden Yakalanan Dil Balığı (*Solea solea* L., 1758) Türünün Kas ve Karaciğer Dokularında Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* ISSN: 1309-4726 Cilt:1 Sayı: 3 Sayfa: 139-151
81. Kosanovic, M., Hasan, M. Y., Subramanian, D., Al Ahabbi, A. A. F. Al Kathiri, O. A. A. Aleassa, E. M. A. A. Adem, A. 2007. Influence of urbanization of the western coast of the United Arab Emirates on trace metal content in muscle and liver of wild Red-spot emperor (*Lethrinus lentjan*), *Food and Chemical Toxicology*, 45: 2261-2266.

82. Fisheries laws and regulations. Ministry of agriculture and rural affairs, conservation and control general management. Ankara, Turkey TKB 2002.
83. Nauen, C.E. (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fish Circular*, (764): 102 p.
84. Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., Ateş, A., Investigation of Metals in Tissues of Fish Species from Akyatan Lagoon. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21, (11c), 3562-3567, (2012).
85. Mutlu, C., Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Ateş, A., Comparison of the heavy metal concentrations in Atlantic Horse Mackerel, *Trachurus trachurus*, from coastal waters of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21 (2), 304-307, (2012).
86. Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Comparison of Metals in Tissues of Fish from Paradeniz Lagoon in the Coastal Area of Northern East Mediterranean. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87 (4), 381-385, (2011).
87. Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., Mutlu, E., Heavy Metal Contaminants in Tissues of the Garfish, *Belone belone* L., 1761, and the Bluefish, *Pomatomus saltatrix* L., 1766, from Turkey Waters. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82, 70-74, (2009).
88. EPA, 2008. U.S. Environmental Protection Agency, Manganese compounds <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html>
89. Kır, İ., Tumantozlu, H., 2012. Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment Ve Sazan (*Cyprinus Carpio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Ekoloji*, 21(82): 65-70.
90. Ural, M., Yıldırım, N., Danabas, D., Yıldırım, N.C., Kaplan, O., Özçelik, M., Kürekçi, E.F., (2012). Determination of Some Heavy Metals in Freshwater fish from Uzunçayır Dam Lake (Turkey). *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*. Volume 88, Number 2, February, 2012, 172-176.
91. Akbulut A., Akbulut N.E., (2009). The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment, and fish tissue in Kızılırmak River Basin in Turkey. *Environ Monit Assess*, 10.1007/(s10661-009).

92. Tekin-Özan, S., 2008. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Env. Mon. Ass.* 145: 295-302.
93. Rashed, M.N., 2002. Monitoring of Environmental Heavy Metals in Fish from Nasser Lake. Egypt. *Environment International*, 27:27-33.
94. Turgut, C., 2003. The Contamination with Organochlorine Pesticides and Heavy Metals in Surface Water in Küçük Menderes River in Turkey. *Environment International*, 29, 29-32
95. <http://www.epa.gov>, Environmental Protection Agency (EPA) National Recommended Water Quality Criteria Correction (2005).

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden Haziran 2011'de mezun oldu. 2012 yılında girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans programında öğrenim görmeye devam etmektedir.

EK:1 EPA (Environmental Protection Agency)' ya göre kabul edilebilir sınır değerleri (95).

METALLER								
	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
BALIK	1,4	27	4,1	54	410	190	27	410
(mg/kg)								

EK:2Su Ürünleri Yönetmeliği ve Su Ürünleri Kanununa Göre Bazı Ağır Metallerin Organizmalardaki Müsaade Edilebilir Düzeyleri (mg/kg) (43).

Organizma	Niteliği	Ağır Metal	Düzey
	Canlı, işlenmiş,	Cd	0,1
Balık	taze, soğutulmuş,	Pb	1,0
	dondurulmuş olarak		
Çift kabuklu	kullanımda	Cu	20
		Zn	50