



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE BALIK PAZARLARINDA TÜKETİME SUNULAN
BALIKLARDA AĞIR METAL BİRİKİMİ

BUKET ÇULFAZ

EKİM 2015



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE BALIK PAZARLARINDA TÜKETİME SUNULAN
BALIKLARDA AĞIR METAL BİRİKİMİ

BUKET ÇULFAZ

EKİM 2015

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı

.../.../...

Doç. Dr. Kültiğın ÇAVUŞOĞLU

.....

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak Biyoloji Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan AKYURT

.....

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

.....

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

.....

Prof. Dr. Yalçın TEPE

.....

Doç. Dr. Beyhan TAŞ

.....

ÖZET

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE BALIK PAZARLARINDA TÜKETİME SUNULAN BALIKLARDA AĞIR METAL BİRİKİMİ

ÇULFAZ, Buket

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

EKİM 2015, 41 sayfa

Bu çalışmada Doğu Karadeniz sahil şeridinde balık pazarlarından ve marketlerden (konserve) alınan balık örneklerinin (*Mullus barbatus*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Sardina pilchardis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Scomber scombrus*, *Thunus thynnus*) kas dokularındaki ağır metal birikimleri (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Ni ve Zn) incelenmiştir. Analiz edilen balıkların kas dokularında ağır metal birikimleri ppm olarak; Cd: 0,08-0,10, Co: 0,01-0,16, Cr: 0,51-2,30, Cu: 0,26-1,18, Mn: 0,11-4,41, Ni: 1,07-24,0, Pb: 0,10-0,57, Zn: 5,46-16,9 şeklinde bulunmuştur. Balıkların yenilebilir kas dokularındaki hesaplanan düzeyler insan tüketimi için önerilen tolere edilebilir günlük (TGA) ve haftalık (THA) alımlarla kıyaslandığında sadece Ni metalinde iki istasyon hariç, bu değerlerin çok altında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla analiz edilen balıklar, bölgeler ve çalışmanın yapıldığı zaman açısından değerlendirildiğinde yenilebilir kas dokudaki düzeylerin iki istasyonda Ni hariç insan beslenmesinde metal kirliliği bakımından herhangi bir risk oluşturmadığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Karadeniz, Ağır metal, Balık, Sağlık, Kas, Kirlilik

ABSTRACT

HEAVY METAL ACCUMULATION IN FISH CONSUMED FROM FISH MARKETS OF EASTERN BLACKSEA REGION

ÇULFAZ, Buket

Giresun University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Master's thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

OCTOBER 2015, 41 pages

Present study examined the heavy metal levels (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni and Zn) in muscle tissues of *Mullus barbatus*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Sardina pilchardis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Scomber scombrus*, *Thunus thynnus* were bought from fish market and groceries (in cans) in the East Black Sea. The heavy metal levels in fish muscles were found as follow; Cd: 0.08-0.10, Co: 0.01-0.16, Cr: 0.51-2.30, Cu: 0.26-1.18, Mn: 0.11-4.41, Ni: 1.07-24.0, Pb: 0.10-0.57, Zn: 5.46-16.9 ppm. Heavy metal accumulations in the edible muscle tissue of fish were compared with Provisional Tolerable Daily Intakes (PTDI) and Provisional Tolerable Weekly Intakes (PTDWI) values for human consumption, and these values were found to be well below except Ni. Consequently, when fish samples were evaluated in terms of the study time species and the region, levels of metal accumulation in edible muscle tissue may not negative influence for human health except Ni in two stations.

Keywords: East Black Sea, Heavy metal, Fish, Health, Muscle, Pollution

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam 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 Giresun Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. İhsan AKYURT'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana destek olan başta Doç. Dr. Cengiz MUTLU olmak üzere Biyoloji bölümündeki tüm hocalarıma, çalışmalarım esnasında bilgilerinden yararlandığım Prof. Dr. Yalçın TEPE'ye, laboratuvar çalışmalarında yardımını hiç esirgemeyen değerli kardeşim Demet ÇULFAZ'a teşekkür ederim.

Okul hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1 Temel endüstrilerden atılan metal türleri.....	5
Tablo 2.1 Standart referans materyalin (SRM, DORM-4) sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (ppm, kuru ağırlık).....	19
Tablo 3.1 İstasyonlardan örneklenen balık türlerinin boy ve ağırlık değerleri.....	20
Tablo 3.2 Balık örneklerinin kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı.....	24
Tablo 3.3 Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması.....	27
Tablo 3.4 Örneklerin kas dokuları kullanılarak hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması.....	29

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Şematik olarak ağır metallerin doğaya yayınımları.....	6
Şekil 2.1 Çalışma Alanı.....	17

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
TABLolar DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Ağır Metaller.....	2
1.2 Önceki Çalışmalar.....	11
2. MATERYAL METOT.....	17
2.1 Çalışma Alanı.....	17
2.2 Materyal.....	18
2.3 Metot.....	18
2.4 İstatistiksel Hesaplamalar.....	19
3. BULGULAR.....	20
3.1 Kas Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri.....	21
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	25
4.1 Günlük Ve Haftalık İzin Verilen Ağır Metal Düzeleri.....	28
4.2 Sonuç.....	29
KAYNAKLAR.....	32
ÖZGEÇMİŞ.....	41

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
HCl	Hidroklorik Asit
HNO ₃	Nitrik Asit
N	Normalite
M	Molarite

1. GİRİŞ

Son yıllarda nüfustaki hızlı artış, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların aşırı tüketim isteği ve baş döndürücü bir hızla gelişen teknolojik ilerlemeler, çevre kirliliği sorununun önemini iyice hissettirir hale getirmiştir [1, 2, 3].

Ülkemizin gerek hızla sanayileşmesi ve gerekse her geçen gün artan trafik yoğunluğuna maruz kalması diğer birçok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır. Bu durum özellikle aktif hareket etme yeteneği olmayan bitkilerde başta ürün kaybı olmak üzere birçok olumsuzluğa neden olmaktadır [4].

Endüstrileşme ve kentleşmenin doğada meydana getirdiği en önemli sorunlarından birisi çevre kirliliği olarak kabul edilmektedir [5]. Son dönemlerde madenlerin, metal ve kimya fabrikalarının çok yaygın olarak kullandıkları metal içeren mantar ilaçları ile ahşap koruyucuları, büyük sanayi komplekslerinin yaydığı gaz ve tozların toprak ve bitkileri kirlettiği belirtilmektedir [6]. Su kaynaklarının gittikçe kirlenmesi ve tükenmesi ekonomik, ekolojik ve sosyolojik bakımdan ciddi sorunların çıkmasına neden olmuştur [7].

Günümüzde maden ve metal işletmelerinin gerek sayı gerekse kapasite olarak artması, kimyasal tarım uygulamalarının yaygınlaşması, nüfus artışına paralel olarak evsel atık deşarjlarındaki artış, ağır metallerin karasal ve sucul ortamlara katılımını arttırmakta, bu katılım katı veya sıvı atıklar aracılığı ile olduğu gibi kömür, motorin ve fueloil gibi fosil yakıtların yaygın bir şekilde kullanılması sonucunda yağmur gibi atmosferik olaylar aracılığı ile de olmaktadır [8].

Bitkisel besinler besin zincirinin ilk halkasını oluşturduğundan dolayı, gıda üretiminde tarımsal verimi artırmak başlıca amaç olmuştur. Bu amaçla sorumsuz ve bilinçsiz şekilde kullanılan pestisitler, insektisitler, organik ve inorganik gübreleme ve atık sular bitki yetiştirmede sorun oluşturmaktadır. Organik pestisitlerin bulunuşu insanlık için bir umut ışığı olmuşsa da bunların çevredeki kalıntıları ve zararlılarda görülen direnç insanlığı tekrar yeni arayışlara sevk etmiştir [9].

Evsel ve endüstriyel atıklar sadece su ortamlarına değil yakın ve uzak çevreyle birlikte, ekosisteme zarar veren kirleticilerdir. Son yıllarda tarımsal alanların ağır metal kontaminasyonunda görülen artış, bu metallerin bitkiler üzerindeki zararlı etkileri ile ilgili çalışmalara ilgiyi arttırmaktadır. Çinko ve bakır gibi ağır metallerin proteinlerin ve enzimlerin katalitik ve yapısal bileşenleri olarak,

normal bitki büyüme ve gelişmesi için kofaktör olarak gerekli olduğu bilinmektedir. Ancak bu mikro besinler ile kadmiyum, nikel ve kurşun gibi ağır metallerin fazlalığı bitkilerde toksik etki yapmaktadır [10]. Bitkiler gübrelerden, pestisitlerden, evsel ve sanayi atıklarından toprağa bulaşmış olan ağır metalleri bünyesinde biriktirme eğilimindedir [11]. Önemli kirletici parametrelerden olan ağır metaller, canlıların yaşam aktiviteleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptirler. Ağır metallerin ve diğer toksik maddelerin canlılar üzerindeki zararlı etkileri ve birikimleri konusunda birçok ülkede araştırmalar yapılmaktadır. Temelini, toksisite testlerinin ve biyoakümülyasyon deneylerinin oluşturduğu bu çalışmalar ekosistemin korunması açısından çok önemlidir [12].

Kirlilik, besin zincirleri boyunca ilerlemekte ve insanlar dahil tüm canlılara zarar vermektedir [13]. Atık materyaller olarak bilinen maddeler arasında ağır metaller uzun süreli problemler yaratırlar. Bu maddeler sadece organizmalarda birikmekle ve böylece gıda zincirlerini dolaşmakla kalmazlar, ayrıca ekosistemde tehlikeli konsantrasyonlarda uzun süreyle kalabilirler [13].

Bu çalışmada, Orta ve Doğu Karadeniz sahil şeridinden seçilen istasyonlardan (Ordu, Giresun, Trabzon) balık pazarlarından alınan 7 balık türünde (kas dokularında) ve marketten alınan 3 balık türünde birikim gösteren ağır metalin (Cu, Co, Pb, Mn, Zn, Ni, Cr, Cd) konsantrasyonlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece Orta ve Doğu Karadeniz sahil şeridinin hangi boyutlarda kirliliğe maruz kaldığı halk sağlığı açısından tehdit olup olmadığı 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 belirlenecektir.

1.1 Ağır Metaller

Ağır metal, metalik özellikler gösteren elementlerden oluşan, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır. Bu grubun içinde geçiş metalleri, bazı yarı metaller, lantanitler ve aktinitler bulunur. Bazıları yoğunluk, bazıları atomik sayı ya da atomik ağırlık, bazıları da kimyasal özellikler ya da toksisite üzerine dayanan birçok tanımlama önerilmiştir [14]. Tutarsız tanımlamalar ve tutarlı bir bilimsel temeli olmaması nedeniyle IUPAC'ın bir teknik raporunda ağır metal teriminin "anlamsız ve yanlış yönlendirici" olduğu belirtilmiştir [14]. Duruma göre ağır metaller karbondan hafif elementleri içerdiği gibi en ağır metallerin bazılarını dışarıda tutabilir. Atık materyaller olarak bilinen maddeler

arasında ağır metaller uzun süreli problemler yaratırlar. Bu maddeler sadece organizmalarda birikmekle ve böylece gıda zincirlerini dolaşmakla kalmazlar, ayrıca ekosistemde tehlikeli konsantrasyonlarda uzun süreyle kalabilirler [13].

“Ağır metaller”, periyodik cetvelin (öğeler çizelgesi), üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir deyimdir. Suyu ağır metaller değil, insanlar kirletir. Örneğin madencilik gibi alanlarda, eskiden ağır metallerin akarsulara karışması insanların sorumluluğudur. Ağır metaller çevre kirliliği açısından son derece ciddi kaygılar oluşturmaktadır. Metallerin az miktarlarda bulunmaları büyüme açısından gereklidir, ancak artan oranlarda bulunmaları toksik sonuçlar doğurur. Örneğin askeri gemilerin su altı kesimine sürülen zehirli boyadan sürekli sızan bakırın dipteki tortulara karışması, zaman içinde bu miktarların çoğalması ciddi tehlike oluşturmaktadır. Bu konuda bataklık bitkilerinden yararlanmak üzere araştırmalar yapılmaktadır. Çünkü bu bitkiler ağır metalleri hücrelerinin içine alarak suyun temizlenmesine yardımcı olurlar. Ancak bu bitkilerin sürekli denetim altında tutulmaları ve zaman zaman biçilmeleri gerekmektedir. Zira ölüp çürümeleri sonucu bünyelerindeki ağır metallerin yeniden suya karışma tehlikesi bulunmaktadır. Dolayısıyla, kirlilik kaynakları saptanıp ortadan kaldırılrsa bile, kirletenler hala sistemin içinde var olmaya devam edebiliyorlar. Bu arada, bir sistem içinde bulunabilen mikro su yosunlarının da kirlilik oranıyla birlikte değişmesi ve o ortamda yaşayan hayvanların besin zincirinde değişikliğe neden olması söz konusudur. Böylece ekosistemin desteklediği hayvan türleri de değişikliğe uğrayabilecektir [15].

Ağır metalin tanımı daha çok çevresel problemler olduğunda ortaya çıkmakta ve 'nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal' olarak tarif edilmektedir [16].

Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için kullanıldığı bilinmektedir [17]. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir [17].

Deniz suyunda bulunan bazı ağır metallerin toksisite sırası Hg>Cd>Ag>Ni>Pb>As>Cr>Sn>Zn şeklindedir. Organik maddeye bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve toksik koşullar altında organik maddenin bozulması ile çözülmüş olarak tekrar serbest hale geçer [18].

Antik çağlarda metallerin cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller insan faaliyetleri sonucu olarak doğal çevrimler dışında atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmaya başlamışlardır. Her gün yüzlerce kirletici doğaya deşarj edilmektedir. İnsanları tehdit eden kirleticilerin en önemlileri; petrol, yağ, klorlu hidrokarbonlar, radyoaktif atıklar, sentetik deterjanlar, pestisitler, yapay ve doğal tarımsal gübreler, ağır metaller, bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcı canlılardır. Bu kirleticilerin içinde yer alan ağır metallere alıcı ortamların en ciddi kirleticileri gözüyle bakmak gerekmektedir. Çünkü ağır metal içeren kirleticiler sucul ortamlarda veya sucul canlılarda birikim gösterebilirler [19].

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verdiğimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir [20].

Ağır metallerin çevreye yayınıminde etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Tablo 1.1'de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmiştir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aeresol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar [21].

Tablo 1.1 Temel Endüstrilerden Atılan Metal Türleri [20]

ENDÜSTRİ	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi(Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

*(+): Ağır metalin söz konusu endüstriyel faaliyet sonucu salındığını,

*(-): Ağır metalin söz konusu endüstriyel faaliyet sonucu salınmadığını belirtir.

Son yüzyıldaki hızlı sanayileşmeden dolayı yılda binlerce ton zehirli atık, endüstri kuruluşları tarafından doğrudan denize boşaltılmaktadır. Ağır metaller ve kalıcı organik kirleticiler (POPs) insan sağlığına ve deniz yaşamına çok ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kirlenen denizlerde yaşayan deniz canlılarına geçen bu ağır metaller yıllar içinde birikir ve besin yoluyla insana geçer [22].

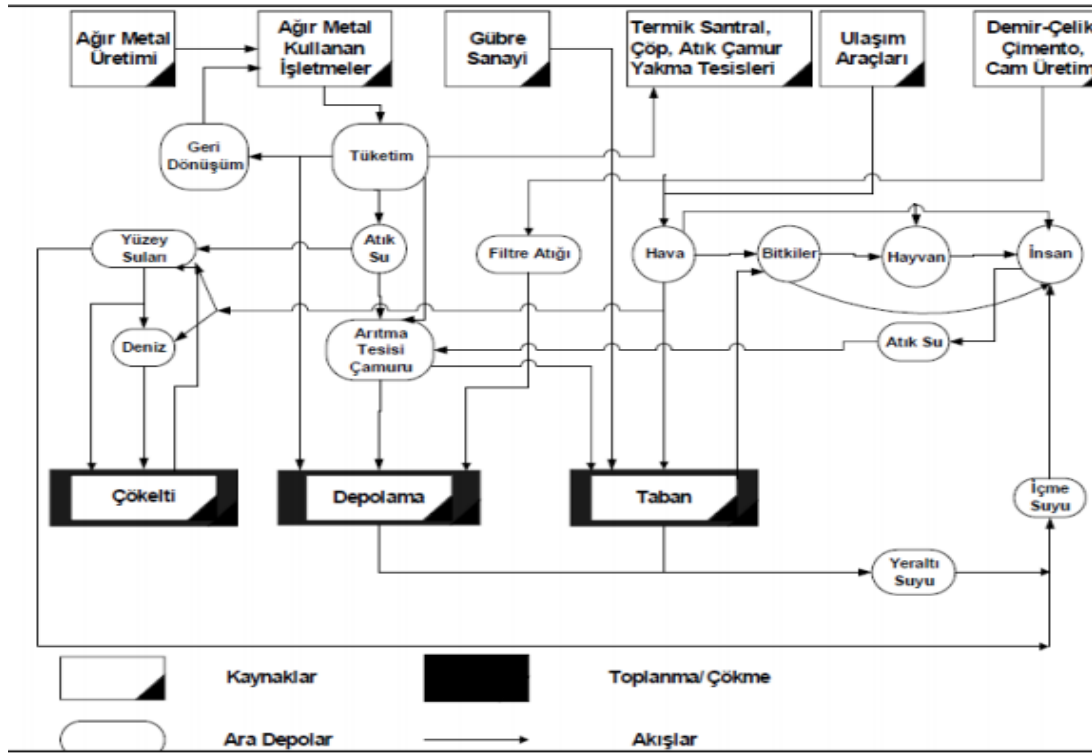
Metaller canlıların yaşam süresinde önemli roller üstlenirler. İnsanlar için ağır metaller küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, bakır, selenyum ve çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Redoks tepkimelerinde kullanılırlar, elektrostatik interaksiyonlarda molekülleri stabilize ederler, enzimlerin yapısal bileşeni olarak görev alırlar ve osmotik basıncın düzenlenmesinde etkilidirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metal zehirlenmesi oluşabilmektedir, örneğin kontamine olmuş içme suyundan (kurşun borular), emisyon kaynaklarına yakın ortamın hava konsantrasyonunun yüksek olmasından kaynaklanabilir [23].

Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler. Metaller yüksek konsantrasyonlarda hücre membranına zarar verirler, enzim spesifitesini değiştirirler, hücresel fonksiyonları durdurabilirler ve DNA'nın yapısını bozabilirler. Ağır metalin yarattığı toksisite ağır metalin türünden, konsantrasyonundan, ortam pH'ından ya da metal iyonlarının çözünürlüğünden kaynaklanabilir [24].

Toksiklik uzun süreler boyunca doğada var olmaktadır. Bazı ağır metaller civa örneğinde olduğu üzere az toksik özelliklerinden doğada daha toksik özellik göstermektedir. Besin zincirine katılan ağır metaller en sonunda insanları etkilemektedir. Metaller sadece değerlilik ve tür olarak değişebilirler ve herhangi bir

şekilde herhangi bir metotla degrade edilemezler. Ağır metaller düşük konsantrasyonlarda toksiklik gösterirler: 1-10 (ppm). Bazı güçlü metal iyonları ise civa ve kadmiyum gibi 0.001-0.1 ppm gibi çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilmektedirler [25].

Ağır metallerin doğaya yayınımları dikkate alındığında çok çeşitli sektörlerden farklı işlem kademelerinden biyosfere ağır metal atılımı gerçekleştiği bilinmektedir. Şekil 1.1'de farklı sektörlerden biyosfere ağır metal yayınımları şematik olarak gösterilmiştir [20].



Şekil 1.1 Şematik olarak ağır metallerin doğaya yayınımları [20].

Su ve atık su içerisinde bulunan kirletici bileşikler temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticiler olarak gruplandırılmaktadır. Ağır metaller, kimyasal kirleticiler sınıfına giren kirleticiler olmakla beraber öncelikli kirleticiler olarak da nitelendirilmektedirler [26].

Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistemin fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla hayvan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır. Topraklardaki ağır metal kirliliği, endüstri ve madencilik aktivitelerinin gelişmesiyle, atık suyla yapılan sulamaların ve arıtma çamuru uygulamalarının yaygınlaşmasıyla küresel bir problem haline almıştır [27].

Ağır metallerin sucul canlılarda yarattığı toksik, akut, kronik ve doğrudan etkilerin yanı sıra, dolaylı fizyolojik etkileri de olmaktadır. Ağır metallerin plankton ile organizmalarda hücre bölünmesinin gecikmesi ve engellenmesi, kabuklularda beslenme alışkanlıklarının değişmesi, balıklarda anormal yumurtlama ve yumurtlama dönemlerinin değişmesi, kanser tümörlerinin oluşumu gibi fizyolojik etkileri vardır [27].

Bazı elementler; enzim, vitamin ve hormonların bileşenlerinde bulunur. Emilme, sindirim ve metabolizmada önemli rol oynarlar veya belirli vücut yapılarının (kemik, diş) tamamlayıcı parçaları olarak bulunurlar [28]. Doğada bulunan kadmiyum (Cd), krom (Cr⁺⁶ formu), civa (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metallere, canlılar için mutlak gerekli olmayıp, eser miktarları bile toksik etki gösterirken, bakır (Cu), krom (Cr⁺³ formu), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel (Ni) gibi ağır metallere canlılar için belli bir doza kadar gereklidir. Bu elementlere “iz” veya “eser” elementler denir. Ağır metallerin büyük bir bölümü, biyolojik organizmalarda birikir. Birikim sonucu, canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler, etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabilirler [29,30,31,32,33,34].

Kimyasal maddeler, sadece ortama verilmekle kalmaz, aktif ve pasif hareketlerle hava, su, toprak ve canlı organizmalara da dağılırlar [35].

Çevresel kirleticilerin birikimi, onların depolanmasının farklı mekanizmalara, meteorolojik koşullara ve bir bölgeden diğerine değişen başka faktörlere bağlı olması nedeniyle çok karmaşıktır. Bu metallerin çözünürlükleri, emilimleri ve taşınmaları insan vücudunda farklı özellikte toksisiteye neden olur. Toksisite, metallerin proteinlerdeki sülfidril grubuna bağlanması sonucu oluşur. Bu da bu proteinin işlevlerinin inhibisyonuna ve yapısının bozulmasına neden olur [36].

Havada bulunan partiküllerin %0,01-3’ünü, sağlık yönünden toksik etkiler gösteren eser elementler oluşturmaktadır. Bunların sağlık yönünden önemi, insan dokularında birikmeleri ve zamanla rahatsızlıklara neden olmalarından kaynaklanmaktadır. Yiyecekler ve içecekler aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküller vücuda alınmaktadır [37].

2003 yılında Birleşmiş Milletler, ağır metallere ilgili hazırladığı protokole göre, özellikle kadmiyum, kurşun ve civanın 1990’lı yıllardaki düzeylere düşürülmesi karara bağlanmıştır. Bu protokol, endüstriyel kaynaklardan (demir-çelik endüstrisi vb.), yanma işlemlerinden (enerji üretim tesisleri, taşıtları), pestisitlerden,

floresan lambalardan, ölçüm aletlerinden (termometre, barometre vb.), diş dolgusu olan amalgamdan ve çeşitli boyalardan metal yayılımını kesmeyi amaçlamıştır [38].

Son 40-50 yılda Türkiye'deki nüfus patlaması, kontrolsüz ve plansız şehirleşme ve sanayileşmeye yol açmıştır. Bu da kentsel alanda ağır çevre problemlerine neden olmuştur [39].

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 [40].

Metaller içerisinde; kurşun, çinko, bakır, kobalt, kadmiyum, krom, nikel, arsenik, civa ve gümüş gibi metal iyonları kalıcı etkilerinden dolayı canlı sistemler ve çevre sağlığı yönünden önem taşımakta olup belirli bir sınır aşınca da son derece toksik etkiler göstermektedirler [1,2,3].

Tüm canlıların solunum sistemleri ağır metal solunması ile baskılanır. Ağır metaller kanın asitlik oranını arttırmaları, vücut bu düzeyi normalleştirmek için kemiklerden aşırı miktarda kalsiyum iyonu çeker ve bu durum osteoporozu hızlandırır [41].

Metaller canlıların yaşam süresinde önemli roller üstlenirler. Bazı metaller, örneğin sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, krom canlı vücudunda görevler üstlenen ve mikronutrientler olarak adlandırılan gruba girerler. Redoks tepkimelerinde kullanılırlar, elektrostatik interaksyonlarda molekülleri stabilize ederler, enzimlerin yapısal bileşeni olarak görev alırlar, osmotik basıncın düzenlenmesinde etkilidirler. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon sürecinin vazgeçilmez parçasıdır [42].

Bazı metallerin ise yararlı hiçbir etkisi yoktur ancak bazı canlı grupları üzerinde tahribatlara, hastalıklara neden olurlar. Bu metaller gerekli olan bazı metallerin bağlanma bölgelerine engel olarak ligand interaksyonunu inhibe ederler. Ancak her iki gruptaki metaller de yüksek konsantrasyonlarda hücre membranına zarar verirler, enzim spesifitesini değiştirirler, hücresel fonksiyonları durdurabilirler ve DNA'nın yapısını bozabilirler. Ağır metalin yarattığı toksisite ağır metalin türünden, konsantrasyonundan, ortam pH'sından ya da metal iyonlarının çözünürlüğünden, kimyasal yapısından, redoks ve kompleks oluşturma

kabiliyetinden kaynaklanabilir. Bu nedenle özellikle düzenli olarak tüketildiklerinden dolayı içme sularının ve yiyeceklerin içerebileceği maksimum konsantrasyon değerleri saptanmıştır ve yasal kuruluşlar tarafından düzenli olarak kontrol edilmeleri zorunlu kılınmıştır [1,2,3].

İncelediğimiz ağır metallerin genel özellikleri, kaynakları ve canlılara olan etkileri her bir metal için, aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

Kurşun yerkabuğunda yaygın bir elementtir. Toprakta yaklaşık 12.5 ppm'lik bir konsantrasyona sahip, 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 [43].

Kurşun (Pb), insan sağlığına en çok zarar veren dört metalin dışındadır. Pb, hava, su ve toprak yoluyla, solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Kurşun, kireç taşından, kurşun yatağından ve yağmurla doğal suya karışarak balıklar ve balıkların besin zincirine katılan canlıların vücudunda birikir. 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 [44].

Kadmiyumun simgesi Cd ve atom numarası 48'dir. Kadmiyumun doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Normal olarak vücudumuzda 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 g'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Bu seviyeler, kadmiyumun çoğunu topraktan yani yiyecekler yoluyla alması nedeniyle bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir [20].

Krom kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formda bulunabilir. Bu formlardan en yaygın olarak bulunanı; Cr, Cr⁺³ ve Cr⁺⁴'tür. Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir. Dünya Sağlık Örgütü, nefes yoluyla yüksek dozlarda Cr'un akciğer kanseri riskini artırdığını, su ve gıdayla alımların ise, mide ülseri, böbrek ve karaciğer hastalıkları ve hatta ölümlere sebep olduğunu bildirmektedir. Krom, hava, su ve toprağa genellikle Cr⁺³ ve Cr⁺⁴ formlarında girer. Havada ince toz parçacıkları halinde bulunan krom bileşikleri doğal olarak toprak ve suya düşer [45].

Bakır (Cu), vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin

insanlarda ortama 50-120 mg bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hataları ve sinir sisteminde bozukluklar tespit edilmiştir [46].

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değildir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Pestisidlerde yer alan bakır iyonları sağlık açısından çok tehlikelidir. Az miktarda bakır iyonu alınması vücudun bakır dengesini bozmakta, enzim aktivitesini engellemekte, karaciğer, beyin ve böbreklerin normal çalışmasını bozmaktadır. Ayrıca bakır iyonu bitkilerde uzun süre kalabilir. Örneğin; elma ağaçlarında giderek azalmakla birlikte 12 hafta varlığını sürdürdüğü tespit edilmiştir [47].

Kobalt (Co), vücutta yapı taşı olarak bulunur ve anemiyi engeller, ayrıca B₁₂ vitamininin yorgunluk, sindirim kolaylığı ve kas problemlerinin giderilmesine faydası vardır. Yetersiz kobalt alınımında pernisiyöz (zararlı) anemi ve sinirlerde bozukluk gibi pek çok problemler ve semptomlar ortaya çıkar. Ancak yeterli B₁₂ vitamini alınarak etkiler ortadan kaldırılabilir. Vejetaryen insanların yeterli B₁₂ ve kobalt alıp almadıklarına ve yaşanan bölgede toprak seviyesindeki kobalt miktarına bağlı olarak bitkilerde bulunan kobalt miktarının azaldığına özellikle dikkat edilmelidir [48].

Nikel (Ni), ilk olarak Axel Cronstedt (1751) adlı bir İsveçli minerolojist tarafından, gersdorfit (NiAsS) cevheri araştırılırken bulunmuştur. Atom numarası 28'dir. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahrip etmesinin yanında kalp damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır [47]. Nikelin toksikolojik etkileri temel olarak 3 grupta incelenebilmektedir. Bunlar; (1) Kanserojen etki, (2) Solunum sistemine etki, (3) Dermatolojik (alerjik) etkidir [49-50].

Çinko (Zn), mavimsi açık gri renkte, kırılabilir bir metaldir. Elementlerin periyodik tablosunda geçiş elementleri grubunda yer alır. Düşük kaynama sıcaklığı dikkat çekicidir [51]. Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallere

karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatin ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{+2} yüzünden değil anyonik CrO_4^{-2} bileşeni sebebiyledir [50].

Mangan (Mn), çeşitli bileşikleri endüstride pil, seramik, elektrik malzemesi ve cam yapımında kullanılır. Kronik zehirlenmelerde (manganik parkinson), diğer belirtilerin yanında libido azalması da görülür [52-53].

Mangan yaşam için gerekli olup, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Suya ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımıyla olur. 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. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu “magnetism” olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan Mn insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir [45].

1.2 Önceki Çalışmalar

Uysal ve arkadaşları (1986), Ege Denizi kıyılarında yenilebilir organizmalara ait, farklı ortamları temsil eden 3 pelajik balık türü ve 3 yumusakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Hg metal düzeylerini belirlemişlerdir. *Sardina pilchardus* türündeki metal birikimlerinin *Scomber scomber* ve *Trachurus trachurus* türlerine oranla daha yüksek seviyelerde olduğunu, yine bu türün diğer türlere oranla kirlenmiş bölge şartlarına daha kolay uyum sağladığını belirtmişlerdir [54].

Uysal ve arkadaşları (1989), Ege denizi kıyılarında 8 balık ve 9 yumusakça 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 [55].

Ünsal ve arkadaşları (1992) yaptıkları araştırmada, Orta ve Doğu Karadeniz’de ekonomik önemi olan deniz balıklarından hamsi, istavrit ve mezigit, 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 [56].

Bat ve arkadaşları (1996), 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 [57].

Bat ve arkadaşları (1998) yaptıkları 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 [58].

Sunlu ve Egemen (1998), 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 şeklinde sıralandığını, balık türlerindeki iz elementlerin birikim düzeylerinin bölgelere, doku ve organlara bağlı olarak değişebileceği saptanmıştır [59].

Ünsal ve arkadaşları (1998)'nin yaptıkları çalışmada, Karadeniz'deki iz element kirliliğinin kaynaklarını araştırmışlardır. Sediment ve midye örneklerinden elde edilen sonuçlara göre; Doğu Karadeniz'e Hg, Cu, Cd, Pb ve Zn'nun en çok bakır işletmelerinin atıklarının denize döküldüğü Hopa'da ve Giresun-Tirebolu Harşit Çayı'nın denize ulaştığı noktadan girdiğini ve bunu Sinop Merkez Sanayi Bölgesinin izlediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca Kızılırmak, Yeşilirmak ve Giresun-Bulancak Pazarsuyu yoluyla da önemli miktarda Cu ve Pb'un Doğu Karadeniz'e ulaştığını belirtmişlerdir. Batı Karadeniz'deki metal kirliliğinin en yüksek Şile'de gözlemlendiğini ve bunu Sakarya Nehri'nin denize döküldüğü alanın olduğunu belirtmişlerdir. Şile'deki bu kirlilik kaynağının Tuna Nehri ile Batı Karadeniz'e ulaşan ve akıntılar yoluyla doğuya doğru hareket eden kirleticilerin büyük rol oynadığını belirtmişlerdir [60].

Kocahan (1999) yaptığı araştırmada, Marmara Denizi'ndeki 30 istasyondan yakalanan demersal balıklardan berlam, mezigit, 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 [61].

Topçuoğlu ve arkadaşları (2002)'nin yaptıkları çalışmada Karadeniz kıyılarındaki farklı istasyonlardan deniz salyangozu, midye, balık ve sediment örnekleri toplayarak bunların ağır metal konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Sonuçlara göre Türk Karadeniz kıyılarının ağır metal kirliliği ile karşı karşıya olduğunu belirtmişlerdir [62].

Tüzen (2003) Orta Karadeniz Bölgesi'nde yakalanan balık örneklerindeki bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik yaptığı bir başka çalışmada ağır metal düzeylerini µg/g olarak (kuru ağırlık) *Trachurus trachurus*'da Cd: 0.47, Cu: 1.52, Fe: 32.40, Mn: 3.76, Pb: 0.85, Zn: 12.05; *Engraulis encrasicolus*'da Cd: 0.20, Cu: 1.94, Fe: 10.45, Mn: 1.96, Pb: 0.38, Zn: 17.38; *Sarda sarda*'da Cd: 0.09, Cu: 1.28, Fe: 9.52, Mn: 1.06, Pb: 0.22, Zn: 11.20, *Alosa caspia*'da Cd: 0.35, Cu: 2.93, Fe: 16.08, Mn: 1.57, Pb: 0.52, Zn: 20.41; *Clupea sprattus*'da Cd: 0.30, Cu: 1.79, Fe: 25.48, Mn: 2.82, Pb: 0.74, Zn: 9.50 saptayarak bu balıklardaki ağır metal birikiminin normal değerler arasında olduğunu belirtmişdir [63].

Tepe ve arkadaşları (2008) yaptıkları projede bütün Türkiye denizlerindeki ağır metal birikimlerini değerlendirmişlerdir. Karadeniz'de ağır metal kirliliğini incelemek amacıyla; Bartın, Sinop ve Trabzon illeri olmak üzere üç istasyon belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu illerin çevresinden toplanan 11 farklı balık türünün (*Scomber scombrus*, *Trachurus trachurus*, *Belone belone*, *Engraulis encrasicolus*, *Mugil soiuu*, *Scomber japonicus*, *Pomatomus saltarix mediterraneus*, *Mullus barbatus*, *Merlangus merlangus*, *Gaidropsarus vulgaris*) kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerinin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) ulusal ve uluslararası referans değerler aralığında olduğunu belirtmişlerdir [64].

Uluözlü ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları çalışmada, Karadeniz ve Ege Denizi'nden alınan balık örneklerindeki ağır metal düzeyleri 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 bildirmişlerdir. Yapılan analiz sonucunda balık örneklerindeki kurşun ve kadmiyum düzeyleri insan tüketimi için kabul edilebilir limitlerden daha yüksek seviyelerde bulunmuştur [65].

Uysal ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları çalışmada Kütahya DP Göleti'nden alınan *Cyprinus carpio* balığının kas, deri ve solungaç dokularındaki Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen değerlere göre, *Cyprinus carpio* balığının kas ve solungaç dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığını tehdit edecek düzeyde değildir [66].

Türkmen ve arkadaşları (2008) yaptıkları diğer bir çalışmada Marmara, Ege, Akdeniz denizlerindeki 12 balık türünün kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerini değerlendirmişlerdir. İncelenen tüm doku örneklerinde en yüksek düzeyde Fe, ikinci en yüksek düzeyde bulunan ağır metal ise Zn olarak bildirilmiştir. Karaciğerdeki 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 [67].

Türkmen ve arkadaşları (2008) Türkiye denizlerinde yaptıkları bir diğer çalışmada bu denizlerden yakalanan iki balık türü *Engraulis encrasicolus* L. 1758 ve *Spicara smaris* L' 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 içersinde bulunmuştur [68].

Tepe ve arkadaşları (2008) Türkiye denizlerinden toplanan balık örneklerinin kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal seviyelerini araştırmışlardır. Karaciğerde bütün metaller en yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. Analizler sonucunda balık tüketiminin insan sağlığı için olumsuz bir etki oluşturmayacağı belirtilmiştir [69].

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

yenilebilir kısımları da insan sağlığını tehdit edecek bir durumun olmadığı belirtilmiştir [70].

Tüzen (2009) yapmış olduğu çalışmada Karadeniz’de yakalanan bazı balık örneklerinde ağır metallerin konsantrasyonlarını araştırmıştır. Araştırma sonucunda ağır metal düzeylerini $\mu\text{g/g}$ olarak (kuru ağırlık) *Trachurus trachurus*’da Cd: 0.32, Cr: 1.74, Cu: 0.65, Fe: 145, Mn: 7.21, Ni: 1.50, Pb: 0.82, Zn: 52.7; *Engraulis encrasicolus*’da Cd: 0.27, Cr: 1.12, Cu: 1.96, Fe: 75.7, Mn: 9.10, Ni: 3.60, Pb: 0.30, Zn: 38.8; *Sarda sarda*’da Cd: 0.13, Cr: 0.68, Cu: 1.43, Fe: 68.5, Mn: 4.72, Ni: 2.70, Pb: 0.61, Zn: 64.9; *Merlangius merlangus*’da Cd: 0.21, Cr: 0.86, Cu: 1.32, Fe: 98.1, Mn: 7.63, Ni: 1.14, Pb: 0.53, Zn: 65.4; *Mullus barbatus*’da Cd: 0.17, Cr: 1.35, Cu: 0.96, Fe: 53.2, Mn: 8.18, Ni: 1.55, Pb: 0.36, Zn: 75.5 olarak tespit etmiştir. Analizi yapılan balık örneklerinde Pb ve Cd düzeylerinin ise insan tüketimi için önerilen yasal limitlerden daha yüksek seviyelerde bulunmuştur [71].

Daş ve arkadaşları (2009) Samsun ve Sinop kıyılarından toplanan bazı deniz organizmalarındaki ağır metal birikim düzeylerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda incelenen örneklerde Pb birikimi normal seviyelerde; Cd birikimi deniz salyangozu, dere pisisi ve midyede normal sınırların üstünde diğer örneklerde (kalkan, barbunya, mezgit) normal sınırlarda, Hg birikimi de sadece kalkanda izin verilen sınır değerlerin üstünde bulunmuştur. Ayrıca As tüm örneklerde tespit edilmiştir [72].

Nisbet ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmada Orta Karadeniz bölgesinde yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan alışma sonucunda ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak (kuru ağırlık) *Trachurus trachurus*’da Cd: 0.012, Cu: 1.79, Fe: 21.17, Mn: 10.72, Ni: 4.68, Pb: 0.60, Zn: 27.70; *Engraulis encrasicolus*’da Cd: 0.035, Cu: 2.73, Fe: 26.06, Mn: 3.93, Ni: 3.12, Pb: 0.70, Zn: 26.25; *Sarda sarda*’da Cd: 0.025, Cu: 1.74, Fe: 25.96, Mn: 3.53, Ni: 3.04, Pb: 0.90, Zn: 19.55; *Merlangius merlangus*’da Cd: 0.002, Cu: 3.72, Fe: 28.84, Mn: 6.92, Ni: 3.78, Pb: 0.58, Zn: 31.34; *Mullus barbatus*’da Cd: 0.020, Cu: 3.14, Fe: 29.17, Mn: 6.96, Ni: 2.47, Pb: 0.92, Zn: 23.71; *Alosa caspia*’da Cd: 0.022, Cu: 2.62, Fe: 33.78, Mn: 2.50, Ni: 1.60, Pb: 0.86, Zn: 30.87; *Pomatomus saltatrix*’da Cd: 0.025, Cu: 2.86, Fe: 23.81, Mn: 5.14, Ni: 1.91, Pb: 1.26, Zn: 25.51 tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre balık örneklerinin ağır metal seviyeleri Pb hariç izin verilen değerlerde bulunmuştur Pb seviyesinin izin verilen değerlerin üstünde olduğu sonucuna ulaşılmıştır [73].

Durali ve arkadaşları (2010) Karadeniz’de yapmış oldukları çalışmada yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak *Trachurus trachurus*’da Cd: 0.22, Cr: 0.95, Cu: 2.4, Fe: 36.4, Mn: 1.3, Pb: 0.64, Zn: 25.7; *Merlangius merlangus*’da Cd: 0.18, Cr: 0.82, Cu: 1.8, Fe: 27.7, Mn: 3.6, Pb: 0.46, Zn: 27.7; *Sarda sarda*’da Cd: 0.35, Cr: 0.64, Cu: 1.9, Fe: 25.5, Mn: 2.0, Pb: 0.28, Zn: 21.0; *Mullus barbatus*’da Cd: 0.23, Cr: 0.99, Cu: 1.4, Fe: 41.4, Mn: 2.5, Pb: 0.40, Zn: 17.8 tespit edilmiştir. Analizi yapılan balık türleri beslenme ve toksik olarak insan tüketimi için uygun bulunmuştur, ancak balık örneklerindeki Pb ve Cd düzeyleri kabul edilebilir değerlerden daha yüksek bulunmuştur [74].

Aygün ve arkadaşları (2011) yapmış oldukları çalışmada Orta Karadeniz’de (Samsun) 2009 ve 2010 yıllarında yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda 2009 yılında ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak *Engraulis encrasicolus*’da Cd: 0.2, Cu: 3.7, Fe: 34.0, Mn: 2.0, Pb: 0.4, Zn: 129.3; *Merlangius merlangus*’da Cd: 0.2, Cu: 2.3, Fe: 9.9, Mn: 4.3, Pb: 0.9, Zn: 221.0, 2010 yılında ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak *Engraulis encrasicolus*’da Cu: 3.8, Fe: 51.5, Mn: 4.2, Zn: 221.0; *Merlangius merlangus*’da Cu: 2.7, Fe: 7.0, Mn: 3.0, Zn: 28.3 olarak tespit edilmiştir [75].

Bat ve arkadaşları (2012) yapmış oldukları çalışmada Karadeniz’in Sinop kıyılarından yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak (yaş ağırlık) *Trachurus mediterraneus*’da Cd: 0.043, Cu: 2.22, Pb: 0.17, Zn: 17.89; *Mullus surmelutus*’da Cd: 0.025, Cu: 3.78, Pb: 0.05, Zn: 10.41; *Sprattus sprattus*’da Cd: 0.05, Cu: 5.72, Pb: 0.24, Zn: 38.34; *Mugil cephalus*’da Cd: 0.02, Cu: 2.86, Pb: 0.09, Zn: 30.88 tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ağır metal düzeyleri Tarım, Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı (MAFF), Türk Gıda Kodeksi Tebliği, Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne belirlenen gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitlerinden daha düşük düzeylerde bulunmuştur [76].

2. MATERYAL -METOT

2.1 Çalışma Alanı

Avrupa ile Asya arasında bir iç deniz olan Karadeniz doğuda Gürcistan, kuzeyde Rusya, güneyde Türkiye, batıda Bulgaristan ve Romanya arasında kalır. İstanbul ve Çanakkale boğazlarıyla, Marmara Denizi üzerinden Ege Denizi'ne ve Akdeniz'e bağlanır. Karadeniz kıyılarının uzunluğu 1600 km olup yüzölçümü yaklaşık olarak 460.000 km²'dir. En derin kısmı Kırım-Kerempe Burnu arasında olup 2243 metredir. Karadeniz'e sahili bulunan illerimiz; Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Samsun, Sinop, Kastamonu, Bartın, Zonguldak, Sakarya, Kocaeli, İstanbul ve Kırklareli'dir. Yağışlı ve yazları serin bir bölgede bulunması, çok sayıda akarsuyla beslenmesi Karadeniz'in tuzluluk derecesinin düşmesine neden olur (%o 10-20 arası). Tuna, Dinyeper, Dinyester, Don, Kuban Nehri ile Sakarya Nehri, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Çoruh ırmakları Karadeniz'de sonlanır [77].

Karadeniz'de dağlar kıyıya paralel uzandığı için boyuna kıyı tipine sahiptir. Karadeniz'in ilginç bir özelliği, 150-200 metrenin altındaki suların hidrojen sülfür ile kaplı olup oksijenden yoksun olmasıdır. Bu nedenle, derin sularında hayata rastlanmaz. Bütün canlılar, 150-200 metre derinlikteki yüzey sularda toplanmıştır. Buna rağmen, Karadeniz balık bakımından zengindir, çok çeşitli balıkları barındırır. Karadeniz balıkları denince akla ilk olarak hamsi, mezigit, istavrit, palamut, barbun, kalkan, çinekop, tirsi, kefal gelir [77].



Şekil 2.1 Örnekleme İstasyonları

Bu çalışmada belirlenen istasyonlar Karadeniz'in Orta ve Doğu Karadeniz Bölümündeki (1; Ordu (ORD), 2; Giresun (GRS), 3; Trabzon (TRB)) en önemli yerleşim yerlerindedir. Bu istasyonlardaki balık pazarlarında bulunan, insanların tüketimine sunulan balık türlerinin ağır metal düzeylerini ve bu canlılarda var olan metal kirliliğinin boyutlarını belirleyip, bu boyutlardaki ağır metal kirliliğinin insan

sağlığına olumsuz etkisinin olup olmadığını öğrenebilmek için çalışma sahası olarak bu istasyonlar seçilmiştir.

2.2 Materyal

Araştırmada incelenen balık türleri *Trachurus trachurus* (TTR), *Merlangius merlangus* (MM), *Mullus barbatus* (MB), *Engraulis encrasicolus* (EE), *Sarda sarda* (SSR), *Belone belone* (BB), *Sardina pilchardis* (SP), *Oncorhynchus mykiss* (OM), *Scomber scombrus* (SS), *Thunus thynnus* (TT)'dur. Balık örnekleri Ekim 2013 – Aralık 2013 tarihleri arasında Karadeniz'in Orta ve Doğu Karadeniz Bölümü sahil şeridinde belirlenen üç istasyondan (Ordu, Giresun, Trabzon) balık pazarlarından alınmıştır. *Scomber scombrus*, *Sardina pilchardis*, *Thunnus thynnus* türleri marketlerden konserve şeklinde alınmıştır.

2.3 Metot

Belirlenen istasyonlardan, bölgedeki balık pazarlarından elde edilen her türe ait balık örnekleri, buz korumalı kaplar yardımıyla laboratuara getirilmiştir. İstasyonlara ve türlere göre tasnif edilip her örnekten yaklaşık 0.5'er g kas alınmıştır. Daha sonra 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 2M HNO₃'e batırılmıştır. Bu ekipmanlar deiyonize su ile beş kez durulandıktan sonra beş kez daha damıtılmış su ile durulanmıştır ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Örneklerin çözünürleştirilmesi (ekstraksiyonu) mikrodalga fırında aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Teflon kaplara yerleştirilen örneklerin üzerine 15 ml konsantre nitrik asit ilave edildikten sonra (HNO₃, %65), birinci adımda; 1000 W ve 25-96 °C'de 20 dakika, ikinci adımda; 96 °C 20 dakika bekletildi, üçüncü adımda; 1000 W ve 180 °C'de 10 dakika işleme tabi tuttukten sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Dördüncü adımda; 2 ml hidrojen peroksit (H₂O₂, %30) ilave edilerek 1-3. adımlar tekrarlanarak çözündürme işlemi tamamlanmıştır. Çözündürülmüş olan bu örnekler tekrar oda sıcaklığında soğutulduktan sonra, 0,45 µm'lik Whatman filtrelerle süzülerek 50 ml'lik balon jojelere alınmıştır. Deiyonize su ile 50 ml'ye tamamlanıp okumaya hazır hale getirilmiştir [78-80]. Analize hazır hale getirilen numuneler ICP-MS cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Ekstraksiyon ve analizler Giresun Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

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

Tablo 2.1 Standart referans materyal (SRM, DORM-4)’in sertifika 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 ve türler arasındaki farklılıklar Varyans analizi, OneWay ANOVA yapılarak, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik program kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışma, Giresun (GRS), Ordu (ORD) ve Trabzon (TRB) illerinin balık pazarlarından ve marketlerden (MRT) alınan toplam on tane balık türleri kullanılarak yapılmıştır. İstasyonlardan; *M. barbatus*, *S. sarda*, *E. encrasicolus*, *T. tracurus*, *M. merlangus*, *S. scomber*, *B. belone*, *O. mykiss*, *S. pilchardis*, *T. thunnus* türlerinden örneklemeler yapılmıştır. Türlerin ortalama boy ve ağırlıkları Tablo 3.1’de verilmiştir

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

IST	TÜR	Total Boy	Ağırlık
GRS	SSR	29.92 ±0.24	263.10 ±6.70
	MB	13.06 ±0.28	23.94 ±1.65
	EE	11.10 ±0.24	9.24±0.52
	OM	24.46 ±0.29	185.57 ±4.84
	TTR	11.68 ±0.18	14.17 ±0.54
	BB	34.56 ±1.10	39.33 ±4.84
	MM	16.28 ±0.77	36.08±6.15
ORD	SSR	33.20 ±0.35	393.33 ±15.49
	MB	13.40 ±0.08	28.08 ±1.18
	EE	10.82 ±0.34	9.35 ±0.74
	OM	26.08 ±0.34	209.25 ±2.53
	TTR	12.96 ±0.22	20.57 ±0.35
	MM	15.92 ±0.34	34.16 ±2.00
TRB	SSR	27.92 ±1.10	199.16±21.80
	MB	13.54 ±0.34	27.72 ±2.12
	EE	10.90 ±0.16	8.74 ±0.24
	OM	27.24 ±0.44	238.75 ±8.70
	TTR	13.88 ±0.42	24.20 ±3.32
	BB	36.90 ±1.30	61.56±6.89
	MM	14.44 ±0.47	17.93 ±1.84

3.1 Kaslarda ağır metal düzeyleri

Analiz edilen örneklerde kaslardaki metal değerleri incelendiğinde; Cr; en yüksek Giresun'dan alınan *E. encrasicolus* türünde (2.30 ppm), en düşük ise Trabzon'dan alınan *M. barbatus* türünde (0.49 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek Ordu'dan toplanan *M. barbatus* türünde (4.41 ppm), en düşük ise marketten alınan *T. thunnus* türünde (0.11 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek Giresun'dan alınan *E. encrasicolus* türünde (0.16 ppm), en düşük ise aynı istasyondan alınan *S. sarda* türünde (0.01 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek Ordu'dan alınan *O. mykiss* türünde (24.0 ppm), en düşük ise Giresun'dan alınan *S. sarda* türünde (1.07 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek Trabzon'dan alınan *E. encrasicolus* türünde (1.18 ppm), en düşük ise Giresun'dan alınan *M. merlangus* türünde (0.26 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek Ordu'dan *E. encrasicolus* türünde (16.9 ppm), en düşük ise marketten alınan *S. scomber* türünde (5.46 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek Giresun'dan alınan *M. barbatus* ve *E. encrasicolus* türlerinde (0.10 ppm) ve marketten alınan *T. thunnus* türünde (0.10 ppm), en düşük ise Ordu'dan alınan *M. barbatus* ve marketten alınan *S. scomber* türlerinde (0.08 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek Trabzon'dan alınan *M. merlangus* türünde (0.57 ppm), en düşük ise marketten alınan *S. scomber* türünde tespit edilmiştir (0.10 ppm). Tablo 3.2'de balıkların kas dokularındaki ağır metal birikimi verilmiştir.

Giresun istasyonundan alınan örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Tablo 3.2'ye göre Cr; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (2.30 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.51 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (1.13 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde (0.20 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.16 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (0.01 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (21.2ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (1.07 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *S. sarda* türünde (1.16 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.26 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (14.1ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (6.41 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *M. merlangus* ve *E. encrasicolus* türlerinde (0.10 ppm), en düşük ise *S. sarda*, *O. mykiss*, *T. trachurus*, *B. belone*, *M. merlangus* türlerinde (0.09 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *B. belone* türünde (0.33 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (0.13 ppm).

Ordu istasyonundan alınan örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *O. mykiss* türünde (1.26 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (0.54 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *M. barbatus* türünde (4.41 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (0.16 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *M. barbatus* türünde (0.10 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.02 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *O. mykiss* türünde (24.0 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (1.29 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *S. sarda* türünde (0.77 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.26 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (16.9ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (6.30 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.09 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde (0.08 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.19 ppm) en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.13 ppm).

Trabzon istasyonundan alınan örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.77 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde (0.49 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.63 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde (0.13 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *M. merlangus* ve *E. encrasicolus* türlerinde (0.04 ppm), en düşük ise *B. belone* ve *S. sarda* türlerinde (0.02 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (4.75 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde (1.22 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (1.18 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde (0.32 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (15.1 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde (7.92 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *E. encrasicolus*, *B. belone*, *M. merlangus* türlerinde (0.10 ppm), en düşük ise *S. sarda*, *O. mykiss*, *T. trachurus*, *M. barbatus* türlerinde (0.09 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *M. merlangus* türünde (0.57 ppm) en düşük ise *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.13 ppm).

Marketten alınan örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *S. pilchardis* türünde (0.88 ppm), en düşük ise *S. scomber* türünde (0.63 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *S. pilchardis* türünde (1.48 ppm), en düşük ise *T. thunnus* türünde (0.11 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *S. pilchardis* türünde (0.04 ppm), en düşük ise *S. scomber* türünde (0.01 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. scomber* türünde (5.03 ppm),

en düşük ise *T. thunnus* türünde (4.41 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *S. pilchardis* türünde (1.14 ppm), en düşük ise *T. thunnus* türünde (0.45 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *S. pilchardis* türünde (16.9ppm), en düşük ise *S. scomber* türünde (5.46 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *T. thunnus* türünde (0.10 ppm), en düşük ise *S. scomber* türünde (0.08 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *T. thunnus* türünde (0.27 ppm) en düşük ise *S. scomber* türünde tespit edilmiştir (0.10 ppm).

Yapılan varyans analizi sonucunda istasyonlar ve türler arasındaki farklılıklar Mn, Ni, Cd ve Pb hariç diğer metaller için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo3.2 Balık örneklerinin kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı (ppm)

IST	TÜR	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
GRS	SSR	0.57 ±0.03 ^a	0.23 ±0.06 ^a	<u>0.01±0.01^a</u>	<u>1.07±0.00^a</u>	1.16 ±0.28^{cd}	7.21 ±0.69 ^{ab}	<u>0.09 ±0.00^a</u>	0.14 ±0.02 ^a
	MB	0.74 ±0.14 ^a	0.41 ±0.07 ^a	0.04 ±0.01 ^{ab}	5.76 ±2.43 ^a	0.39±0.02 ^{abcd}	8.30 ±1.15 ^{ab}	0.10 ±0.01^a	0.18 ±0.05 ^a
	EE	2.30 ±1.09^b	1.13 ±0.25^a	0.16 ±0.08^b	21.2±6.83^a	1.03 ±0.26 ^{abcd}	14.1±2.18^{ab}	0.10 ±0.01^a	0.32±0.06 ^a
	OM	0.88 ±0.40 ^{ab}	0.24 ±0.05 ^a	0.05 ±0.03 ^{ab}	14.1 ±5.76 ^a	0.37 ±0.08 ^{abc}	10.4 ±4.28 ^{ab}	<u>0.09 ±0.00^a</u>	0.14±0.02 ^a
	TTR	0.53 ±0.01 ^a	<u>0.20±0.03^a</u>	0.02 ±0.00 ^a	1.08 ±0.01 ^a	0.54 ±0.08 ^{abcd}	7.29 ±0.92 ^{ab}	<u>0.09 ±0.00^a</u>	<u>0.13 ±0.01^a</u>
	BB	0.61 ±0.03 ^a	0.86 ±0.20 ^a	0.04 ±0.01 ^{ab}	1.10 ±0.03 ^a	0.47 ±0.12 ^{abcd}	11.0 ±1.70 ^{ab}	<u>0.09 ±0.00^a</u>	0.33 ±0.11^a
	MM	<u>0.51 ±0.03^a</u>	0.23 ±0.01 ^a	0.04 ±0.02 ^{ab}	2.53 ±0.65 ^a	<u>0.26 ±0.04^a</u>	<u>6.41±0.52^{ab}</u>	<u>0.09±0.00^a</u>	0.31 ±0.14 ^a
ORD	TTR	0.63 ±0.13 ^a	0.28 ±0.02 ^a	0.03 ±0.01 ^{ab}	5.10 ±2.58 ^a	0.63 ±0.06 ^{abcd}	6.66±0.56 ^{ab}	0.09 ±0.00 ^a	0.16 ±0.01 ^a
	EE	0.55 ±0.01 ^a	0.59 ±0.09 ^a	0.03 ±0.00 ^{ab}	1.62 ±0.08 ^a	0.55 ±0.04 ^{abcd}	16.9 ±4.26^b	0.09 ±0.01^a	0.19 ±0.04^a
	MM	0.55 ±0.05 ^a	0.21 ±0.01 ^a	<u>0.02 ±0.00^a</u>	2.42 ±0.94 ^a	<u>0.26 ±0.02^a</u>	8.26 ±0.48 ^{ab}	0.09 ±0.00 ^a	0.16±0.02 ^a
	SSR	<u>0.54 ±0.01^a</u>	<u>0.16 ±0.03^a</u>	0.05 ±0.03 ^{ab}	<u>1.29 ±0.02^a</u>	0.77 ±0.29^{abcd}	<u>6.30 ±0.58^{ab}</u>	0.09 ±0.00 ^a	0.14±0.20 ^a
	MB	0.62 ±0.04 ^a	4.41 ±2.01^a	0.10 ±0.06^{ab}	2.66 ±0.50 ^a	0.33 ±0.03 ^{ab}	8.55 ±0.56 ^{ab}	<u>0.08 ±0.00^a</u>	<u>0.13 ±0.01^a</u>
	OM	1.26 ±0.39^{ab}	0.29 ±0.05 ^a	0.07 ±0.03 ^{ab}	24.0±8.64^a	0.42 ±0.06 ^{abcd}	7.93 ±0.73 ^{ab}	0.09 ±0.00 ^a	0.15 ±0.02 ^a
TRB	SSR	0.70 ±0.06 ^a	0.13 ±0.00 ^a	<u>0.02 ±0.00^a</u>	4.75 ±1.38^a	0.79 ±0.13 ^{abcd}	8.17 ±0.77 ^{ab}	<u>0.09 ±0.00^a</u>	<u>0.13 ±0.01^a</u>
	OM	0.65 ±0.02 ^a	0.16 ±0.01 ^a	0.03 ±0.01 ^{ab}	4.22 ±0.79 ^a	0.33 ±0.02 ^a	8.67 ±1.59 ^{ab}	<u>0.09 ±0.00^a</u>	0.14 ±0.02 ^a
	EE	0.77 ±0.13^a	0.63 ±0.13^a	0.04 ±0.01^{ab}	3.97 ±0.72 ^a	1.18 ±0.27^d	15.1±2.64^{ab}	0.10 ±0.00^a	0.33 ±0.12 ^a
	BB	0.51±0.03 ^a	<u>0.13 ±0.02^a</u>	<u>0.02 ±0.00^a</u>	<u>1.22±0.03^a</u>	0.37 ±0.06 ^{abc}	9.65 ±0.89 ^{ab}	0.10 ±0.00^a	0.25 ±0.08 ^a
	TTR	0.52 ±0.03 ^a	0.17 ±0.03 ^a	0.03±0.00 ^{ab}	1.25 ±0.01 ^a	0.60 ±0.06 ^{abcd}	8.57 ±0.67 ^{ab}	<u>0.09±0.00^a</u>	0.55 ±0.39 ^a
	MM	0.51±0.05 ^a	0.45 ±0.16 ^a	0.04 ±0.01^{ab}	1.60 ±0.32 ^a	0.69 ±0.32 ^{abcd}	9.42 ±3.29 ^{ab}	0.10 ±0.00^a	0.57 ±0.44^a
	MB	<u>0.49 ±0.03^a</u>	0.48 ±0.11 ^a	0.03 ±0.00 ^{ab}	1.24 ±0.03 ^a	<u>0.32 ±0.05^a</u>	<u>7.92 ±1.48^{ab}</u>	<u>0.09 ±0.00^a</u>	0.17 ±0.03 ^a
MRK	SP	0.88 ±0.07^{ab}	1.48 ±0.10^a	0.04 ±0.01^{ab}	4.87 ±0.45 ^a	1.14 ±0.07^{bcd}	16.9 ±1.64^b	0.09 ±0.00 ^a	0.13±0.03 ^a
	SS	<u>0.63 ±0.04^a</u>	0.17 ±0.04 ^a	<u>0.01 ±0.00^a</u>	5.03 ±0.11^a	0.54 ±0.04 ^{abcd}	<u>5.46 ±0.10^a</u>	<u>0.08 ±0.00^a</u>	<u>0.10 ±0.01^a</u>
	TT	0.77 ±0.02 ^a	<u>0.11 ±0.01^a</u>	0.02 ±0.01 ^a	<u>4.41 ±0.47^a</u>	<u>0.45 ±0.04^{abcd}</u>	7.37±1.10 ^{ab}	0.10 ±0.01^a	0.27±0.14^a

*Dikey olarak farklı harflerle gösterilen düzeyler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir. **Altı çizili olan değerler minimum, **kalin** yazılmış olan değerler maksimum değeri göstermektedir

***Genel ortalama

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İncelenen metaller arasında kas dokusunda çinko genel olarak en yüksek düzeyde çıkmasına rağmen, nikel Giresun'da *Engraulis encrasicolus* (EE), *Oncorhyncus mykiss* (OM); Ordu'da ise sadece *Oncorhyncus mykiss* (OM) türünde çinkodan daha yüksek tespit edilmiştir. Diğer taraftan, kobaltın genel olarak en düşük düzeyde birikim göstermesine rağmen, kadmiyum Giresun'da *Engraulis encrasicolus* (EE) türünde, Ordu'da ise sadece *Mullus barbatus* (MB) türünde kobalttan daha düşük tespit edilmiştir.

Kas dokuda istasyonlardan elde edilen en yüksek ve en düşük ağır metal derişimlerinin ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.3'ten de görüleceği gibi, bu çalışmada örneklerden elde edilen Cr düzeyleri; Güney Brezilya sahilleri (Carvalho ve ark., 2000), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Giresun sahil şeridi (Süer, N., 2013), Birleşik Arap Emirlikleri (Kosanovic ve ark., 2007), Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008; Tepe ve ark. 2007), Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri; (Türkmen ve ark., 2008) için bulunan değerlerle uyumlu, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2007), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006) için bulunan değerlerden düşük tespit edilmiştir.

Mangan düzeyleri; Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008; Tepe ve ark. 2007), Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen, 2011), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri; (Türkmen ve ark., 2008), Güney Brezilya sahilleri (Carvalho ve ark., 2000), Birleşik Arap Emirlikleri (Kosanovic ve ark., 2007) için bulunan değerlerle uyumlu; Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006), Giresun sahil şeridi (Süer, N., 2013) için bulunan değerlerden düşük tespit edilmiştir.

Kobalt düzeyleri; Türkiye Denizleri (Türkmen ve ark., 2008) için bulunan değerlerle uyumlu; Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), Karadeniz (Topçuoğlu ve ark., 2002), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen, 2011), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri; (Türkmen ve ark., 2008), Giresun sahil şeridi (Süer, N., 2013)

için bulunan değerlerden düşük; Birleşik Arap Emirlikleri (Kosanovic ve ark., 2007) için bulunan değerlerden yüksek tespit edilmiştir.

Nikel düzeyleri; Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2008) için bulunan değerlerle uyumlu; Sinop (Bat ve ark., 1996), Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008, Tepe ve ark., 2007 Türkmen, 2011), Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Uluözlü ve ark., 2007, Topcuoğlu ve ark., 2002), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006), Giresun sahil şeridi (Süer, N., 2013) için bulunan değerlerden yüksek tespit edilmiştir.

Bakır düzeyleri; Sinop (Bat ve ark., 1996), Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Uluözlü ve ark., 2007), Tuzla Lagünü (Dural ve ark., 2007), Türkiye denizleri (Türkmen, 2011) için bulunan değerlerle uyumlu; Türkiye Denizleri (Türkmen ve ark., 2008), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006), Karadeniz sahilleri (Topcuoğlu ve ark., 2002), Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2005), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2008), Güney Brezilya (Sahilleri (Carvalho ve ark., 2000), Birleşik Arap Emirlikleri (Kosanovic ve ark., 2007), Giresun sahil şeridi (Süer, N., 2013) için bulunan değerlerden düşük tespit edilmiştir.

Çinko düzeyleri; Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006), Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2005), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2008) için bulunan değerlerle uyumlu; Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008), Karadeniz sahilleri (Uluözlü ve ark., 2007), Karadeniz sahilleri (Topcuoğlu ve ark., 2002, Kalay ve ark., 1999), Güney Brezilya sahilleri (Carvalho ve ark., 2000), Tuzla Lagünü (Dural ve ark., 2007), Birleşik Arap Emirlikleri (Kosanovic ve ark., 2007), Giresun sahil şeridi (Süer, N., 2013) için bulunan değerlerden düşük; Sinop (Bat ve ark., 1996), Türkiye denizleri (Türkmen, 2011) için bulunan değerlerden yüksek tespit edilmiştir.

Tablo 3.3 Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması (ppm)

Örnekleme Bölgesi	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Sinop (53)	-	0.58	-	1.51	0.69	3.55	0.025	0.78
Karadeniz (58)	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
Türkiye Denizleri (60)	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
Karadeniz (61)	-	7.4	-	3.93	0.95	37.4	0.5	0.68
Ege, Marmara, Akdeniz (63)	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
Türkiye Denizleri (65)	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
Akdeniz (80)	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
Yelkoma lagünü (81)	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
İskenderun (82)	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
Giresun Sahil Şeridi (83)	0.56	6.23	1.97	12.70	2.65	69.06	-	3.16
Güney Brezilya Sahili (84)	<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
Tuzla Lagünü (85)	-	-	-	-	0.26-0.82	8.27-76.98	0.03-0.12	0.40-2.44
Türkiye Denizleri (86)	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
Bileşik Arap Emirlikleri (87)	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
Ulusal standartlar (88)	-	-	-	-	20	50	0.1	1
Uluslararası standartlar (89)	1	-	-	-	10-100	30-100	0.05-5.5	0.5-6.0
Mevcut çalışma	0.51-2.30	0.11-4.41	0.01-0.16	1.07-24.0	0.26-1.18	5.46-16.9	0.08-0.10	0.10-0.57

53) Bat ve ark., 1996

58) Topcuoğlu ve ark., 2002

60) Türkmen ve ark., 2008

61) Uluözlü ve ark., 2007

63) Türkmen ve ark., 2008

65) Tepe ve ark., 2008

80) Türkmen ve ark., 2005

81) Türkmen ve ark., 2010

82) Türkmen ve ark., 2006

83) Süer, N., 2013

84) Carvalho ve ark., 2000

85) Dural ve ark., 2007

86) Türkmen, 2011

87) Kosanovic ve ark., 2007

88) TKB (2002)

89) Nauen (1983)

Kadmiyum düzeyleri; Karadeniz sahilleri (Topcuoğlu ve ark., 2002), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008), (Türkmen, 2011), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2008), Tuzla Lagünü (Dural ve ark., 2007) için bulunan değerlerle uyumlu; Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Uluözlü ve ark., 2007), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006), Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2005), Güney Brezilya sahilleri (Carvalho ve ark., 2000), Birleşik Arap Emirlikleri (Kosanovic ve ark., 2007) için bulunan değerlerden düşük; Sinop (Bat ve ark., 1996) için bulunan değerlerden yüksek tespit edilmiştir.

Kurşun düzeyleri; Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008, Tepe ve ark., 2007, Türkmen, 2011), Yelkoma Lagünü (Türkmen ve ark., 2010), Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2008) için bulunan değerlerle uyumlu; Sinop (Bat ve ark., 1996), Karadeniz sahilleri (Uluözlü ve ark., 2007), İskenderun (Türkmen ve ark., 2006), Akdeniz sahilleri (Türkmen ve ark., 2005), Güney Brezilya sahilleri (Carvalho ve ark., 2000), Tuzla Lagünü (Dural ve ark., 2007), Giresun sahil şeridi (Süer, N., 2013) için bulunan değerlerden düşük; Karadeniz sahilleri (Topcuoğlu ve ark., 2002), Birleşik Arap Emirlikleri (Kosanovic ve ark., 2007) için bulunan değerlerden yüksek tespit edilmiştir.

4.1 Günlük ve Haftalık İzin Verilen Ağır Metal Düzeyleri

İncelenen balıkların kas dokuları için elde edilen birikim düzeyleri esas alınarak günlük ve haftalık alım miktarları hesaplanmıştır (Tablo 3.4). Türkiye’de kişi başına ortalama günlük balık tüketimi 20 g olarak bildirilmektedir [90]. 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 3.4’te sunulmaktadır. Yetişkin bir kişi için elde edilen Tablo 3.4’deki HHA değerleri Tablo 3.4’de kaslardaki maksimum birikim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır **[HHA ($\mu\text{g}/70 \text{ kg vücut ağırlığı/hafta}$)=en yüksek metal düzeyi ($\mu\text{g}/\text{kg}$) X balık tüketim miktarı ($\text{kg}/70 \text{ kg vücut ağırlığı/hafta}$)]**. Daha sonra HHA’lar HGA değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 3.4’de HHA ve HGA değerleri ile tavsiye edilen tolere edilebilir haftalık (THA) ve günlük (TGA) alımların kıyaslanmaları verilmektedir. Tablo 3.4’ten de görülebileceği gibi bu çalışmada elde edilen HHA ve HGA değerleri Ni hariç tavsiye edilen değerlerin çok altındadır. Ni ise bu değerlerin üstünde tespit edilmiştir [91-93].

Tablo 3.4 Örneklerin kas dokuları kullanılarak hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması

Metal	THA ^a	THA ^b	TGA ^c	Mevcut Çalışma HHA ^d (HGA) ^e
Cd	7 ^a	490	70	14 (2)
Co	–	–	–	22.4 (3.2)
Cr	–	–	–	322 (46)
Cu	3500 ^a	245000	35000	165.2 (23.6)
Ni	35 ^g	2450	350 ^f	3360 (480)
Mn	980 ^g	68600	9800 ^h	617.4 (88.2)
Pb	25 ^a	1750	250	79.8 (11.4)
Zn	7000 ^a	490000	70000	2366 (338)

^a (FAO/WHO, 2004)

^b THA, 70 kg ağırlığında yetişkin bir kişi için (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı)

^c TGA, tolöre edilebilir günlük alım (µg/gün/70 kg vücut ağırlığı)

^d HHA, hesaplanan haftalık alım, µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı

^e HGA, hesaplanan günlük alım, µg/gün/70 kg vücut ağırlığı

^fWHO (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 (µg/hafta/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 (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı)

** Türkiye'de kişi başına ortalama haftalık balık tüketimi 0.14 kg'dır (FAO, 2008)

4.2. Sonuç

Orta ve Doğu Karadeniz sahil şeridinde belirlenen 3 istasyondan (Ordu, Giresun ve Trabzon) balık pazarlarından ve marketlerden (konserve) alınan balık örneklerinin (*Mullus barbatus*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Sardina pilchardis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Scomber scombrus*, *Thunus thynnus*) kas dokularındaki ağır metal birikim miktarları ulusal ve uluslar arası standartların altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada kas doku için hesaplanmış olan günlük ve haftalık alım miktarlarının (HGA ve HHA) Ni haricindeki diğer ağır metaller için normal değerler aralığında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.4). Ni metalinin en yüksek değeri için HHA miktarı 3360 olarak tespit edilmiştir. Bu değer tablodaki gösterilen THA (2450) değerinden fazla olduğu görülmektedir. Yani Ni değerleri Giresun'da EE türünde ve Ordu'da OM türünde yüksek çıkmıştır.

Karadeniz'deki kirliliğin esas olarak denize dökülen nehir sularının içeriğinden etkilendiğini söyleyebiliriz. Örneğin Tuna Nehri Karadeniz'e krom, bakır, nikel, cıva, kurşun, çinko ve hidrokarbon boşaltmaktadır. Aynı zamanda Tuna Nehri bu atıkların yanı sıra insanların ve deniz canlılarının sağlığını doğruluğunu tehdit eden siyanür gibi toksik atıkları da taşımaktadır [94]. Giresun sahilinde bazı derelerin denize deşarj olduğu noktalarda sedimentte bazı ağır metallere birlikte nikel miktarı da yüksek olduğu tespit edilmiştir [95].

Ülkemizin üç tarafı denizlerle kaplı olmasına rağmen, su ürünleri tüketimimiz oldukça azdır. Kişi başına düşen su ürünleri tüketimi ortalaması Dünya ülkelerinde 16.3 kg/yıl, Avrupa'da 22 kg/yıl, ülkemizde ise son 12 yılda 6.3-8.6 kg arasındadır [96].

Dünya ve Avrupa su ürünleri tüketim ortalamalarına bakıldığında ülkemiz ortalamasının çok düşük olduğu görülmektedir. Karadeniz Bölgesi, ülkemiz toplam balık üretiminin %77.2'sinin gerçekleştiği bölge olmasından dolayı su ürünleri tüketim oranları da yüksektir [97-98]. Karadeniz sahilinin Ordu ilinde yapılan çalışmada bu oran 26.3 kg/yıl olarak tespit edilmiştir [99].

Karadeniz Bölgesi, avcılığın en yaygın olduğu ve toplam avcılığın %77.2'sinin gerçekleştiği bölge olmasına rağmen, su ürünleri tüketim alışkanlıkları ile ilgili literatürde ulaşılan tek çalışma Ordu ilinde Aydın ve Karadurmuş (2012, 2013) tarafından yapılmıştır. Ülkemiz halkının su ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi ile ilgili her bölgede çalışmaların yapılması gerekmektedir. Halkımızın sağlıklı bir besin kaynağı olan su ürünlerimizin tüketim oranlarının artırılması için, kamu kuruluşlarının, özel sektörlerin, sivil toplum örgütlerinin ve eğitim kurumlarının halkı bilgilendirmek için kampanyalar yapmaları gerekmektedir [100].

Sonuç olarak, Orta ve Doğu Karadeniz sahil şeridinde çalışılan istasyonlar, türler ve zaman aralığı dikkate alındığında; nikelin iki istasyondaki (Ordu ve Giresun) birikimleri hariç (bu istasyonlarda da birer tür) ağır metal birikiminin ciddi bir boyutta olmadığı söylenebilir. Ağır metal kirliliğinin müsaade edilebilir düzeylerin altında kalmasını temin etmek için öncelikle çevre konusunda insanlarda farkındalık oluşturulmalı ve bu konuda bilinçli nesillerin yetiştirilmesi sağlanmalıdır. Bununla birlikte çeşitli atıkların sucul ortama karışması engellenmeli ve bu konularda ilgili kuruluşların önlem alması sağlanmalıdır. Ayrıca düzenli olarak tüketilmelerinden ötürü özellikle içme sularının ve yiyeceklerin içerdiği ağır metal

miktarlarının periyodik olarak ilgili kuruluşlar tarafından kontrol edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Wong, P.K. and S.c. Kwok, 1992: Accumulation of nickel ion (Ni^{+2}) by immobilized cells of *Enterobacter species*, Biotechnology Lett. 14:7,629-634.
- [2] Gadd,G.M. and A.J. Griffiths, 1978: Microorganisms and heavy metal toxicity, Microb. Ecol. 4: 303-317.
- [3] Ting, YP., F. Lawson, and LG. Prince, 1991 : Uptake of cadmium and zinc by the alga *Chlorella vulgaris*: II Multi-ion stiation, Biotechnol. Bioeng. 37: 445 -455p
- [4] Munzuroğlu, Ö., Gür, N. 2000. Ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)'da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri. Turkish Journal of Biology. 24/3. 677-684.
- [5] Bayçu, G., "Picea abies'te Kadmiyum Toksisitesi ve Köklerde Kadmiyum Birikimi" XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi 17-20 Eylül 1996, İstanbul. Kongre Kitapçığı, Cilt:III, s:433-442.
- [6] Peterson, P.J., 1993."Plant Adaptation to Environmental Stress: Metal Pollution Tolerance" Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J., Chapman&Hall, p:171-188.
- [7] Çepel, N., 2003, Ekolojik Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Tubitak Popüler Bilim Kitapları, 183 s.
- [8] Hodson, P.V. 1988. The Effect of Metal Metabolism on Uptake, Disposition and Toxicity in Fish. *Aquatic Toxicology* 11: 3-18.
- [9] Arslan N., Yılmaz G., 1993. Pestisit Kirliliğinin Azaltılmasında Bitkisel Bir Kaynak Pire Otu (*Pyrethrum sp.*) Türleri. *Ekoloji* 6, 3-6.
- [10] Vural H., 1993, Ağır Metal iyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Ekoloji* 8, 3-8
- [11] Steffens JC, 1991. The Heavy Metal Binding Peptides of Plants. Ann. Rev. Plant Physiol. *Plant Mol. Biol.* 41, 553- 575.
- [12] Freitas, M.C., 1994, Heavy Metals in *Parmelia sulcata* Collected In The Neighbourhood of A Coal-fired Power Station, Biological Trace Element Research, 43, 45, 207-212.
- [13] Francesconi KA, Edmonds JS, 1998: Arsenic species in marine samples. Croa Chem Acta, 71 (2): 343-359.

- [14] John H. Duffus, 2002. “Heavy metals” a meaningless term (IUPAC Technical Report) “Pure and Applied Chemistry, Vol. 74 pp. 793807. DOI:10.1351/PAC200274050793 https://tr.wikipedia.org/wiki/Ağır_metal web adresinden 27/04/2015 tarihinde edinilmiştir.
- [15] Merak ettikleriniz, “<http://www.biltek.tubitak.gov.tr>”, Erişim Tarihi: 08/09/2013.
- [16] Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A. and Timur S., 2007. Metallerin Çevresel Etkileri –I. (erişim adresi: www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, erişim tarihi: 13.05.2007)
- [17] Yıldız, N., 2004. Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum.
- [18] Balkıs N, Algan O (2005) Marmara Denizi yüzey sedimentlerinde metallerin birikimi ve denetleyen mekanizmalar. Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları No: 21, İstanbul.
- [19] Harte et al, 1991; Schüürmann and Markert, 1998; Sunlu ve Egemen, 1998 <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/2703/2422> web adresinden 06/10/2014 tarihinde edinilmiştir.
- [20] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri I. *Metalurji Dergisi*, 136; 47-53
- [21] Şener, S, Yıldırım M., (2000), Veteriner Toksikoloji. Teknik Yayıncılık, İstanbul.
- [22] <http://www.coldseakrillyagi.com/coldsea-krill-yagi.html> web adresinden 15 Şubat 2015 tarihinde edinilmiştir.
- [23] Muter, O., Lubinya, I., Miller, D., Grigorjeva, L., Ventiya, E., Rapoport, A. 2001. Cr (VI) sorption by inact and dehydrated *Candida utilis* cells in the presence of the other metals. *Process Biochemistry*, 38; 123-131.
- [24] Volesky, B.1990. Biosorption and biosorbents. In:Volesky B, editor. *Biosorption of Heavy Metals*. CRC press; p. 3–5, Florida.
- [25] Jianlong, W. and Can, C. 2006. Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: A review. *Biotechnology Advances*, 24; 427–451.
- [26] Metcalf and Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. George Tchobanoglous, Franklin L. Burton Editor, H. David Stensel, NewYork, Mcgraw–HillPub., 27, 77–80.

- [27] Mulligan, C. N., Yong, R. N. and Gibbs, B. F., 2001. Remediation Technologies for Metal contaminated Soils and Groundwater: An Evaluation, Engineering Geology, 60, 193–207.
- [28] Keskin, H., 1987: “*Besin Kimyası*” İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, İstanbul, 86-87.
- [29] Şengül, F., 1993: “*Çevre Kimyası*”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- [30] Kargı, F., 1995: “*Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler*”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak. Basım Ünitesi, 2. Baskı, İzmir.
- [31] Güler, Ç. ; Çobanoğlu Z., 1997: “*Kimyasallar ve Çevre*”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:50, Ankara, 9-24.
- [32] Beyazıt, N.; Peker, İ., 1998: “Atıksularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri”, Atlı, V., Belenli İ. (Eds), Kayseri I. *Atıksu Sempozyumu Bildirileri*, Kayseri, 22-24 Haziran 209-215.
- [33] Demirezen, D.; Aksoy, A., 2006: “Heavy Metal Levels in Vegetables in Turkey Is Within Safe Limits for Cu, Zn, Ni and Exceeded For Cd and Pb”, *Journal of Food Quality*, Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyatı Fakültesi Biyoloji Bölümü Kayseri, Türkiye 1-4.
- [34] Farooq, M.; Anwar, F., Rashid, U., 2008: “Appraisal of Heavy Metal Contents in Different Vegetables Grown in the Vicinity of an Industrial Area” *Pak. J. Bot.*, 40(5), 2099-2106.
- [35] Güler, Ç. ; Çobanoğlu Z., 1997: “*Kimyasallar ve Çevre*”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:50, Ankara, 9-24
- [36] Van Assche, F.;Clijters, H., 1990 : “Effect of Metals on Enzyme Activity in Plants”, *Plant Cell and Environment*, 13,195-206.
- [37] İlhan, A.İ; Dündar, C; Öz N.;Kılınç, H., 2006: “*Hava Kirliliği ve Asit Yağmurlarının Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri*”, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları, 5-8.
- [38] Anonim, 2003; European Environment and Health Committee (EEHC), UN *Protocol on Heavy Metals*.
- [39] Yılmaz, R., Sakçalı, S., Yarcı, C., Aksoy, A., Ozturk, M., 2006,: “Use of *Aesculus hippocastanum* L. As a Biomonitor of Heavy Metal Pollution” *Pakistan Journal of Botany* 3 1519-1527.

- [40] 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, s152.
- [41] Yüce, M.,(2011); Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Temel Biyoteknolojisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, pp.28 Ankara.
- [42] Bigersson, B., O. Sterner, E. Zimerson, Chemie und Gesundheit, 1998, “*Eineerst 2ndliche Einführung in die Toxikologie*”, VCHVerlagsgesellschaft, ISBN 3-527-26455-8
- [43] Kesler, S. E., 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment. New York: Macmillan College Publishing Company, Inc.,s223, USA.
- [44] Dökmeci, İ. 2001. *Zehirler Ve Zehirlenmeler*, S: 249-692, İ.Dökmeci [Eds.], Toksikoloji, 3. Baskı İstanbul: Nobel
- [45] Atsdr, (2003). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>
- [46] “Copper and Copper Alloys”
<http://www.cda.org.uk/megab2/general/pub121/section7.htm#Product%20Forms>
web sitesinden 24 Şubat 2015 tarihinde edinilmiştir.
- [47] Sayılı, M., ve Akman, Z., 1994. “Tarımsal Uygulamalar ve Çevreye Olan Etkileri”, *Çevre Dergisi*, Temmuz-Ağustos-Eylül, sayı:12, 28-32, Tokat.
- [48] Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S., Metallerin Çevresel Etkileri-II İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf web adresinden 24/02/2015 tarihinde edinilmiştir.
- [49] M. Emre, 2000, “Nikelli Ve Nikelsiz Altın Alaşımlarının Geniş Bir Bileşim Aralığında Fiziksel, Kimyasal, Mekanik Ve Alerjen Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül.
- [50] F. Habashi, 1997, “Handbook of Extractive Metallurgy”, Vol. 2, Wiley-Vch, Germany.
- [51] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Cinko>. Web sitesinden 26 Şubat 2015 tarihinde edinilmiştir.
- [52] Dökmeci I (2001). Toksikoloji, *Zehirlenmelerde Tanı ve Tedavi*. 3. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.

- [53] Pizent A, Tariba B, Zivkovic T, 2012. Reproductive toxicity of metals in men. *Arh Hig Rada Toksikol*, 63, Supplement 1, 35-46.
- [54] Uysal, H., Tuncer, S., ve Yaramaz, Ö., 1986. Ege Kıyılarındaki Yenebilen Organizmalarda İz Elementlerin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Ege Bölgesi Sanayi Odası, Çevre 86 Sempozyumu 2-5 Haziran, Atatürk Kültür Merkezi, İzmir.
- [55] 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.
- [56] 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.
- [57] 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.
- [58] Bat, L., Öztürk, M., and Öztürk, M., 1998. Heavy Metal Concentrations 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.
- [59] 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.
- [60] Ünsal, M., Çağatay, N., Bekiroğlu, Y., Kıratlı, N., Alemdağ, N., Aktaş, M., Sarı, E., 1998. Karadeniz’ de Ağır Metal Kirliliği. Deniz Bilimleri Enstitüsü - Erdemli, İçel ve Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü - Yomra, Trabzon. *YDEBÇAG-456/G-457/G*.
- [61] 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.

- [62] 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.
- [63] Tüzen, M., 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 80(1): 119–123. Doi: 10.1016/S0308-8146(02)00264-9
- [64] Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A., 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 146: 277-284.
- [65] Uluözlü, O. D., Tuzen, M., Mendil, D., ve Soylak, M., (2007). Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, 104, 835-840.
- [66] Uysal, K., Atalay, M.A., 2007, DPÜ göleti'nde Ekstansif Yetiştiriciliği Yapılan Aynalı Sazanların (*Cyprinus carpio*) Gelişimi ve Ağır Metal Akümülayon Oranlarının Değerlendirilmesi. Türk Sucul Yaşam Dergisi (*Turkish Journal Of Aquatic Life*) Ulusal Su Günleri 2007 Sempozyum Özel Sayısı, 5-8, 663-670.
- [67] 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.
- [68] Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., 2008. Metal levels in tissues of the European chovy, *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.
- [69] Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A., 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental Monitoring and Assessment*, (2007), DOI 10.1007/s 10661-007-0079-3.
- [70] 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.
- [71] Tüzen, M., 2009. Toxic essential trace elemental content in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47:1785-1790
- [72] Daş, Y. K., Aksoy, A., Başkaya, R., Duyar H. A., Guvenc, D., Boz, V., 2009. Heavy Metal Levels of Some Marine Organisms Collected in Samsun and Sinop

Coasts of Black Sea, in Turkey. *Journal of Animaland Veterinary Advances*, Volume: 8, Issue: 3, Page No: 496-499.

[73] Nisbet, C., Terzi, G., Pilger, O., Saraç, N., 2010. Determination of heavy metal levels in fish sample collected from the Middle Black Sea, *Kafkas Üniv. Veteriner Fak. Dergisi*, 16: 119-125.

[74] Durali, M., Demirci, Z., Tüzen, M., and Soylak, M. 2010. Seasonalin vestigation of trace element contents in commercially valuable fish species From the Black Sea, Turkey, *Food and Chemical Toxicology*, 48:865-870.

[75] Aygun, S. F., Abanoz, F. G., 2011. Determination of Heavy Metal in Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L 1758) and Whiting (*Merlangius merlanguseuxinus* Nordman, 1840) Fish in The Middle Black Sea. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, Volume: 17 Pages: 145-152.

[76] Bat, L., Sezgin, M., Üstün, F., Şahin, F., 2012. Heavy Metal Concentrations in Ten Species of Fishes Caught in Sinop Coastal Waters of the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*12: 371-376 (2012) DOI: 10.4194/1303-2712-v12.2.24

[77] Demirci, Z., 2010, Karadeniz’de Avlanan Bazı Balık Türlerinde Eser Elementlerin Tayini, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 3, Tokat.

[78] Ikem, A., Egiebor, N.O., 2005, Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *Journal of Food Compositionand Analysis*, 18 (8); 771-787.

[79] Mendil, D.,Uluözlü, Ö.D., Hasdemir, E., Tüzen, M., Sari, H., Su içmez, (2005) M, Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry*, 90, 175-179.

[80] Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Akyurt, İ., (2005), Heavy Metals in Three Commercially Valuable Fish Species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey, *Food Chemistry*, 91, 167-172.

[81] Türkmen, A.,Türkmen, M., Tepe, Y., Çekiç, M., (2010), Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168 (1-4), 223-230.

- [82] Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Mazlum, Y., Oymael, S., (2006), Heavy Metal Levels in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugilcephalus*) in İskenderun Bay (North Eastern Mediterranean, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77 (2): 186-193.
- [83] Süer, N., 2013. Akdeniz Midyesinde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819), Ağır Metal Seviyeleri; Giresun Sahil Şeridi Örneği, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 47, Giresun.
- [84] 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>
- [85] Dural M., Göksu MZL. Özak A. A., (2007) Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla Lagoon. *Food Chem* 102:415–421.
- [86] 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
- [87] 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.
- [88] Fisheries laws and regulations, 2002, Ministry of agriculture and rural affairs, conservation and control general management. Ankara, Turkey TKB.
- [89] Nauen, C.E. (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fish Circular*, (764): 102 p.
- [90] FAO, 2008. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Fisheries and Aquaculture, Turkey, http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey.15–421.
- [91] FAO/WHO, 2004. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003), (First through sixty first meetings), *ILSI Press International Life Sciences Institute*.
- [92] WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, Chemical aspects. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/
- [93] EPA, 2008. U.S. Environmental Protection Agency, Manganese compounds <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html>

- [94] Alkan, A., Serdar, S., Fidan, F., 2008, Kirlilik ve Karadeniz, *Yunus Araştırma Bülteni* 8:1, 7.
- [95] Türkmen, A., Akbulut, S., 2015. Giresun Sahilindeki Bazı Derelerin Denize Deşarj Olduğu Noktalardaki Su ve Sedimentte Ağır Metal Kirliliği, Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Giresun.
- [96] FAO, 2011. Yearbook of Fishery Statistics Catch and Landing 2010. Rome
- [97] TÜİK, 2011. Su Ürünleri İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- [98] Elbek, A.G., İşgören-Emiroğlu, D. ve Saygı, H. 1997. Balık tüketimi ve tüketime yönelik sorvey. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, İzmir
- [99] Aydın, M. ve Karadurmuş, U. 2012. Consumer behaviors for seafood in Ordu province. *SUMAE Yunus Araştırma Bülteni*, 3: 18-23.
- [100] Aydın M. ve Karadurmuş, U. 2013. Trabzon ve Giresun Bölgelerindeki Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi / The Black Sea Journal of Sciences* 3(9):57-71.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Bursa'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Giresun'da tamamladı. 2007 yılında girdiği İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden Haziran 2011'de mezun oldu. 2012 yılında girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans programında öğrenim gördü.