

**MARMARA DENİZİ TEKİRDAĞ KIYI
BÖLGESİ BALIK ve SEDİMENT
ÖRNEKLERİNDE ESANSİYEL VE
TOKSİK METALLERİN BİRİKİMİ ve
DAĞILIMI**

Veysi DALMIŞ

Yüksek Lisans Tezi

Kimya Anabilim Dalı

**I. Danışman: Prof.Dr. Temine ŞABUDAK
II.Danışman: Doç.Dr. Ayşe Handan DÖKMECİ
2019**

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MARMARA DENİZİ TEKİRDAĞ KIYI BÖLGESİ BALIK VE SEDİMENT
ÖRNEKLERİNDE ESANSİYEL VE TOKSİK METALLERİN BİRİKİMİ VE
DAĞILIMI**

Veysi DALMIŞ

KİMYA ANABİLİM DALI

I.DANIŞMAN: Prof. Dr. Temine ŞABUDAK

II. DANIŞMAN: Doç.Dr. Ayşe Handan DÖKMECİ

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

NKUBAP.23.GA.18.158 No'lu 'Marmara Denizi Tekirdağ Kıyı Bölgesi Balık ve Sediment Örneklerinde Esansiyel ve Toksik Metallerin Birikimi ve Dağılımı'adlı proje Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından desteklenmiştir.

Prof. Dr. Temine ŞABUDAK ve Doç.Dr. Ayşe Handan DÖKMECİ danışmanlığında, Veysi DALMIŞ tarafından hazırlanan ‘Marmara Denizi Tekirdağ Kıyı Bölgesi Balık ve Sediment Örneklerinde Esansiyel ve Toksik Metallerin Birikimi ve Dağılımı’ isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Temine ŞABUDAK *İmza :*

Üye :Doç.Dr. Ayşe Handan DÖKMECİ *İmza :*

Üye : Prof. Dr. Gülay ŞEREN *İmza :*

Üye : Prof. Dr. Hülya YAĞAR *İmza :*

Üye : Doç. Dr. Hülya ORAK *İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MARMARA DENİZİ TEKİRDAĞ KIYI BÖLGESİ BALIK ve SEDİMENT
ÖRNEKLERİNDE ESANSİYEL VE TOKSİK METALLERİN BİRİKİMİ ve DAĞILIMI

Veysi DALMIŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

I.Danışman: Prof.Dr. Temine ŞABUDAK

II.Danışman: Doç.Dr. Ayşe Handan DÖKMECİ

Bu tezin amacı, Marmara Denizi'nde en uzun kıyıya sahip Tekirdağ ilinin, deniz kıyısında belirlenen dört istasyonda endokrin sistemi bozan bazı esansiyel element ve toksik metallerin (Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Cd, As, Pb, Hg ve Ni) sediment ve balık kas dokusundaki birikimini ve dağılımını tayin etmektir. Marmara Denizi etrafındaki hızlı nüfus artışı sonucu evsel ve sanayi atıklarının arıtma sistemlerinden geçirilmeden nehirlere ve buradan Marmara Denizi'ne ulaşması, ağır metal içeren ve bilinçsiz, düzensiz ve kontrolsüz kullanılan tarım ilaçlarının rüzgar yardımıyla dolaylı olarak Marmara Denizi'ne taşınıp birikmesi nedeniyle Marmara Denizi'nin su kalitesi bozulmaktadır. Marmara Denizi 1975 yılında ticari öneme sahip 127 balık türü bulundururken, günümüzde bu sayının 4-5'e düşmesi denizel kirliliğinin boyutunu ortaya koymaktadır. Belirlenen dört istasyondan avlanan balık örnekleri buz kapları içinde laboratuvara getirilmiştir. Örnekler saf suyla yıkandıktan sonra boyları ve ağırlıkları ölçülmüş ve sediment örnekleriyle birlikte analiz zamanına kadar -30°C'de saklanmıştır. Analiz öncesi örnekler oda sıcaklığında çözündürülmüş, kas kısmı (yenilebilir kısım) plastik bıçak yardımıyla ayrılarak etüvde kurutulduktan sonra blenderda homojenize edilmiştir. Homojenat ve sediment örnekleri etüvde kurutulup mikrodalga fırında yakıldıktan sonra, ICP-OES cihazıyla esansiyel ve toksik metallerin konsantrasyonları tespit edilmiştir. Cu dışında, balıklarda Fe, Zn, Cr, Mn, Cd, As ve Ni konsantrasyonları FAO, DSÖ ve TGK (Türk Gıda Kodeksi)'nin belirlemiş olduğu sınırların üzerinde tespit edilmiştir. Pb ve Hg ölçüm sınırlarının altında olduğundan tespit edilememiştir. Sediment örnekleri analiz edilen elementler bakımından her bölgede farklılık göstermiştir. Şöyle ki, ortalama konsantrasyonlar göz önünde tutulduğunda, EPA sediment kalite kriterlerine göre Şarköy sedimenti demirle orta derece kirlî, Şarköy ve Marmara Ereğlisi sedimenti manganla kısmen kirlî, Merkez sedimenti kromla kısmen kirlî, Şarköy ve Merkez sedimenti nikelle orta derece kirlî ve Şarköy sedimenti arsenik ve kadmiyumla aşırı kirlî sınıfındadır. Hg hiçbir sediment örneğinde tespit edilememiştir. Dört istasyonun da sediment örnekleri kurşun, bakır ve çinkoyla kirlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Sediment, Balık, Esansiyel Element, Toksik metaller, ICP-OES

2019, 64 sayfa

ABSTRACT

MSc.Thesis

ACCUMULATION and DISTRIBUTION of ESSENTIAL and TOXIC METALS in FISH and SEDIMENT SAMPLES from TEKİRDAĞ COASTAL REGION, the MARMARA SEA

Veysi DALMIŞ

Teirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry

I.Supervisor: Prof.Dr. Temine SABUDAK

II.Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayşe Handan DÖKMECİ

The aim of this thesis is to determine the accumulation and distribution of some essential elements and toxic metals (Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Cd, As, Pb, Hg and Ni), which disrupt the endocrine system, in sediment and muscle tissue of the fish from four determined stations of the sea off Tekirdağ province that has the longest coast in the Marmara Sea. Discharge of untreated domestic and industrial wastes into the Marmara Sea through the rivers as a result of rapid population increase around the Marmara Sea, and atmospheric transport and subsequent deposition of heavy metals-containing pesticides that are used in an unconscious, irregular and uncontrolled manner to the Marmara Sea deteriorate the water quality of this sea. The Marmara Sea had 127 species of commercially important fish in the year of 1975, and the decrease of this number to 4-5 today indicates the degree of marine pollution. Fish samples that were caught from four determined stations were brought to the laboratory in ice containers. After washing the samples with distilled water, their length and weight were measured, and they and sediment samples were stored at -30 ° C until analysis. For analysis, samples were defrosted at room temperature, muscle (edible fish part) samples were chopped up with a disposable plastic knife and dried in the oven, and then homogenized in the blender. After the homogenates and sediment samples were dried in the oven and burned in the microwave oven, concentrations of essential and toxic metals were determined with the ICP-OES equipment. Except Cu, the concentrations of Fe, Zn, Cr, Mn, Cd, As and Ni in fish were found to be above the limits imposed by FAO, WHO and TGK (Turkish Food Codex). Pb and Hg could not be determined because they were substantially below the measurement limits. Sediment samples differed in each region in terms of elements analyzed, in that according to EPA sediment quality criteria sediment of Şarköy was classified as moderately contaminated with Fe, sediments of Şarköy and Marmara Ereğlisi were classified as slightly contaminated with Mn, sediment of central district was classified as slightly contaminated with Cr, sediments of Şarköy and central district were classified as moderately contaminated with Ni, and sediment of Şarköy was classified as extremely contaminated with As and Cd. Hg was not detected in any sediment sample. Sediments of four stations were uncontaminated with Pb, Cu, and Zn.

Key words: Sediment, Fish, Essential Elements and Toxic Metals, ICP-OES,

2019, 64 Pages

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçiminde, yürütülmesinde bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve çalışmanın her aşamasında büyük desteğini gördüğüm saygıdeğer hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Temine ŞABUDAK ve Doç. Dr. A.Handan DÖKMECİ'ye araştırma süresince yaptıkları öneri ve katkılarından dolayı en içten dileklerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım süresince manevi desteklerini benden esirgemeyen yüksek lisans arkadaşlarım Taner ATABEY'e, Merve ÖZER'e, Hilmican ÇALIŞKAN'a, Aslı ŞİMŞEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana inanan, eğitim ve öğretim sürecinde benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şubat, 2019

Veysi DALMIŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (Food and Agriculture Organization)
- WHO : Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
- PTDI : İzin Verilir Tolere Edilebilir Günlük Alımlar
- PTWI : İzin Verilir Tolere Edilebilir Haftalık Alımlar
- PTMI : İzin Verilir Tolere Edilebilir Aylık Alımlar
- AAS : Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
- ICP-OES : İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
- TSE : Türk Standart Enstitüsü
- MAFF : Tarım, Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı (İngiltere)
- ICP-MS : İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
- TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
- IARC : Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi
- TFC : Turkish Food Codex
- SCD : Orak Hücre Anemisi (Sickle cell disease)
- USA : Amerika Birleşik Devletleri
- ANZFA : Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları Kodu
- EEC : Avrupa Komisyon Topluluğu
- EPA : Çevre Koruma Ajansı
- TGK : Türk Gıda Kodeksi

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
TABLO DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER	4
2.1. Literatür Araştırmaları.....	4
2.2. Marmara Denizi'nin Genel Özellikleri	9
2.3. Tez Çalışmasında Analizi Yapılan Balıklar.....	13
2.3.1. Dil balığı(<i>Solea solea</i>).....	13
2.3.2. Tekir balığı (<i>Mullus sermuletus</i>).....	15
2.3.3. Fener balığı(<i>Lophius piscatoris</i>).....	16
2.3.4. Mezgıt balığı (<i>Merlangisu merlangus</i>).....	17
2.4. Esansiyel Elementler ve Toksik Metaller.....	18
2.2.1. Bakır (Cu).....	20
2.2.2. Nikel (Ni)	21
2.2.3. Çinko (Zn)	21
2.2.4. Kadmiyum (Cd)	22
2.2.5. Kurşun (Pb).....	23
2.2.6. Mangan (Mn)	23
2.2.7. Demir (Fe).....	24
2.2.8. Krom (Cr)	26
2.2.9. Civa (Hg)	26
2.2.10. Arsenik (As)	27
2.5. ICP-OES Cihazı.....	27
2.5.1. ICP-OES cihazında temel girişimler.....	30

3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler, Cihazlar ve İstatiksel Yöntemler.....	31
3.2. Numune Alma Noktaları.....	32
3.3. Balık ve Sediment Numunelerinin Toplanması.....	33
3.4. Balık ve Sediment Numunelerinin Analize Hazırlanması.....	34
3.4.1. Kurutma.....	34
3.4.2. Mikrodalga yöntemi.....	35
3.5. Numunelerde Esansiyel Element ve Toksik Maddelerin Analizlerinin Yapılması.....	35
3.6. İstatistiksel Analizler.....	36
4. BULGULAR.....	37
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	44
6. KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Marmara Denizi’ni oluşturan havza ve sirtları.....	9
Şekil 2.2. Marmara Deniz’i çevresindeki nüfus ve endüstri dağılımı.....	10
Şekil 2.3. Marmara Denizi’nin oşinografik özellikleri.....	11
Şekil 2.4. Dil Balığı.....	14
Şekil 2.5. Tekir balığı (<i>Mullus surmuletus</i>) bazı morfometrik karakterleri.....	16
Şekil 2.6. Fener balığı(<i>Lophius piscatoris</i>)	17
Şekil 2.7. Mezgit balığı(<i>Merlangisu merlangus</i>)	17
Şekil 2.8. Ağır metallerin doğal döngüsü.....	20
Şekil 2.9. ICP-OES cihazının yapısı.....	28
Şekil 2.10. Plazmada gerçekleşen atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi.....	28
Şekil 2.11. İndüktif eşleşmiş plazmanın yapısı.....	29
Şekil 2.12. ICP-OES cihazının şematik gösterimi.....	29
Şekil 3.1. Numune alma noktaları.....	32
Şekil 3.2. Dip ağı yöntemi kullanılarak balık avlama	33
Şekil 3.3. Algarna yöntemi ile dip balıklarını avlama	33
Şekil 3.4. Mikrodalga cihazı ve teflon kaplar	35

TABLO DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Doğu Karadeniz'den avlanan balıklarda ağır metal sonuçları.....	8
Tablo 2.2. Doğu Karadeniz'den alınan balıklarda ağır metal sonuçları.....	8
Tablo 2.3. TÜİK 2010 yılı verilerine göre, Türkiye genelinde alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı (1000 m ³ /yıl).....	12
Tablo 2.4. Dilbalığı (<i>Solea solea</i>)'nın sistematiksel yeri.....	13
Tablo 2.5. Tekir balığı(<i>Mullus sermuletus</i>)'nın sistematiksel yeri.....	15
Tablo 2.6. Mezgit balığının(<i>Merlangisu merlangus</i>) sistematiksel yeri.....	18
Tablo 2.7. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Su Kanalizasyon Yönetmeliği'ne göre deniz suyunun genel kalite kriterleri (pH:6.0-9.0)	19
Tablo 2.8. Temel endüstri kuruluşlarımızdan atılan bazı ağır metaller.....	19
Tablo 2.9. Demirin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	24
Tablo 2.10. Demir için önerilen günlük doz alımları.....	25
Tablo 3.1. Numune alınan istasyonların koordinantları.....	32
Tablo 3.2. Avlanan balık numunelerinin ortalama boy ve ağırlıkları.....	34
Tablo 3.3. ICP - OES tarafından elementlerin belirlenmesi için enstrümantal parametreler.....	36
Tablo 3.4. ICP - OES tarafından elementlerin belirlenmesi için enstrümantal tespit sınırı.....	36
Tablo 4.1. Sediment örneklerinde tespit edilen esansiyel element ve toksik metal konsantrasyonlarının US EPA Sediment Kalite Standartlarına göre karşılaştırılması.....	37
Tablo 4.2. Balık ve sedimetteki ağır metal konsantrasyonları (mg/kg, kuru ağırlık).....	38
Tablo 4.3. Tekir balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları.....	39
Tablo 4.4. Mezgit balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları.....	40
Tablo 4.5. Dil balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları.....	41
Tablo 4.6. Fener balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları.....	42
Tablo 4.7. Sedimentin istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları.....	43
Tablo 5.1. Spearman'srhokorelasyon analizine ait bulgular.....	48

1. GİRİŞ

Tekirdağ ili Karadeniz ve Marmara Denizi gibi farklı iki denize kıyısı olan nadir illerimizden biridir. Kuzeyde Sultanköy beldesinden başlayan sahil şeridi güneyde Şarköy ilçesine kadar uzanır. Bu sahil şeridinin uzunluğu yaklaşık olarak 135 km'yi bulmaktadır. Bu kadar uzun sahil şeridine sahip olması nedeniyle Marmara Denizi'nin her türlü olumlu veya olumsuz etkileriyle karşı karşıya kalmaktadır. Marmara Denizi'nin bugün bu düzeyde kirli ve ağır metal biriktirmesini sadece bir nedene bağlamak doğru olmadığı gibi mümkün de değildir (Anonim 2014a).

Marmara Denizi Türk balıkçıları için büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Marmara Bölgesi'nin çok fazla nüfusa sahip olması, endüstriyel faaliyetler ve deniz taşımacılığı gibi sebeplerden dolayı Marmara Denizi kimyasal ve biyolojik kirlenmeye maruz kalmaktadır. Uluslararası deniz konumunda olan Ege ve Karadeniz'in bağlantısı olan Marmara Denizi'nde Karadeniz ve Ege Denizi'nin ters akıntı oluşturmalarının, Marmara Denizi'ndeki ağır metal seviyesinin Karadeniz'e nazaran daha yüksek olmasında payı mevcuttur (Altuğ ve Güler 2002).

Marmara Bölgesi'nde sanayileşmenin hızla artması ve bununla beraberinde getirmiş olduğu hızlı nüfus artışı endüstriyel atıkların yanında evsel atıkların da artmasına neden olmaktadır. Son verilere göre Tekirdağ ilinde irili ufaklı 2037 adet deri, tekstil, kağıt ve kimya sanayi gibi birçok farklı işletme bulunmaktadır. Bu tesislerin hızla artmasına karşılık yeteri düzeyde arıtma tesisi bulunmadığından, bu sanayi işletmelerinden çıkan atıklar farklı yollarla Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır. Bu da Marmara Denizi'nin su kalitesini her geçen gün düşürmektedir. Marmara Bölgesi'nde sanayi alanı olarak bilinen Tekirdağ ilinin Çorlu ilçesinde, endüstriyel atıklar arıtılarak Ergene Havzası'nda bulunan yüzey sularına, daha sonra da Marmara Denizi'ne derin deşarj ile dökülmektedir. Her ne kadar yeni arıtma sistemleri yapılmış olsa dahi, havzadaki kaçak deşarjlar kirlilikte büyük paya sahiptir (Anonim 1 2014).

Tekirdağ il kıyısı boyunca nüfus 2006 yılında kurulmuş olan Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi'nin hızla büyümesi, sanayi merkezi olarak bilinen Çorlu ve Çerkezköy bölgelerindeki sanayi kuruluşlarının artışı ve sahil şehri olmasından dolayı yaz aylarında yazlıkçıların gelmesiyle hızla artmaktadır. Bunun sonucunda kirlilik yükü de nüfusa paralel artmıştır (Dökmeci 2014).

Su yerkürede katı, sıvı ve gaz olarak üç farklı halde bulunur. Bu döngü güneş enerjisi ile sürekli bir hareket halindedir. Su kirliliği de buradan başlamaktadır. İnsanlar doğal yaşamını sürdürebilmek için suyu bu döngü içerisinde alır, kullanır ve geri verir. Bu süre zarfında suya da bir takım maddeler ekleyerek suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişmesine sebep olurlar (Kocataş 2003).

FAO (Food and Agriculture Organization)'ya göre su kirliliği canlılar için zararlı, insan sağlığını tehdit eden, balıkçılık gibi deniz faaliyetlerini engelleyen, su kalite düzeyini azaltacak maddelerin suya atılması şeklinde tanımlanır (Sönmez ve ark. 2008).

Su kirliliğine neden olan unsurlar arıtma sistemi kullanılmaksızın suya verilen endüstriyel ve evsel kaynaklı olan organik maddeler, besleyici tuzlar, mikroorganizmalar, anorganik maddeler, suya katılan katı maddeler, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, radyoaktif maddeler, yağlar, petrol ürünleri ve atık ısıdır (Kocataş 2003).

Hızlı nüfus artışı sonucu evsel ve endüstriyel atıklar su kalitesini düşürmedeki en büyük paya sahiptirler. Ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller sucul ortamın bir yapısı olarak bulunsun da, insan faaliyetleri bunların belli bir konsantrasyonu aşmasına sebep olmadıkça büyük paya sahiptir (Yazkan ve ark. 2004). Ayrıca tarım ürünlerini korumak amacıyla kullanılan zirai ilaçların da yanlış ve aşırı kullanımı ve kullanılırken bir kısmının rüzgarın da etkisi ile denize doğrudan veya dolaylı yollarla ulaşması, gemi atık sularının denize dökülmesi (sintine boşaltımı) de kirlilik açısından değerlendirilirken göz ardı edilmemelidir.

Toksik özelliğe sahip ağır metaller sanayi alanında kullanıldıktan sonra insan yaşam alanı olan doğaya gelişigüzel terk edilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalara göre deniz kirliliği sonucu deniz ürünlerinde tespit edilen esansiyel ve toksik metal konsantrasyonlarının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Su ve deniz ürünleri ile beslenme sonucu vücuda alınan bu ağır metallerin bir kısmı yaşam aktivitesi için kullanılırken, organizmaya fazla alınan bu ağır metalleri vücuttan tamamen atabilecek bir sistem olmadığı için depo edilmek üzere organlarda biriktirilmesi canlılar üzerinde tüm yaşam aktivitelerine zarar verebilmekle beraber, canlı biyolojisini değiştirme potansiyeline de sahiptir (Hu 2000).

Ağır metaller kimyasal ve biyolojik olarak parçalanamaz, fakat suda çözünebilir bileşikler oluşturabilirler. Ağır metaller sucul ortamda toksik etkiler de oluşturabilirler. Balık ve bazı eklem bacaklı kabuklular bu toksik maddelerden etkilenirler, fakat metal konsantrasyonunu düzenleyerek fazlasını bünyelerinden atabilirler. Buna rağmen sucul

bitkiler, midye ve istiridye gibi hayvanlar metal konsantrasyonlarını düzenleyemediklerinden ağır metaller bünyelerinde birikir (biyoakümülyasyon). Ağır metaller sucul ortamda fazla olması durumunda balıklarda karaciğer, böbrek ve dalak gibi organlarda birikmektedir (Balkıs ve Algan 2005).

Bu tezin amacı, Tekirdağ sahil şeridinde belirlenen dört istasyondan toplanan dört farklı dip balığı ve sediment numunelerinde esansiyel ve toksik metallerin (Cd, Cu, Pb, Cr, Mn, Hg, Ni, Fe, As ve Zn) miktarını tayin etmektir. Çalışmamızda belirlenen istasyonlardan avlanan balık türlerinde elde edilen esansiyel ve ağır metal konsantrasyon sonuçlarının ulusal ve uluslararası izin verilebilir limitlerle karşılaştırılmasının yapılması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Literatür Araştırmaları

Bu tez çalışmasında Tekirdağ ili kıyısında belirlemiş olduğumuz dört farklı istasyonda avlamış olduğumuz dört farklı demersal balık türü ve dipten almış olduğumuz sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına bakılmış ve bu konsantrasyonların uluslararası sınır konsantrasyonları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bugüne kadar yapılmış benzer çalışmalar aşağıda özet halinde verilmiştir.

Tepe ve ark. (2008) Karadeniz Bölgesi'nde üç farklı ilde üç istasyonda çalışmışlardır. Bu istasyonlardan avlamış oldukları 11 farklı balık türü (*Scomber scombrus*, *Trachurus trachurus*, *Belone belone*, *Engraulis encrasicolus*, *Scomber Japonicus*, *Pomatomus Saltarix*, *Mediterraneus*, *Mullus barbatus*, *Merlangus merlangus*, *Gaidropsarus vulgaris*) üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda kas ve karaciğer organlarındaki ağır metal (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının FAO' nın belirlediği sınır konsantrasyonlarını aşmadığı gözlenmiştir.

Tekin ve Özan (2008) Beyşehir Gölü'nde bulunan *Cyprinus carpio* balığında ağır metal birikimini araştırmış ve farklı mevsimlerde balıklardaki ağır metal konsantrasyonları üzerinde çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmaya göre yaz ve kış aylarındaki ağır metal yüzdeleri, sonbahar ve ilkbahar aylarına göre daha yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. Metal konsantrasyonlarının karaciğer>solungaç>kas şeklinde biriktirildiği sonucuna ulaşmışlardır. Bulunan ağır metal konsantrasyonlarının FAO'nın belirlediği metal derişim oranlarına ulaştığı kaydedilmiştir.

Durali ve ark. (2010) Karadeniz'de belirlemiş oldukları istasyonlardan avlamış oldukları balık örneklerinde ağır metal konsantrasyonunu ölçmüşlerdir. Yapılan analizler sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının mg/kg olarak;

- *Trachurus trachurus*; Cd:0.22, Cr:0.95, Cu:2.4, Fe:36.4, Mn:1.3, Pb:0.64, Zn:25.7
- *Merlangius merlangu*; Cd:0.18, Cr:0.82, Cu:1.8, Fe:27.7, Mn:3.6, Pb:0.46, Zn:27.7
- *Sarda sarda*; Cd:0.35, Cr:0.64, Cu:1.9, Fe:25.5, Mn:2.0, Pb:0.28, Zn:21.0
- *Mullus barbatus*; Cd:0.23, Cr:0.99, Cu:1.4, Fe: 41.4, Mn:2.5, Pb:0.4, Zn:17.8

olduğu tespit edilmiştir. Her ne kadar çıkan sonuçlar insan sağlığı için tehlike oluşturmamasına rağmen, Pb ve Cd düzeyleri kabul edilen sınır konsantrasyonun üstünde çıkmıştır.

Nispet ve ark. (2010) Karadeniz Bölgesi'nde beş farklı istasyonda avlamış oldukları istavrit, tirsi, çinekop, barbun, izmarit, hamsi, kaya balığı, mezgit (*Merlangisu merlangus*) ve kalkan balıklarında ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Yapılan araştırmalar sonucunda ağır metal konsantrasyonları; Cu:2.38 mg/kg, Mn:5.41 mg/kg, Fe:26.06 mg/kg, Ni:3.40 mg/kg, Pb:0.77 mg/kg, Zn:25.74 mg/kg ve Cd:0.022 mg/kg olarak bulunmuştur. Elde edilen bu konsantrasyonlar FAO ve WHO standartları ile karşılaştırıldığında kurşun konsantrasyonunun yüksek olduğu, fakat diğer ağır metallerin sınır konsantrasyonunu aşmadığı gözlenmiştir.

Aksu ve ark. (2011) Marmara Denizi'nde Ağustos ve Aralık aylarında aynı istasyonlarda avladıkları Berlam balığı (*Merluccius merluccius*)'nın toksik metal seviyeleri ölçmüşlerdir. Yapılan analizler sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının, ağustos ve aralık aylarında sırası ile Pb konsantrasyonu 3.23-14.4 mg/kg, Cd konsantrasyonu 0.01-2.14 mg/kg, Hg konsantrasyonu 0.01-0.18 mg/kg ve As konsantrasyonu 0.01-0.21 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti Çevre Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliğinin belirlemiş olduğu ve UNEP 1985'in belirlemiş olduğu sınır konsantrasyonlarına göre, Pb konsantrasyonunun yüksek olduğu tespit edilmiştir. As ve Hg ağır metallerinin sınır konsantrasyonlarından, daha düşük olduğu; bunun yanında Cd ise sınır konsantrasyona yakın sonuç verdiği görülmüştür.

Saei-Dehkordi ve Fallah (2011), Basra Körfezi'nde yaz ve kış aylarında aynı istasyonlarda avladıkları pelajik ve deremsal balık türlerinde kadmiyum, kurşun, bakır ve çinko ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Analizler sonucunda mevsim değişikliklerinde, ağır metal konsantrasyonlarında farklılaşma gözlenmiştir. Deremsal balık türlerinde daha yüksek kadmiyum, kurşun ve çinko olduğu tespit edilmekle birlikte, pelajik balık türlerinde de bakır konsantrasyonu daha yüksektir. Yapılan çalışma sonucunda bulunan konsantrasyonlar FAO ve WHO tarafından kurulan PTDI, PTWI ve PTMI değerlerinden daha düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Al-Busadi ve ark. (2011) ticari önem arz eden 292'si donmuş 581'i taze olan 10 çeşit balık türünü toplamış ve AAS ile ICP-OES kullanılarak ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Metal içerikleri türler arasında belirgin farklılıklar göstermektedir. Yellowfin tuna balığı (ton balığı) en yüksek miktarda kadmiyum ve civa içerdiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda bu bölgeden alınan balıkların çeşitli organizasyonlar tarafından belirlenen sınır konsantrasyonlarının içinde ve insan sağlığı için kabul edilen şartlara uygun olduğu ve sağlık riski içermediği belirlenmiştir.

Sökmen (2011) Marmara Denizi'nde avlanan Barbun (*Mullus barbatur*), Lipsos (*Scorpaena scrofa*), Lüfer (*Pomatomus saltatrix*), İstavrit (*Trachurus trachurus*) ve Sardalya (*Sardanie pilchardus*) balıklarında, ICP-OES cihazını kullanarak ağır metal konsantrasyonlarını tespit etmeye çalışmışlardır. Beş farklı balık türünün kas doku örnekleri incelendiğinde en yüksek Fe, Cd, Pb, Al ve Mn konsantrasyonları ve en düşük Se, Zn konsantrasyonları barbun balığında, en yüksek Se, B konsantrasyonları ve en düşük Mn konsantrasyonu istavrit balığında, en yüksek Cr konsantrasyonu lipsos balığında, en düşük Cr konsantrasyonu sardalya balığında, en yüksek Ni, S lüfer balığında, en düşük Fe, Cu, Pb, Cd, Ni, Al, B, S konsantrasyonları ise lipsos balığında tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada belirlenen bu konsantrasyonlar insan sağlığı açısından tehlike içermemektedir.

Vieira ve ark. (2011), Kuzeydoğu ve Doğu Atlas Okyanusu'nun Portekiz karasularından ekonomik öneme sahip üç balık türünü bir yıl boyunca avlamışlardır. Avlanan balık türlerinde AAS cihazı ile Hg, Cd, Pb ve As düzeyleri tespit edilmiştir. En yüksek civa konsantrasyonu 0.1715 ± 0.0857 mg/kg ve As konsantrasyonu 1.139 ± 0.350 mg/kg sahip olan balık *Trachurus trachurus* (Karagöz istavrit) olarak belirlenmiştir. En yüksek kadmiyum konsantrasyonu olarak 0.0084 ± 0.0036 mg/kg olarak *Scomber japonicus* (kolyoz balığı)'da tespit edilmiştir. En yüksek ortalama kurşun konsantrasyonu ise 0.0379 ± 0.0303 mg/kg ile *Sardina pilchardus* (sardalya balığı)'da bulunmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda ağır metal konsantrasyonlar FAO ve WHO limit konsantrasyonları altında bulunmuştur.

Fındık ve Çiçek (2011) Karadeniz'in Amasra bölgesinde belli istasyonlardan avlanan *Merlanius merlangus* ve *Mullus barbatus* balıklarının ağır metal konsantrasyonlarını incelemiştir. Baş ve kas bölgesi olarak iki ayrı kısımda incelenen örneklerde, sonuç olarak en yüksek Fe: 344.25 mg/kg, Mn: 10.35 mg/kg, Cr: 0.96 mg/kg ve Al: 76.77 mg/kg konsantrasyonları *Merlanius merlangus* balığının baş kısmında bulunurken, en yüksek Zn: 77.99 mg/kg, Cu: 8.53 mg/kg, B: 44.83 mg/kg, Ni: 1.96 mg/kg, Cd: 0.40 mg/kg ve Pb: 6.80 mg/kg konsantrasyonları da *Merlanius merlangus* balığının kas dokularında tespit edilmiştir. Bulunan bu konsantrasyonlar FAO, WHO ve TGK'nin sınır değerleriyle karşılaştırılmış ve insan sağlığı açısından risk taşımadığı tespit edilmiştir.

Bilandžić ve ark. (2011) 2008 ve 2009 yıllarında Adriyatik Denizi'nin Hırvatistan kıyılarından avladıkları balık örneklerini, AAS cihazı yardımı ile ağır metal konsantrasyonlarını incelemiştir. Yapılan çalışmalardan sonra balık türleri arasında farklılıklar gözlemlense de elde edilen sonuçlara göre, Cd, Cu, Hg ve Pb konsantrasyonları Avrupa

Toplum Düzenlemelerinin belirlemiş olduğu sınır konsantrasyonlarının çok altında sonuçlar vermiştir. Fakat kırmızı kefalde bulunan arsenik konsantrasyonu bu sınır konsantrasyonunun çok üstünde çıkmıştır. Bundan dolayı tüketimde insan sağlığında belli hastalıklara sebep olabilmektedir.

Aksu ve Taşkın (2012), Marmara Denizi'nin İstanbul sahilinde almış oldukları yüzey sedimenti üzerinde pestisit tayini ve ağır metallere Cd, Pb ve Cr konsantrasyonunu araştırmışlardır. Sedimentte yapılan çalışmaların neticesinde ağır metal konsantrasyonları; Pb: 32-122 mg/kg, Cd; 0.19-1.16 mg/kg ve Cr; 62-372 mg/kg arasında tespit etmişlerdir. Bu konsantrasyonlara göre sediment, FAO ve WHO sınır konsantrasyonlarına göre ağır metal düzeyinde aşırı kirli olarak tespit edilmiştir.

Bat ve arkadaşları (2012), Karadeniz'in Sinop ilinde yapmış oldukları çalışmada bazı balık türleri üzerinde ağır metal konsantrasyonları için çalışmışlardır. Bulunan ağır metal konsantrasyonları mg/kg olarak (yaş ağırlık) ;

- *Trachurus mediterraneus*; Cd:0.043, Cu:2.22, Pb:0.17, Zn:17.89
- *Mullus sermelutus*; Cd:0.025, Cu:3.78, Pb:0.05, Zn:10.41
- *Sprattus sprattus sprattus*; Cd:0.05, Cu:5.72, Pb:0.24, Zn:38.34
- *Mugil Cephalus*; Cd:0.02, Cu:2.86, Pb:0.09, Zn:30.88

Analiz sonuçlarına göre Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı (MAFF), Türk Gıda Kodeksi Tebliği, Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne belirlenen sınır konsantrasyonlarından daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Varol ve Şen (2012) Dicle Nehri'nden almış oldukları sediment örneklerinde toksik metallere konsantrasyonlarını As:5.9 mg/kg, Cd:3.02 mg/kg, Cr:135.81mg/kg, Cu:1257.76 mg/kg, Ni:284 mg/kg, Pb:380.45 mg/kg ve Zn:509.84 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Cd seviyesi canlı organizmalarda belirlenen sınır konsantrasyonunun altında olmasına rağmen, diğer toksik elementler sınır konsantrasyonlarının çok üstünde tespit edilmiştir.

Alonso ve ark. (2013) İspanya'nın Akdeniz kıyılarında bulunan Malaga Körfezi'nde su ve sediment üzerinde ağır metal çalışması yapmışlardır. Ortalama ağır metal konsantrasyonları Cd;0.076 mg/kg, Cr;13.06 mg/kg, Cu; 15.08 mg/kg, Ni; 26.94 mg/kg ve Pb ise 19.05 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon Nikelde tespit edilmiş ve en düşük konsantrasyon kadmiyumda tespit edilmiştir (Ni> Pb> Cu> Cr> Cd).

Akaydın (2014), nüfusunun büyük bir bölümünün geçim kaynağı olan ve Türkiye balık üretiminde yüksek paya sahip olan Doğu Karadeniz'de avlamış oldukları *Mullus*

barbatus, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Alosa alosa*, *Mugil cephalus* ve *Spicara smaris* balık örneklerinde, kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal konsantrasyonlarını üzerinde çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda, aşağıdaki sonuçlar tespit edilmiştir. (Tablo 2.1)

Tablo 2.1. Doğu Karadeniz'den avlanan balıklarda ağır metal sonuçları (Akaydın 2014).

	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Kas dokuda	0.04-0.76	0.01-0.32	0.02-1.00	0.28-3.78	8.16-53.7	0.06-0.68	0.02-4.87	0.09-5.91	3.65-17.55
Karaciğerde	0.06-3.46	0.04-1.39	0.16-1.31	2.10-7.50	74.8-339	0.44-1.89	0.34-11.38	0.25-6.89	10.58-40.05

Sonuç olarak karaciğer dokularında bulunan ağır metal oranları kas dokusundaki oranlardan daha yüksek bulunmuştur. Fakat, bulunan bu konsantrasyonlar FAO ve WHO'nın belirlediği sınır konsantrasyonlarını aşmamakta ve insan sağlığını tehdit edebilecek bir konsantrasyon miktarına sahip değildir.

Çulfaz (2015), Doğu Karadeniz sahil şeridindeki balık pazarları ve konserve satışı yapan marketlerden aldığı balık örneklerini (*Mullus barbatus*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sadra*, *Belone belone*, *Sardina pilchardis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Scomber scombrus*, *Thunus thynnus*) ICP-MS cihazı kullanılarak, kas dokularındaki (yenilebilir kısım) Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Ni, ve Zn ağır metallerinin konsantrasyonlarını araştırmıştır. Analiz sonucunda, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.(Tablo 2.2)

Tablo 2.2. Doğu Karadeniz'den avlanan balıklarda ağır metal sonuçları (Çulfaz 2015).

Ağır metal	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Pb	Ni	Zn
Seviye (mg/kg)	0.08-0.1	0.01-0.16	0.51-2.30	0.26-1.18	0.11-4.41	0.1-0.57	1.07-24	5.46-16.9

Balıkların kas dokusunda bulunan bu konsantrasyonlar, insan tüketimi için tolere edilebilen TGE (günlük) ve THA (haftalık) alımlar ile kıyaslandığında; Ni metali iki istasyon hariç konsantrasyonu aşmamaktadır. Bundan dolayı yapılan çalışma sonucunda, Ni metalinin yüksek çıktığı iki istasyon dışındaki istasyonlarda, insan sağlığı için herhangi bir risk içermemektedir.

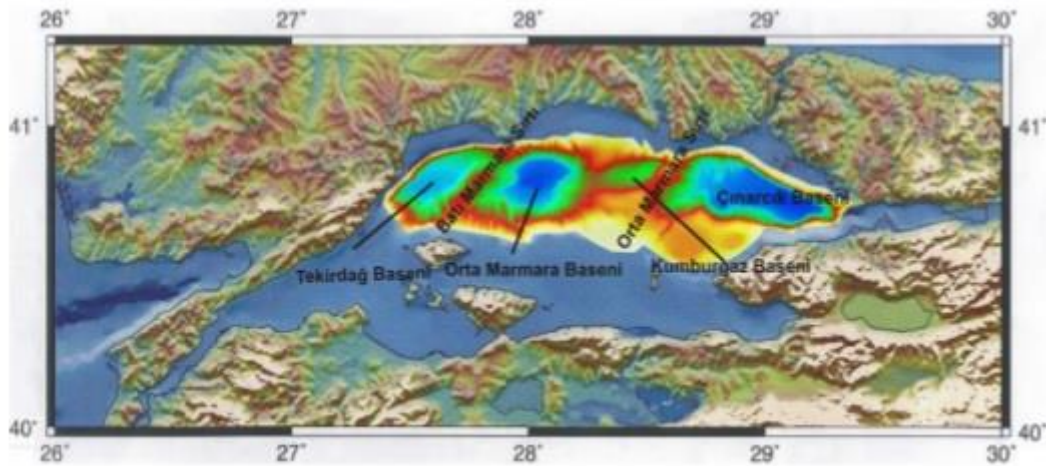
Köse ve ark. (2015) Porsuk çayından almış oldukları sediment örneklerinde Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Pb ve As konsantrasyonları üzerinde çalışmışlardır. Sonuç olarak ağır metal

konsantrasyonları; Zn: 28.2- 234.57 mg/kg, Cu: 9.9-47.8 mg/kg, Mn: 177.8-404.6 mg/kg, Ni:30.9-292.1 mg/kg, Cr: 22.33-161.9 mg/kg, Pb: 4.2-85.1 mg/kg ve As: 3.5-7.6 mg/kg aralıklarında tespit edilmiştir. Bu sonuçlarda gösteriyor ki Eskişehir ve Kütahya bölgelerinden gelen inorganik kirlilik, çayı oldukça etkilemektedir.

2.2. Marmara Denizi'nin Genel Özellikleri

Marmara Denizi'nin oluşumu, Kuzey Anadolu Fayı'nın bölgeye Miyosen-Pliyosen döneminde gelmesi ile başlamıştır. Karadeniz ve Ege'ye nazaran daha genç bir denizdir. Karadeniz ve Ege Denizi'nin var oluşu 80 milyon sene önceye dayanmasına rağmen, Marmara Denizi'nin oluşumu 10 milyon yıl önceye kadar mevcut değildi. Bu bölgede daha önceleri nehirler ve göller mevcut bulunmaktaydı. Kuzey Anadolu Fay hattında meydana gelen düşey hareketler sonucunda havzalar oluşmuş ve bunların denizler tarafından dolumu sonucunda Marmara Denizi meydana gelmiştir (Artüz 2010).

Marmara Denizi küçük olmasına karşın, hiçbir küçük denizde olmayan fazla derinlikte çukurlara sahiptir. Marmara Denizi üç ayrı çukurdan oluşmuştur. En derini 1272 metre olan bu çukurların, ortalama derinlikleri 1100 metredir. Marmara Denizi'nin en derin noktası olan 1272 metrelik çukur, Prens adalarının hemen güneyinde yer alır. Bu büyük çukuru takip eden diğer iki derin çukurlar ise, biri Marmara Ereğlisi, diğeri Ganos dağlarının önünde yer almaktadır (Artüz 2010).



Şekil 2.1 Marmara Denizi'ni oluşturan havza ve sırtları (Artüz 2010)

Marmara Denizi'ne İstanbul, Kocaeli, Yalova, Bursa, Balıkesir, Çanakkale ve Tekirdağ olmak üzere 7 ilin kıyısı bulunmaktadır (Anonim 2016).



Şekil 2.2. Marmara Deniz’i çevresindeki nüfus ve endüstri dağılımı.

Kırmızı: denize girilmesi sakıncalı yerler; sarı: ölçüm yaparak denize girilebilen yerler; mavi:denize girilebilir kıyı alanlarını göstermektedir(Çağatay ve ark. 2006, Mater ve Gürpınar 1992).

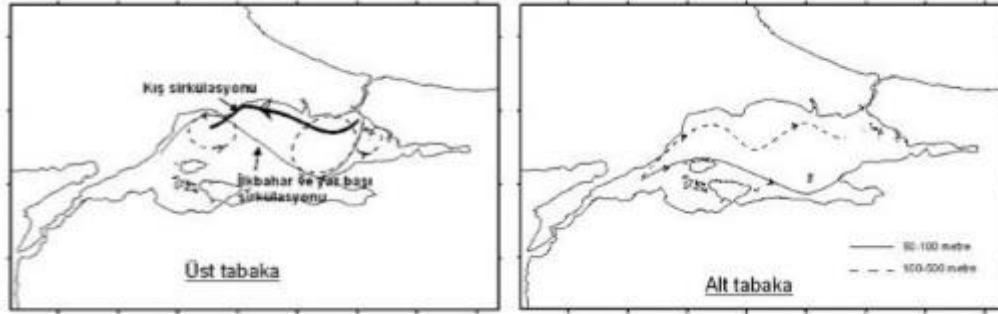
Marmara Denizi; Ege Denizi ve Karadeniz arasında kalan bir iç denizdir. Yüzölçümü bakımından, yaklaşık olarak 11.350 kilometre karedir. Kuzeyden güneye 80 km genişliğe sahip olup, batıdan doğuya ise 280 km uzunluğa sahiptir. Konumu itibarı ile ticari önemi yüksektir(Artüz 2007).

Marmara Denizi’nde yaklaşık 25 metre derinlikten sonra bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabaka Karadeniz ve Ege sularını birbirinden ayırır. Mevsim şartlarına göre 25 metre ile 75 metre arasındaki bu tabaka 6-26°C arasında sıcaklık farklılıkları göstermektedir. Bu termoklin tabakada sıcaklık ve tuzluluk aniden değişebilir (Teber ve Özdemir 2015).

Bir iç deniz olarak Marmara Denizi, Karadeniz ve Ege Denizi’ni birbirine bağlar. Bundan dolayı, her iki deniz arasında sıcaklık ve tuzluluk açısından geçiş özelliği gösterir. Tuzluluk oranı İstanbul Boğazı’nda binde 20 iken, Ege Denizi’ne doğru gidildikçe derinliğin artması ile değişiklik gösterse dahi aynı derinliklerde bakıldığında,binde 22 olarak görülür.

Çanakkale Boğazı'nda ise, bu tuzluluk oranı yaklaşık binde 26-28 olarak görülür (Artüz 2007).

Bu farklılıklardan dolayı Karadeniz'den Ege Denizi'ne doğru bir yüzey akıntı mevcut iken, bunun tam ters yönünde bir dip akıntısı da bulunmaktadır. Bu yüzey akıntıları boğazlardan geçerken daralmadan dolayı hızlı olurken, boğazı geçtikten sonra hızını ciddi oranda yavaşlatır. Bundan dolayı diğer denizlerde gözlenen dairesel akıntılar yerine, doğu-batı doğrultusunda akıntılar gözlenir. İki ayrı tabaka olarak göz önüne alacak olursak, üst tabaka dediğimiz Karadeniz'den Ege Denizi'ne giden doğrultu Karadeniz'in su bütçesine bağlı olarak değişiklik gösterse de 230 km^3 su miktarı 4-5 ayda yenilenirken, alt tabaka olarak belirttiğimiz 3378 km^3 su bütçesi Ege Denizi'nden Karadeniz'e doğru ilerlemekte ve 6-7 yılda ancak yenilenebilmektedir (Artüz 2007).



Şekil 2.3. Marmara Denizi'nin oşinografik özellikleri

Üst tabaka; Karadeniz'den Ege'ye doğru akıntı. Alt tabaka; Ege Denizi'nden Karadeniz'e doğru akıntıyı gösterir (Beşiktepe ve ark 2000) .

Marmara Denizi, konumu itibarı ile Karadeniz'i Akdeniz ve okyanusa bağladığı için ticari önemi çok yüksektir. Ticari anlamdaki bu özeliği yanı sıra deniz kıyısındaki plaj ve limanları ile bu bölgede turizme büyük katkıda bulunur. Marmara Bölgesi'nin hızlı nüfus ve sanayi artışı söz konusuysen, yetersiz kalan arıtma tesislerinden dolayı Marmara Denizi'ne deşarj edilen atık miktarının artmasız olan kısmı hızlı bir şekilde artmaktadır. Bundan dolayı, Marmara Denizi hızla kirlenmektedir. Artan deniz trafiğinin de bu kirlenmede büyük payı mevcuttur (Artüz 2007).

Marmara Denizi'nde kirlenmenin artmasının bir sebebi de, 1950 yılından beri bölgede hızlı nüfus artışı sonucu yerleşim yerlerinde denize kontrolsüz ve bilinçsiz olarak bırakılan evsel atıklarda bulunan, organik yüklerin deniz ortamında oksijen ile birleşerek yükseltgenmesinden kaynaklanmaktadır (Artüz 2007).

Tablo 2.3. TÜİK 2010 yılı verilerine göre, Türkiye genelinde alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su miktarı (1000 m³/yıl) (Anonim 2012).

Deşarj edilen toplam atık su miktarı	3 582 131
Denize	1 498 728
Göle-Gölete	76 024
Akarsuya	1 741 078
Araziye	35 091
Baraja	130 224
Diğer ortamlara (Foseptiğe, zermine vb.)	100 985

Marmara Denizi'ndeki bu kontrolsüz olarak boşaltım sonucu ortaya çıkan fiziksel ve kimyasal değişimler ekosistemde yer alan canlı türlerini yok etmesi ve bu kirliliği fırsat bilip yeni zararlı türlerin oluşmasına sebep olur. Bunun en belirgin neticesini, son yıllarda Marmara Denizi'nde görmekteyiz. Bu yeni türler, üretimi ve avcılığı etkileyerek suda çözünmüş oksijen miktarını da değiştirmektedir(Artüz 2010).

Yerli halkın bir kısmı geçimini balıkçılıktan sağladığından dolayı, Marmara Denizi %14.4'lük bir oran ile Karadeniz'den sonra ülkemizde balıkçılık oranında ikinci büyük paya sahiptir. Fakat ekosistemdeki değişimlerden dolayı, ticari öneme sahip olan balık türlerinin sayısı 1975 yılında 127 iken, günümüzde bu sayı 4-5'e kadar gerilemiştir (Artüz ve Kubanç 2015).

Tüm denizlerdeki kirleticileri karasal ve denizsel olmak üzere iki ayrı grupta belirtecek olursak;

- **Denizsel kirleticiler;** Tekne ve Gemilerden (Ticari gemiler, feribotlar, yolcu gemileri, balıkçı gemileri, gezi tekneleri), açık deniz petrol platformları, sondaj kuyuları, yetiştiricilik tesisleri
- **Kara kökenli kirleticiler;** İskeleler, Limanlar, Marinalar, Rıhtım ve Deniz kenarlarıdır (Vişne ve Bat 2015).

Teknolojik gelişmeler ile gemi boyutları her geçen gün büyümesi ve taşıdıkları yük cinslerinde de değişimler meydana getirmiştir. Marmara Denizi'nden geçen gemilerin sayısı, her geçen gün artmakta ve bu gemilerin büyük bir kısmı tehlikeli ve patlayıcı olan ham petrol, amonyak, sıvılaştırılmış gaz, radyoaktif madde, tehlikeli atıklar taşımaktadır. Boğazlardan tanker geçişi 1996-2009 yılları arasında % 218 yükselişle, 9299 tanker sayısına ulaşmıştır. Geçen tankerlerdeki tehlikeli madde oranı da % 240 oranında yükselmiştir. Yaklaşık olarak 2009 yılında, 144.6 milyon tona ulaşmıştır (Anonim, 2017).

Bu tehlikeli madde taşıyan gemilerin geçişi sırasında kazalar oluşabilir. Örneğin; 24 Mart 1990 yılında İstanbul Boğazı'nda, Datongsham ve Jambur isimli gemilerin çarpışması sonucunda, Jambur isimli tankerden 2.600 ton gazolin denize dökülmüştür. Başka bir çarpışmada, 13 Mart 1994 yılında Karadeniz'den Ege'ye ilerleyen Kıbrıs Rum Bayraklı Nassia isimli ham petrol gemisi ile Ege'den Karadeniz'e geçmek isteyen Shipbroker adında kuru yük gemisinin çarpışmasıyla Nassia adlı gemi yanarak 30 kişi hayatını kaybederken, 13 ton ham petrol denize yayılmıştır (Anonim, 2017).

Bu tür deniz kazaları sonucu ve tekne sintine boşaltımları sonucu denize metal atığı boşaltılır bu durumda ekosistemde değişimlere sebep olur.

2.3 Tez Çalışmasında Analizi Yapılan Balıklar

2.3.1 Dil balığı (*Solea solea*)

Tablo 2.4 Dil balığı (*Solea solea*)'nın sistematiksel yeri (Can ve Bilecenoğlu 2005).

Alem (Kingdom)	<i>Animalia</i>
Şube (Phylum)	<i>Chordata</i>
Alt Şube (Subphylum)	<i>Vertebrata</i>
Üst Sınıf (Superclasis)	<i>Teleostomi</i>
Sınıf (Clasis)	<i>Osteichthyes</i>
Takım (Ordo)	<i>Pleurocetiiformes</i>
Aile (Family)	<i>Soleidae</i>
Cins (Genus)	<i>Solea Quensel, 1806</i>
Tür (Species)	<i>Solea Solea (linnaeus, 1758)</i>

Dil balığının (*Solea solea*) sistematiksel yeri üste verilen çizelgede gösterilmiştir. Bu sınıfa ait balık türlerinin vücutları oval şeklinde olup, diğer balıkların aksine yanlamasına

yüzerler. Üst kısım olarak belirttiğimiz gözlü kısım, grimsi kahveden kırmızımsı kahverengiye kadar değişebilmektedir. Üst kısımda koyu benekler, leke veya koyu çizgiler bulundurulur. Alt yüzey yani zemine bakan kısım ise beyaz veya beyaza yakın bir renge sahiptir (Can ve Bileceoğlu, 2005, Akçay 2011, FAO 2017).



Şekil 2.4. Dil Balığı (Anonim 2018c)

Dil balıkları (*Solea solea*) genellikle çamurlu veya kumlu alanlarda yaşamaktadır. Çoğu zaman 10 metre ile 60 metre arasında avlansalar da, 200 metre derinliğe kadar yaşayabilmektedirler. Ticari alanda 15-45 cm arasında boylarla bulunurken, maksimum uzunlukları 70cm'e kadar ulaştığıda görülmüştür (Tous ve ark. 2015,Can ve Bilecenoğlu 2005, Evirgen 2007).

Dil balıklarının üreme zamanları, genellikle kış ayları ve bahar aylarının ortasına kadardır. Bölgesel olarak üreme zamanları değişkenlik gösterebilir. Aralık ve Mayıs ayları arası en çok üreme gerçekleştirdikleri dönemdir. Erkek dil balığının eşeyssel olgunluğa varması için, boyunun yaklaşık olarak 14.8 cm olması yeterli iken, dişilerde bu durum 15.2

cm olarak bilinmektedir. Bu boya ulaşmak için ise, yaklaşık olarak geçen süre üç ile beş yıl arasındadır (Akçay 2011, Tous ve ark. 2015, Can ve Bilecenoğlu 2005).

Dil balığı yaşamını sürdürmek için deniz dibinde yaşayan küçük balıklar, kabuklular, yumuşakçalar ve poliket üyeleri ile beslenirler. Dil balığının üst çenesi ve dişlerin zayıf olması ve ağzının önemli bir kısmının başının alt yüzeyinde bulunması, beslenmesini zorlaştırır (Can ve Bilecenoğlu 2005, Akçay 2011).

Dil balığı çeşitli bölgelerde yaşamını sürdürürken Atlantik-Akdeniz kökenli bu balık türü, Kuzeyde Norveç'ten başlayarak Güneyde Senegal'e kadar geniş bir alanda bulunmaktadır. Ticari öneme sahip olan bu balık türü yetiştiriciliği yanı sıra genellikle uzatma ağları ve dip trolleri ile avlanmaktadır. 2014 yılında dünya genelinde denizlerden 36.333 ton dil balığı avlanırken, sadece 88 ton civarında üretim sağlanmıştır. Türkiye'de dil balığı, 2016 yılındaki TUIK verilerine bakıldığında 224.8 tonu Akdeniz'de olmak üzere toplamda; 352.2 ton dil balığı avlanılmıştır (Akçay 2011, FAO 2017, TUIK 2017).

2.3.2 Tekir balığı (*Mullus surmuletus*)

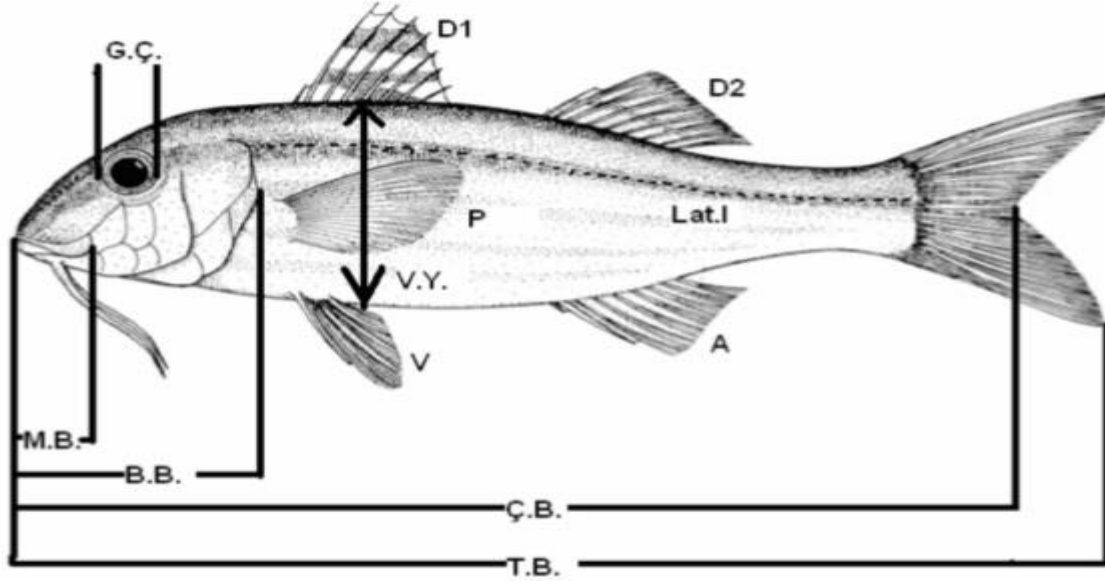
Tekir balığı genel özellikleri; Tablo 2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Tekir balığı (*Mullus surmuletus*)'nın sistematiksel yeri (Bat ve ark 2008).

Şube (Phylum)	<i>Chordata</i>
Alt Şube (Subphylum)	<i>Vertebrata</i>
Üst Sınıf (Superclass)	<i>Gnathostomata</i>
Sınıf (Clasis)	<i>Actinopterygii</i>
Takım (Ordo)	<i>Perciformes</i>
Aile (Family)	<i>Mulluidae</i>
Cins (Genus)	<i>Mullus</i>
Tür (Species)	<i>Mullus surmuletus linnaeus, 1758</i>

Tekir balığının (*Mullus surmuletus*) sistematiksel yeri Tablo 2.5'de verilmiştir. Tekir balığının baş kısmı yatık olup, ağız açıklığı gözün ön hizasına kadar ulaşmaktadır. Maksimum boyu 40 cm ulaştığı gibi, maksimum ağırlığı da 1 kg'a kadar ulaşabilmektedir. Sırtı yani üst kısmı kahverengimsi kırmızı iken, karın kısmı ise açık kırmızı renk görülür. 400 metre gibi çok derinlerde yaşayabilmesine rağmen genellikle 100 metreden daha az derinliklerde yaşamaktadır. *Mollusklar*, poliket, amhipod ve karides gibi canlılarla beslenirler. Üreme

dönemlerini genellikle bahar aylarında gerçekleştirirler. Genel olarak, mayıs ayı odaklıdır. Tüm denizlerimizde bulunduğu gibi ekonomik önemde sahiptirler. Avlama yöntemleri genelde trol, kıyı sürtünme ve dip uzatma ağları kullanılır (Bat ve ark., 2008).



Şekil 2.5 Tekir balığı (*Mullus surmuletus*) Bazı Morfometrik Karakterleri

(D1=1.dorsal yüzgeç D2=2.dorsal yüzgeç A=Anal yüzgeç V=Ventral yüzgeç P=Pektoral yüzgeç G.Ç.= göz çapı V.Y.= Vücut yüksekliği M.B.=Muzo boy B.B.= Baş boyu Lat.l=lateral çizgi)(Üstün 2010)

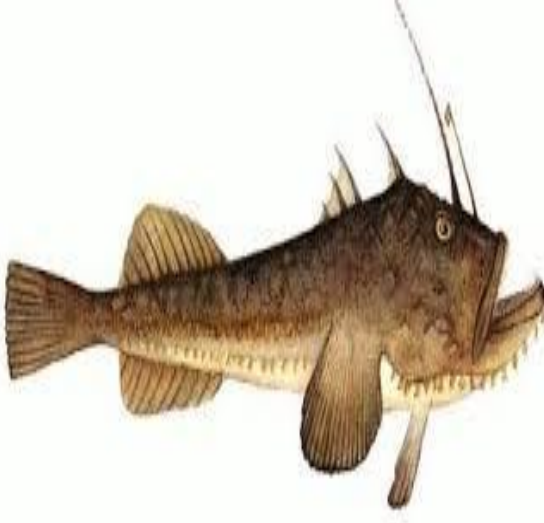
Tekir balığı ilk olgunluğa 2 yaşında ve 22 cm civarında ulaşırken, bu durum bazı bölgelerde farklılıklar gösterebilir. Örneğin İngiliz kanalında, tekir balığı 16 cm boyunda olgunluğa ulaşır. 2000 ile 2009 yılları arasında dünya genelinde avlanan tekir balığı miktarı 131.32 ton iken, Türkiye’de 16.322 ton kadar tekir balığı avlanmıştır (Anonim 2011).

Ticari anlamda değerli olan tekir balığı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığı Düzenlemesi’nde (21.08.2008) yayınlanan 2/1 tebliğine göre, 11 cm uzunluğun altındaki tekir balığının avlanması yasaklanmıştır (Anonim 2011).

2.3.3 Fener balığı (*Lophius piscatoris*)

Fener balığı (*Lophius piscatorius*), *Lophiidae* familyasına ait bir balık türüdür. Fener balığı, diğer balık türlerine göre ürkütücü bir görüntüye sahip olmasına rağmen, kendine has talepleri ve lezzetli bir tadı vardır. Fener balığı ılık ve sıcak denizlerde yer alan yaklaşık olarak da 500 metre derinliklerde dahi yaşamını sürdürebilen bir balıktır. Kumlu ve çamurlu alanlarda yaşarlar. Vücudunun neredeyse tamamı baş ve kuyruk kısmından oluşur. Fener balığı çok geniş bir ağıza sahip olması ile beraber ağzının üstünde ve sırt yüzgeçlerinde ince

uzun organlar bulunmaktadır. Bu organların titremesiyle meydana gelen yakamoz sayensinde fener balığı, avını kendine çeker ve aniden ağzını açarak yutarlar (Anonim 2018d)



Şekil 2.6. Fener balığı (*Lophius piscatoris*) (Anonim 2018d)

Fener balığı, bahar ve yaz aylarında yumurtalar iken, yeni doğan fener balıkları hemen hemen yüzeye yakın bir seviyede yaşarlar ve boyları yaklaşık 6 cm olunca derin sulara inerler. Ergin fener balıkları bahar aylarında deniz kıyılarına yaklaşarak yumurtalarını bıraktığında, deniz kıyısı büyük bir mor bulut tabakası ile kaplanır (Anonim 2018d)

Fener balığı, 20 cm ve 180 cm boyları arasında bulunmaktadır. Ülkemiz denizlerinde ise 60-70 cm arasında bulunmakta ve ağırlık olarak 5-6 kg civarındadır. Vücudunun yaklaşık olarak 2/3'ü kafası tarafından oluşmaktadır. Bundan dolayı büyük avlarını yutarken esnek çene yapısı sayesinde dişleri arkaya doğru yatmakta ve yuttuktan sonra tekrar eski halini almaktadır (Anonim 2008)

2.3.4 Mezgit balığı (*Merlangisu merlangus*)

Mezgit balığı (*Merlangisu merlangus*) ılık denizler ve çok soğuk sularda dahi yaşayabilir. Genellikle 30 ile 100 metre derinliklerde diplere yakın kısımlarda yaşarlar. Yerli

balık olarak bilinirler, fazla uzun mesafeli göçlerde bulunmazlar (Akşiray 1987, Aydın 2008).



Şekil 2.7. Mezgit balığı (*Merlangius merlangus*) (Anonim 2018a)

Tablo 2.6. Mezgit balığının sistematiksel yeri(Akşiray 1987, Aydın 2008).

Şube (Phylum)	<i>Chordata</i>
Alt Şube (Subphylum)	<i>Actinopterygii</i>
Sınıf (Clasis)	<i>Osteichthyes</i>
Takım (Ordo)	<i>Thoracostei (Gasterosteiformes)</i>
Aile (Family)	<i>Gadidae</i>
Cins (Genus)	<i>Merlangius</i>
Tür (Species)	<i>Merlangius merlangus euxinus, 1840</i>

Mezgit balığının vücudu sikloid pullarla örtülü olmak ile beraber, sırt ve yan yüzeyleri boz-mavimsi, gri-yeşilimsi veya kahverengi-sarımsı-gri ve pembemsi, kızılca esmer dalgalı ve hareli olabilirler. Mezgit balıkları eşeyssel üreme çağına 1 veya 2 yaşlarında ulaşırlar. Bu balık türü, bahar döneminde şubat ayı ile mayıs arasında üremelerini gerçekleştirirler. Yumurtalarını 5-6°C de saklamaya çalışırlar. Pelajik yapıya sahip yumurta ve larvaları vardır. Bunlar planktonlar ile beslenip sonbahara doğru derinlere doğru çekilirler(Akşiray 1987).

2.4. Esansiyel Elementler ve Toksik Metaller

Ekolojik dengeyi bozan kirleticilerden birisi de ağır metallerdir. Kentsel ve endüstriyel atıkların sulara karışması, bu toksik maddelerin ekosisteme girmesine neden olmaktadır. Ülkemiz açısından, gıdaların ağır metallere kontamine olmasının en önemli nedenleri; çarpık kentleşme, bilinçsiz tarım ilacı kullanma ve arıtma tesisi olmayan endüstriyel kuruluşların atıklarını doğrudan akarsu, kanal, göl veya atmosfere terk etmeleridir. Ağır metallerin su ve organizmalardaki dağılımının incelenmesi, çevresel kirliliğini gösteren kriterlerden biridir. Normal koşullarda ağır metallerin doğadaki oranı düşüktür. Doğal ortamdaki konsantrasyon

oranı arttığında gümüş, civa, bakır, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller özellikle organizmalar üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimleri inhibe etmektedir.

Periyodik tabloda 32'den fazla metal bulunur. Bunlar canlılar üzerinde toksik etki yaptıklarından dolayı ve dünya üzerinde yaygınlıkları sebebi ile majör kirletici olarak kabul edilmektedir. US EPA tarafından belirlenen metaller Al, Fe, Cr, Sb, As, Be, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag ve Zn birincil kirletici metaller olarak sınıflandırılırlar (Patniak 2010).

Tablo 2.7. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Su Kanalizasyon Yönetmeliği'ne göre deniz suyunun genel kalite kriterleri (pH:6.0-9.0) (Anonim 2004).

Ağır metalin adı	Cu	Cd	Cr	Pb	Ni	Zn
Kabul edilebilir değer (mg/L)	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1

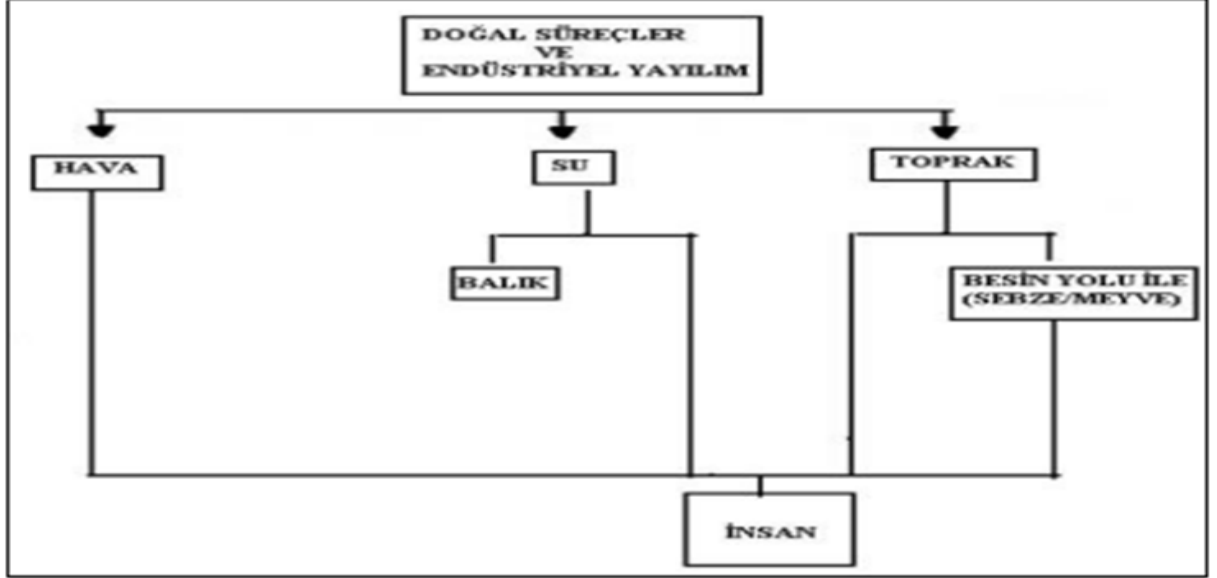
Ağır metaller yüksek yoğunluğa sahip olan çok düşük konsantrasyonlar da dahi toksik etki gösteren yoğunluğu 5g/cm³veya daha büyük olan metallerdir. Bu ağır metal grubuna kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko gibi birçok metal ilave edilebilir (Kara 2013).

Tablo 2.8. Temel Endüstri Kuruluşlarımızdan Atılan Bazı Ağır Metaller (Kahvecioğlu ve ark. 2003).

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

Ağır metaller vücutta depolanması ve fazlasının hiçbir şekilde atılmadığından dolayı aşırısı bitki, hayvan ve insan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. Bu yüzden evsel ve sanayi atıklarının, belli arıtma işlemi yapıldıktan daha sonra ekosisteme terk edilmelidirler. Ağır metallerin besin zincirinde olması gerekenden fazla birikmesi, fizyolojik sorunları

beraberinde getirip insan sağlığı üzerinde tehlikeler oluşturabilir. Ağır metallerin etkileri doğada çok uzun yıllar devam edebilir. Bununda göstergesi olarak, metallere doğada hiçbir Şekilde yok edilemez, sadece farklı türlere dönüştürülür (Horsfall ve Spiff 2005; Alkorta ve ark.2004).



Şekil 2.8 Ağır metallerin doğal döngüsü (Ulutaş 2007).

Ağır metalin zararı olduğu gibi faydaları da mevcuttur. Fakat bu faydalar belli konsantrasyonları aşmadığı sürece geçerlidir. Bu konsantrasyonlar bulunduğu, organizmanın türüne ve bulunduğu sistemdeki konsantrasyonuna bağlıdır. Örneğin; inko yara iyileşmesinde, mangan büyüme ve karbonhidrat emiliminde, krom kan Şekeri ve kolesterol dengelemede faydaları mevcuttur (Kahvecioğlu ve ark.2004).

2.4.1 Bakır (Cu)

Bakır periyodik tabloda 1B grubunda bulunur ve atom numarası 29'dur. 1B grubu metalleri aşınmaya karşı dayanıklı, doğada serbest halde bulduklarından, kolay Şekilde verilebildiklerinden ve ısıyı kolay ilettiliklerinden dolayı madeni para yapımı gibi eski tarihlerde birçok alanda kullanılmışlardır. Bunun yanı sıra bakır solunum ve fotosentezde önemli rol oynar. Belli miktarda alınması gereken bir esansiyel elementtir (Rouphael ve ark. 2008, Tezcan ve Tezcan 2007).

Bakır diğer malzemelerle (rneğin; bronz, pirinç) alaşım oluşturabilen, kırmızı, parlak, çok iletken, kolayca oksitlenen bir metaldir. Elektrik ve kurşun endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bakır organizmada önemli bir esansiyel element olarak bulunur. Bakır eksikliği, hemoglobinin sentezi bozukluğuna bağlı hipokromik mikrositik anemiye yol açar (Dökmeci ve Dökmeci 2009).

Bakır eksikliği olduğu zamanlarda birçok vücut hastalıklarına yol açar. Bakırın eksikliğinden dolayı, ilk olarak demir fonksiyonları etkilenir ve buna bağlı olarak kan yapısı zarar görür. Bakırın eksikliği hayvan ve insan yapılarında biyolojik tepkimelerde aksaklık ve buna bağlı olarak gelişme bozukluğu, anemi, deride renk kaybı, solunum problemleri ortaya çıkarır. Bakırın gerekenden fazla alınımında ise ölümcül sonuçlar doğurabilir (Kahvecioğlu ve ark. 2004, Zheng ve ark. 2008).

Fazla miktarda bakır vücuda alındığında, toksik etki yapmakta ve dokularda birikmektedir. Bakır genelde karaciğer, kornea, böbrek ve beyinde birikir. Bu birikim karaciğerde ise siroza, beyinde ise hücre tahribatına neden olur. Çok fazla bakır birikimi olduğu durumlarda Wilson hastalığına neden olmaktadır (Köksal 2001).

2.4.2 Nikel

Periyodik tabloda 8B grubunda yer alan, atom numarası 28 olan ağır metaldir. Esansiyel bir element olup fazla bulunması halinde toksikolojik durumlar oluşturabilir. Nikel elementi, doğada birçok durumda bulunabilir. Fakat en sık rastlanılan formu Ni^{+2} halidir (Cembel ve Nikel 2006).

Nikel yer kabuğunda en çok bulunan elementlerden biri olup, yaklaşık olarak yer kabuğunun % 0.008'i kadar miktara sahiptir. Fiziksel olarak yumuşak yapıya sahip oldukları için birçok farklı amaçla kullanılırlar. Örneğin; Tel, levha, metal para, pil, mıknatıs, buji, elektrik kontağı ve mücevherat bunlardan birkaçıdır. Sıcaklıklardan kolay etkilenmezler karalılıklarını korurlar (Anonim 2012).

Atık sularında nikel içeren endüstri alanları; kaplama, seramik ve motorlu taşıt ve uçak endüstrileri başta gelmektedir. Nikel bir kısım organik madde ve yağların hidrojenasyonunda katalizör görevi üstlenir. Nikelin en zehirli türevi olarak nikel tetrakarbon gösterilebilir. Bu türev insanlarda çeşitli deri hastalıklarına yol açabilmektedir. Nikel buharının solunumu halinde ise solunum yollarını tahrişe sebep olur. Bu tür akut zehirlenmesi sonucunda, 12 -36 saat aralığında nefes darlığı, ciltte morluklar oluşması, akciğerde sıvı toplanması ve vücut ısısının düşmesi gibi istenmeyen durumlar gözlenebilir (Tolegenova 2004). Nikel IARC tarafından 1. Sınıf kanserojen olarak belirtilirken, EPA tarafından ise en zehirli 14 metal arasında yer almıştır (Ürey 2014).

2.4.3 Çinko

Çinko 2B grubu geçiş elementi olup, atom numarası 30 ve atom ağırlığı ise 65.39 g/mol'dür. Çinkoyu ilk keşfeden S. Margraaf 1746 yılında kömür ve kalamini ısıtma ile izole

ederek bulunmuştur. Fakat canlılar için önemini, 1869 da Raulin ortaya çıkarmıştır (Özçelik 1998).

Çinkonun doğada serbest halde yayılmasında en büyük neden çinkonun çıkarılması ve işlenmesi sırasında Zn^{+2} iyonlarının serbest kalmasıdır. Çinko madenlerde, saf halde değil ZnS, CdS ve PbS olarak bulunur. Bu çinkonun fazla olduğu ortamlarda Cd ve Pb'da fazlalığının göstergesidir. Asitli yağmur yağışlarında topraktaki çinko çözünürken; Cd ve Pb da çözülür. Bu oluşan su kitlelerini kullanmak ve tüketmekte çok tehlikelidir. Çinko sanayi alanında çatı kaplama ve tel üretiminde yaygın kullanılır (Gündüz 2008).

Çinko ve bileşikleri diğer metal ve bileşiklerle kıyaslandığında, zehirlilik oranı daha düşük seviyededir. Çinko zehirlenmesi halinde sindirim sıkıntısı, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde etkiler görülür. Çinko miktarı yüksek seviyede ise uyuşukluk, kaslarda güçsüzlük ve yazmada zorluk çekme gibi belirtiler gösterir (Kulunç 2010) .

Vücut için temel elementlerden biri çinkodur. Daha çok göz retina tabakası ve üreme organlarında bulunmaktadır. Depo edilmesi tehlikeli olmak ile beraber, karaciğerdeki küçük bir depolama acil durumlar için yeterlidir. Çinko daha çok kas ve kemik yapılarında görev almaktadır. En büyük çinko kaynağı et ve deniz ürünleri olmakla beraber, az da olsa bezelye ve fındıkta da bulunur. Ağızdan alınan çinko bağırsağın ikinci kısmında emilerek kana karışır (Kayıran 2012). Çinko eksikliği daha çok böbrek ve şeker hastalıklarına sahip bireylerde görülür. Yetişkin birey günlük olarak 15 mg çinkoyu alması gerekmektedir. Bu oranın altında çinko alınımı saç dökülmesi, el ve ayak üşümesi, tat alma ve hastalıklara karşı dirençsizlik gösterir (Tezcan ve Tezcan 2007).

2.4.4 Kadmiyum

Kadmiyumun atom ağırlığı 112.4 g/mol, atom numarası 48 ve yoğunluğu 8.65 g/cm³'tür. İkinci sıra geçiş metalidir. Yüksek kaynama ve erime noktasına sahiptir. Hg ve Pb'dan sonra en tehlikeli ağır metallerden biridir. Bileşiklerinde Cd⁺² olarak bulunur. Zn ile kimyasal benzerlikler göstermektedir (Campbell 2006).

Özel bir tada ve kokuya sahip olmadıkları gibi insanlar için yüksek toksikliğe sahiptir. Ekosistemde Cd tanecikleri yere düşmeden, havada uzun mesafeler kat edebilirler ve suda çözünebilirler. Bitkiler tarafından kolaylıkla emilimin sebebi, diğer metallere göre doğada serbest ve hareketli bulunmalarıdır (Gündüz 2008, Tezcan ve Tezcan 2007).

Kadmiyum sucul ekosistemde homojen dağılımlar gösterdiği gibi sucul canlılar tarafından kolaylıkla bünyeye alınıp doku veya organlarda depo edilebilirler. Canlı

metabolizması bu alınan kadmiyumu uzaklaştırmak için gerekli mekanizmaya sahip olmadıkları için sürekli olarak canlı bünyesinde depolanırlar (Tirkey ve ark. 2012). Uluslararası Kanser Araştırma Şirketi (IARC)'nin yapmış olduğu inceleme sonucunda kadmiyum kanserojen maddeler gruplarından 1.grupta yer almaktadır (Ürey 2014).

Kadmiyum doğada çinko cevheri ile birlikte sarı kadmiyum sülfür (CdS) şeklinde bulunur. Metalik kadmiyum korozyon dayanıklı olduğundan çeşitli şekilde kullanılır. Metalik kadmiyum genellikle alaşımlar, kaplama ve boya üretimi gibi alanlarda kullanılır. Kadmiyum zehirlemeleri, AB ülkelerindeki meslek hastalıkları listesinde yer almaktadır. Bazı gıdalardaki kadmiyum seviyeleri fosfat gübre uygulaması veya tarım alanlarında kanalizasyon çamuru kullanımı nedeniyle artabilir. Kadmiyum, suda yaşayan omurgasızlar için zehirlidir (Dökmeci ve Dökmeci 2009, EPA 2000, Derrag ve Youcef 2014).

2.4.5 Kurşun

Kurşun periyodik cetvelde 4A grubunda bulunan, esansiyel olmayan bir metaldir. Atom ağırlığı 207.2 g/mol ve atom numarası 82'dir. Yüksek konsantrasyonlarda canlılarda toksik etkileri gözlenmiştir (Sooksawat ve ark. 2013).

372.4°C gibi yüksek kaynama noktasına sahiptir. Sanayide birçok alanda kullanılmak ile beraber bunlardan bir kaç; mermi, av saçması, radyasyon maskeleri, lehim imalatı, kablo, boru, matbaa sanayi ve bazı metallerin birleşimde kullanılır (Akman ve ark.2004). Kurşun doğaya herbisit, pestisit ve fosil yakıtların kullanımıyla karışmakta olup çok az dahi olsa pil, kağıt ve boya sanayinde kullanıldığı bilinmektedir (Ürey, 2014).

Kurşunun canlı yapısında biyolojik bir işlevi bulunmamakla beraber, yer kabuğu, toprak ve suda fazlası ile bulunmaktadır. Doğal sularda bulunması gereken kurşun miktarı 0.0006-0.12 mg/l arasında olmalıdır. Bu dozların üstünde bulunması ve canlı bünyesine alınması, beyin ve sindirim sistemini bozmak ile beraber böbrek rahatsızlığından kansere kadar hastalıklar meydana getirmektedir (Büyükurgancı 2011, ATDSR2007).

2.4.6 Mangan

Mangan periyodik cetvelde 7B grubu elementi olup, atom numarası 25'tir. Kuvvetli oksidan bir metal olup parlak görünüme sahiptir. Toprak, kaya ve birçok okyanus, deniz ve göl gibi sucul ortamlarda minerallerin yapısında bulunur. Erime noktası çok yüksek olmasının nedeni, serbest bir yapıda olmasından kaynaklanmaktadır. Hayvan ve bitkiler için önemli bir mikro besindir (Rajappa ve ark. 2010, Damodharan 2013).

Manganın her gün belirli miktarda tüketimi hayvan ve insan vücudu için gereklidir. Gereken miktarlardan daha düşük seviyede mangan alınımı, düşük kolesterol, kanda pıhtılaşmanın yavaşlaması, saç renginde değişim ve deri problemlerine yol açar. Besin ve hava yoluyla gereğinden fazla emilimi, duyuşsal ve zihinsel bozukluklarla birlikte zatürre gibi akciğer enfeksiyonlarının da beraberinde getirir (Baran 2006).

Mangan vücutta birçok enzim sistemlerinde görev üstlenir. Mangan eksikliği birçok hastalığı tetiklerken başlıca; gelişim bozukluğu, bedensel anormallik, bulantı, kusma ve yüksek kan şekeri seviyesine neden olmaktadır. Özel olarak hazırlanmadıkça, yediğimiz her şeyde mangan oranı bizim günlük almamız gereken durumu karşılayacak seviyededir. Mangan bulunduran türler hardal yaprakları, yaprak lahanası, ahududu, marul, ananas ve Akçaağaç pekmezidir. Mangan zehirlenmeleri genellikle mangan tozu barındıran alanlarda çalışanlarda gözükür. Bu tür alanlarda çalışanlarda Parkinson hastalığı belirtileri gözükmektedir (Yondemir İnce 2012).

WHO ve FAO'nun belirlediği yiyeceklerde maksimum mangan 2 mg/kg ile 9 mg/kg arasında olmalıdır (Abonaz 2010). Türk Gıda Kodeksi(TGK)'nin belirlediği maksimum seviye ise 4 ile 10 yaş arasında bireyler için 1 mg/kg iken, 11 yaş ve üzeri bireyler için 2 mg/kg'dır (Anonim 2013).

2.4.7 Demir

Kolay oksitlenen parlak grimsi bir metaldir. Atom ağırlığı 55.85g/mol ve periyodik cetvelde 8. grup elementidir (Chemistry 2016). Serbest halde bulunmazlar, daha çok mineraller ile bileşik (limonit, magnelit, siderit, pirit) oldukları görülür. Diğer metallere nazaran daha bol bulunabilmesi kolay şekillenmesi ve daha uzun süre mukavemet edildiğinden dolayı sanayide birçok alanda tercih edilirler. Dünya genelinde üretilen metaller arasında demir oranı yaklaşık olarak % 95'tir. Demirin kullanıldığı sanayi alanları: kimya sanayi, otomotiv sanayi, inşaat sanayi, boya endüstri sanayide ve gemi sanayide oldukça fazla tercih edilir (Tuncel 2017).

Tablo 2.9 Demirin fiziksel ve kimyasal özellikleri (RSC 2017).

SEMBOLÜ: Fe	Atom Numarası: 26
Yoğunluğu: 7.86 g/cm ³	Atom Kütlesi: 55.85 g/mol
Erime Noktası: 1538°C	Kaynama Noktası: 2862°C

Elektron Dağılımı: [Ar] 3d ⁶ 4s ²	Fiziksel Yapısı: Katı (25°C)
Element Serisi: Geçiş elementi	Ergime Isısı: 13.81kJ/mol
Isı İletkenliği: 0.804W cnK ⁻¹	Buharlaştırma Isısı: 340kJ mol ⁻¹

Hayvan ve insan vücudunda demire ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı demirin vücuda belli miktarda alınması gerekmektedir. Demir birçok besin kaynağında bulunmak ile beraber daha çok, kırmızı et, balık, buğday, ceviz, mercimek, kuru ve yaş üzüm, yumurta sarısı ve ıstiridye gibi besinler demir deposudur (Wessling-Resnick2017).

Demir eksiliğine neden olan durumlar genellikle kötü beslenme, kan kaybı ve malabsorptif bozukluklar neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün raporuna göre, dünyada belirlenen 1.6 milyar anemi hastasının büyük bir kısmı demir eksikliğinden kaynaklanmaktadır (WHO 2008).

Tablo 2.10 Demir için önerilen günlük doz alımları (Trumbo 2001)

Yaş	Erkek	Kadın	Hamilelik	Emzirme
0-6 Ay	0.27mg	0.27mg		
7-12 Ay	11mg	11mg		
1-3 Yaş	7 mg	7 mg		
4-8 Yaş	10 mg	10 mg		
9-13 Yaş	8 mg	8 mg		
14-18 Yaş	11 mg	15 mg	27 mg	10 mg
19-50 Yaş	8 mg	18 mg	27 mg	9 mg
50 ve üzeri	8 mg	2 mg		

Demir eksikliği daha çok bebeklerde, çocuklarda ve hamilelerde görülmektedir. Orak hücre anemisi (SCD) olarak bilinen hastalıkta demir birikimine neden olmaktadır. Demirde diğer metaller gibi vücutta aşırı birikimi toksik etkilere neden olabilmektedir. Bundan dolayı günlük maksimum alınabilecek demir miktarı, 40-45 mg olması belirlenmiştir. Aşırı miktarda

demir tüketimi ise organ yetmezliği, komaya ve ölümcül sonuçlara sebep olabilir (Koca, 2016, Trumbo 2001, Bacon 2011).

2.4.8 Krom

Krom geçiş metali olup, 6B grubunda yer alır. Atom kütlesi 51.99 g/mol ve atom numarası 24'tür. Dünya genelinde krom yılda ortalama 107 ton civarında üretilmektedir. Krom genel olarak; kromik asit üretimi, paslanmaz çelik üretimi ve boya pigmenti üretimi gibi birçok sanayi alanında kullanılır (Han 2004, Shanker 2005).

Sanayi alanındaki bu yaygın kullanımının bir olumsuz yönü de, bu tehlikeli toksik metal hızlı bir şekilde ortama dağılmasıdır. Toprak ve sucul ortamlara geçmesi ile oksidasyon redüksiyon reaksiyonları geçirdikten sonra daha farklı yapılara geçmiş olurlar (Strelic 2003).

Organizmalardaki kromun farklı türleri farklı toksik etkilere sebep olurlar. Krom birçok gıdada mevcuttur. Bunların başlıca gıdaları; taze meyve, sebze, bira, et ve hububat tohumlarıdır. Krom bulunduran bu tür gıdalardaki krom miktarı bu gıdaların işlenmesi, depolanması ve hazırlanmasında büyük paya sahiptir. WHO'ne göre kromun vücuda fazla alınımı mide ülseri, böbrek ve karaciğer hastalıklarına neden olur. Aşırı fazla alınımı durumunda ise akciğer kanseri riskinin arttığı gözlenmiştir (ATSDR 2003).

Krom çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılırken ağırlıklı olarak fotokopi makinelerinde toner olarak kullanılır. İnsanlar yiyecek, içme suyu ve kimyasal içeren havayı solunması sureti ile kroma maruz kalırlar. Krom(III) günde 50-200 µg'a kadar yetişkinlerin alması gerekmektedir. Krom (III) orta derecede toksik etkiye sahipken krom (IV) daha fazla toksik etkiye sahiptir (Dökmeci ve Dökmeci 2009, EPA 2000).

2.4.9 Civa

Oda sıcaklığında sıvı halde bulunan metallerde biridir. Periyodik cetvelde 2B grubu elementi ve yoğunluğu 13.6 g/cm³'tür. Deniz suyunda ortalama 3 x 10⁻⁵ mg/L bulunurken yer kabuğunda daha yüksek oranda 0.8 mg/L civarında ve havada ise 0.005-0.06 µg/L seviyelerindedir. Civa endüstride birçok alanda kullanılırken bunların başında; ilaç sanayinde, dolgu malzemesi, termometrelerde, diş tedavilerinde, boya sanayi ve kağıt sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanıma rağmen, flora ve fauna için çok zehirli

olmalarından dolayı kullanımı azaltılırken bazı endüstri alanlarında yasaklanmalar getirilmiştir (Bingham 2001).

Civa toksitesi yüksek olan ağır metallere dendir. Toksik etkisi yüksek olması ile beraber biyolojik olarak da çok önemlidir (Oehmen 2013). Civa, vücuda metilciva formunda ulaşırse en yüksek toksiteye sebep olur. Bu derece yüksek toksik durum ölümcül sonuçlar doğurabilir. Civa buharı solunum yoluyla vücuda alındığı durumda % 80 civarındaki kısım kan yolu aracılığı ile ciğerlerde biriktirilir. Bu durum birçok vücut sistemine negatif etki yaparken, bunların başında sinir sistemi, sindirim sistemi ve bağışıklık sistemi gelmektedir (WHO 2005). TS 266 standartlarının belirlediği civa miktarı, içme sularında 1µg/L'ken, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansları'nın belirlediği içme suları içerisindeki maksimum civa seviyesi 2µg/L olarak belirlemiştir (WHO 2013).

2.4.10 Arsenik

Arsenik atom numarası 33 ve atom mol ağırlığı 74.92g/mol olan periyodik cetvelde 5A grubu elementlerinden biridir. Dört farklı oksidasyon basamağına sahip olan arsenik, doğada daha çok +3 ve +5 değerliliklerine sahip formlarıyla karşılaşırız (Faita ve ark. 2013, Bhattacharjee ve ark. 2010).

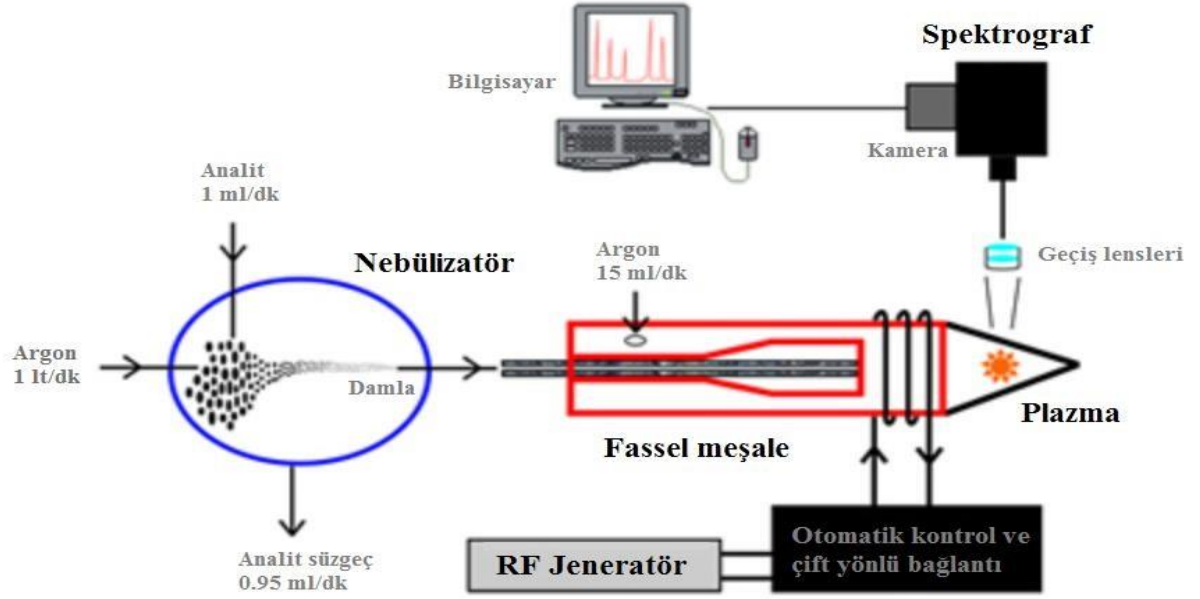
Yeryüzden en çok bulunan 20. element olan arsenik; gümüş, kurşun, bakır, nikel, antimon, kobalt ve demir gibi 200'den fazla mineralin yapısında bulunur (IARC 2011).

Daha çok insan faaliyetleri sonucu doğaya terk edilmektedir. Yeryüzündeki arseniğin üçte biri doğal yollarla bulunurken, bunların oluşumu; volkanik aktiviteler, bitki atıkları ve rüzgarlarla taşınan tozlardır. İnsan faaliyetlerinin neticesi olarak yılda ortalama 24000 ton arsenik doğaya bırakılmaktadır. Bunların oluşum yolu; pestisit kullanımı, madencilik, imalat sanayi, fosil yakıtlar ve ölümlerin yakılması sebep gösterilebilir (Basu ve ark 2001).

İnsanların büyük bir kısmı çok az miktarda arseniğe kronik olarak su ile maruz kalmaktadırlar. WHO'nın belirlediği suda, arsenik oranı 10 µg/L ile 50 µg/L arasında olmalıdır (Basu ve ark. 2001).

2.5 ICP-OES Cihazı

ICP-OES cihazının çalışma prosesi, daha önce çözelti haline getirilmiş örnek numuneleri yüksek derece sıcaklıktaki plazmaya doğru püskürtülmesi ile gaz fazına geçer ve atomlaşan elementler plazmada uyarılmış hal durumuna geçtikten sonra yaymış oldukları ışınları dedektörler yardımıyla numunedeki elementlerin miktarının belirlenmesi esasına dayanmaktadır (Kaçar ve İnal 2008).



Şekil 2.9 ICP-OES cihazının yapısı (Daşdemir 2008)

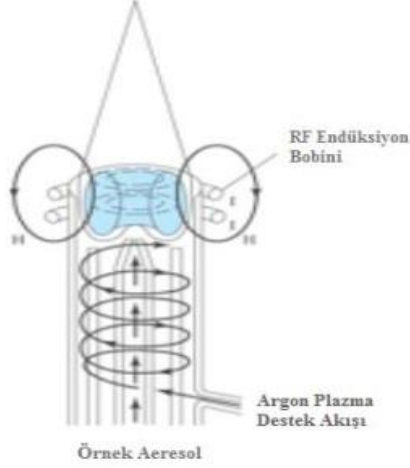
ICP-OES cihazı atomik emisyon spektrometresinin yüksek derece sıcaklıktaki bir plazma yardımı ile donatılarak genişletilmesiyle oluşmuş bir durumdur. Yapısında katyon ve elektronlar içeren, elektrik akımını ileten gaz karışımlarına plazma adı verilir. ICP-OES cihazında plazmayı inert bir gaz olan argon gazı oluşturur.

Hazırlanan numuneler cihaza sıvı fazda verilir. Aerosol tanecikleri halinde 10000°K dereceye kadar yükselen plazmaya gönderilir. Gönderilen aerosol tanecikleri, plazmada önce kurur, daha sonra sırası ile parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır. Bu olay sırasında elementler kendine özgü ışın yayarlar. Bu ışınların şiddeti elementlerin derişimleri ile doğru orantılıdır ve emisyon spektrometresi ile ölçülür (Daşdemir 2008, Atakuru 2009).

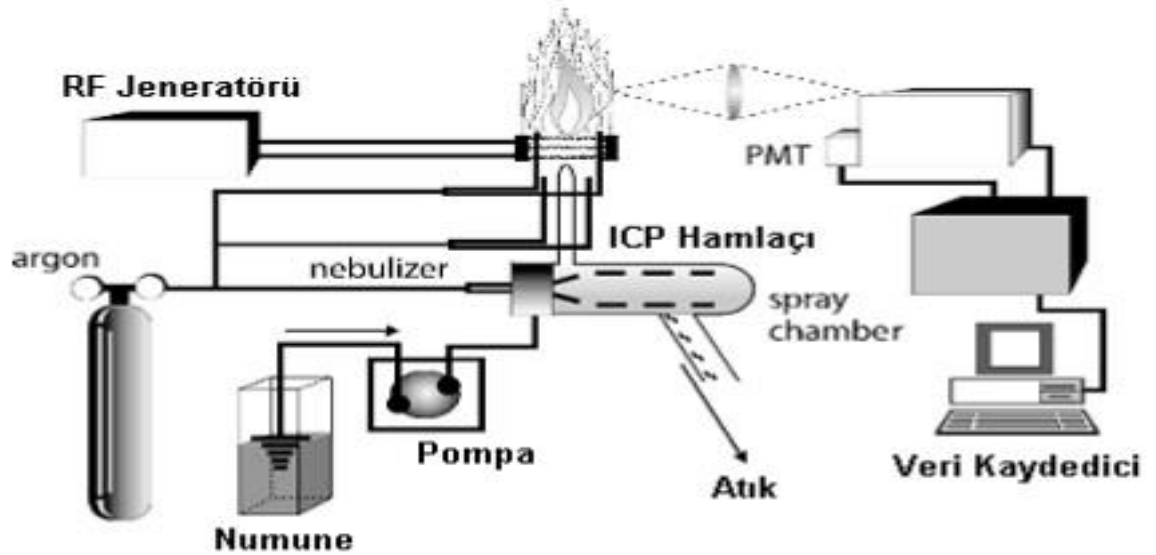


Şekil 2.10. Plazmada gerçekleşen atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi (Daşdemir 2008, Atakuru 2009).

İndüktif olarak gelişim olan plazma, iç içe geçmiş halde bulunan üç kuartz borudan (torch) yapılmıştır. Bu boruların çapı en büyük olan 2.5 cm'dir. En dışta bulunan boru 15L/dk hız ile argon gazı taşır ve plazmayı destekler. Orta kısımdaki boru ise organik numune ile çalışıldığı taktirde, yardımcı gaz olarak plazmaya 1 L/dk argon gazı taşır. İç kısımdaki boru ise 0.3-1.5 L/dk değişken aralığıyla numuneyi plazmaya taşır (Kaçar ve İnal 2008, Atakuru 2009, Keleşoğlu 2011).



Şekil 2.11. İndüktif eşleşmiş plazmanın yapısı (Kaçar ve İnal 2008)



Şekil 2.12. ICP-OES cihazının Şematik Gösterimi (Daşdemir 2008, Keleşoğlu 2011).

İki ayrı spektrometreye sahiptir. Bunlarda biri monokromatör diğeri polikromatör. monokromatör; ikincil bir yarığa sahip olduğundan belli bir dalga boyunda ölçüm yaparken polikromatör ise seçilen her bir analit için ikincil bir yarığa sahip olduğundan, numunedeki bütün elementlerin tayinini aynı zamanda gerçekleştirebilir (Daşdemir 2008, Keleşoğlu 2011).

2.5.1 ICP-OES cihazında temel girişimler

Analitik tekniklerin çoğunda girişim vardır. Analiz yapmak için tercih edilen cihazın, yapılacak analiz için gerekli olan donanımlara sahip olmalıdır. ICP cihazı diğeri enstrümantel cihazlara göre girişimler yok denilecek kadar azdır. ICP tekniğindeki temel girişimlerden bazılarını şöyle sıralayabiliriz;

Ortam girişimi; Numune giriş sistemini katı miktarı, yüzey gerilimi ve vizkozite yakından etkilenir. Numune ve standart çözeltiler arasında oluşan farklılıklar sisleştirci alım hızı ve plazmaya gönderilen maddenin etkinliğinde farklılıklar oluşturur. Ortam girişimleri; ortam benzetilmesi, iç standart veya standart ekleme metotları kullanılması ile giderilebilir (Daşdemir 2008, Keleşoğlu 2011).

Kimyasal girişimler; Kimyasal girişimler, plazmanın fazla sıcak olmasından dolayı engellenir. 10000°K olan bu yüksek sıcaklık, kimyasal bağ kopmalarına ve bileşiklerin atomlarına parçalanmasına yeterlidir (Daşdemir 2008, Keleşoğlu 2011) .

Zemin değer ve spektral girişimler; Zemin değer girişimler; uyarma kaynağının analitin dalga boyunda ışık yaymasından kaynaklanır. Numunedeki bir elementin analitin dalga boyuna yakın emisyon hattına sahip olduğu durumlarda ise spektral girişimler meydana gelir. Doğru dalga boyu seçimi, zemin değer düzeltilmesi ve girişimi yapan elementin uzaklaştırılmasıyla spektral girişimler en aza indirgenebilir (Daşdemir 2008, Keleşoğlu 2011).

İyonlaşma girişimleri; Numune içindeki analit haricinde, bulunan diğeri türlerin elektron alışverişinden ve tayin edilecek olan türlerin iyon ve atom derişimlerinin değışmesinden kaynaklanır. İyonlaşmış argon gazının elektronca zengin olması yüksek sıcaklık ortamının iyonlaşma üzerindeki etkisini depolayarak ve cihazda oluşan iyonlaşma oranının sabit kalmasını sağlar (Daşdemir 2008, Keleşoğlu 2011).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Kullanılan Kimyasal Maddeler, Cihazlar ve İstatiksel yöntemler

Örneklerin analize hazırlanması ve analizi sırasında kullanılan kimyasal maddeler, cihazlar ve istatistiksel yöntemler;

Kullanılan kimyasal maddeler ve malzemeler

- Destile su (yıkama işlemi için)
- 4 mL H₂O₂
- 6 mL HNO₃(%65) Merck, Darmstadt, Almanya
- Mill-Q su 18 M cm, Millipore, Billerica, MA, ABD
- 3 mL HCl (% 65) Merck, Darmstadt, Almanya
- 9 mL HNO₃ (% 65) Merck, Darmstadt, Almanya
- Polietilen poşetler
- Plastik bıçaklar
- Buz kapları

Cihazlar

- CEM, Inc. Mars 6, Matthews, NC,USA (Power: 1800; Ramp Time: 20 dakika; Hold Time:18 dakika; Temperature:190)
- CEM Corporation, MDS-2100
- Polietilen şişeler
- Etüv cihazı (balık numunelerini kurutmak için)
- İndüktif Eşlenmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (SPECTRO marka Spektroblue model ICP-OES)

İstatiksel

- IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp) istatistik paket programı kullanılmıştır.

3.2 Numune Alma Noktaları

Balık ve sediment numuneleri Tekirdağ ili kıyısı boyunca, yoğun yerleşim yerleri olan Marmara Ereğlisi, Yenice, Tekirdağ Merkez ve Şarköy ilçelerinden belirlediğimiz dört farklı istasyonlardan toplanmıştır (Şekil3.1).



Şekil 3.1. Numune alma noktaları

Numune alma noktaları Global Position System (GPS) cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Numune alınan istasyonların koordinantları ve numune alma derinlikleri

BÖLGE	KOORDİNANT	DERİNLİK
ŞARKÖY	40.664112, 27.247966	11
TEKİRDAG	40.964846, 27.525408	9
YENİCE	41.000827, 27.737042	12
MARMARA EREĞLİSİ	40.964770, 28.005038	15

3.3 Balık ve Sediment Numunelerinin Toplanması

Belirlemiş olduğumuz istasyonlardan sediment örnekleri ve sediment noktalarının alındığı alanı temsilen dört farklı dip balığı örnekleri, farklı avlama yöntemleri ve avlama zamanlarını göz önünde bulundurarak toplanmıştır.

- Fener balığı (*Lophius piscatoris*); Dip ağı yöntemi kullanılarak
- Dil balığı (*Solea solea*); Algarna yöntemi ile
- Mezgit balığı (*Merlangisu merlangus*); Dip ağı yöntemi ile
- Tekir balığı (*Mullus sermuletus*); Algarna yöntemi ile
- Sediment örnekleri ise Grab örnekleyici ile Tablo 3.1’de verilen derinliklerden 2018 yılı bahar ayında toplanmıştır.



Şekil 3.2. Dip ağı yöntemi kullanarak balık avlama



Şekil 3.3. Algarna yöntemi ile dip balıklarını avlama (Anonim 2018b)

Dip balığı örnekleri alınırken, aynı boy ve kiloda olmalarına dikkat edilmiştir. Balık numuneleri laboratuvar getirildikten sonra her biri destile su ile yıkanıp boy ve kiloları ölçülüp, polietilen poşetlere konularak analize kadar -30°C’de muhafaza edilmişlerdir.

Tablo 3.2 Toplanılan balık numunelerinin ortalama boy ve ağırlıkları

BÖLGE	BALIK TÜRÜ	Ort. Ağırlık (g)	Ort.Boy (cm)
Şarköy	Tekir balığı (<i>Mullus sermuletus</i>)	32.27	14.54
	Fener balığı (<i>Lophius piscatoris</i>)	3262.5	53
	Dil balığı (<i>Solea solea</i>)	113	23.7
	Mezgit balığı (<i>Merlangisu merlangus</i>)	172.4	26.3
Merkez	Tekir balığı (<i>Mullus sermuletus</i>)	52.9	15.2
	Fener balığı (<i>Lophius piscatoris</i>)	5016.66	65
	Dil balığı (<i>Solea solea</i>)	74	21.5
	Mezgit balığı (<i>Merlangisu merlangus</i>)	183.8	27.22
Yenice	Tekir balığı (<i>Mullus sermuletus</i>)	16.2	11.4
	Fener balığı (<i>Lophius piscatoris</i>)	3875	57.7
	Dil balığı (<i>Solea solea</i>)	122.4	23.9
	Mezgit balığı (<i>Merlangisu merlangus</i>)	261	30.2
Marmara Ereğlisi	Tekir balığı (<i>Mullus sermuletus</i>)	16.85	11.69
	Fener balığı (<i>Lophius piscatoris</i>)	3187.5	52
	Dil balığı (<i>Solea solea</i>)	85.6	21.72
	Mezgit balığı (<i>Merlangisu merlangus</i>)	183.5	29.22

3.4 Balık ve Sediment Numunelerinin Analize Hazırlanması

Analiz zamanı geldiğinde -30°C’de dondurulmuş balık örnekleri oda sıcaklığında çözdürüldükten sonra, herhangi bir bulaşma olmaması için plastik bıçak yardımı ile kas kısmı (yenilebilir kısım) ayrıldı.

3.4.1 Kurutma

Her bir balığın kas örnekleri esansiyel ve toksik maddelerin analizi için, her numune 60°C ve 24 saat etüvde kurutulmuştur. Kurutulan balık numuneleri blenderde homojenize edilmiştir.

3.4.2 Mikrodalga yöntemi

Kurutulan balık numuneleri, blenderda homojenize edildikten sonra homojen numuneden 0.5 g alınıp, üzerine 6 mL HNO₃ (% 65) ve 4 mL H₂O₂ eklenerek USEPA 3051 metoduna göre mikrodalga fırında yakılmıştır (CEM, Inc. Mars 6, Matthews, NC, USA) (Şekil 11). Oda sıcaklığında soğutulan balık numunelerinin kas doku örnekleri ultra saf su ile 25 mL'ye seyreltilmiştir. esansiyel ve toksik metaller için tüm sonuçlar kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir. Sediment numuneleri kurutulduktan sonra 0.5 g alınarak, mikrodalga fırında 3 mL HCl ve 9 mL HNO₃ karışım çözeltisi ile (Power:1800; Ramp Time: 20 dakika; Hold Time: 18 dakika; Temperture:190) yakıldıktan sonra deiyonize su ile 25 ml'ye seyreltilmiştir. Tüm numuneler analize kadar polietilen şişelerde saklanmıştır.



Şekil 3.4. Mikrodalga cihazı ve teflon kaplar

3.5 Numunelerde Esansiyel Element ve Toksik Maddelerin Analizlerinin Yapılması

Kalibrasyon için gerekli standart çözeltiler (Merck marka, 1.70340.0100, Almanya) satın alınarak kullanılmıştır. Mikrodalga yöntemiyle balık kas dokusunda ve sediment örneklerinde esansiyel ve toksik metal olan; Cd, Ni, Cu, Pb, Cr, Mn, Hg, Fe ve Zn ölçümü, İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (SPECTRO marka Spektroblue model ICP-OES) ile yapılmıştır (ASTM, 1985; APHA, 1992; EPA 3051; 1994).

Tablo 3.3. ICP - OES tarafından elementlerin belirlenmesi için enstrümantal parametreler

Parametreler	Durum
RF power (Paslanma gücü) (W)	1400
Plasma gas akış hızı (Soğutma Akışı) (L min ⁻¹)	12
Auxiliary gas akış hızı (Yardımcı) (L min ⁻¹)	1.00
Nebulizer gas akış hızı (Sisleştirici)(L min ⁻¹)	1.00
Nebulizer (Sisleştirici)	Cross-flow (Çapraz akış)

Tablo 3.4. ICP-OES tarafından elementlerin belirlenmesi için enstrümantal tespit sınırları

Metaller	Enst. saptama limiti (ppb)
Cr	0.007
Cu	0.014
Fe	0.07
Mn	0.5
Ni	0.05
Cd	0.001
Pb	0.05
Zn	0.05
As (total)	0.05
Hg	0.06

3.6 İstatistiksel Analizler

Çalışmamızdaki sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; Ortalama, Standart Sapma, Ortalamanın % 95 Güven Aralığı, Minimum ve Maksimum değerler olarak ifade edilmiştir. Sürekli değişkenler bakımından grup ortalamalarını karşılaştırmada, Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp) istatistik paket programı kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Sediment örnekleri için metaller arasındaki korelasyonun hesaplanmasında spearman analizi kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Endüstriyel ve tarımsal alanların yoğun olduğu bölgelerin kıyı ekosistemlerinde metal konsantrasyonları yüksek çıkabilmektedir. Suda yaşayan organizmalar ise bu metalleri vücutlarında biriktirme eğilimindedir. Bu çalışmada, 2018 yılında Tekirdağ ili Marmara Denizi kıyısında dört farklı istasyondan (Şarköy, Merkez, Yenice, Marmara Ereğlisi) toplanan, dört farklı dip balık türü (Dil, Mezgit, Fener ve Tekir balığı) ve sediment örneklerinde ağır metal ve esansiyel elementlerin (Pb, Hg, Cd, Ni, Cu, Mn, As, Zn, Fe ve Cr) konsantrasyonu ICP-OES cihazı ile tespit edilmiştir (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).

Tablo 4.1. Sediment örneklerinde tespit edilen esansiyel element ve toksik metal konsantrasyonlarının US EPA Sediment kalite standartlarına göre karşılaştırılması (Perin ve ark. 1997, Tunca ve ark. 2013)

Elementler	İstasyonlar Ortalama konsantrasyonlar (mg/kg)				US EPA Sediment Kalite Parametreleri		
	SDM1 Şarköy	SDM2 Merkez	SDM3 Yenice	SDM4 M.Ereğlisi	Kirlenmemiş	Kısmen Kirlenmiş	Aşırı Kirlenmiş
Fe	19789	9577,1	3783,9	9436,6	<17000	17000- 25000	>25000
Zn	26,5	23,4	8,6	16	<90	90-200	>200
Mn	395,5	282,8	73,9	307,9	<300	300-500	>500
Cr	18,37	38,91	7,95	0,12	<25	25-75	>75
Ni	31,44	22,43	7,49	TE	<20	20-50	>50
Cu	8	4,3	1,2	1,7	<25	25-50	>50
As (total)	35,41	0,24	TE	0,18	<3	3-8	>8
Pb	4,89	8,54	2,22	TE	<40	40-60	>60
Cd	5,45	2,79	0,9	0,04	-	-	>6

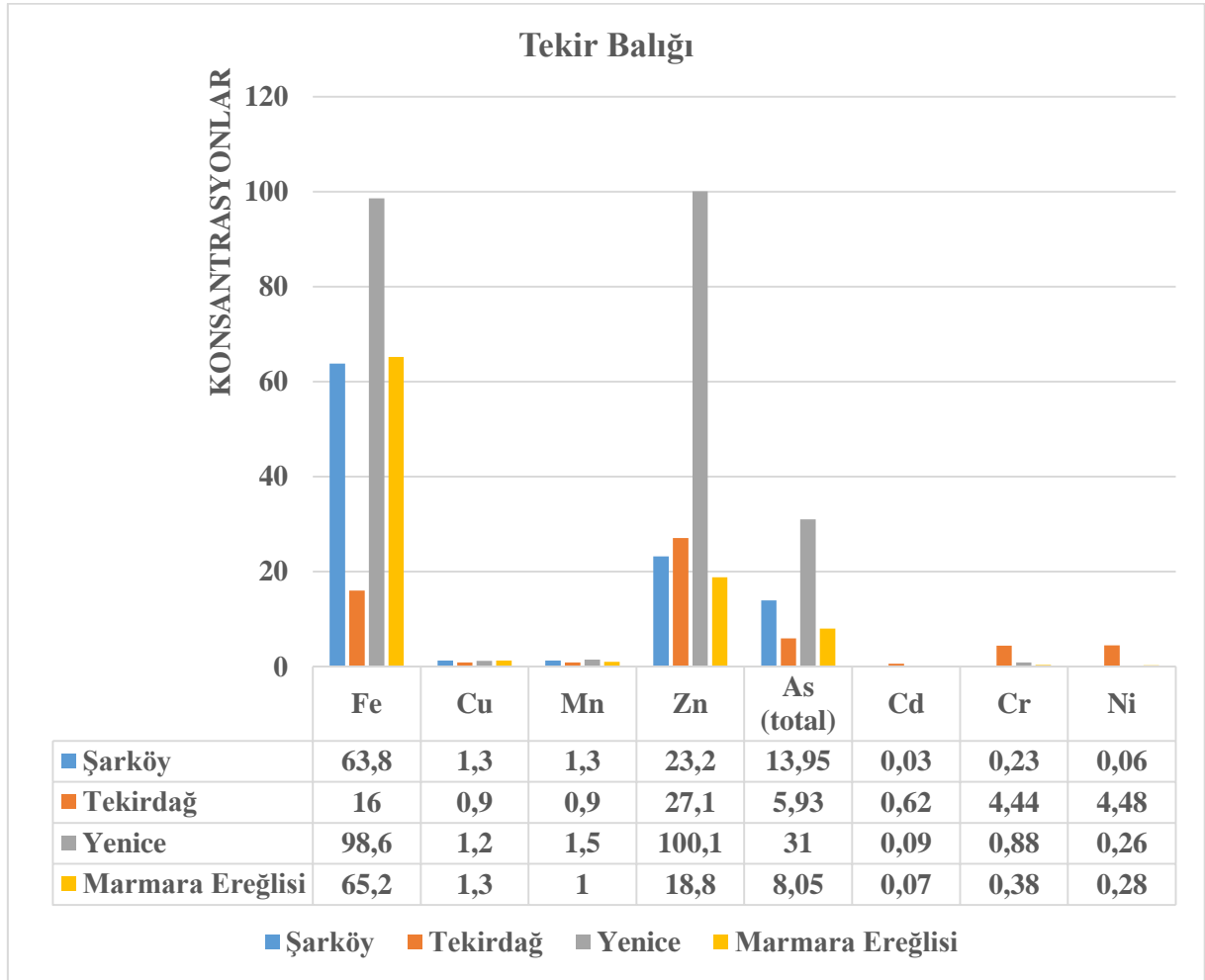
- ❖ SDM 1 : Şarköy istasyonundan alınan sediment
- ❖ SDM 2 : Merkez istasyonundan alınan sediment
- ❖ SDM 3 : Yenice istasyonundan alınan sediment
- ❖ SDM 4 : M.Ereğlisi istasyonundan alınan sedimen

Tablo 4.2. Balık örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg, kuru ağırlık)

Numune alma noktaları/Örnekler	Fe	Cu	Mn	Zn	As (total)	Cd	Cr	Ni	Pb	Hg
Şarköy										
Tekir balığı (<i>Mullus Surmuletus</i>)	63.8	1.3	1.3	23.2	13.95	0.03	0.23	0.06	TE	TE
Mezgit balığı (<i>Merlangius Merlangus</i>)	8.2	0.5	1.2	17.4	9.88	0.01	0.27	TE	TE	TE
Dil balığı (<i>Solea vulgaris Quensel</i>)	46.7	0.5	6.5	18.8	24.10	0.04	0.34	TE	TE	TE
Fener balığı (<i>Lophius piscatorius</i>)	10.6	0.2	0.4	13.7	26.17	TE	0.21	TE	TE	TE
Tekirdağ										
Tekir balığı (<i>Mullus Surmuletus</i>)	16	0.9	0.9	27.1	5.93	0.62	4.44	4.48	TE	TE
Mezgit balığı (<i>Merlangius Merlangus</i>)	14.7	0.5	0.9	16.3	10.83	0.02	0.14	TE	TE	TE
Dil balığı (<i>Solea vulgaris Quensel</i>)	9.9	1.6	8.6	27	12.31	0.04	0.60	0.08	TE	TE
Fener balığı (<i>Lophius piscatorius</i>)	202.7	0.7	0.7	16.4	7.25	0.10	0.18	0.02	TE	TE
Yenice										
Tekir balığı (<i>Mullus Surmuletus</i>)	98.6	1.2	1.5	100.1	31.00	0.09	0.88	0.26	TE	TE
Mezgit balığı (<i>Merlangius Merlangus</i>)	58.8	0.7	0.6	15.2	9.31	0.04	0.20	TE	TE	TE
Dil balığı (<i>Solea vulgaris Quensel</i>)	41.5	0.5	3.4	16.1	20.41	0.02	0.44	0.05	TE	TE
Fener balığı (<i>Lophius piscatorius</i>)	58.1	0.7	0.3	13.6	6.74	0.07	0.30	TE	TE	TE
Marmara Ereğlisi										
Tekir balığı (<i>Mullus Surmuletus</i>)	65.2	1.3	1	18.8	8.05	0.07	0.38	0.28	TE	TE
Mezgit balığı (<i>Merlangius Merlangus</i>)	29	0.6	1.7	16.7	18.68	0.03	0.12	0.10	TE	TE
Dil balığı (<i>Solea vulgaris Quensel</i>)	183.6	0.9	23.2	25.2	20.62	0.07	0.54	0.04	TE	TE
Fener balığı (<i>Lophius piscatorius</i>)	33.9	0.4	0.2	16.9	4.63	0.01	0.20	TE	TE	TE
Sınır değer klavuzları										
TFC, 2002						0.05			0.2	
EU (2001,2008)		1			2		1		0.3	
FAO						2	1		1-6	
WHO		3					0.15		2	
EPA		1.3					0.15		2	

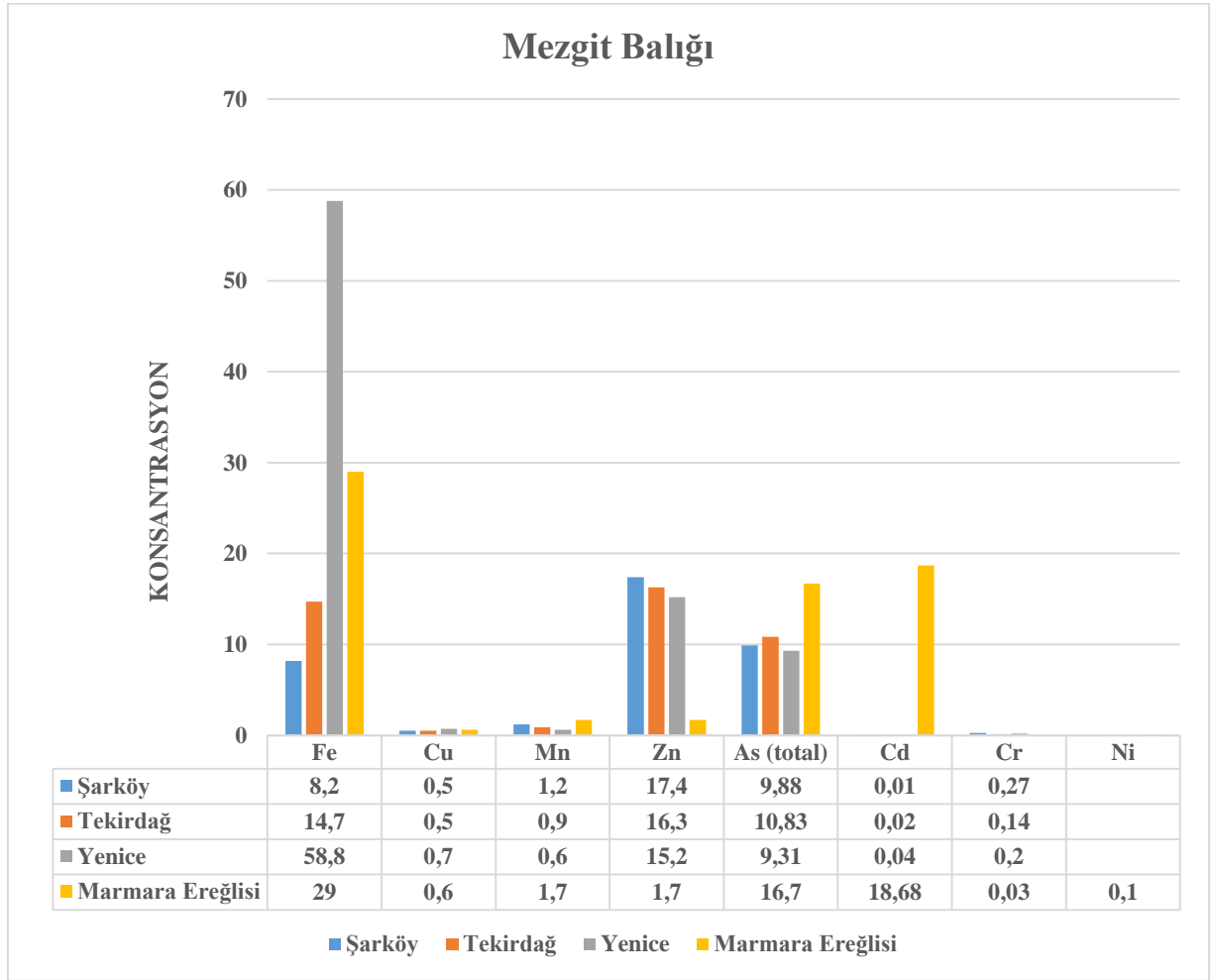
TE:TespitEdilemedi

Tablo 4.3: Tekir balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları



Tekir balığın için tüm istasyonlarda Pb ve Hg cihazın ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi. Tekir balığında Fe ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Yenice istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda tespit edildi. Cu ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda tespit edildi. Mn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Yenice istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda tespit edildi. Zn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Yenice istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi. As ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda. Cd ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi. Cr ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi. Ni ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi.

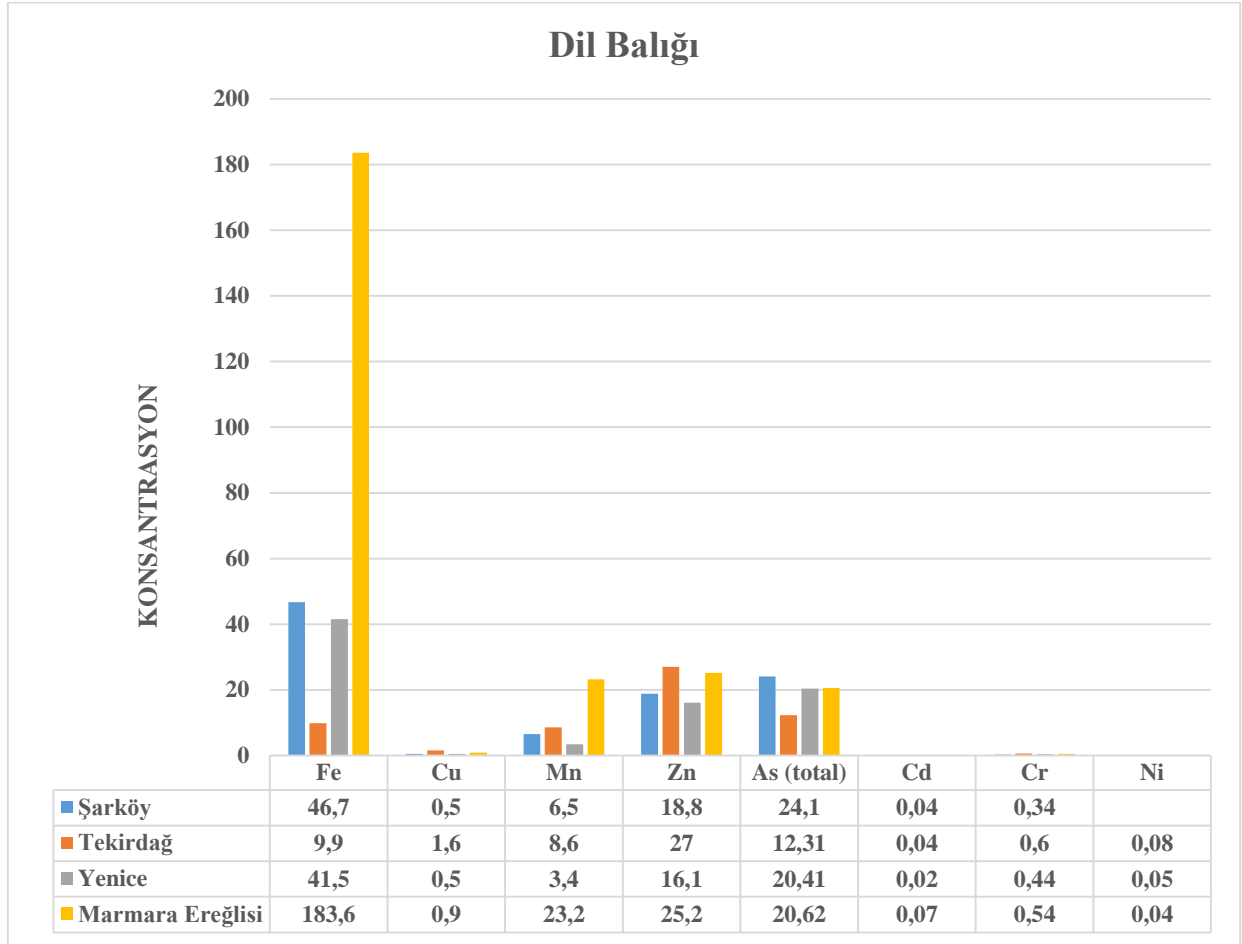
Tablo 4.4: Mezgit balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları



Mezgit balığının için tüm istasyonlarda Pb ve Hg cihazın minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi. Mezgit balığında Fe ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Yenice istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi. Cu ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Yenice istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez ve Şarköy istasyonlarında tespit edildi. Mn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. Zn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edildi. As ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda. Cd ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi. Cr ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edildi. Ni ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi

istasyonunda, diğer istasyonlarda ise minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi.

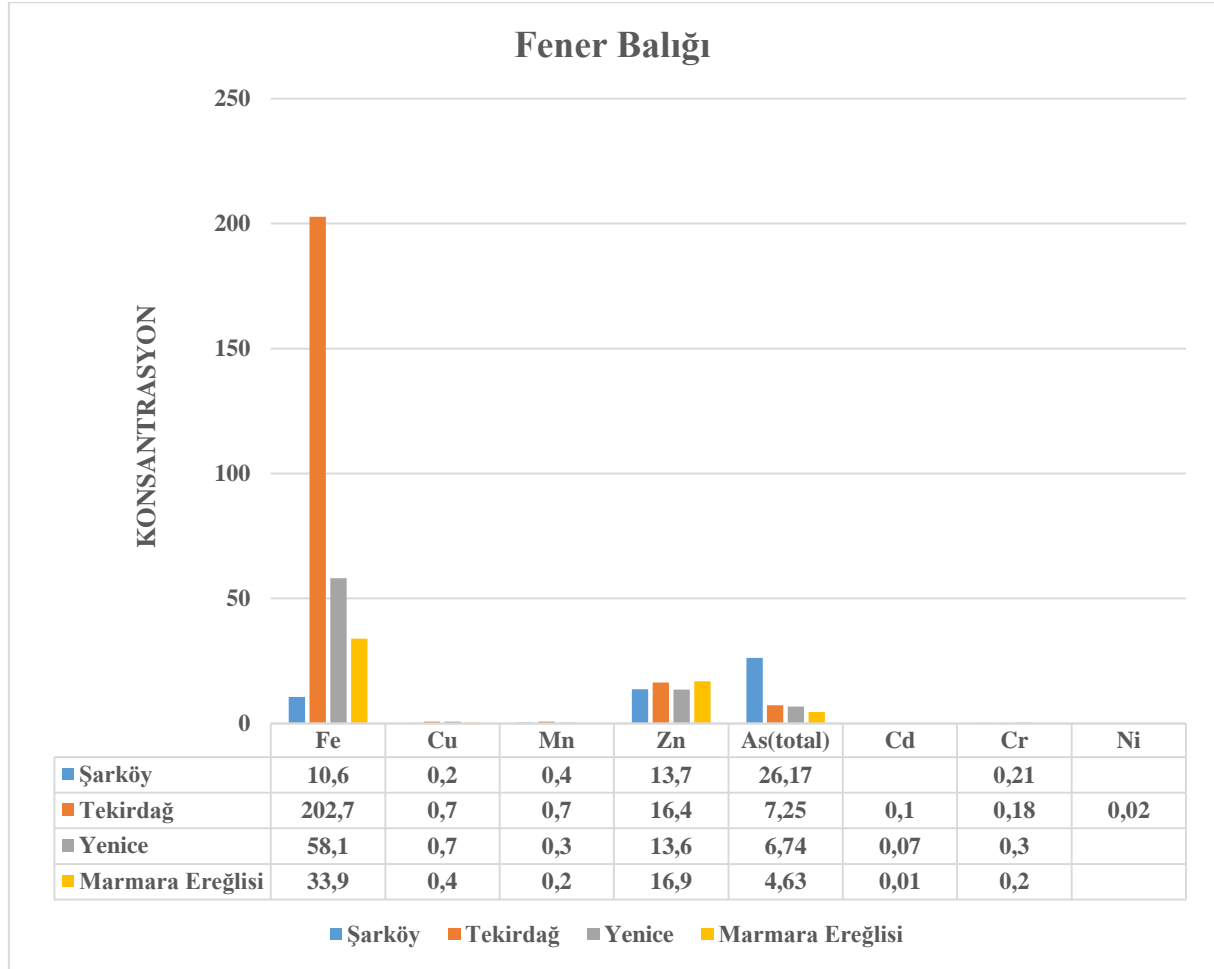
Tablo 4.5: Dil balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları



Dil balığın için tüm istasyonlarda Pb ve Hg cihazın minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi. Dil balığında Fe ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda tespit edildi. Cu ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Şarköy ve Yenice istasyonlarında tespit edildi. Mn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. Zn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. As ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda. Cd ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. Cr ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda

tespit edildi. Ni ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edilirken Şarköy istasyonunda minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi.

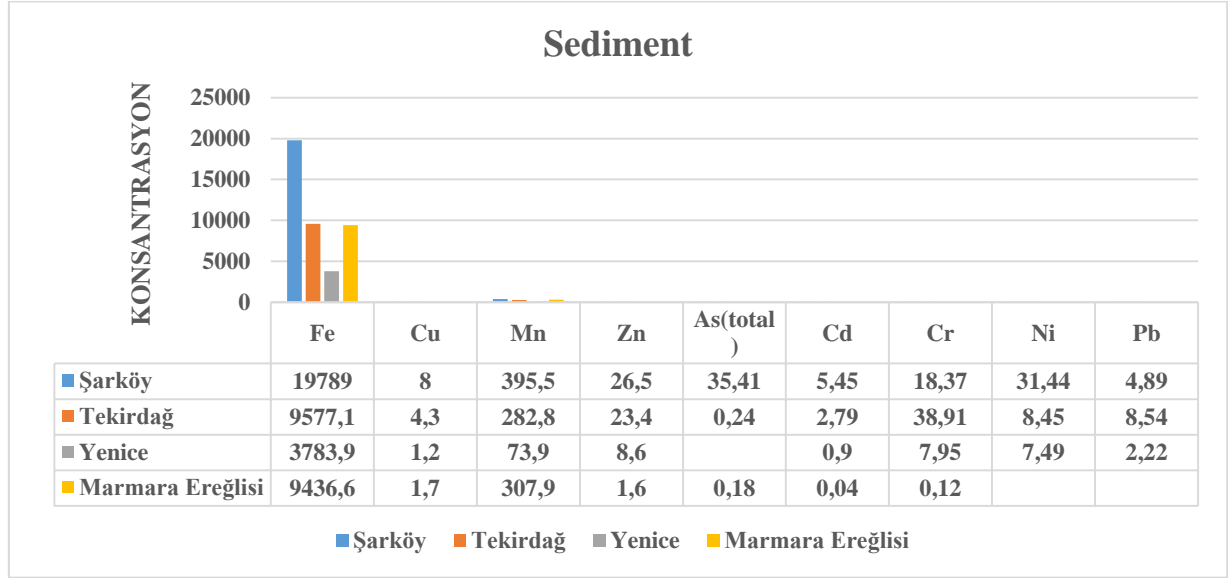
Tablo 4.6: Fener balığının istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları



Fener balığının için tüm istasyonlarda Pb ve Hg cihazın minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi. Fener balığında Fe ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi. Cu ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez ve Yenice istasyonlarında, en düşük konsantrasyonu Şarköy istasyonunda tespit edildi. Mn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edildi. Zn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. As ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda. Cd ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edilirken Şarköy istasyonunda

ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi. Cr ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda en düşük konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda tespit edildi. Ni ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda tespit edilirken diğer istasyonlarda minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi.

Tablo 4.7: Sedimentin istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları



Sediment için tüm istasyonlarda Hg ağır metali cihazın minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi. Sedimentte Fe ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy merkez istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. Cu ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. Mn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edildi. Zn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edildi. As ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edilirken yenice istasyonunda cihazın minimum ölçüm sınır altında kaldığı için tespit edilemedi. Cd ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edildi. Cr ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez istasyonunda en düşük konsantrasyonu Marmara Ereğlisi istasyonunda tespit edildi. Ni ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Şarköy istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edilirken Marmara Ereğlisi istasyonunda minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi. Pb ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu Tekirdağ merkez

istasyonunda, en düşük konsantrasyonu Yenice istasyonunda tespit edilirken Marmara Ereğlisi istasyonunda minimum ölçüm sınırı altında kaldığı için tespit edilemedi.

Sediment numunelerinde Civa (Hg) konsantrasyonu, tespit sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Balık örneklerinin kaslarındaki sırasıyla minimum ve maksimum Fe konsantrasyonu 8.2 mg/kg'in Mezgit balığı (*M.merlangus*) ve 202.7 mg/kg olarak Fener balığında tespit edilmiştir. Türler arası ortalama alındığında istasyonlara göre Fe, konsantrasyonları minimum 32.3 mg/kg Şarköy'de, maksimum 78 mg/kg Marmara Ereğlisi'nde ölçülmüştür. Tekirdağ Merkez istasyonundan avlanan Fener balığı (*L.piscatorius*) ve Marmara Ereğlisi'nden avlanan Dil balığı (*S. vulgaris Quensel*) örneklerinin kas dokusunda Fe konsantrasyonu ANZFA (2011) tarafından belirlenen limit olan 151 mg/kg üzerinde tespit edilmiştir. Literatürdeki bazı araştırmalarda Fe konsantrasyonunun Orta Karadeniz'de avlanan balıkların kas doku örneklerinde 9.25-32.4 mg/kg (Türkmen ve ark. 2005), Ege ve Karadeniz'de avlanan balıkların kas doku örneklerinde 68.6-163 mg/kg arasında (Uluözlü 2007), Akdeniz ve Ege denizlerinde avlanan balık türlerinin kas doku örneklerinde ise 9.18-136 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Türkmen ve ark. 2009). Bu araştırmada balık örneklerinin kas dokusunda ölçülen maksimum demir konsantrasyonu 202.7 mg/kg maksimum tavsiye edilen limit olan 151 mg/kg (ANZFA 2011)'dan yüksek tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarındaki sırasıyla minimum ve maksimum Zn konsantrasyonu Tekir balığı (*M.surmuletus*)'ta 13.6 mg/kg, Tekir balığı (*M.surmuletus*)'da 100.1 mg/kg tespit edilmiştir. Türler arası ortalama alındığında istasyonlara göre Zn konsantrasyonu, minimum 18.2 mg/kg Şarköy'de ölçülürken maksimum 36.2 mg/kg Yenice'de ölçülmüştür. Literatürdeki bazı araştırmalarda Zn konsantrasyonunun Karadeniz'de Bulgaristan kıyılarından avlanan balıkların kas doku örneklerinde 5.2 ile 11 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Makedonski ve ark. 2017), Ege Denizi ve Karadeniz'den avlanan balıkların kas doku örneklerinde Zn konsantrasyonu; 38.8-93.4 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Tuzen 2009), Çin Hainnan'dan avlanan balıkların kas doku örneklerinde Zn konsantrasyonu; 1.45-8.07 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Liu ve ark. 2015), Akdeniz kıyı bölgesi paradeniz lagünüden avlanan balıkların kas doku örneklerinde Zn konsantrasyonu; 6.63-14.8 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Türkmen ve ark. 2011). Türk Gıda Kodeksine göre izin verilen maksimum çinko konsantrasyonu 50 mg/kg olarak belirlenmiştir (Anonymous 2008). Buna göre Yenice istasyonundan avlanan tekir balık örneklerinin kas dokusunda ölçülen Zn konsantrasyonu izin verilen limitlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarındaki sırasıyla minimum ve maksimum Mn konsantrasyonu Fener balığında 0.2 mg/kg, Dil balığında 23.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Türler arası

ortalama alındığında istasyonlara göre Mn konsantrasyonu minimum 2.35 mg/kg olarak Yenice istasyonunda tespit edilirken, maksimum 6.5 mg/kg olarak Marmara Ereğlisi istasyonunda ölçülmüştür. Literatürdeki bazı araştırmalarda Mn düzeyi Karadeniz ve Ege Denizi'nden avlanan balıkların kas doku örneklerinde minimum ve maksimum konsantrasyonlar; 1.28-7.4 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Uluözlü 2007), Akdeniz kıyısında avlanan balıkların kas doku örneklerinde Mn konsantrasyonu; 0.38-1.06 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Türkmen ark. 2011), Doğu Karadeniz'de avlanan balıkların kas doku örnekleri üzerinde yapılan çalışmalarda ise Mn konsantrasyonu; 0.79-1.26 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Alkan ve ark. 2016). Türk Gıda Kodeksi'nde balık örneklerinde maksimum Mn konsantrasyonu hakkında bilgi bulunmamaktadır (Anonymous, 2008). Balık örneklerinde tespit edilen Mn konsantrasyonu 0.4 – 23.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Buna göre deniz ürünlerinde önerilen maksimum Mn konsantrasyonu 0.5 mg/kg (WHO 1985) sınırından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarında sırasıyla minimum ve maksimum arsenik konsantrasyonu; Fener balığının (*L.piscatorius*)'da 4.63 mg/kg, Tekir balığının (*M.surmuletus*)'da 31 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Türler arası ortalama alındığında istasyonlara göre As konsantrasyonu, minimum konsantrasyon 9.08 mg/kg Tekirdağ Merkez istasyonunda tespit edilirken, maksimum konsantrasyon 18.5 mg/kg Şarköy istasyonunda tespit edilmiştir. Avrupa Komisyonu'na göre balıklar için izin verilen maksimum arsenik konsantrasyonu 2 mg/kg'dır (EEC 2006). Literatürde yapılan bazı çalışmalarda, Karadeniz'in Bulgaristan kıyılarında avlanan balıkların kas doku örneklerinde As konsantrasyonu; 0.38-1.9 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir (Makedonski ve ark. 2017), Çin'in güneyinde yer alan Hainan kıyılarından avlanan balıkların kas doku örneklerinde As konsantrasyonu 0.48-6.99 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Liu ve ark. 2015), Malakka Boğaz'ında avlanan balıkların kas dokularında As konsantrasyonu 0.64-1.10 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Alina ve ark. 2012). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı, insanlar için kanserojen etki taşıyan metaller sınıflandırmasında inorganik arseniğe birinci sırada yer verilmiştir. Saf metal arsenik ve inorganik bileşikleri suda çözünmezler ve teorik olarak toksik etkilerden yoksundurlar, ancak nemli bir ortamda oksidasyonla toksik bileşiklere (As_2O_3) dönüşebilirler (EPA 2000). İnorganik As bileşikleri genellikle tarımda böcek ilacı, mantar öldürücü, kurutucu ve hayvan yemi katkısında kullanılmıştır (Cheung ve ark 2008). İnorganik As, kararlı ve çözünür olduğu için arsenik bileşikleri arasında en toksik formudur ve içme suyunda yüksek seviyelerde bulunur. Arseniğin besinlerle alınımının ana kaynağı deniz

ürünleridir. Bazı deniz ürünlerinde çok yüksek konsantrasyonlarda arsenik bulunabilir (100 ppm'e kadar). Bu ölçülen arsenik, toksik olan inorganik formunun (arsenit) yerine toplam As konsantrasyonlarıdır. Balık kas dokusunda arseniğin % 90 kadarı toksik olmayan arsenobetain formundadır (Zoorob ve ark. 1998, Goyer ve Clarkson 2001, Bosch ve ark. 2016). Bu araştırmaya göre balık örneklerinde bulunan As konsantrasyonu 4.63-31 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Buna göre deniz ürünlerinde önerilen maksimum As konsantrasyonu 2 mg/kg (EEC, 2006) limitinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarındaki sırasıyla minimum ve maksimum Cu konsantrasyonu, Fener balığının (*L.piscatorius*)'da 0.2 mg/kg, Dil balığının (*S.vulgaris Quensel*)'de 1.6 mg/kg tespit edilmiştir. Türler arası ortalama alındığında istasyonlara göre Cu konsantrasyonu, minimum 0.6 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülürken, maksimum 0.9 mg/kg Tekirdağ Merkez istasyonunda ölçülmüştür. Literatürdeki bazı araştırmalarda Dicle nehrinden avlanan balıkların kas doku örnekleri analiz edildiğinde Cu konsantrasyonu; 1.96-5.61 mg/kg arasında olduğu (Karadede ve ark. 2007), Karadeniz'in Bulgaristan kıyılarından avlanan balıkların kas doku örneklerinde Cu konsantrasyonu; 0.34-1.4 mg/kg arasında (Makedonski ve ark 2017), Çin'nin güney kısmında yer alan Hainan kıyılarından avlanan balıkların kas doku örneklerinde Cu konsantrasyonu 0.07-0.94 mg/kg arasında (Liu ve ark. 2015), Karadeniz'in Türkiye kıyılarında avlanan balıkların kas doku örneklerinde bakır konsantrasyonu 0.65-2.78 mg/kg arasında (Tuzen 2009), Çin'in Taihu gölünden avlanan balıkların kas doku örneklerinde ise Cu konsantrasyonu 0.034-0.037 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Rajeshkumar ve ark. 2018). Bu araştırmada ise avlanan balıkların kas doku örneklerinde bulunan Cu konsantrasyonu; 0.2-1.6 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir. Buna göre deniz ürünlerinde önerilen maksimum Cu konsantrasyonu 3 mg/kg (WHO) limitinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarındaki sırasıyla minimum ve maksimum Cr konsantrasyonu *M. Merlangus*'ta 0.12 mg/kg Marmara Ereğlisi'nde ölçülmüştür, *M. surmuletus*'da 4.44 mg/kg olarak Tekirdağ'da tespit edilmiştir. Türler arası ortalama alındığında istasyonlara göre Cr konsantrasyonu, minimum konsantrasyon 0.26 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüş, maksimum konsantrasyon 1.34 mg/kg Tekirdağ Merkez istasyonunda ölçülmüştür. Literatürdeki bazı araştırmalarda Karadeniz Türkiye kıyılarında avlanan balıkların kas doku örneklerinde Cr konsantrasyonu 0.63-1.74 mg/kg arasında (TFC 2008), Ege ve Akdeniz'de avlanan balıkların kas doku örneklerinde ise Cr konsantrasyonu 0.07-1.48 mg/kg arasında

(Türkmen ve ark. 2009), Çin'in güneyinde bulunan Hainan'da avlanan balıkların kas doku örneklerinde Cr konsantrasyonu 1.38-4.36 mg/kg arasında (Liu ve ark 2015), Hazar Denizi'nden avlanan balıkların kas doku örneklerinde Cr konsantrasyonu; 24.37-130.27 mg/kg arasında (Tabari ve ark. 2010), Çin'in Taihu gölünde avlanan balıkların kas dokuları üzerinde yapılan araştırmada Cr konsantrasyonu; 0.032-0.092 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Rajeshkumar ve ark. 2018). Bu tez çalışmasında ise avlanan balıkların kas dokusunda Cr konsantrasyonlarına göre Tekirdağ Merkez'de tekir balığında ölçülen 4.44 mg/kg konsantrasyonu; deniz ürünlerinde 1.0 mg/kg (WHO 1985, FEPA 2003) önerilen maksimum sınır konsantrasyonundan daha yüksek tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarında sırasıyla minimum ve maksimum Ni konsantrasyonu *L.piscatorius*'da 0.02 mg/kg, *M.surmuletus*'ta 4.48 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Türler arası ortalama alındığında istasyonlara göre Ni konsantrasyonu, minimum 0.02 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülürken, maksimum 1.15 mg/kg Tekirdağ Merkez istasyonunda ölçülmüştür. Literatürdeki bazı araştırmalara göre Dicle nehrinde avlanan balıkların kas doku örneklerinde Ni konsantrasyonu; 0.19-1.81 mg/kg arasında (Karadede ve ark 2007), Karadeniz'de avlanan balıkların kas dokularında yapılan araştırmada Ni konsantrasyonu; 1.14-3.60 mg/kg arasında (Tuzen 2009), Çin'in güney kısmında avlanan sucul canlılarda Ni konsantrasyonu; 0.01-31 mg/kg arasında (Qin ve ark. 2010), Venezuela'nın Paria körfezinde avlanan balıkların kas doku örneklerinde yapılan araştırmada Ni konsantrasyonu 0.12-0.18 mg/kg arasında (Lemus ve ark 2014), Nijerya'nın Ogun Kıyı Suyu kıyısından avlanan balıkların kas doku örneklerinde Ni konsantrasyonu 1.37-2.56 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Murtala ve ark. 2012). Nikel, toprak kabuğunun doğal bir elementidir. Bu nedenle gıda, su, toprak ve havadaki küçük miktarlarda bulunur. Yetişkinler için ortalama günlük nikel alımı yaklaşık 100- 300 µg'dır. Bu çalışmada Ni konsantrasyonu deniz ürünlerinde önerilen maksimum 0.5 mg/kg (WHO 1985, FEPA 2003) sınırlarına göre Tekirdağ Merkez istasyonunda tekir balığında ölçülen 4.48 mg/kg Nikel konsantrasyonu daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarındaki sırasıyla minimum ve maksimum Cd konsantrasyonu Mezgit balığı (*M. merlangus*) ve Fener balığı (*L. piscatorius*) balıklarında 0.01 mg/kg, Tekir balığı (*M. surmuletus*)'da 0.62 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Türler arası ortalama alındığında istasyonlara göre Cd konsantrasyonu, minimum 0.02 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülürken, maksimum 0.2 mg/kg Tekirdağ Merkez istasyonunda ölçülmüştür. Literatürdeki bazı araştırmalarda Cd konsantrasyonu Karadeniz'in Bulgaristan kıyılarında avlanan

balıkların kas doku örneklerinde Cd konsantrasyonu; 0.006-0.015 mg/kg arasında (Makedonski ve ark. 2017), Karadeniz’de avlanan balıkların kas dokularındaki Cd konsantrasyonu 0.10-0.35 mg/kg arasında (Tuzen ve ark. 2009). Çin’in güney kısmında yer alan Hainan kıyılarından avlanan balıkların kas doku örneklerinde ise Cd konsantrasyonu 0.002-0.012 mg/kg arasında (Liu ve ark. 2015), Çin’in Taihu gölünde avlanan balıkların kas doku örneklerinde Cd konsantrasyonu 0.023-0.042 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Rajeshkumar ve ark.2018). Bu araştırmada balıkların kas doku örneklerinde Cd konsantrasyonu 0.01-0.62 mg/kg arasında tespit edilmiştir. Önerilen maksimum Cd seviyesi deniz mahsullerinde 0.05 mg/kg (EEC, 2006) sınırına göre Tekirdağ Merkez istasyonunda tekir ve fener balığında, Yenice istasyonunda tekir ve fener balığında, Marmara Ereğlisi istasyonunda ise dil balığında bu konsantrasyon sınırından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Balık örneklerinin kaslarında Pb ve Hg düzeyleri ölçüm sınırlarının altında olduğundan hiçbir istasyonda tespit edilememiştir.

Sedimentteki örneklerdeki ortalama ağır metal konsantrasyonları Fe(10646.65)> Mn(265.02)> Zn(18.63)> Cr(16.34)> Ni(15.34)> As(11.94)> Pb(3.91)> Cu(3.8)> Cd(2.3) şeklinde tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde tespit edilen esansiyel element ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi gösteren Spearman sıra farkları korelasyon katsayıları Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Spearman’rsrho korelasyon analizine ait bulgular

Metal	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Cd	Cr	Ni	Pb
Fe	1	0.964**	0.786*	0.952**	0.024	0.795*	0.571	0.778*	0.563
Cu		1	0.795*	0.988**	0.108	0.768*	0.602	0.776*	0.558
Mn			1	0.786*	-0.024	0.386	0.024	0.371	-0.036
Zn				1	0.095	0.771*	0.571	0.778*	0.563
As					1	0.434	0.214	0.503	0.096
Cd						1	0.747*	0.982**	0.788*
Cr							1	0.755*	0.922*
Ni								1	0.783*
Pb									1

*p<0.05; **p<0.01

Yapılan Spearman sıra farkları korelasyon istatistik yöntemiyle; Fe değeri ile Cu konsantrasyonu ($r = 0.964$; $p < 0.01$) ve Zn konsantrasyonu arasında ($r = 0.952$; $p < 0.01$) pozitif yönde anlamlı düzeyde çok yüksek ilişki, Mn konsantrasyonu ($r = 0.786$; $p < 0.05$), Cd konsantrasyonu ($r = 0.795$; $p < 0.05$) ve Ni konsantrasyonu ($r = 0.778$; $p < 0.051$) arasında pozitif yönde anlamlı düzeyde yüksek ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca; Cu konsantrasyonu ile Zn konsantrasyonu ($r = 0.988$; $p < 0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı düzeyde çok yüksek ilişki, Mn konsantrasyonu ($r = 0.795$; $p < 0.05$), Cd konsantrasyonu ($r = 0.768$; $p < 0.05$) ve Ni konsantrasyonu ($r = 0.776$; $p < 0.05$) arasında pozitif yönde anlamlı düzeyde yüksek ilişki saptanmıştır. Yine Mn konsantrasyonu ile Zn konsantrasyonu ($r = 0.786$; $p < 0.05$) arasında pozitif yönde anlamlı düzeyde yüksek ilişki olduğu tespit edilmiştir. Dahası Zn konsantrasyonu ile Cd konsantrasyonu ($r = 0.771$; $p < 0.05$) ve Ni konsantrasyonu ($r = 0.778$; $p < 0.05$) arasında pozitif yönde anlamlı düzeyde yüksek ilişki vardır. Bununla birlikte Cd konsantrasyonu ile Ni konsantrasyonu ($r = 0.982$; $p < 0.01$) ve Cr konsantrasyonu ile Pb konsantrasyonu ($r = 0.922$; $p < 0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı düzeyde çok yüksek ilişki ve Cd konsantrasyonu ile Cr konsantrasyonu ($r = 0.747$; $p < 0.05$), Cd konsantrasyonu ile Pb konsantrasyonu ($r = 0.788$; $p < 0.05$), Cr konsantrasyonu ile konsantrasyonu ($r = 0.755$; $p < 0.05$) ve Ni konsantrasyonu ile Pb konsantrasyonu ($r = 0.755$; $p < 0.05$) arasında pozitif yönde anlamlı düzeyde yüksek ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara rağmen diğer esansiyel element ve toksik metal konsantrasyonları arasında ilişki saptanmamıştır.

Sediment örneklerinde ölçülen Fe konsantrasyonu minimum 3783.9 mg/kg Çorlu Yenice istasyonunda ölçülürken, maksimum 19789 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde sediment örneklerinde yapılmış çalışmalarda Fe konsantrasyonları Hindistan'ın Hidro Nehrinde alınan sediment örneklerinde 9733.89 $\mu\text{g/g}$ (Ajmal ve Khan 1987), İskenderun Körfezinde alınan sediment örneklerinde 49921 mg/kg (Türkmen 2003), Atatürk Baraj Gölü'nde yapılan sediment örneklerinde 12587 mg/kg (Karadede ve Ünlü 2000), Çıldır gölünde yapılan çalışmada sedimentte 17.17 mg/kg (Çevik 2012), Gediz nehrinde yapılan çalışmada ise Fe konsantrasyonu 3072 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Minareci ve ark. 2004). Yer kabuğunda en bol bulunan element Fe elementi olduğu için deniz sedimentlerinde Fe konsantrasyonları yüksek çıkabilmektedir. Çalışmamızda dört farklı istasyonda tespit ettiğimiz Fe konsantrasyonları EPA tarafından belirlenen sediment kalite konsantrasyonlarına göre orta derece kirli sınıftadır.

Cu konsantrasyonu minimum 1.2 mg/kg Çorlu Yenice istasyonunda, maksimum 8 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde İskenderun Körfezi'nde sedimentte Cu konsantrasyonu 37.053 mg/kg (Türkmen 2003), Atatürk Baraj Gölü'nden alınan sediment örneklerinde 14.5-22.7 mg/kg arasında (Karadede ve ünlü 2000), Çıldır Gölü'nden alınan sediment örneklerinde 0.61 mg/kg (Çevik 2012), Doğu Londra ve Port Elizabeth limanlarından alınan sediment örneklerinde ise 12.7-183.0-8.6-82.3 µg/kg arasında tespit edilmiştir (Fatoki ve Mathabatha 2001). Çalışmamızda dört istasyonda ölçülen Cu konsantrasyonları EPA sediment kalite standardına göre kirlenmemiş sınıftadır.

Mn konsantrasyonu minimum 73.9 mg/kg Çorlu Yenice istasyonunda, maksimum 395.5 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde İskenderun körfezinden alınan sediment örneklerinde Mn konsantrasyonu 1304.5 mg/kg (Türkmen 2003), Atatürk Baraj'ından alınan sediment örneklerinde 73.6-514.07 mg/kg arasında (Karadede ve ünlü 2000), Ege Denizi'nden Yunanistan suları Evoikes Koyu'ndan alınan sediment örneklerinde 331-536 µg/mg aralığında (Angelidis ve Aloupi 2000), Çıldır gölünden alınan sediment örneklerinde 16,34 mg/kg (Çevik 2012), Doğu Londra ve Port Elizabeth limanlarından alınan sediment örneklerinde ise Mn konsantrasyonu sırasıyla 87.4-549.0µg/g ve 103.0-499.0 µg/g arasında (Fatoki ve Mathabatha 2001), Manisa'nın Gediz nehrinden alınan sediment örneklerinde ise Mn konsantrasyonu 145 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Minareci ve ark 2004). EPA tarafından belirlenen sediment kalite standardına göre Tekirdağ Merkez, Şarköy ve Marmara Ereğlisi kısmen kirli sınıftandır.

Zn konsantrasyonu minimum 8.6 mg/kg Çorlu Yenice istasyonunda ölçülmüşken, maksimum 26.5mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde İskenderun Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde Zn konsantrasyonu 232.87 mg/kg (Türkmen 2003), Atatürk Barajı'ndan alınan sediment örneklerinde 59.4-60.79 mg/kg (Karadede ve ünlü 2000), Çıldır Gölü'nden alınan sediment örneklerinde 82.31 mg/kg (Çevik 2012), Doğu Londra ve Port Elizabeth limanlarından alınan sediment örneklerinde sırasıyla 26.1-332.0 µg/kg ve 18.8-126.0µg/g arasında tespit edilmiştir (Fatoki ve Mathabatha 2001). Çalışmamızda dört farklı istasyonda tespit ettiğimiz Zn konsantrasyonları EPA tarafından belirlenen sediment kalite standardına göre kirlenmemiş sınıftadır.

As (total) konsantrasyonu minimum 0.18 mg/kg Marmara Ereğlisi istasyonunda, maksimum 35.41 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti denizlerinden alınan sediment örneklerinde As konsantrasyonu 3.3-55.4 mg/kg

arasında (Duman ve ark. 2012), Nijerya Lagos lagününden alınan sediment örneklerinde 1.27-2.67 mg/kg (Adebola VE ARK 2018), Çin’de Nansi gölünden alınan sediment örneklerinde 0.05–0.10 mg/kg (Zhu ve ark 2015) olduğu tespit edilmiştir. Şarköy istasyonunda ölçülen As konsantrasyonu EPA tarafından belirlenen sediment kalite standartlarına göre aşırı kirlenmiş sınıftadır.

Cd konsantrasyonu minimum 0.04 mg/kg Marmara Ereğlisi istasyonunda, maksimum 5.45mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde İskenderun Körfezi’nden alınan sediment örneklerinde ölçülen Cd konsantrasyonu 4.4725 mg/kg (Türkmen 2003), Nador lagün (Akdeniz kıyıları)’den alınan sediment örneklerinde 1.6-3.6 mg/kg(Maanan 2015), Doğu Londra ve Port Elizabeth limanlarından alınan sediment örneklerinde Cd konsantrasyonu ise sırasıyla 0.12-1.63 mg/kg ve 0.1-1.4 mg/kg arasında (Fatoki ve Mathabatha 2001), Cadiz körfezinde alınan sediment örneklerinde ise Cd konsantrasyonu 1.24 mg/kg olarak tespit edilmiştir (DelValls ve ark. 1998). Çalışmamızda Tekirdağ’da tespit edilen Cd konsantrasyonu FAO’nun belirlemiş olduğu 2 mg/kg olan sınır değeri belli oranda aşmışken, Şarköy’den alınan sediment örneklerinde bu oranı çok fazla aşmıştır. EPA sediment kalite standardına göre ise Şarköy istasyonu Cd tarafından aşırı kirlenmiş sınıftadır.

Cr konsantrasyonu minimum 0.12 mg/kg Marmara Ereğlisi istasyonunda, maksimum 38.91 mg/kg Tekirdağ Merkez istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde İskenderun Körfezi’nde alınan sediment örneklerinde Cr konsantrasyonu 1419.8 mg/kg (Türkmen 2003), Cadiz Körfezi’nde alınan sediment örneklerinde ise Cr konsantrasyonu 90.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir (DelValls ve ark. 1998). Çalışmamızda Tekirdağ Merkez istasyonunda ölçülen Cr konsantrasyonları EPA sediment kalite standardına göre orta derece kirlenmiş sınıfta bulunmuştur.

Ni konsantrasyonu minimum 7.49 mg/kg Marmara Ereğlisi istasyonunda, maksimum 31.44 mg/kg Şarköy istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde Atatürk Baraj’ından alınan sediment örneklerinde Ni konsantrasyonu 43.69-139.69 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Karadede ve ünlü 2000). Çalışmamızda tespit ettiğimiz Ni konsantrasyonları EPA tarafından belirlenen sediment kalite standartlarına göre Şarköy ve Tekirdağ Merkezde orta derece kirlenmiş sınıfta belirlenmiştir.

Pb konsantrasyonu minimum 2.22 mg/kg olarak Marmara Ereğlisi istasyonunda, maksimum 8.54 mg/kg Tekirdağ Merkez istasyonunda ölçülmüştür. Literatürde İskenderun

körfezinde alınan sedimentte Pb konsantrasyonu 141.63 mg/kg (Türkmen 2003), Çıldır gölünden alınan sediment örneklerinde 1.69 mg/kg (Çevik 2012), Doğu Londra ve Port Elizabeth limanlarından alınan sediment örneklerinde sırasıyla 3.2-84.2 µg/g ve 9.0-61.9 µg/g arasında (Fatoki ve Mathabatha 2001). Cadiz körfezinde alınan sediment örneklerinde 52.5 mg/kg (DelValls ve ark. 1998), Mersin Körfezi’de Mersin Limanı ve Karaduvar balıkçılık alanlarından alınan sediment örneklerinde, Karaduvar bölgesinde 45.61 µg/g tespit edilirken, Mersin Limanından alınan örneklerde 19.02 µg/g olarak tespit edilmiştir (Sağlamtimur ve Kumbur 2010). Çalışmamızda Pb konsantrasyonları EPA sediment kalite standardına göre kirli sınıfta değildir. Civa konsantrasyonları tespit limitlerinin altında olduğundan belirlenememiştir.

Civa ise hiçbir sediment numunesinde tespit edilememiştir.

Önemli stratejik değeri olan su kaynaklarımız ve bunların ekosistemleri giderek kullanılamaz hale gelmekte veya her yıl bir kısmı tamamen yitirilmektedir. Meriç-Ergene Nehri Havzasında gerçekleşen plansız sanayileşme ve şehirleşme, yetersiz altyapı, tarımda bilinçsiz ve denetimsiz kimyasal kullanımı, evsel atık suların arıtılmaması gibi su kalitesini etkileyen faaliyetler sebebiyle; Havzanın yüzey ve yer altı sularının kalitesi aşırı derecede bozulmuş bulunmaktadır.

Çalışmamızda Marmara Denizi Tekirdağ ili kıyısından dört farklı noktadan toplanan dört farklı balık türü ve sediment örneklerinde toksik metaller ve esansiyel elementler analizleri gerçekleştirilmiş ve ulusal ve uluslararası sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Meriç-Ergene Nehri Havzasında yapılmakta olan ıslah çalışmaları ve ‘Ergene Havzası Eylem Planı’ bölgenin ağır metal kirliliği açısından iyileşmesine büyük katkı sağlansa da özellikle havzada yapılan tarımsal faaliyetler ve endüstriyel faaliyetler esansiyel element ve toksik metaller arasından kirliliğe katkı sağlamaktadır. Bu nedenle ağır metallerin kontrolü için, yapılacak izleme çalışmalarının devamlılığı ve envanter oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlar yapılacak risk değerlendirme çalışmalarında yol gösterici olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Abonaz F.,2010. Orta Karadeniz’de Avlanan Hamsi Ve Mezgit Balığında Ağır Metal Tayini, Yüksek Lisans Tezi, On dokuz mayıs Üniversitesi,53,Samsun.
- Adebola Bawa-Allah Kafilat, Saliu Joseph Kayode, and Otitoloju Adebayo 2018 AkeemIntegrated assessment of the heavy metal pollution status and potential ecological risk in the Lagos Lagoon, South West, Nigeria. Human and Ecological Risk Assessment. Volume 24, - Issue 2.
- Ajmal, M, R. , Khan, A, U.(1987). “Heavy metals in water, sediment, fish and plants of River Hindon, U.P., India”. Hydrobiologia, 148:151-157.
- Akaydın, A. 2014. Doğu Karadeniz Sularından Yakalanan Ekonomik Öneme Sahip Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi.Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Pp.1, Giresun.
- Akçay, S., 2011. İzmir Körfezi’nin Farklı Bölgelerinde Avlanan Bazı Demersal Balık Türlerinin Kimyasal Değişimlerinin Mevsimsel Olarak Araştırılması Doktora Tezi,Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. 91s. (yayınlanmamış)
- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Düzenli, S., Güney, K. ve Kurt, K., 2004. ‘Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi)’, Palme Yayıncılık, S:181-186, Ankara. Akşiray, F., 1987. ‘Türkiye Deniz balıkları ve Tayin Anahtarı’ II. Baskı, İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, İstanbul.
- Aksu, A.; Balkıs, N., Taşkın, Ö.S. (2011): “Toxic Metal (Pb, Cd, As and Hg) and Organochlorine Residue Levels in Hake (*Merluccius merluccius*) from the Marmara Sea, Turkey’, Author’s Proof Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-0111893-1.
- Aksu, A., Taşkın, Ö.S., 2012. Organochlorine Residue and Toxic Metal (Pb, Cd and Cr) Levels in the Surface Sediments of the Marmara Sea and the Coast of Istanbul, Turkey. Marine Pollution Bulletin, 64: 1060-1062.
- Akşiray, F.:1987, Türkiye Deniz Balıkları ve Tayin Anahtarı II.Baskı, İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü,3490, İstanbul, 60-626.
- Al-Busaidi, M.; Yesudhason P.; Al-Mughairi, S.; Al-Rahbi, W.A.K. AlHarty, K.S., Al-Mazrooei, N.A.: „“Toxic Metals in Commercial Marine Fish in Oman with Reference to National and International Standarts””, Chemosphere, (2011) (Article in press)
- AlinaM., A. Azrina, A.S. Mohd Yunus, S. Mohd Zakiuddin, H. Mohd Izuan Effendi, R. (2012) Muhammad Rizal, Heavy Metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca. Int Food Res J, 19(1) 135-140..
- Alkan A., N. Alkan, U. Akbaş, (2016) The Factors Affecting Heavy Metal Levels in the Muscle Tissues of Whiting (*Merlangius merlangus*) and Red Mullet (*Mullus barbatus*). Tarım Bilimleri Dergisi — J Agric Sci. 22 349-359.

- Alkorta, I., Hernandez-Allica Becerril, J. M., Amezaga, I., Albizu, I. ve Garbisu, C. (2004)
Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic, Rev. Environ. Sci. Biotechnol, 3: 71-90s
- Alonso Castilla, M.L., Sanchez Trujillo, I., Vereda Alonso, E., Garcia De Torres, A., Cano Pavon, J.M., 2013. Bioavailability of Heavy Metals in Water and Sediments from a Typical Mediterranean Bay (Málaga Bay, Region of Andalucía, Southern Spain). Marine Pollution Bulletin, 76: 427-434.
- Altuğ G, Güler N (2002). Determination of the levels of indicator bacteria, salmonella spp. and heavy metals in sea snails (rapana venosa) from the Northern Marmara Sea, Turkey. Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences, 2: 141–144
- Angelidis, M.O., Aloupi, M. 2000. Geochemical Study of Coastal Sediments Influenced by River-transported Pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece. Marine Pollution Bulletin, 40 (1): 77-82.
- Anonim. 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Anonim 2008, <https://www.bilgiustam.com/fener-baliginin-zellikleri/> erişim tarihi: 03.12.2008
- Anonim, 2011. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en>
- Anonim, 2011. gıda ve kontrol genel müdürlüğü, ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenliyen tebliğ, <http://www.kkgm.gov.tr/teblig/2008-48.html>. 13 aralık 2011
- Anonim. 2012. Türkiye İstatistik Kurumu, Belediye Atıksu İstatistikleri-Dönemi: 2010. <http://www.tuik.gov.tr> Web adresinden 05 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.
- Anonim, (2012) TMMOB Maden mühendisleri odası Nikel Raporu, Kasım 2012.
- Anonim, 2013, Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği, Türk Gıda Kodeksi, <https:kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/42601?AspxAutoDetectCookieSupport=1> (Erişim tarihi:01.12.2017)
- Anonim 2014, Ergene havzası koruma eylem planı, (<http://bhi.nku.edu.tr/minisiteler/userfiles/ergenehavzasieylem.pdf> 2014).
- Anonim (2016). <http://www.dijitaluydu.info> (erişim tarihi, 06/09/2016).
- Anonim (2017). <http://www.mfa.gov.tr/turk-bogazlari.tr.mfa> (erişim tarihi, 11/04/2017)
- Anonim 2018a, <https://www.guncelkaynak.com/nedir/mezgit-merlarigi-us-euxmus/> Erişim tarihi;15 Aralık 2018
- Anonim 2018b, <http://blog.milliyet.com.tr/algarna-nedir-/Blog/?BlogNo=435817> Erişim tarihi;15 Aralık 2018
- Anonim 2018c, <https://devisso.com/haftanin-paylasimi-gida/lezzetli-tarifler/dil-baligi-tarifleri-ve-faydasi/> Erişim tarihi :14 Aralık 2018
- Anonim 2018d, <http://balikvadisi.com/node/399> Erişim tarihi: 03 Aralık 2018
- Anonymous 2008. Official Gazette of Republic of Turkey. Notifications about maximum

- levels for certain contaminants in foodstuffs (in Turkish). Turkish Food Codex No 2008 / 26, Issue: 26879
- ANZFA, 2011 Australian and New Zealand Food Standards Code, Standard 1.4.1- contaminants and Natural Toxicants (F2011C 00542).
- Artüz, M. L.2007; Okay, I.A.; Mater, B.; Artüz, O.B.; Gürseler, G.; Okay, N.: Bilimsel Açıdan Marmara Denizi, Türkiye Barolar Birliği,3
- Artüz, M. L.2010 ; Aydın, A .; Gülen, D.; Koç, H.T.: Marmara Denizi'nin Değişen Oşinografik Şartlarının İzlenmesi Projesi (Marem) 2010 Senesi Çalışma Verileri, MAREM Projesi Yayını, İstanbul, Türkiye , (2010) 277
- Artüz, M., Kubanç, N. (2015). First Record Of *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) From The Sea Of Marmara. *Thalassas*, 31(1), 9-13.
- Atakuru, İ. 2009. Emet ve Hisarcık Bölgesi Sularında Arsenik ve Bor Tayini. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Kütahya.
- ATSDR, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>. Web adresinden 03 Temmuz 2016 tarihinde edinilmiştir
- ATSDR (United States Agency For Toxic Substances and Disease Registry) 2007. Toxicological Profile for Lead US. Department of Health and Human Services p.582.
- Aydın İ., Eroğlu O., Küçük E. , 2008. 'Karadeniz' in Demersal Balıkları' ,SUMAE Yunus Araştırma Bülteni , 8:2.
- Bacon, B.R. Adams, P.C. Kowdley, K.V. Powell, L.W. ve Tavill, A.S., (2011). "Diagnosis and management of hemochromatosis: 2011 practice guideline by the American Association for the Study of Liver Diseases", *Hepatology*, 54: 328343.
- Balık İ & Tunca E (2015). A Review of Sediment Contamination Assessment Methods. *Journal of Maritime and Marine Sciences* 1(1): 32-42
- Balkıs N, Algan O (2005) Marmara Denizi yüzey sedimentlerinde metallerin birikimi ve denetleyen mekanizmalar. *Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları* No: 21, İstanbul.
- Baran E. K., 2006, [N-N_-bis(salisilliden)-2,2_-dimetil-1,3-propandiamin] Kopmlekslerinden Yararlanılarak Zeytinyağında Metal Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,15,Balıkesir.
- Basu, A., MAHATA, J., GUPTA, S., GIRI, A.K. (2001). Genetic toxicology of a paradoxical human carcinogen, arsenic: a review. *Mutat Res.* 488(2):171-194.
- Bat L., Erdem Y., Tırl S.U. ve Yardım Ö., 2008. 'Balık Sistematiği'. Nobel Yayın No: 1330. s: 213.
- 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
- Bhattacharjee, H., SHENG, J., AJEES, A.A., MUKHOPADHYAY, R., ROSEN, B.P

- (2010). Adventitious arsenate reductase activity of the catalytic domain of the human Cdc25B and Cdc25C phosphatases. *Biochemistry*. 49(4):802-809.
- Beşiktepe, Ş., Özsoy, E., Latif M.A. ve Oğuz ,T. 2000, ‘Marmara Denizi’nin Hidrografisi ve Dağılımı’ , Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, 11-12 Kaim 2000, İstanbul
- Bilandzic, N.; Dokic, M.; Sedak, M. (2011): “Metal content determination in four fish species from the Adriatic Sea”, *Food Chemistry*, 124 1005-1010.
- Bingham, Eula., Cohrssen, Barbara., 2001 Powell, Charles H., *Toxicological Issues Related to Metals*, Patty's Toxicology, 5th Edition, John Wiley & Sons.
- Bosch A. C., B. O’Neill, G.O. Sigge, S.E. Kerwath, L.C. Hoffman, (2016) Heavy metal accumulation and toxicity in smoothhound (*Mustelus mustelus*) shark from Langebaan Lagoon, South Africa. *Food Chem.* 190 871–878.
- Büyükurgancı N. 2011, Gemlik körfezi’nden avlanan ekonomik balık türlerinde ağır metal birikiminin tespiti, Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İSTANBUL
- Campbell, P.G.C. 2006. “Cadmium-Apriority pollutant,” *Environmental Chemistry*, vol. 3, no. 6, pp. 387–388
- Can, A., Bilecenoğlu, M., 2005. Türkiye Denizleri’nin Dip Balıkları Atlası. Arkadaş Yayınevi, Ankara. 224s.
- Chemistry, R.S.o., (2016). "Periodic Table", Available at: <http://www.rsc.org/periodic-table/element/29/copper>. Accessed 10.05.2017.
- Cheung K.C., H.M. Leung, M.H. Wong, (2008) Metal concentrations of common freshwater and marine fish from the Pearl River Delta, South China. *Arch. Bull Environ Contam Toxicol.* 54, 705–715.
- Çağatay, N., Balkıs, N., Sancar, Ü., Çakır, Z., Yücesoy, E., Eryılmaz, M., Sarı, E., Erel, L., Akçer, S., Biltekin, D., 2006. Marmara Denizi Çökel Jeokimyası Atlası, Tübitak Raporu, İstanbul
- Çevik, M. G.(2012). Çıldır gölü’nün suyunda, sedimentinde, havuz balığında (*carassius gibelio bloch*, 1782), kamış (*phragmites australis* l.) ve tilki kuyruğu (*ceratophyllum demersum* l.) bitkilerinde bazı ağır metallerin derişim düzeylerinin incelenmesi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kars.
- Çulfaz, B. 2015. Doğu Karadeniz Bölgesi’nde balık pazarlarında tüketime sunulan balıklarda ağır metal birikimi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 1, Giresun (yayınlanmamıştır)
- Damodharan, U.(2013) Bioaccumulation of heavy metals in contaminated river water- Uppanar, Cuddalore, South East Coast of India, *Perspectives in Water Pollution*, Intech. DOI:10.5772/53374
- Daşdemir, F. 2008. Şimşir Bitkisinin Hava Kirliliğine Sebep Olan esansiyel Element Takibinde

- Bioizleyici Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Ankara.
- DelValls, T. A., Blasco, J., Sarasquete, M. C., Forja, J. M., Gomez-Parra, A., 1998. Evaluation of Heavy Metal Sediment Toxicity in Littoral Ecosystems Using Juveniles of the Fish *Sparus aurata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 41: 157-167.
- Derrag Z., N.D. Youcef, (2014) Bioaccumulation of heavy metals in the *Cyprinus carpio* organs of the El Izdihar dam (Algeria), *Desalin Water Treat.* 52 10-12, 2293-2300, DOI: 10.1080/19443994.2013.821954
- Dokmeci I., A. H. Dokmeci, *Diagnosis and Treatment in Poisoning*, 4th Edition., Nobel Tıp Kitabevi, pp.449-96. ISBN: 978-9944-21143J (In Turkish) (2009).
- Duman, M., Küçüksezgin, F., Atalar, M., Akcalı, 2012. Geochemistry of the Northern Cyprus (NE Mediterranean) Shelf Sediments: Implications for Anthropogenic and Lithogenic Impact. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 2245–2250.
- Durali, M., Demirci, Z., Tüzen, M. and Soylak, M. 2010. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species From the Black Sea, Turkey, *Food and Chemical Toxicology*, 48: 865-870.
- EEC, (2006) Commission regulation (EC) N 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Journal of the European Union*, L 364 (2006).
- EPA. (2000). Arsenic Compounds, <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016/09/documents/arsenic-compounds.pdf> (08/09/2018)
- Evirgen, A., 2007. Fotoğraflarla Türkiye Deniz Balıkları. *Promar Deniz Malzemeleri*, İstanbul. 312s.
- FAITA, F., CORI, L., BIANCHI, F., ANDREASSI, M.G. (2013). Arsenic-induced genotoxicity and genetic susceptibility to arsenic-related pathologies. *Int J Environ Res Public Health*. 10(4):1527-1546.
- FAO, 2017d. Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets – *Solea solea* (Quensel, 1806) <http://www.fao.org/fishery/species/3367/en> Erişim Tarihi: 07.11.2017
- Fatoki, O. S., Mathabatha, S., 2001. An Assessment of Heavy Metal Pollution in the East London and Port Elizabeth Harbours. *Water S. A.*, 27 (2): 233240.
- FEPA, (2003) *Guideline and Standards for Environmental Pollution and Control in Nigeria*. Nigeria, Federal Environmental Protection Agency.
- Fındık, Ö., Çiçek, E. 2011. Metal concentrations in two bioindicator fish species, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, captured from the West Black Sea Coasts (Bartın) of Turkey. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 87 (4), 399-403.

- Goyer R.A., T.W. (2001) Clarkson, Toxic effects of metals, in Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons, ed. by Klaassen CD, McGraw-Hill, New York, 811–867.
- Gündüz, T. (2008) Çevre kimyası, 2. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, 939s.
- Han, F. X., Maruthi, Sridhar, B. B., Monts, D. L., and Su, Y. 2004. Phytoavailability and Toxicity of Trivalent and Hexavalent Chromium to Brassica juncea. New Phytol., 162, 489-499,
- Hu, H. 2000. 'Exposure to Metals, Occupational and Environmental Medicine', 27,983-996.
- Horsfall, M.J. ve Spiff, A.I. (2005) Effects of temperature on the sorption of Pb⁺² and Cd⁺² from aqueous solution by Caladium bicolor (Wild Cocoyam) biomass, Electron J Biotechn, 8: 143–150s.
- IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Arsenic and Arsenic Compounds. Vol. 100c. Lyon, France: IARC; 2011.
- Kacar, B. İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. 1. Cilt. Nobel Yayını, Ankara, s. 892.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I. Metalurji Dergisi, 136: 47-53.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. (2004) Metallerin çevresel etkileri-II. Metalurji, 137: 46-51s.
- Kara, A. 2013. Giresun Sahil Yolundan Alınan Yağmur Suyu Örneklerindeki Ağır Metal Kirliliği Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp 17, Giresun.
- Karadede, H., Ünlü, E. 2000. Concentrations of Some Heavy Metals in Water Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere, 41: 1371-1376.
- Kayhan, F.E.; Muşlu M.N.; Koç N.D.(2009): "Bazı Ağır Metallerin sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtla", Journal of Fisheries Sciences.com, 3(2) (2009) 153-162.
- Kayıran, S.M., 2012. Çinko ve önemi. <http://www.sinanmahirkayıran.com>. Ulaşma tarihi: 12.12.2012.
- Keleşoğlu, T. 2011. Trabzon ve Yöresinde Üretilen/Tüketilen Tereyağlarında Bazı Elementlerin Atomik Absorpsiyon Spektrometri (AAS) ve İndüktif Eşleşmiş PlazmaOptik Emisyonspektrometri (ICP-OES) ile Tayinleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Trabzon.
- KOCA, E., (2016). "Orak Hücreli Anemi", Türkiye Klinikleri Journal of Hematology Special Topics, 9: 23-27.
- Kocataş, A.2003. 'Ekoloji Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi', Bornova/zmir.
- Köksal, O. 2001. 'Gıda ve Beslenme', Erciyes Üniversitesi Matbaası, Erciyes Üniversitesi Yayınları No:130,Kayseri

- Köse E, Çiçek A, Uysal K, Tokatlı C, Emiroğlu Ö, Arslan N. 2015. Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment, and Some Cyprinid Species in Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87(3): 195-204.
- Kuluñç, B. 2010.: ‘Tuzluluk ve Metal (Cd, Cu) Etkisinde Kalan Tatlı Su Balığı *Oreochromis niloticus*’un Dokularında Na,K-ATPaz Aktivitesi ve İyon Düzeylerinin Belirlenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji A.B.D., Adana.
- Lemus M., J. Castañeda, K. Chung, (2014) Heavy Metals In Fish And Invertebrates From The Gulf Of Paria, Venezuela. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 30 (2) 137-142.
- Liu J.L., X.R. Xu, Z.H. Ding, J.X. Peng, M.H. Jin, Y.S. Wang, Y.G. Hong, W.Z. Yue, (2015) Heavy metals in wild marine fish from South China Sea: levels, tissue and species specific accumulation and potential risk to humans. *Ecotox.* 24 1583–1592.
- Maanan M, Saddik M, Maanan M, Chaibi M, Assobhei O, Zourarah B. (2015) Environmental and ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Nador lagoon, Morocco. *Ecological Indicators* 48 616–626.
- Makedonski L., K. Peycheva, M. Stancheva,(2017) Determination of heavy metals in selected black sea fish species. *Food Control*, 72 (Part B) 313–318. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.024>.
- Mantovi, P., Bonazzi, G., Maestri, E., Marmiroli, N., “Accumulation of Copper and Zinc from Liquid Manure in Agricultural Soils and Crop Plants”, *Plant and Soil* 250: 249–257, (2003).
- Mater, B. ve Gürpınar, E.,1992Marmara Bölgesinde kara kaynaklı deşarjların dağılım ve Kullanılabilir deniz alanları. Marmara Belediyeler Birliğı ve Fatih Rotary Kulübü, Türkiye,.
- Minareci, O., Öztürk, M. ve Minareci, E.(2004). “Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin, Gediz Nehrinin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi’. *Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Dergisi* 5(2):135-139.
- Murtala A.B., W.O. Abdul, A.A. Akinyemi, (2012). Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish (*Hydrocynus forskahlii*, *Hyperopisus bebe occidentalis* and *Clarias gariepinus*) Organs in Downstream Ogun Coastal Water, Nigeria. *J Agric Sci* , 4(11) 51-59.
- Nisbet, C., Terzi, G., Pilger, O. and Sarac, N. 2010. Determination of heavy metal levels in fish sample collected from the Middle Black Sea, Kafkas Üniv. *Veteriner Fak. Dergisi*, 16: 119-125.
- Oehmen, A., Vergel, D., Fradinho, J., Mercury , 2013Removal from water streams trough the ion Exchange Membrane Bioreactor Concept, *Journal of Hazardous Materials*, Portugal, 264, 65-70.
- Özçelik D. 1998. Bakır, Çinko, Kurşun ve Kadmiyum Katkılı Besinlerle Beslenen Cıvcivlerin Kan, Serum ve Değişik Dokularındaki Element Konsantrasyonlarının Ölçülmesi ve Besi Performansının Etkilerinin Saptanması. Uzmanlık Tezi, İstanbul.

- Patniak, P., 2010. Handbook of Environmental Analysis. Chemical Pollutants in Air, Water, Soil and Solid Wastes. Second Edition, CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, 770p.
- Perin G, Bonardi M, Fabris R, Simoncini B, Manente S, Tosi L & Scotto S (1997). Heavy Metal Pollution in Central Venice Lagoon Bottom Sediments: Evaluation of the Metal Bioavailability by Geochemical Speciation Procedure. *Environmental Technology* 18(6): 593-604
- Rainbow, P.S. 1995. Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31 (4-12): 183-192.
- Rajappa, B., Manjappa, S. ve Puttaiah, E.T. (2010) Monitoring of heavy metal concentration in groundwater of Hakinaka Taluk, India, *Contemporary Engineering Sciences*, 3:(4), 183-190s.
- Rajeshkumar S., X. Li, (2018) Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicol Rep.* 5 288-295.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E. ve Colla, G. (2008) Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity, *Environ Exp Bot*, 63: 49-58s
- Qin C.Y., Z.Q. (2010) Fang, Y.J. Tang, D. An, X.B. Yang Contents and evaluation of heavy metals in common aquatic from Lingding Yang in Pearl River Estuary. *South China Ocean. J.S. China Normal University.* 104–114 (in Chinese).
- RSC, T.R.S.o.C., (2017). "Iron", Available at: <http://www.rsc.org/periodictable/element/26/iron>. Accessed 17 April, 2018..
- Saei-Dehkordi, S. S.; Fallah, A. A.,:(2011) "Determination of Copper, Lead, Cadmium and Zinc Content in Commercially Valuable Fish Species from the Persian Gulf Using Derivative Potentiometric Stripping Analysis"" *Microchemical Journal* 98,156-162.
- Sağlamtimur, B., Cıçık, B., Erdem, C., 2003. Farklı Ortam Derişimlerinin Etkisinde Bakır ve Bakır (+) Kadmiyum Karışımının Tatlısu Çipurası'nın (*Oreochromis niloticus*, L.) Solungaç, Karaciğer, Böbrek ve Kas Dokularındaki Bakır Bikrimi Üzerine Etkileri. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 27: 813-820.
- Shanker, A.K., Cervantes, C., 2005. Loza-Tavera and H. Avudainayagam S. Chromium Toxicity in Plants. *Environ. Int.*, 31, 739-753,
- Sooksawat, N., Meenam, M., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P. ve Nathalang, K. (2013) Phytoremediation potential of charophytes: Bioaccumulation and toxicity studies of cadmium, lead and zinc, *J Environ Sci*, 23 (3): 596-604s.
- Sökmen, T. Ö. 2011. Marmara Denizinde Yaşayan Bazı Balık Türlerinin Dokularındaki Mineral ve Ağır Metal Seviyelerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 1, Erzurum.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. ve Aras, M.S. 2008. 'Sular Bilgisi', Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul.

- Tabari S., S.S. Saeedi Saravi, G. Bandany, A. Dehghan, M. Shokrzadeh, 2010, Heavy metals (Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, water and sediments sampled from Southern Caspian Sea, Iran. *Food Chem. Toxicol.*, 26(10) 649–656.
- Taylan, Z. S., Böke ve Özkoç, H. 2007. 'Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akutik Organizmaların Biokullanılabilirliği', *BaüFbe Dergisi*, Cilt:9, Sayı:2, 17-33.
- Teber, K. B., Özdemir, S. (2015). Türkiye'nin Sahil Güvenlik ve Balıkçılık Alanında Son Yıllarda Komşu Ülkeler İle Yaşadığı Bazı Problemler Üzerine Bir Ön Değerlendirme.
- Tekin-Özan, S., Kır, İ. , 2008, Seasonal Variations of Heavy Metals in the Some Organs of Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) From Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 138:201-206.
- Tepe, Y., Türkmen, M. and Türkmen, A., 2008. Assessment Of Heavy Metals in Two Commercial Fish Species Of Four Turkish Seas. *Environmental Monitoring Assessment* 146 (1-3): 277-284.
- Tezcan, R. ve Tezcan, H. (2007) *Metaller kimyası*, 1. Baskı, Nobel Yayın, Ankara, 288s.
- TFC (2008), *Turkish Food Codex, Regulation of Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs Official Gazette (In Turkish)*.
- Türkiye, A., Shrivastava, P. ve Saxena, A. (2012) Bioaccumulation of heavy metals in different component of two lakes ecosystem, *Current World Environment*, 7: 293-297s.
- Tolegenova, G., Ağır Metaller İçerikli Atıksuların Elektroağulasyon ve Elektrodializ Yöntemleri İle Giderilmesi, *Gebze Yüksek teknolojisi Enstitüsü, Gebze*, 2004.
- Tous, P., Sidibe, A., Mbye, E., De Morais, L., Camara, Y.H., Adeofe, T.A., Monroe, T., Camara, K., Cissoko, K., Djiman, R., Sagna, A., Sylla, M., 2015. *Solea solea* Southport Sole. *The IUCN Red List of Threatened Species*.
- Tunca E, Üçüncü E, Kurtuluş B, Ozkan A D & Atasagun S (2013b). Accumulation trends of metals and a metalloid in the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* from Lake Yeniçağa (Turkey). *Chemistry and Ecology* 29(8): 754-769
- Tuncel, S. Arı, N. Yoleri, B. ve Şahiner, M., (2017). *Dünya'da ve Türkiye'de Demir*, F.E.D.B. T.C. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, ed^eds. Ankara, Türkiye.
- Tuzen, M. (2009) Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food Chem. Toxicol.* 47 1785–1790.
- TÜİK, 2017. Türkiye Sularındaki Bazı Balık Türlerinin Yıllar İtibarıyla Avlanma Üretim Bilgileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> Erişim Tarihi: 07.11.2017
- Türkmen, A., 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridy'e (Spondylus spinosus Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, 168s (yayınlanmamış)
- Türkmen A., M. Türkmen, Y. Tepe, I. Akyurt, (2005) Heavy metals in three commercially

- valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chem.* 91167-172.
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y., & Ates, , A. (2009). Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean Sea. *Food Chemistry*, 113, 233-237.
- 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
- Trumbo, P. Yates, A.A. Schlicker, S. ve Poos, M., (2001). "Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc", *Journal of the American Dietetic Association*, 101: 294-301.
- Uluozlu, O. D., Tuzen, M., Mendil, D., & Soylak, M. (2007). Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, 104,835–840.
- Ulutaş, O. K., 2007. Aliğa Körfezi'ndeki deniz kirliliğinin bölge Kefal balıklarında kirliliğinbiyogöstergesi olan karaciğer Erod enzim aktivitesi ve balıktaki çeşitli metal düzeyleri ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı
- Üstün, f. (2010) kuzey ege Denizi, edremit körfezi tekir balığı (*mullus surmuletus* l.,1758) popülasyonunun biyolojik özelliklerinin araştırılması. balıkesir üni. fen. bilm. enst. yüksek lisans tezi. syf: 59.
- Ürey, E. (2014) Kırşehir Kılıçözü deresi su ve sediment örnekleriyle *Typha angustifolia* L. Bitkisinde ağır metal düzeylerinin mevsimsel değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 87s
- Valiente, L., Piccinna, M., Ale, E.R., Grillo, A., Smichowski, P., "Determination of Selenium in Dietary Supplements by ETAAS
- Varol M, Şen B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena*, 92: 1–10
- Vieira, C.; Morais, S.; Ramos, S.; Delerue-Matos, C.; Oliveira M.B.P.P.: "Mercury, Cadmium, Lead and Arsenic Levels in Three Pelagic Fish Speies from the Atlantic Ocean: Intra-and Inter-specific Variablity and Human Health Risks for Consumption"", *Food and Chemical Toxicology*, 49 (2011) 923-932.
- Vişne, A. ve BAT, L. (2015): Deniz Çöplerinin Değerlendirilmesi Üzerine Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi ve Karadeniz'deki Mevcut Durum. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 1(3): 104-115.
- Wessling-Resnick, M. ve Higdon, J., (2018). "Iron", Available at: <http://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/iron>. Accessed 22 April, 2018.
- WHO, (1985) Guidelines for Drinking Water Quality (ii): Health Criteria and Supporting Information. Vol. 1, Recommendations. WHO, Geneva. 130.

- WHO, (2008). "Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005: WHO global database on anaemia".
- WHO ,2005, Mercury in Health Care, Policy Paper, Switzerland.
- WHO 2013 Mercury in Drinking Water,http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/mercuryfinal.pdf
- Yazkan M., Özdemir F. ve Gölükcü M., 2004. ‘Antalya körfezinde avlanan bazı yumusakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği’.Türk J. Vet Anim Sci.,28, 95-100.
- Yondemir İnce,A.,2012.Orta Karadeniz’de Yetişen Bazı Sebzelerin Isıl İşlem Sonrası Ağır Metal İçeriklerinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi,81, Samsun
- Zheng, N., Wang, Q., Liang, Z. and Zheng, D., 2008. Characterizaion of heavy metal concentrations in the sediments of three freshwater rivers in Huludao City, Northeast China. Environmental Pollution 154, 135-142.
- Zhu F, Qu Li, Fan W, Wang A, Hao H, Li X, (2015) Yao S. Study on heavy metal levels and its health risk assessment in some edible fishes from Nansi Lake, China. Environ Monit Assess 187: 161. DOI 10.1007/s10661-015-4355-3
- Zoorob G.K., J.W. Mckiernan, J.A. Caruso, (1988) ICP-MS for elemental speciation studies. Mikrochim Acta, 128 145–168.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Mardin’de doğdu. İlköğretim eğitimini Hacıilbey İlköğretim Okulu’nda tamamladım. Orta öğretimini Tekirdağ Lisesi’nde tamamladım. Lisans eğitimini Namık Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü tamamladım. Yüksek Lisansını Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Organik Kimya ve Sağlık meslek yüksek okulunun ortak çalışması olan Balıklar ve Sedimentte ağır metal tayini tezi ile tamamladı.