

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



KARADENİZ VE MARMARA DENİZLERİNDEKİ BAZI CANLILARDA  
KURŞUN, KADMIYUM, ARSENİK VE CİVA ARANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gizem İNAL ERDEM  
(Y1213.040005)

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Haydar ÖZPINAR

Eylül 2016





T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1213.040005 numaralı öğrencisi **Gizem İNAL ERDEM**'in "KARADENİZ VE MARMARA DENİZLERİNDEKİ BAZI CANLILARDA KURŞUN, KADMIYUM, ARSENİK VE CİVA ARANMASI" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 25.08.2016 tarih ve 2016/21 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ..... ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak ..... edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi :28/09/2016

1)Tez Danışmanı: Prof. Dr. Haydar ÖZPINAR

2) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Güner ARKUN

3) Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Burcu ÇAKMAK

.....  
.....  
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘**Karadeniz ve Marmara Denizlerindeki Bazı Canlılarda Kurşun, Kadmiyum, Arsenik ve Civa Aranması**’ adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar ki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve etik geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (28.09.2016)

**Gizem İNAL ERDEM**





## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans eğitimi ve tez çalışması süresince her aşamada destek veren ve tecrübeleri ile yol gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Haydar ÖZPINAR'a, Yrd. Doç. Dr. İsmail Hakkı TEKİNER'e, çalışmalarımın cihaz süreçlerini yürütmeme ve herhangi bir karşılık beklemeden çalışmalarına izin veren Işıl Selmin ÜNSAL'a, beni her konuda ileri görüşleriyle hayatımdaki bir sonraki aşamaya hazırlayan Ailem'e ve hiçbir zaman olumsuzlukları çözüm olarak görmeyen, desteğini esirgemeyen Sevgili Eşim Evren ERDEM'e teşekkürlerimi sunarım.

**28 Eylül 2016**

**Gizem İNAL ERDEM**





## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT .....	xix
<b>1 GİRİŞ ve AMAÇ .....</b>	<b>1</b>
<b>2 GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>5</b>
2.1 Su Ürünleri .....	5
2.1.1 Dünya'da durumu .....	5
2.1.2 Türkiye'de durumu .....	6
2.2 Su Ürünlerinin İnsan Beslenmesinde Önemi .....	7
2.3 Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği Kriterleri .....	14
2.4 Ağır Metaller ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	17
2.4.1 Kurşun .....	19
2.4.2 Kadmiyum.....	21
2.4.3 Civa .....	23
2.4.4 Arsenik .....	23
2.4.5 Diğer ağır metaller .....	24
2.5 Gıdalarda Ağır Metallerin Epidemiyolojisi.....	24
2.5.1 Dünya'da durum .....	24
2.5.2 Türkiye'de durum .....	26
<b>3 GEREÇ VE YÖNTEMLER .....</b>	<b>29</b>
3.1 Gereç.....	29
3.1.1 Gıda numuneleri.....	29
3.2 Yöntem .....	30
3.2.1 Numune hazırlama .....	30
3.2.2 ICP- MS analizi.....	31
<b>4 BULGULAR.....</b>	<b>37</b>
4.1 Karadeniz Kaynaklı Balıklar ve Diğer Ürünlerde Ağır Metal Bulguları ....	37
4.1.1 Karadeniz kaynaklı balık türlerinde ağır metal bulguları .....	37
4.1.2 Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları .....	43
4.2 Marmara Kaynaklı Balıklar ve Diğer Ürünlerde Ağır Metal Bulguları .....	45
4.2.1 Marmara kaynaklı balık türlerinde ağır metal bulguları .....	45
4.2.2 Marmara kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları .....	51
4.3 Üst Sınır Değerleri Aşan Konsolide Bulgular .....	53
<b>5 TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>55</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>59</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>63</b>
EK-A: Karadeniz kaynaklı numunelerde tür bazlı ağır metal bulguları.....	63

EK-B:Marmara kaynaklı numunelerde tür bazlı ağır metal bulguları.....	71
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>79</b>



## KISALTMALAR

<b>\$</b>	:Dolar
<b>n-3</b>	:Omega-3
<b>µg</b>	:Mikrogram
<b>AB</b>	:Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	:Amerika Birleşik Devletleri
<b>ALA</b>	:α-linolenik asit
<b>As</b>	:Arsenik
<b>°C</b>	:Santigrat derece
<b>Cd</b>	:Kadmiyum
<b>Cu</b>	:Bakır
<b>DHA</b>	:Dokozaheksanoik asit
<b>dk</b>	:Dakika
<b>EPA</b>	:Eikozapentaenoik asit
<b>FAO</b>	:Gıda Tarım Örgütü
<b>FDA</b>	:Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
<b>Fe</b>	:Demir
<b>g</b>	:Gram
<b>GGD</b>	:Gıda Güvenliği Derneği
<b>Hg</b>	:Civa
<b>ICP-MS</b>	:İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi
<b>kg</b>	:Kilogram
<b>Mg</b>	:Mağnezyum
<b>ml</b>	:Mililitre
<b>Mn</b>	:Mangan
<b>Ort.</b>	:Ortalama
<b>Pb</b>	:Kurşun
<b>PUFA</b>	:Çoklu Doymamış Yağ Asiti
<b>ÖİKR</b>	:Özel İhtisas Komisyonu Raporu
<b>ppb</b>	:µg çözünen / kg veya litre çözelti
<b>ppm</b>	:mg çözünen / kg veya litre çözelti
<b>Std.sp</b>	:Standart sapma
<b>TGK</b>	:Türk Gıda Kodeksi
<b>TÜİK</b>	:Türkiye İstatistik Enstitüsü Kurumu
<b>VDH</b>	:Virginia Department Health
<b>Zn</b>	:Çinko



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1: Dünya su ürünleri üretimi.....	5
Çizelge 2.2: Türkiye'de yıllara göre su ürünleri üretimi.....	6
Çizelge 2.3: Dünya ve Türkiye Su Ürünleri Üretimi Verileri .....	6
Çizelge 2.4: Bazı balık türlerinin besin değerleri içerikleri.....	7
Çizelge 2.5: Bazı balık türlerinden yağ asitleri miktarları.....	10
Çizelge 2.6: Esansiyel yağ asitleri eksikliğinde görülen başlıca sağlık sorunları .....	11
Çizelge 2.7: Numune alma etiketi ve tutanağı.....	15
Çizelge 2.8: Ağır metal izleme kayıt defteri.....	16
Çizelge 2.9: Ağır metallerin doğaya yayılım yolları .....	18
Çizelge 2.10: Ağır metallerin insan vücuduna etki mekanizmaları.....	18
Çizelge 2.11: Farklı gıda maddelerinde kurşun üst limitleri .....	20
Çizelge 2.12: Farklı gıda maddelerinde kadmiyum üst limitleri .....	22
Çizelge 2.13: Farklı gıda maddelerinde civa üst limitleri.....	23
Çizelge 2.14: Ağır metal kaynakları endüstriler.....	24
Çizelge 2.15: Bazı su ürünlerinde Hg seviyeleri ölçümleri.....	25
Çizelge 3.1: Numune türü, sayısı ve bölgesel dağılımı .....	29
Çizelge 3.2: Numunelerin toplandıkları bölgeler, sayısı ve ortalama miktarları.....	30
Çizelge 4.1: Numunelerin yüzey balıkları, dip balıkları ve diğer ürünler olarak sınıflandırması.....	37
Çizelge 4.2: Karadeniz kaynaklı balıklarda ağır metal bulguları .....	38
Çizelge 4.3: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda ağır metal bulguları .....	39
Çizelge 4.4: Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda ağır metal bulguları.....	39
Çizelge 4.5: Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları.....	44
Çizelge 4.6: Karadeniz kaynaklı balıklarda ağır metal bulguları .....	46
Çizelge 4.7: Marmara kaynaklı dip balıklarda ağır metal bulguları .....	47
Çizelge 4.8: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda ağır metal bulguları .....	47
Çizelge 4.9: Marmara kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları .....	52
Çizelge 4.10: TGK ve Uluslararası üst sınırları aşan numuneler .....	54



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Dünya'da kişi başı su ürünleri tüketimi (Yazıcıoğlu, 2015).....	9
Şekil 2.2: Esansiyel yağ asitlerinin vücutta sentezi (Konukoğlu 2008) .....	13
Şekil 2.3: Avrupa ve Türkiye’de kurşun yayılımı (Kahvecioğlu ve ark.) .....	19
Şekil 2.4: Avrupa ve Türkiye’de kadmiyum yayılımı (Kahvecioğlu ve ark.).....	21
Şekil 2.5: Akdeniz bölgesi midyelerinde ağır metaller 1996-2002 (AÇA, 2004). ....	26
Şekil 3.1: İstavrit, sardalya, mezgit, barbunya, hamsi ve karides numuneler.....	29
Şekil 3.2: Analize hazır numuneler .....	32
Şekil 3.3: ICP-MS cihazına numune çözeltisi yerleştirme .....	34
Şekil 3.4: ICP-MS cihazı yazılımı veri girişi .....	34
Şekil 3.5: ICP-MS genel görünümü .....	35
Şekil 3.6: ICP-MS cihazı .....	35
Şekil 4.1: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Hg bulguları .....	40
Şekil 4.2: Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda Hg bulguları.....	40
Şekil 4.3: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Cd bulguları.....	41
Şekil 4.4: Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda Cd bulguları .....	41
Şekil 4.5: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Pb bulguları .....	42
Şekil 4.6: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Pb bulguları .....	42
Şekil 4.7: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda As bulguları.....	43
Şekil 4.8: Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda As bulguları .....	43
Şekil 4.9: Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde Hg bulguları.....	44
Şekil 4.10: Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde Cd bulguları .....	44
Şekil 4.11: Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde Pb bulguları.....	45
Şekil 4.12: Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde As bulguları .....	45
Şekil 4.13: Marmara kaynaklı dip balıklarda Hg bulguları .....	48
Şekil 4.14: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda Hg bulguları.....	48
Şekil 4.15: Marmara kaynaklı dip balıklarda Cd bulguları .....	49
Şekil 4.16: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda Cd bulguları.....	49
Şekil 4.17: Marmara kaynaklı dip balıklarda Pb bulguları.....	50
Şekil 4.18: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda Pb bulguları .....	50
Şekil 4.19: Marmara kaynaklı dip balıklarda As bulguları.....	51
Şekil 4.20: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda As bulguları .....	51
Şekil 4.21: Marmara kaynaklı diğer ürünlerde Hg bulguları.....	52
Şekil 4.22: Marmara kaynaklı diğer ürünlerde Cd bulguları.....	52
Şekil 4.23: Marmara kaynaklı diğer ürünlerde Pb bulguları .....	53
Şekil 4.24: Marmara kaynaklı diğer ürünlerde As bulguları .....	53
Şekil 4.25: TGK ve Uluslararası üst sınırları aşan numuneler .....	54
Şekil 5.1: Dünya'da yıllar bazında Cu, Pb ve Zn üretimi/emisyonu.....	56
Şekil 5.2: Deniz ürünleri kaynaklı arsenikli bileşikler ve metabolitler .....	56





## KARADENİZ VE MARMARA DENİZLERİNDEKİ BAZI CANLILARDA KURŞUN, KADMİYUM, ARSENİK VE CİVA ARANMASI

### ÖZET

Dünyamız son iki yüz yıldır sanayileşme ve diğer faktörler sebebiyle çevresel felaket yaşamaktadır. Çevresel kirlenmenin sonucu olarak, tüm ekosistemi oluşturan canlılar için sağlık açısından artan bir risk bulunmaktadır. Bu durum su ürünlerinde dikkat çekici ağır metal birikimi ile sonuçlanmakta ve tüketiciler için ciddi sağlık riski oluşturmaktadır. Periyodik cetvelin üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ağır metaller terimi zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm elementleri kapsamaktadır. Günümüzde özellikle gıdalar yoluyla kesin şekilde tespiti ve analizi gereken başlıca ağır metaller kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa, arsenik ve çinko olup, altmışın üzerinde farklı ağır metaller bulunmaktadır. Bu çalışmada Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26) kriterleri esas alınarak İstanbul ilinde satışa sunulan Marmara Denizi (n=75) ve Karadeniz (n=75) kaynaklı toplam 150 adet (10 karides, 10 kalamar, 10 ahtapot, 10 midye, 10 palamut, 10 lüfer, 10 hamsi, 10 istavrit, 10 izmarit, 10 mercan, 5 kalkan, 5 kefal, 5 barbunya, 5 sardalya, 5 mezigit, 5 çinekop, 5 dil balığı, 5 tekir, 5 karagöz, 5 uskumru) su ürünlerinde Uluslararası NMKL 186 (2007) talimatına göre İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi ICP-MS kullanılarak kurşun, kadmiyum, civa ve arsenik seviyelerinin tespiti amaçlanmıştır. İnceleme sonucu Karadeniz kaynaklı istavrit (0,385 ppm) ve tekir (0,387 ppm) numunelerinde kurşun, barbunya (1,707 ppm) ve karagöz (1,098 ppm) numunelerinde civa limit değerlerin üzerinde bulunmuştur. Marmara Denizi kaynaklı sardalya (0,417 ppm) ve izmarit (0,843 ppm) numunelerinde kurşun, midye (1 ppm) örneklerinde sınır değerinde kadmiyum düzeyleri tespit edilmiştir. İncelenen tüm su ürünlerinde arsenik tespit edilmiştir. Sonuç olarak, İstanbul ilinde satışa sunulan Marmara ve Karadeniz kaynaklı su ürünlerinden bazılarında insan sağlığını riske atacak şekilde kurşun, civa ve kadmiyum belirlenmiştir. Tüm ürünlerin arsenik içerdikleri anlaşılmıştır. Bu durumun tüketici ve halk sağlığı açısından gıda kaynaklı ciddi bir sorun teşkil ettiği anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Deniz ürünü, Ağır metal, ICP-MS, Karadeniz, Marmara.*



## INVESTIGATION OF LEAD, CADMIUM, ARSENIC AND MERCURY IN SOME SEAFOOD FROM BLACK SEA AND MARMARA SEA

### ABSTRACT

Over the last 200 year our planet has been under a threat due to industrilization and environmental pollution. Accordingly, all the species living in our environmentally polluted planet is potentially a majör source of health risk. This situation is also directly leading to making the seafood and other species of waterborne is contaminated with the industrial pollutants such as heavy metals. The contaminated foods are suitable for the dissemination of these carcinogenic chemicals through the consumers. Heavy metals are the members of the third or higher rows of the periodic scale. In the present time, there are many heavy metals more than 60 such as lead, cadmium, chromium, cobalt, copper, nickel, mercury and zinc. The objective of this study was to analyze Pb, Cd, Hg, As in a total of 150 seafoods (10 shrimp, 10 calamari, 10 octopus, 10 mussel, 10 acorn, 10 mackerel, 10 coral, 10 sea bream, 10 whiting, 10 sole, 5 horse mackerel, 5 anchovy, 5 sardine, 5 bluefish, 5 gray mullet, 5 turbot, 5 red mullet, 5 coral, 5 bream, 5 butts fish) from Marmara Sea (n=75) and Black sea (n=75) by using Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer ICP-MS according to the criterias by both Turkish Food Codex Declaration About Maximum Limits of Contaminants in Food Products (Declaration No: 2008/26) and NMKL 186 International method. The results revealed that the lead levels in both horse mackerel (0,385 ppm) and mullet (0,387 ppm) , and the mercury levels in both red mullet (1,707 ppm) and sea bream (1,098 ppm) from the Black sea were found to be higher, whereas the lead levels in both sardine (0,417 ppm) and butts fish (0,843 ppm) from Marmara Sea were higher than the upper limits as declared by Turkish Food Codex. In the mussels collected from Marmara Sea, the cadmium levels were found to be nearly close to the upper limit, which was 1 ppm. Also, it was provided that all the samples contained arsenic. However, no comment was performed since the Turkish Food Codex does not indicate any upper limit for itself. In Conclusion, this study provided that the seafoods collected from both Black sea and Marmara Sea significantly included heavy metals, including lead, mecury, cadmium, and arsenic. This situation leads to a significant foodborne health riskfor the public health and the Turkish consumers.

**Key words:** *heavy metals, fish, blacksea, cadmium, arsenic, mercury, lead*



## 1 GİRİŞ ve AMAÇ

Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve artan endüstrileşmenin doğal sonucu olarak çevreye kimyasallar bırakılmakta; bu kimyasallar canlılar için ciddi sorunlara yol şekilde olumsuz etkiledikleri, tabiatın taşıyamayacağı seviyelere ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaştığı görülmektedir (Kayhan 2006).

Ağır metaller organizmaların yaşamları ve sağlıklı işleyişlerini riske atmaktadırlar. Canlı organizmanın maruz kaldığı doza ve sıklığa göre genetik hasarlara, bağışıklık sistemini bozmaya ve kanser gibi ciddi sağlık sorunları için elverişli ortamı hazırlamaktadırlar (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010). Canlı biyokimyası süreçlerinde sistemin taşıyamayacağından fazla miktarlarda biriktikleri zaman enzimatik süreçleri olumsuz etkilemektedirler. Bu sebeple, ağır metaller su ürünlerinde sellüler ve moleküler seviyelerde yapısal işlev bozukluklarına ve canlı DNA'sında mutajenik sonuçlara yol açmaktadırlar (Kaya ve ark., 1998). Demir (Fe), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn) gibi bazı metaller aynı zamanda insan canlı yaşamı ve biyokimyasal süreçleri için önemli elementlerdir ve gereklidirler. Ancak, bu tip metallerin yüksek derişimi aynı zamanda toksik etkiler de gösterebilmektedir Diğer taraftan, esansiyel olmayan bazı ağır metaller (Örneğin, Hg, Cd, Pb ve As) canlı için biyolojik görevleri olmayan, belirli sınır değerlerin üzerine çıkıldığında ise son derece toksik etkiler gösteren elementlerdir (Oehlenschläger 2002; Küçükgülmez 2005).

Çevresel kirlenme, su kaynaklarının denizler olmak üzere kentsel ve sanayi atıkları ile kirletilmesi gibi gerekçeler insan beslenmesi gıda zincirinden önemli yeri olan su ürünlerinin başta ağır metaller ve diğer tür kimyasallar ile ciddi şekilde kirlenmesi ile sonuçlanmaktadır. Başta Marmara Denizi olmak üzere iç sular ve diğer çevre denizlerde başta kabuklu türleri olmak üzere ağır metal ve kimyasal atıklar tespit edilmiştir (ÖİKR 2014).

Sağlıklı bir hayat için gerekli elzem proteinler ve mikro besin öğelerince zengin su ürünleri insan beslenmesi açısından önemli gıda maddeleridir. Su ürünleri

omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerince (n-3 PUFA) son derece zengindir. Bu tür yağ asitlerinin başta koroner damar hastalıkları olmak üzere, diyabet, nörobilişsel, depresyon, enflamatuvar barsak hastalıkları, antioksidan, antihipertansif, antihiperlipidemik, antiaterojenik, antiaritmik ve antiagregan ve diğer pek hastalığın önlenmesinde önemli etkileri olduğu araştırmalarla ortaya somut şekilde konulmuştur (Cabr  ve ark., 2012; Yazıcıoğlu 2015).

Ağır metaller balıkların solungaçlarında, karaciğer, böbrek ve dalak gibi metal detoksifikasyondan sorumlu hayati organlarında birikmektedirler. Midyeler için de benzer bir durum söz konusudur. Bu birikim oranları yükseldiği zaman, bu balıkları tüketen insanlara ağır metal alımına maruz kalmaktadır (Levesque ve ark., 2002). Besleyici değeri son derece yüksek olan su ürünlerinin ağır metaller dâhil, her türlü kimyasal atıklardan arı olması gerekmektedir. Bu kapsamda Avrupa Birliği (AB) mevzuatına uyum çalışmalarıyla yeni hijyen paketi 852/2004/EC, 853/2004/EC, 854/2004/EC ve 882/2004/EC Yönetmeliklerine karşılık gelen ulusal mevzuat taslakları oluşturulmuştur. Ulusal Kalıntı İzleme Programı kapsamında su ürünleri üretim alanlarında 2010 yılı içerisinde denizler ve isullarda ağır metaller izleme programı çalışmaları yapılmaktadır (GGD 2011). Ancak,  lkemizin; su ürünleri güvenliği konusunda gelişmiş ülkeler ile AB  yesi ülkelerin arkasında olduğu görülmektedir (Savaş 2010).

T. C. Tarım Bakanlığı'nca Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği ile denizlerden ve i sulardan avlanan ürünlerde ağır metal parametrelerinin Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne uygunluğunun belirlenmesi amacıyla "Avcılık Yoluyla Elde Edilen Su  r nlerinde Ağır Metal İzleme Programı" oluşturulmuştur.

Bu alışmada Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26) kriterleri esas alınarak İstanbul ilinde satışa sunulan Marmara Denizi (n=75) ve Karadeniz (n=75) kaynaklı toplam 150 adet (10 karides, 10 kalamar, 10 ahtapot, 10 midye, 10 palamut, 10 lüfer, 10 hamsi, 10 istavrit, 10 izmarit, 10 mercan, 5 kalkan, 5 kefal, 5 barbunya, 5 sardalya, 5 mezigit, 5 inekop, 5 dil balığı, 5 tekir, 5 karagöz, 5 uskumru) su  r nlerinde Uluslararası NMKL 186 (2007) talimatına göre İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi ICP-MS

kullanılarak kurşun, kadmiyum, civa ve arsenik seviyelerinin tespiti amaçlanmıştır.







## 2 GENEL BİLGİLER

### 2.1 Su Ürünleri

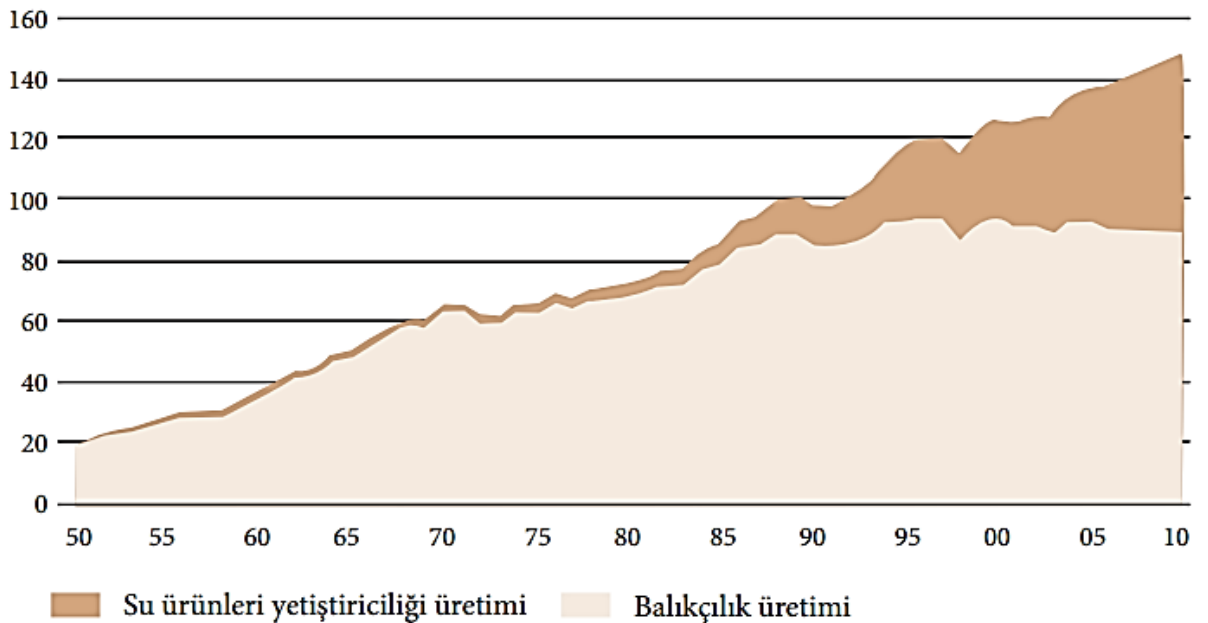
#### 2.1.1 Dünya'da durumu

Dünya'da su ürünleri üretimi 2011 yılı itibariyle toplam 154 milyon tona yaklaşmıştır. Bu üretim rakamının yaklaşık 79 milyon tonu denizlerden elde edilmiştir. Ancak, 1985 yılından itibaren kültür balıkçılığında dikkat çekici bir artış eğilimi sürmektedir. Dünya deniz ürünleri üretimi zirve rakama 1996 yılından 86,4 milyon ton olarak ulaşmıştır.

Bu yıldan sonra deniz ürünleri üretiminde azalan bir eğilim ortaya çıkmıştır. Bu gerçeğin arkasından yatan temel neden çevrenin ve balık kaynaklarının korunması kaygısıdır.

Dünya su ürünleri üretiminin yaklaşık %70'ini yirmi ülke gerçekleştirmektedir. Bu ülkeler arasında en önemlileri Çin, Norveç, Tayland, Vietnam, Amerika Birleşik Devletleri ve Şili'dir. Dünya su ürünleri üretiminin toplam değeri 110 ABD\$'a ulaşmıştır (FAO 2012).

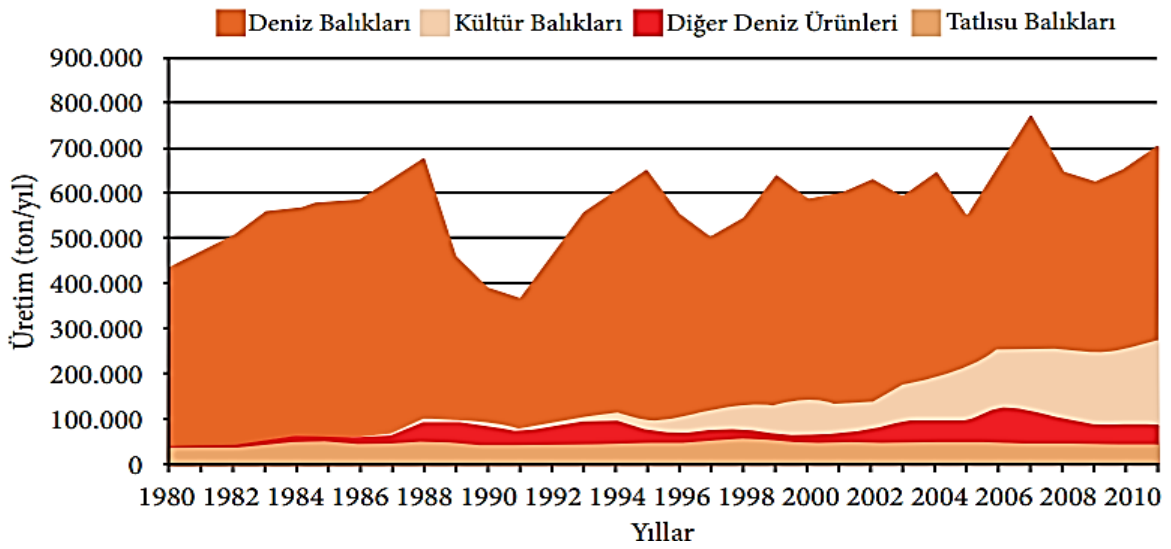
**Çizelge 2.1:** Dünya su ürünleri üretimi (FAO 2012)



## 2.1.2 Türkiye'de durumu

Türkiye’de 2011 yılı itibariyle toplam su ürünleri üretimi 703.545 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu üretimin 478 bin tonu denizlerden, 37 bin tonu iç sulardan ve kalan 189 bin tonu kültür işletmeciliğinden karşılanmıştır. Tüm sektörde 250.000'den fazla kişi istihdam edilmektedir. Sektörün bu büyüklüğü ile toplam değeri 2.528.452.000 TL’dir. Su ürünleri %25,3'lük büyüme hızı ile tarım, avcılık ve ormancılık sektörünün ilerisinde bir gelişme göstermiştir. Türkiye'de kişi başına su ürünleri tüketimi yaklaşık 7 kg/yıl mertebesinde (ÖİKR 2014).

**Çizelge 2.2:** Türkiye'de yıllara göre su ürünleri üretimi (ÖİKR, 2014)



Türkiye'de 2011 yılı verilerine göre sık ve sevilerek tüketilen deniz ürünleri arasında ilk sırayı 228.491 ton ile hamsi almaktadır. Bunu 87.141 ton ile çaa, 34.709 ton ile sardalya, 25.000 ton ile istavrit türleri (kraça ve karagöz), 10'ar bin ton ile palamut ve mezgit, 3'er bin ton ile lüfer ve kefal ile 166 ton ile kalkan izlemektedir (ÖİKR, 2014).

**Çizelge 2.3:** Dünya ve Türkiye Su Ürünleri Üretimi Verileri (FAO, 2011).

Dünya (2011)	Toplam	154 milyon ton
	Avcılık	90 milyon ton
	Yetiştiricilik	64 milyon ton
Türkiye (2011)	Toplam	703 bin ton
	Avcılık	514 bin ton
	Yetiştiricilik	189 bin ton

Balık dışında diğer deniz ürünlerinden çift kabuklu yumuşakçaların üretim miktarları çevresel kirlenme, değişimler ile aşırı avcılıktan olumsuz şekilde etkilenmektedir. Örneğin, 2007 yılından toplam 71 bin ton olan üretim miktarı, 2010 yılı itibariyle dikkat çekici azalış kaydederek 46 bin tona inmiştir (Oral, 2010; Çınar ve ark., 2011).

## 2.2 Su Ürünlerinin İnsan Beslenmesinde Önemi

Dünya sularında 20.000'den fazla insanlar tarafından tüketilebilecek deniz ürünleri çeşitleri bulunmaktadır. Bu kadar büyük tür sayısına rağmen, genel olarak yaklaşık 250 deniz ürünü türü insanların beslenmelerinden önemli yer işgal etmektedir (Yazıcıoğlu, 2015).

Deniz ürünleri karbonhidrat içermemekle birlikte, yağ ve protein bakımından son derece zengin gıdalardır. Özellikle balık eti insan beslenmesi için elzem olan bazı aminoasit yapılarca son derece zengindirler. Bu aminoasitler löysin, izolöysin, lizin, valin, metionin, fenilalanin, treonin ve triptofandır (Baysal 2002). Bazı balık türlerinin besin değerleri içerikleri aşağıdaki Çizelge 2.4'de sunulmuştur.

**Çizelge 2.4:** Bazı balık türlerinin besin değerleri içerikleri (100 g) (Baysal 2002).

<b>Balık</b>	<b>Enerji (kcal)</b>	<b>Protein (g)</b>	<b>Yağ (g)</b>	<b>CHO (g)</b>	<b>Su (g)</b>	<b>Kül (g)</b>
Levrek	97	17.73	2.33	0.00	79.22	1.04
Ton Balığı	108	23.38	0.95	0.00	70.99	1.34
Hamsi	131	20.35	4.84	0.00	73.37	1.44
Alabalık	138	20.87	5.4	0.00	72.73	1.43
Ringa Balığı	158	17.96	9.04	0.00	72.05	1.46
Som Balığı	183	19.90	10.85	0.00	68.90	1.05
Sardalya	208	24.62	11.45	0.00	59.61	3.38

Türkiye'de kişi başına balık tüketimi 7 kg/Yıl'dır. Bu değer Dünya ortalamasının çok gerisinde bulunmaktadır. Sağlık Bakanlığı çocuklar ve gençlerde görülme sıklığı ciddi şekilde artış gösteren obezite ile mücadelede su

ürünlerinin tüketiminin yaygınlaşması hususunda yoğun çaba göstermekte ve ciddi kampanyalar sürdürmektedir (ÖİKR 2014).

Sağlıklı bir hayat için gerekli elzem proteinler ve mikro besin öğelerince zengin su ürünleri insan beslenmesi açısından önemli gıda maddeleridir. Ülkemizde yıllık 7 kg olan tüketim oranı Dünya'nın 1960'lı yıllardaki ortalama tüketimine henüz karşılık gelmektedir. (ÖİKR 2014).

Hâlbuki 1960'lı yıllarda ortalama 9,9 kg/kişi-yıl olan su ürünleri üretimi, artış göstererek 2010 yılı itibariyle kişi başına yıllık 18,6 kg'a yükselmiştir. Su ürünleri Dünya nüfusunun yaklaşık yarısının (4,3 milyar kişi) günlük protein gereksiminin %15'ini karşılamaktadır (FAO 2012).

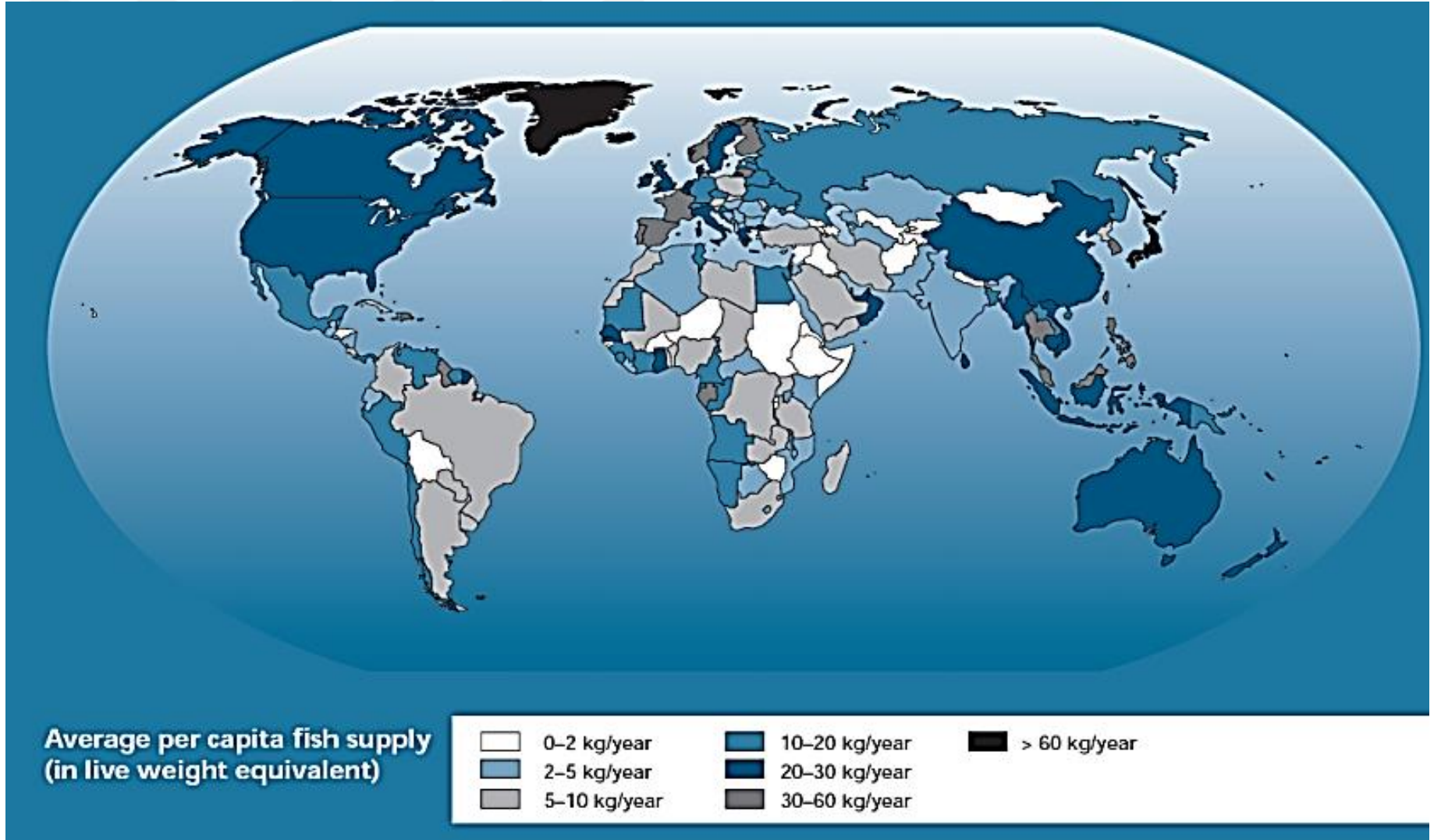
Balık eti omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerince (n-3 PUFA) son derece zengindir. Bu tür yağ asitlerinin başta koroner damar hastalıkları olmak üzere, diyabet, nörobilişsel, depresyon, enflamatuar barsak hastalıkları, antioksidan, antihipertansif, antihiperlipidemik, antiaterojenik, antiaritmik ve antiagregan ve diğer pek hastalığın önlenmesinde önemli etkileri olduğu araştırmalarla ortaya somut şekilde konulmuştur (Cabr  ve ark., 2012; Yazıcıoğlu 2015).

Dokozaheksanoik asit (DHA, 22: 6n-3), eikozapentaenoik asit (EPA, 20: 5n-3) ve  $\alpha$ -linolenik asit (ALA, 18: 3n-3) omega-3 (n-3) yağ asitleridir. Balık yağından bol miktarda bulunmaktadırlar (Filion ve ark., 2010).

DHA ve EPA uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) üyesidir. Bu yağ asitlerinin insan beslenmesinden mutlaka yer alması gerekmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) diyetinde ideal n3/n6 oranını 1/4 tavsiye etmektedir (Bloch ve Hannestad 2012).

Bu iki yağ asidinin vücutta önemli biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklere yol açtıkları bilinmektedir. Örneğin, PUFA canlı hücrelerinin hücre membranı yapısının önemli bileşenlerindedir. Bu yağ asitleri hücre duvarının bütünlüğünü sağladığı gibi, aynı zamanda reseptörlerin çalışmaları ve yerleşimlerini de düzenlemektedirler (Zararsız ve ark., 2005).

Bir başka araştırma omega-3 yağ asitlerinin enflamasyonu azalttığını ve akciğer fonksiyonlarını olumlu yönde geliştirdiğini ortaya koymuştur (Tokem 2006).



Şekil 2.1: Dünya'da kişi başı su ürünleri tüketimi (Yazıcıoğlu, 2015)

**Çizelge 2.5:** Bazı balık türlerinden yağ asitleri miktarları (Kaya ve ark., 2004).

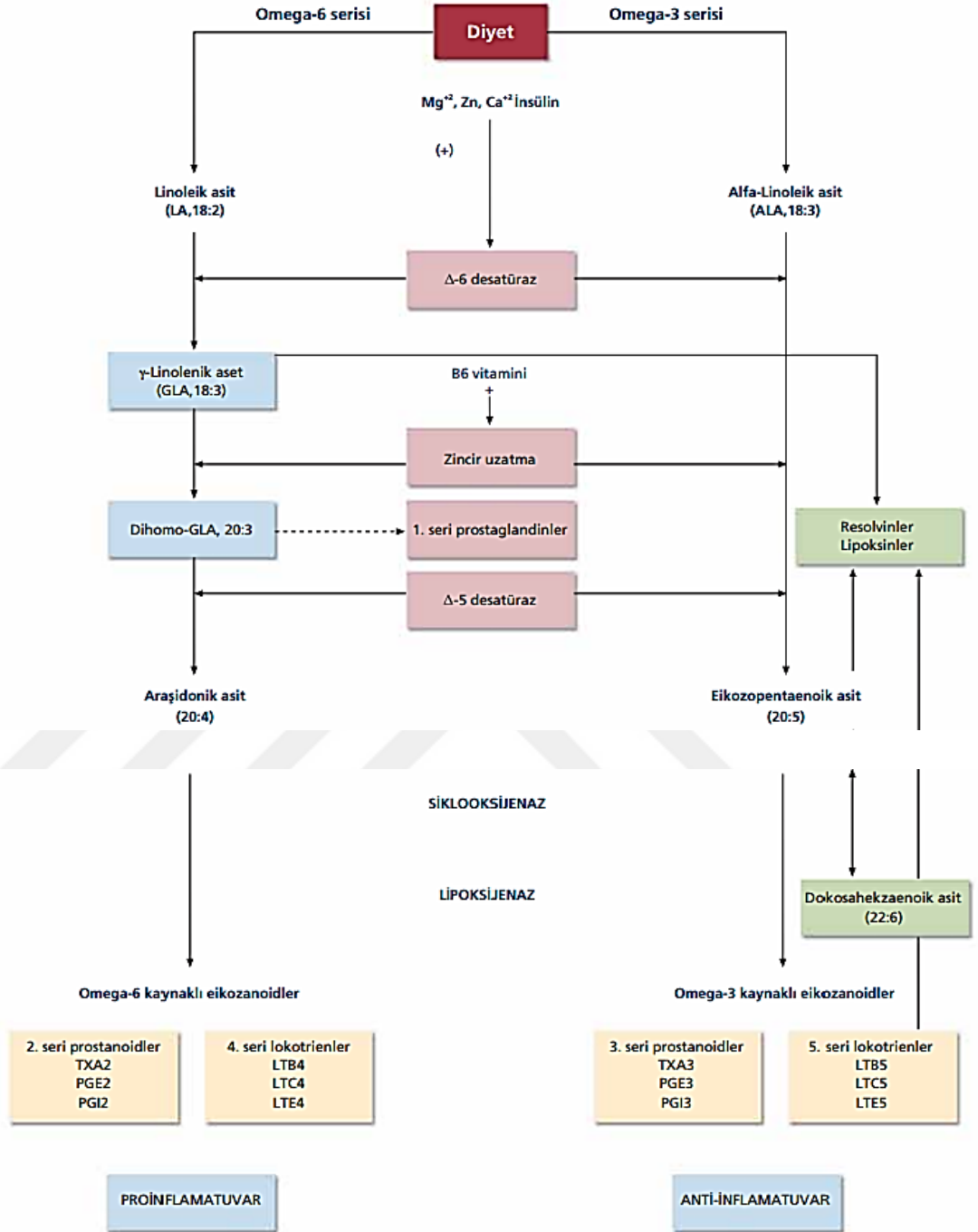
Balık Türü	Yağ (g/100g)	Doymuş (g/100g)	Tekli Doymamış (g/100g)	Çoklu Doymamış (g/100g)	EPA (g/100g)	DHA (g/100g)
Hamsi	4.8	1.3	1.2	1.6	0.5	0.9
Sazan	5.6	1.1	2.3	1.3	0.2	0.1
Yayın balığı	4.3	1.0	1.6	1.0	0.1	0.2
Morina	0.7	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2
Berlam	1.6	0.3	0.3	0.6	0.2	0.2
Ringa	9.0	2.0	3.7	2.1	0.7	0.9
Uskumru	13.0	2.5	5.9	3.2	1.0	1.2
Dil balığı	1.2	0.3	0.4	0.2	Tr	0.1
Gökkuşluğu alası	3.4	0.6	1.0	1.2	0.1	0.4
Kefal	8.4	1.5	1.2	1.6	0.6	0.5
Pollak (İri mezgıt)	1.0	0.1	0.1	0.5	0.1	0.4
Orkinoz	6.6	1.7	2.2	2.0	0.4	1.2
Yengeç	1.3	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2
Karides	1.1	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1
İstiridy	2.5	0.6	0.2	0.7	0.2	0.2

**Çizelge 2.6:** Esansiyel yağ asitleri eksikliğinde görülen başlıca sağlık sorunları (Konukoğlu 2008)

<b>Omega-3 eksikliği bulguları</b>	<b>Omega-6 eksikliği ile ilişkili bulguları</b>	<b>Esansiyel yağ asidi eksikliği ile ilişkili hastalıklar</b>
Yavaş büyüme	Egzema benzeri deri kızartıları	Astım
Görme zayıflığı	Saç kaybı	Hiperaktivite sendromları
Öğrenme yeteneğinde zayıflık	Karaciğer harabiyeti	Bipolar bozukluk
Konsantrasyon eksikliği	Davranış bozuklukları	Kanser
Motor hareketlerde düzensizlik	Böbrek harabiyeti	Kardiyovasküler hastalıklar
Kol ve bacaklarda uyuşukluk hissi	Aşırı terleme	Depresyon
Davranış değişiklikleri	Enfeksiyonlara karşı hassasiyet artışı	Diyabet
	Yara iyileşmesinde gecikme	Alzheimer
	Erkeklerde cinsel güç zayıflaması	Egzema
	Kadınlarda düşük riski	Hipertansiyon
	Inflamasyon	Huntington hastalığı
	Kalp ve dolaşım sistemi rahatsızlıkları	Lupus
	Büyümede yavaşlama	Migren tipi baş ağrısı
		Multipli skleroz
		Obesite
		Osteoartrit
		Osteoporoz
		Psoriasis
		Romatoid artrit







Şekil 2.2: Esansiyel yağ asitlerinin vücutta sentezi (Konukoğlu 2008)

### 2.3 Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği Kriterleri

Türkiye’de 1971 yılında yürürlüğe giren 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu, 1163 Sayılı Kooperatifler Kanunu ve 5200 Sayılı Tarımsal Üretici Birlikleri Kanunu, su ürünleri sektörünün etkin yönetiminde yetersiz kalmaktadır. Denizlerimiz aşırı avlanma, çevresel kirlenme gibi sebepler yüzünden gerek deniz canlıları türlerinde sayısal azalmalar olmaktadır. Bu duruma ilaveten, özellikle çevresel kirlenme, su kaynaklarının denizler olmak üzere kentsel ve sanayi atıkları ile kirletilmesi gibi gerekçeler insan beslenmesi gıda zincirinden önemli yeri olan su ürünlerinin başta ağır metaller ve diğer tür kimyasallar ile ciddi şekilde kirlenmesi ile sonuçlanmaktadır. Başta Marmara Denizi olmak üzere iç sular ve diğer çevre denizlerde başta kabuklu türleri olmak üzere ağır metal ve kimyasal atıklar tespit edilmiştir (ÖİKR 2014).

Besleyici değeri son derece yüksek olan su ürünlerinin tüketiciye en sıhhi ve sağlıklı şekilde ulaştırılması gerekmektedir. Bunun sağlanmasından ise en önemli kural temiz çevredir. Yetiştirme ortamı doğal ve su olan su ürünleri, içinde buldukları ortamın çevresel boyutlu kirletilmesi durumunda bu olumsuz etkilerden mutlaka etkilenmektedirler. Bu sebeple, su ürünlerinin ağır metaller dâhil, her türlü kimyasal atıklardan arı olması gerekmektedir. Bu kapsamda Avrupa Birliği (AB) mevzuatına uyum çalışmalarıyla yeni hijyen paketi 852/2004/EC, 853/2004/EC, 854/2004/EC ve 882/2004/EC Yönetmeliklerine karşılık gelen ulusal mevzuat tasarıları oluşturulmuştur. Ulusal Kalıntı İzleme Programı kapsamında su ürünleri üretim alanlarında 2010 yılı içerisinde denizler ve içsularda ağır metaller izleme programı çalışmaları yapılmaktadır (GGD 2011).

Ancak, ülkemizin; su ürünleri güvenliği konusunda gelişmiş ülkeler ile AB üyesi ülkelerin arkasında olduğu görülmektedir (Savaş 2010).

Orta Karadeniz, Batı Karadeniz, Ayvalık, Çanakkale, İzmir bölgelerinden toplam 47 adet üretim alanlarından toplanan 213 adet örnekte kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) analizleri sonucu 19 adet örnekte belirlenen yasal limitin üzerinde ağır metal tespit edilmiştir (GGD 2011).

T. C. Tarım Bakanlığı’nca Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği ile denizlerden ve iç sulardan avlanan ürünlerde ağır metal parametrelerinin Türk

Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne uygunluğunun belirlenmesi amacıyla "Avcılık Yoluyla Elde Edilen Su Ürünlerinde Ağır Metal İzleme Programı" oluşturulmuştur. Çizelge 2.7 ve Çizelge 2.8'de sırasıyla numune alma etiketi ve tutanağı ile ağır metal izleme kayıt defteri sunulmuştur.

**Çizelge 2.7:** Numune alma etiketi ve tutanağı

<b>Ürün Adı:</b>	<b>DENİZ</b>	<b>KABUKLULAR</b>	<b>NUMUNELER</b>
Baki: <input type="checkbox"/>	<b>BALIKLAR</b>	<b>Karides</b> <input type="checkbox"/>	<b>Alınan</b> <input type="checkbox"/>
Kabuklu: <input type="checkbox"/>	Kalkan <input type="checkbox"/>	İstakoz <input type="checkbox"/>	Salye <input type="checkbox"/>
Yumurtlu: <input type="checkbox"/>	Meşgit <input type="checkbox"/>	Böcek <input type="checkbox"/>	Kabarm <input type="checkbox"/>
	Diğer <input type="checkbox"/>	Mavi yengeç <input type="checkbox"/>	
Bahçe Teknisi Adı:	Pis <input type="checkbox"/>		
Sahibinin Adı-Soyadı:	Barbunya/Tekir <input type="checkbox"/>		
Bahçe Olduğu Yer:	Karagöç <input type="checkbox"/>		
(Denizde avlanan türlerde)	İstirah <input type="checkbox"/>		
Ruhsat No:	Lahoz <input type="checkbox"/>		
	Orfox <input type="checkbox"/>		
	Koçer <input type="checkbox"/>		
	Sizir <input type="checkbox"/>		
	İğaroz <input type="checkbox"/>		
	Karagöz <input type="checkbox"/>		
	Marm <input type="checkbox"/>		
	Mercan <input type="checkbox"/>		
	Fangri <input type="checkbox"/>		
	Bakalyoz <input type="checkbox"/>		
	Eğir <input type="checkbox"/>		
	Hamsi <input type="checkbox"/>		
	İstavrit <input type="checkbox"/>		
	Palamut <input type="checkbox"/>		
	Kefal <input type="checkbox"/>		
	İzmarit <input type="checkbox"/>		
	İÇSU		
	<b>BALIKLAR</b>	<b>KABUKLULAR</b>	
	İnci Kefali <input type="checkbox"/>	Kerevit <input type="checkbox"/>	
	Sodak <input type="checkbox"/>		
	Gömür <input type="checkbox"/>		
	Sazan <input type="checkbox"/>		
	Kadife <input type="checkbox"/>		
<b>NUMUNEYİ AIT BİLGİLER</b>			
Numunenin Kodu:			
Numunenin Alınma Tarihi:			
Alınan Numune Miktarı:			
Gönderildiği Laboratuvar:			
Numunenin Alınma Amacı:	<b>İZLEME PROGRAMI</b>		
Numunenin Alınma Koşulları:	<b>TÜRK GIDA KODERSİNE UYGUN</b>		
Ambalaj şekli:			
Miktar Numarası:			
Laboratuvara Gönderilme Tarihi:			
Laboratuvara Gönderilme Koşulları:	<b>TÜRK GIDA KODERSİNE UYGUN</b>		
Yapılacak Analiz:	- Çinko <input type="checkbox"/>	- Kadmilyum <input type="checkbox"/>	- Kurşun <input type="checkbox"/>
Analiz sonucunun gönderileceği İl Müdürlüğü e-posta adresi:			
Numune Alan Yetkilinin:			
Adı Soyadı:		Adı Soyadı:	
Unvanı:		Unvanı:	
Görevli Olduğu Kuruluş:		Görevli Olduğu Kuruluş:	
İmza:		İmza:	

**Çizelge 2.8:** Ağır metal izleme kayıt defteri

Sıra No	Tutanak No	Numunenin Alındığı Tarih	Numunenin Alındığı Yer	Alınan Numunenin		Gönderilen Yazı			Gelen Yazı			Analiz Raporlarının		Analiz Sonuçları			Açıklamalar	
			Karaya Çıkış Yeri/Liman	Türü	Miktarı (Kg)	Gönderilen Yer	Tarih	No	Geldiği Yer	Tarih	No	Tarih	No	Ağır Metal				
															Civa	Kadmiyum	Kurşun	

## 2.4 Ağır Metaller ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Dünya ve ülkemizde hızlı nüfus artışı, kentleşme ve yoğun endüstrileşmenin doğal sonucu olarak çevreye son derece toksik kimyasallar bırakılmaktadır. Bu tehlikeli kimyasallar arasında ağır metallerin önemli bir yeri bulunmaktadır. Pek çok sayıda araştırma ağır metallerin doğal su kaynaklarını ciddi şekilde olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. Aslında doğanın bir parçası olan ağır metaller ve pek çok diğer bileşik, insan aracılığıyla kontrolsüz şekilde salınmakta, tabiatın taşıyamayacağı, insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır (Kayhan 2006).

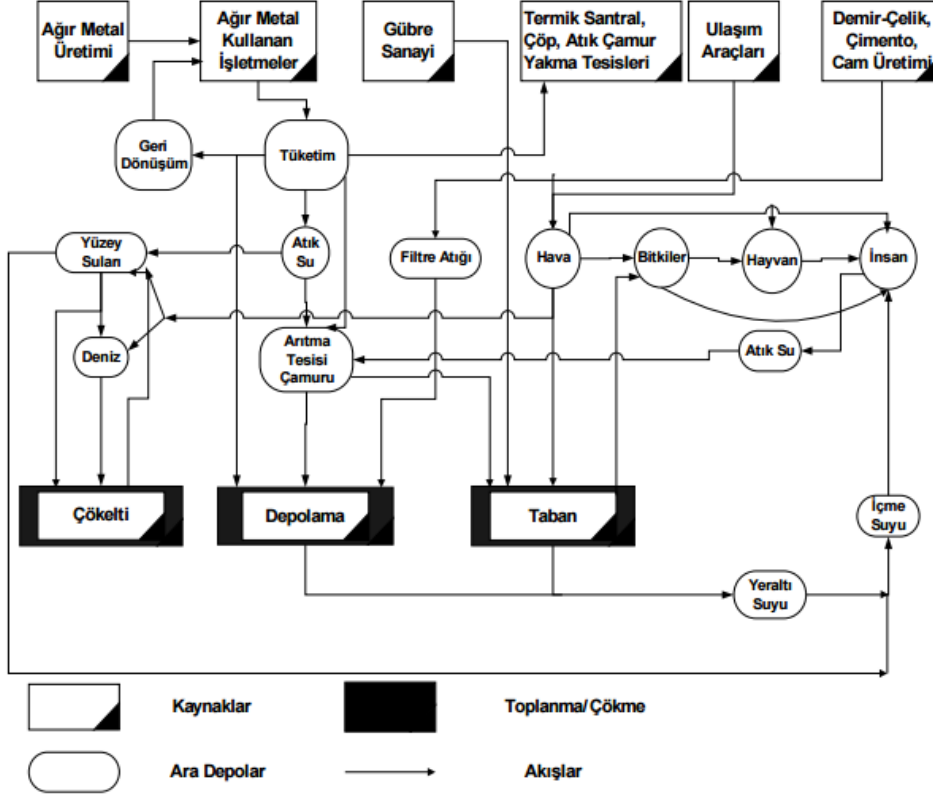
Ağır metaller küresel kirleticilerdir. Bu sebeple tüm canlı organizmaların yaşamları ve sağlıklı işleyişlerini riske atmaktadırlar. Ağır metaller maruz kaldıkları doz miktarı ve maruz kalma sıklığına göre canlı organizmada genetik hasarlara, bağışıklık sistemini bozmaya ve kanser ile diğer ciddi sorunların gelişmelerine uygun ve elverişli ortamı hazırlarlar (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Canlı biyokimyası süreçlerinde zaman zaman enzimatik reaksiyonlarda önemli roller alan bazı ağır metaller, sistemin ihtiyacı olmadan ve/veya taşıyamayacağından fazla miktarlarda biriktikleri zaman, canlı süreçlerinde enzimatik süreçleri olumsuz şekilde etkilemektedirler. Bu sebeple, ağır metaller su ürünlerinde sellüler ve moleküler seviyelerde yapısal işlev bozukluklarına ve canlı DNA'sında mutajenik sonuçlara yol açmaktadırlar (Kaya ve ark., 1998). Örneğin, ağır metaller balıkların solungaçlarında, karaciğer, böbrek ve dalak gibi metal detoksifikasyondan sorumlu hayati organlarında birikmektedirler. Midyeler için de benzer bir durum söz konusudur. Bu birikim oranları yükseldiği zaman, bu balıkları tüketen insanlara ağır metal alımına maruz kalmaktadır (Levesque ve ark., 2002).

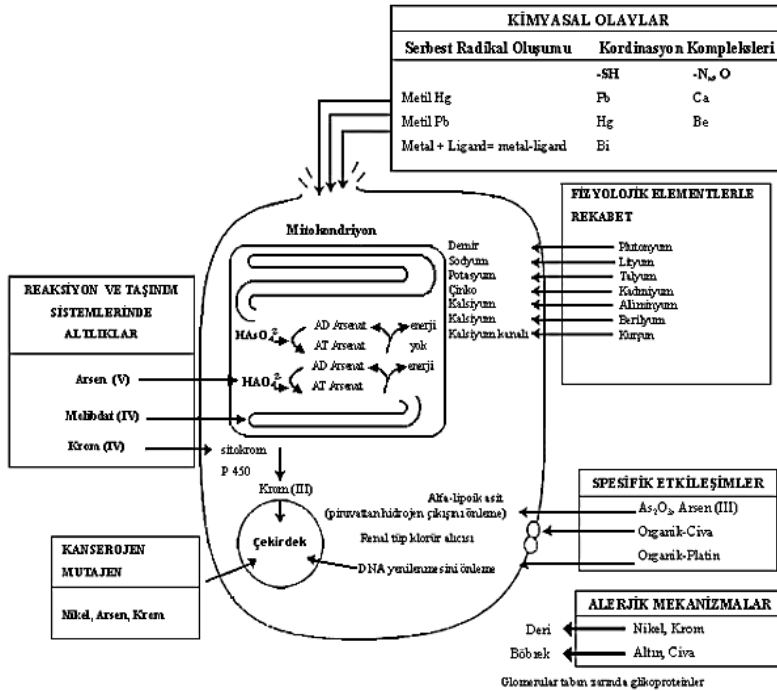
Demir (Fe), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn) gibi bazı metaller aynı zamanda insan canlı yaşamı ve biyokimyasal süreçleri için önemli elementlerdir ve gereklidirler. Ancak, bu tip metallerin yüksek derişimi aynı zamanda toksik etkiler de gösterebilmektedir Diğer taraftan, esansiyel olmayan bazı ağır metaller (Örneğin, Hg, Cd, Pb ve As) canlı için biyolojik görevleri olmayan, belirli sınır değerlerin üzerine çıktığında ise son derece

toksik etkiler gösteren elementlerdir (Oehlenschläger 2002; Küçükgülmez 2005).

Çizelge 2.9: Ağır metallerin doğaya yayılım yolları (Kahvecioğlu ve ark.)

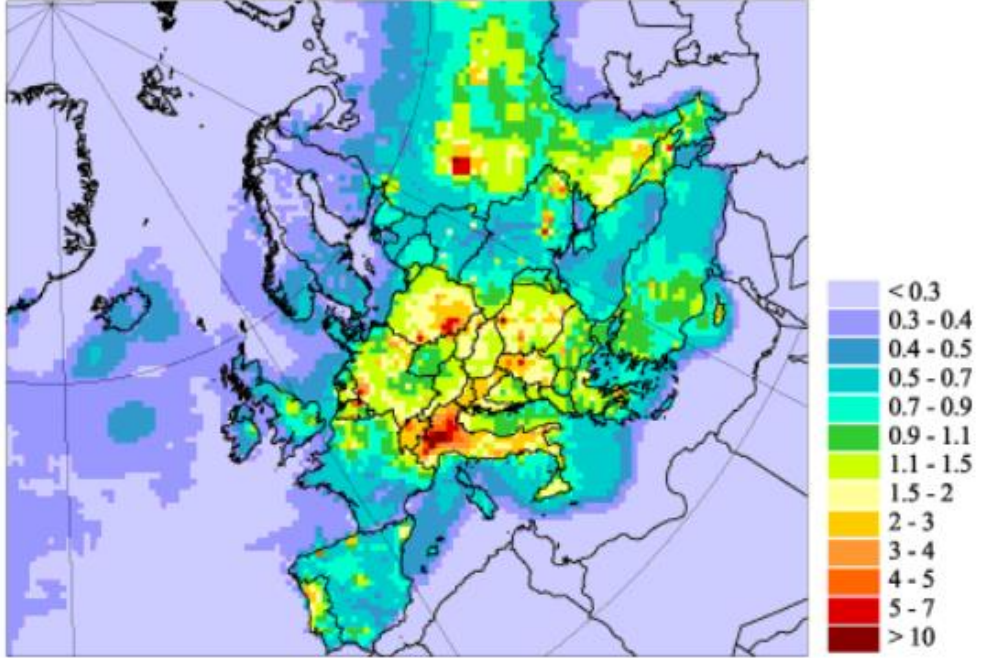


Çizelge 2.10: Ağır metallerin insan vücuduna etki mekanizmaları (Kahvecioğlu ve ark.)



### 2.4.1 Kurşun

Kurşun,  $11,34 \text{ gr/cm}^3$  yoğunluğa sahiptir. Kurşun (Pb) özellikle gelişmiş ülkelerde aşırı kentleşme ve modern yaşam araçlarının sonucu gerekli önlemlerin alınmaması sebebiyle halk sağlığını her şekilde tehdit eden önemli bir ağır metaldir. Araştırmalar kurşunun çok çeşitli yollarda organizmaya ulaştığını göstermektedir. Örneğin, gıda ve suyoluyla yetişkin bir kişi için günlük doz miktarı  $300 \mu\text{g}$ 'ı bulabilmektedir. Hava ve diğer araçlar kişinin kurşuna maruziyeti için diğer faktörleri teşkil ederler. Alınan kurşunun neredeyse %95'i kalsifiye ve yumuşak dokularda depo edilir (Şanlı ve ark., 2005).



**Şekil 2.3:** Avrupa ve Türkiye’de kurşun yayılımı (Kahvecioğlu ve ark.)

Başlıca kurşun kaynakları benzine eklenmiş kurşun, kurşun içeren boyalar, kurşun lehimli konserve kutular, seramik sırlar ve endüstriyel kirlenmedir. Kurşun, önemli bir enzim inhibitörüdür; merkezi sinir sistemi, hematolojik sistem, böbrekler, endokrin sistemi, gastrointestinal sistemi ve kemikler üzerine olumsuz etkileri vardır (Yapıcı ve ark., 2002). Su ürünlerinden balıklar için sudaki kurşun derişimi arttıkça ve balık ömrü uzadıkça birikimde artmaktadır (Küçükgülmez 2005).

Çizelge 2.11: Farklı gıda maddelerinde kurşun üst limitleri (TGK 2014)

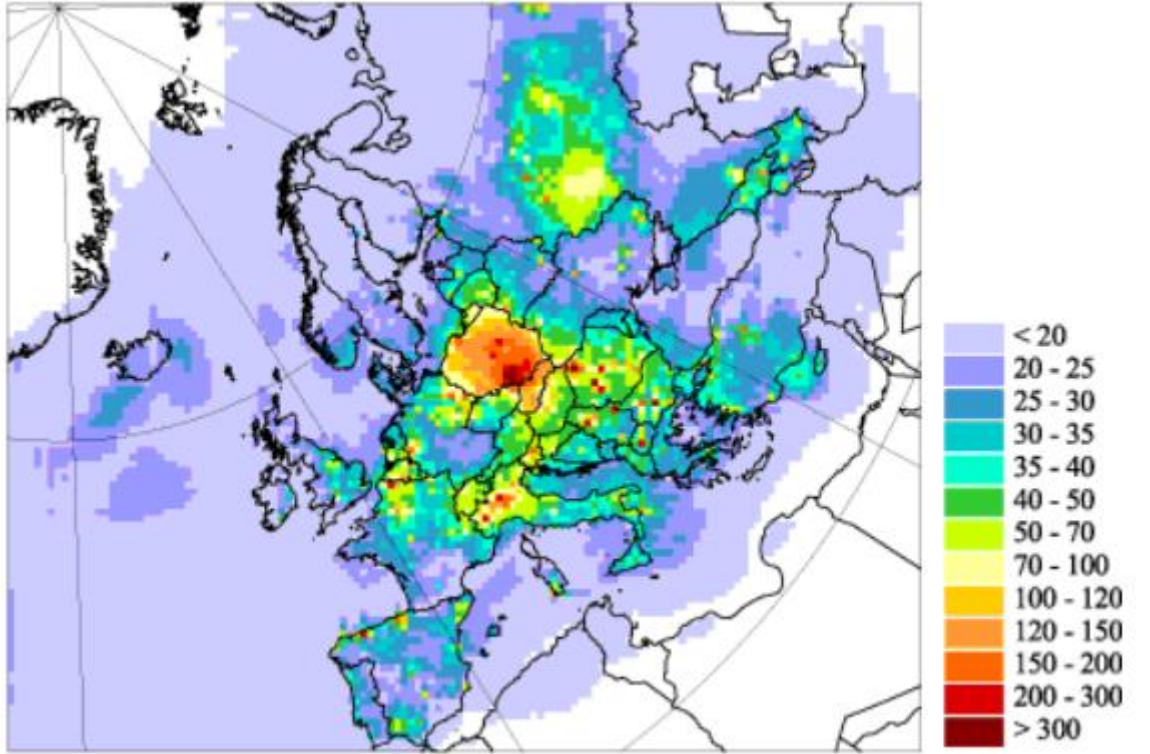
Gıda Maddesi	Maksimum limit (mg/kg yaş ağırlık)
<b>4.1. KURŞUN (Pb)</b>	
4.1.1. Çiğ süt <sup>(1)</sup> , ısıtılmış süt ve süt bazlı ürünlerin üretiminde kullanılan süt	0,02
4.1.2. Bebek formülleri ve devam formülleri <sup>(2)</sup>	0,02
4.1.3. Sığır, koyun, domuz ve kanatlı eti <sup>(3)</sup>	0,10
4.1.4. Sığır, koyun, domuz ve kanatlıların yenilebilir sakatatları <sup>(3)</sup>	0,50
4.1.5. Balık eti <sup>(4)(5)</sup>	0,30
4.1.6. Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların ( <i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i> ) baş ve göğüs etleri hariç) <sup>(6)</sup>	0,50
4.1.7. Çift kabuklu yumuşakçalar <sup>(6)</sup>	1,50
4.1.8. Kafadan bacaklılar (iç organları hariç) <sup>(6)</sup>	1,00
4.1.9. Tahıllar (karabuğday dahil) ve baklagiller	0,20
4.1.10. Sebzeler (lahana ve benzeri sebzeler, yapraklı sebzeler, mantar ve taze otlar hariç) <sup>(7)</sup> (patates için limit soyulmuş patatese uygulanır)	0,10
4.1.11. Lahana ve benzeri sebzeler, yapraklı sebzeler, kültür mantar <sup>(7)</sup>	0,30
4.1.12. Meyveler (dutsu meyveler ve küçük meyveler hariç) <sup>(7)</sup>	0,10
4.1.13. Dutsu meyveler ve küçük meyveler <sup>(7)</sup>	0,20
4.1.14. Katı ve sıvı yağlar (süt yağı dahil)	0,10
4.1.15. Meyve suları, meyve suyu konsantresi ve meyve nektarları <sup>(8)</sup>	0,05
4.1.16. Şaraplar (köpüklü şarap/şampanya dahil, likör şarabı hariç), elma, armut ve meyve şarapları	0,20 <sup>(10)</sup>
4.1.17. Aromatize şaraplar, aromatize şarap bazlı içkiler, aromatize şarap bazlı kokteylleri <sup>(9)</sup>	0,20 <sup>(10)</sup>



## 2.4.2 Kadmiyum

Kadmiyum,  $8,65 \text{ gr/cm}^3$  yoğunluğa sahiptir. Yirminci yüzyılın başlarında endüstriyel kullanıma giren kadmiyum (Cd) günümüze gelindiğinde türdeşleri diğer ağır metaller Pb ve Hg gibi insan sağlığı ve çevresel kirletici faktör olarak büyük önem kazanmıştır (Kayhan 2006).

Ziraatte kullanılan gübrelerin önemli bir kadmiyum kaynağı oldukları bilinmektedir. Aynı zamanda, kadmiyum teratojenik ve karsinojenik etkileri olan toksik bir metaldir. Bu ağır metale uzun ve sık süreli maruz kalındığında insanlarda kardiyovasküler ve diğer ciddi rahatsızlıkların gelişmeleri için uygun ortamı hazırlamaktadır (Bebiano ve Machado, 1997).



Şekil 2.4: Avrupa ve Türkiye’de kadmiyum yayılımı (Kahvecioğlu ve ark.)

Çizelge 2.12: Farklı gıda maddelerinde kadmiyum üst limitleri (TGK 2014)

Gıda Maddesi	Maksimum limit (mg/kg yas ağırlık)
<b>4.2. KADMIYUM (Cd)</b>	
4.2.1. Sığır, koyun, domuz ve kanatlı eti (sakatatları hariç) <sup>(5)</sup>	0,05
4.2.2. At eti (sakatat hariç) <sup>(5)</sup>	0,20
4.2.3. Sığır, koyun, at, domuz ve kanatlı hayvanların karaciğeri <sup>(5)</sup>	0,50
4.2.4. Sığır, koyun, at, domuz ve kanatlı hayvanların böbreği <sup>(5)</sup>	1,00
4.2.5. Balık eti <sup>(4)(5)</sup>	0,05
4.2.6. Aşağıdaki balık türlerinin etleri <sup>(4)(5)</sup>	0,10
– Hamsiler( <i>Engraulis</i> sp.),	
– Torik ( <i>Sarda sarda</i> ),	
– Karagöz ( <i>Diplodus vulgaris</i> ),	
– Yılanbalığı ( <i>Anguilla anguilla</i> ),	
– Kefal ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ),	
– İstavrit ( <i>Trachurus</i> sp.),	
– Louvar veya luvaz ( <i>Lovarus imperialis</i> ),	
– Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> ),	
– Sardalya türleri ( <i>Sardinops</i> sp.),	
– Orkinos ( <i>Thunnus</i> sp. ve <i>Euthynnus</i> sp., <i>Katsuwonus pelamis</i> ),	
– Dilbalığı ( <i>Dicelloglossa cuneata</i> )	
4.2.7. Kılıçbalığı ( <i>Xiphias gladius</i> ) eti <sup>(4)(5)</sup>	0,30
4.2.8. Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların ( <i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i> ) baş ve göğüs etleri hariç) <sup>(6)</sup>	0,50
4.2.9. Çift kabuklu yumuşakçalar <sup>(6)</sup>	1,00
4.2.10. Kafadan bacaklılar (iç organları hariç) <sup>(6)</sup>	1,00
4.2.11. Tahıllar (kepek, embriyo, buğday tanesi ve pirinç hariç)	0,10
4.2.12. Kepek, embriyo, buğday tanesi ve pirinç	0,20
4.2.13. Soya fasulyesi	0,20
4.2.14. Sebzeler ve meyveler (yapraklı sebzeler, taze otlar, mantar, çam fıstığı, saplı sebzeler, köklü sebzeler ve patates hariç) <sup>(7)</sup>	0,05
4.2.15. Lifli sebzeler, taze otlar, kereviz ve kültür mantarı <sup>(7)</sup>	0,20
4.2.16. Saplı sebzeler, kereviz hariç köklü sebzeler ve patates (patates için verilen limit soyulmuş patatase uygulanır) <sup>(7)</sup>	0,10

### 2.4.3 Civa

Civa, 13,53 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahiptir. Civa (Hg) sanayi dallarının ekserisinde yaygın şekilde kullanılan, bu sebeple önemli bir çevresel kirletici ağır metaldir. Su kaynakları ve denizler çevresinde yoğunlaşan sanayi tesisleri doğaya iyi bir civa salıcı kaynak teşkil ederler. Son derece toksik olan civa canlılar ve insanlarda nörolojik bozukluklara, böbrek hasarları ile nefropatik sorunlara, ağız ve diş eti hastalıklarına, psikolojik sorunlara ve hatta erken/düşük gebeliklere sebep olmaktadır (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Çizelge 2.13: Farklı gıda maddelerinde civa üst limitleri

Gıda Maddesi	Maksimum limit (mg/kg yas ağırlık)
<b>4.3. CİVA</b>	
4.3.1. Su ürünleri <sup>(6)</sup> ve balık etleri <sup>(4)(5)</sup> ile kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların ( <i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i> ) baş ve göğüs etleri hariç)	0,50
4.3.2. Aşağıdaki balık türlerinin etleri <sup>(4)(5)</sup> ; – Fener balıkları ( <i>Lephius</i> spp.), – Atlantik yayını/kedi balığı ( <i>Anarhichas lupus</i> ), – Tonik ( <i>Sarda sarda</i> ), – Yılanbalıkları ( <i>Anguilla</i> spp.), – Emperor veya orange roughy, rosy soldierfish ( <i>Hoplostethus</i> spp.), – Grenadier ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ), – Kalkan benzeri yassı balık ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ), – Kılıç balığı benzeri balık ( <i>Makaria</i> sp.), – Megrim ( <i>Lepidorhombus</i> sp.), – Barbunya ( <i>Mullus</i> sp.), – Tuna balığı ( <i>Esox lucius</i> ), – Tonik/iri uskumruya benzer balık ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ), – Poor cod ( <i>Tricopterus minutus</i> ), – Portekiz köpek balığı ( <i>Centroscymnus coelolepis</i> ), – Vatozlar ( <i>Raja</i> spp.), – Mercan türü balıklar ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i> ), – Kılıç benzeri balık ( <i>Istiophorus platypterus</i> ), – Uskumru türü balıklar ( <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i> ), – Mercan balıkları ( <i>Pagellus</i> sp.), – Köpekbalığı (bütün türleri), – Uskumru türü balıklar ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ), – Mersin balığı ( <i>Acipenser</i> spp.), – Kılıçbalığı ( <i>Xiphias gladius</i> ), – Orkinos ( <i>Thunnus</i> spp. ve <i>Euthynnus</i> spp., <i>Katsuwonus pelamis</i> )	1,00

### 2.4.4 Arsenik

Arsenik (As) 5,72 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahiptir. Yarı metal olan arsenik ilkçağlardan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Arsenik hava, su ve toprakta yaygın şekilde bulunmakta olup, özellikle içme sularında doğal sebepler ve/veya madencilik, sanayi ve tarım gibi insan aracılı faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Arsenik, boyalarda, zirai ilaçlar ve haşere öldürücülerde, elektronik devrelerde

kullanılmaktadır. Yüksek miktarlarda arseniğe maruz kalındığında canlı organizmalarda başta kalp yetmezliği olmak üzere, kan dolaşımı sorunları görülmektedir. Ayrıca, dermatolojik sorunlar, merkezi sinir sistemi sorunları, halsizlik, iştahsızlık, yorgunluk, bilinç kaybı, gastrointestinal sistem sorunlarına kadar varan sağlık sıkıntıları rapor edilmiştir (Filazi 2015).

#### 2.4.5 Diğer ağır metaller

Karsinojenik olmayan çinko (Zn), Antimon (Sb), Bakır (Cu), Krom (Cr), Mangan (Mn), Selenyum (Se), Alüminyum (Alu), Vanadyum (Vn) gibi diğer metaller başta çevresel kaynaklar olmak üzere, pek çok yerde yoğun şekilde bulunmaktadır. Yüksek dozlarda maruz kalındıklarında, organizmada kusma, bulantı, kanlı idrar, karaciğer fonksiyonlarının bozukluğu, kurşundaki gibi zekâ geriliği, erken doğum ve düşük, kan şekeri ve kolesterol düzeylerinden bozulma, testosteron seviyesinde düşüş, dalak ve pankreas şişmesi ve anemi gibi ciddi sağlık ve metabolik/fizyolojik sorunlara yol açmaktadırlar (Poyraz 2014).

**Çizelge 2.14:** Ağır metal kaynakları endüstriler (Kahvecioğlu ve ark.)

<b>Endüstri</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Sn</b>	<b>Zn</b>
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik San	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

## 2.5 Gıdalarda Ağır Metallerin Epidemiyolojisi

### 2.5.1 Dünya'da durum

Su ürünleri Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı için son derece zengin besin içeriği sebebiyle önemli bir gıda maddesidir. Bazı toplumlar için su ürünlerinin tek gıda maddesi olduğu gerçeği ayrıca bir vak'adır (FAO, [www.fao.org/fishery/sofia/en](http://www.fao.org/fishery/sofia/en)).

Balık ve diğer su ürünleri her şeye rağmen ekosistemden ayrı düşünülemezler. Başlıca yaşam ortamları olan su ve su kaynaklarının sıhhi ve çevresel kirleticilerden ari olması gerekmektedir. Bu canlı türleri içinde buldukları

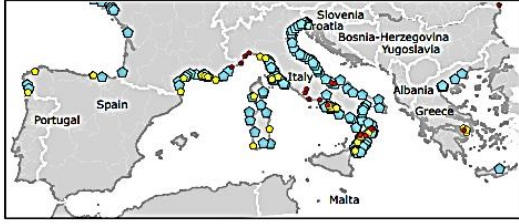
yaşam ortamının ekolojik açıdan temiz olduklarını gösteren önemli indikatör organizmalardır. Su ve su kaynakları doğal ya da insan aracılığıyla kirletildiği takdirde, başta ağır metaller ve diğer her türlü kimyasallar balıklar ve kabuklu canlıların doku ve organlarında birikmektedir. İnsan beslenmesinde önemli yeri olan su ürünleri, aynı zamanda içerdikleri tehlikeli kimyasal maddeler ve kirleticilerin insanlara ulaşmasında etkin roller oynarlar (Bosch ve ark., 2016).

**Çizelge 2.15:.** Bazı su ürünlerinde Hg seviyeleri ölçümleri (FDA 2014)

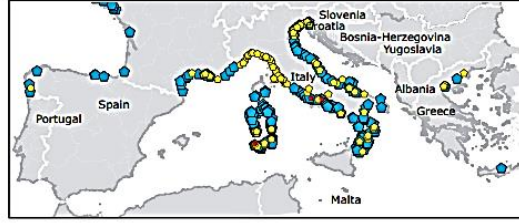
<b>Tür</b>	<b>Ort. ppm</b>	<b>Min. ppm</b>	<b>Maks. ppm</b>	<b>Örnek sayısı (n)</b>	<b>Referans</b>
Hamsi	0.017	-	0.049	14	FDA 2007-2010
Lüfer	0.368	0.089	1.452	94	FDA 1991-2009
Mezgit	0.055	-	0.197	50	FDA 1991-2009
Orkinos	0.05	0.02	0.16	80	NMFS Raporu 1978
Tekir	0.05	-	0.27	20	FDA 1991-2008
Somon	0.022	-	0.19	94	FDA 1991-2009
Sardalya	0.013	-	0.083	90	FDA 2002-2010
Karides	0.009	-	0.05	40	FDA 1991-2009

Dünya'da su ürünlerinde ağır metallerin varlıklarını araştırmaya dönük çok sayıda epidemiyolojik çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalar düzenli şekilde sürmekte, gıda güvenliği bakımından halk sağlığını koruyucu politikaların geliştirilmelerinde etkin destekler vermektedirler. Su ürünlerinde ağır metallerin bulunma sıklıklarının takibinin, Dünya'nın ekolojik dengesi ile çevresel kirlenmenin boyutlarını anlamak açısından ayrıca önemi vardır (Satarug ve ark., 2003).

A: Kurşun (Pb)



b: Cıva (Hg)



**Not:** Kırmızı renk yüksek, sarı renk orta, mavi renk ise düşük yoğunlukları gösterir.

**Kaynak:** AÇA, 2004b.

### Şekil 2.5: Akdeniz bölgesi midyelerinde ağır metaller 1996-2002 (AÇA, 2004).

Güney Afrika'da midyelerde Cd, Cu ve Pb (Watling ve Watling, 1976), Kuzey-Batı Afrika'da karideslerde Cd ve Pb (Bruegmann 1978), Mauritius sahillerinde avlanan balıklarda Cd ve Hg (Roméo ve ark., 1999), Güney Afrika sahillerindeki balıklarda , As, Cd ve Pb (Erasmus ve ark., 2004), Fransa'ya ait Manş Denizi ve Atlantik karasularında farklı balık türlerinde Cd ve Pb (Henry ve ark., 2004), Singapur pazarlarında satılan balıklar ve kabuklu deniz ürünlerinde Cd, Hg, Ar ve Pb (Suhaimi ve ark., 2005), Mısır'daki balıklarda Cd, Pb ve Hg (Khorshed 2009) ve Gana'daki balıklarda As, Cd ve Hg (Essumang 2010), Filistin-Gazze Bölgesine Arjantin, Uruguay ve Vietnam'dan ithal edilen balık ve diğer su ürünlerinde AB, FAO, Türk ve Suudi Makamların tanıdığı üst limitlerinin üzerinde Cd ve Pb (Elnabris ve ark., 2013), İspanya'da Akdeniz sahili ve bu sahile dökülen nehirlerde avlanan balıklarda Cd ve Pb (Merciai ve ark., 2014) ve Pakistan'da balıklarda Cd (Sthanadar ve ark., 2015) tespit edilmiştir.

### 2.5.2 Türkiye'de durum

Türkiye'de 2010 yılında yayınlanan bir araştırma Karadeniz'de çevresel kirlenmenin boyutunu ortaya koymuştur (Boran ve Altınok, 2010).

Karadeniz'e dökülen nehirler ve diğer atıklar göz önüne alındığında 575.000 ton/yıl mineral azot, 55.000 ton/yıl mineral fosfor, 30.000 ton organik fosfor, 90.000 ton/yıl demir, 206.000 ton/yıl petrol türevleri ve yağ, 48.000 ton/yıl deterjan, 12.000 ton/yıl çinko, 45.000 ton/yıl kurşun, 80 ton/yıl cıva, 2.800 ton/yıl bakır, 1.700 ton/yıl arsenik ve 1.500 ton/yıl krom boşaldığını göstermiştir (Tüzen 2003).

Zonguldak havzasında ağır metal değerleri 1,686 µg/L Cd, 5,824 µg/L Cr, 39,281 µg/L Mn, 7,753 µg/L Cu, 8,334 µg/L Ni, 8,081 µg/L Pb ve 54,535 µg/L Zn ölçülmüştür (Tüzen 2009; Boran ve Altınok, 2010).

Tekirdağ Körfezinden avlanan istavrit örneklerinde Hg ve Pb, İzmit Körfezinden avlanan istavrit örneklerinde ise Hg, Pb ve Cd belirlenmiştir (Demirkol ve Aktaş, 2002). Akdeniz'de yetiştirilen orkinoslarda Hg, Pb ve Cd (Perçin ve Tanrıkul, 2006) tespit edilmiştir. İzmir Körfezinde yakalanan kaya balıklarından Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Mn (Katalay ve ark., 2007) bulunmuştur. Marmara Denizi, Yalova sahili ve açıkları, Ege Denizi, Mersin körfezi ve İskenderun Körfezinden avlanan dil balıklarında yüksek seviyelerde Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn (Türkmen 2011) rapor edilmiştir. Karadeniz avlanan barbunya, mezigit, izmarit balığı ve midyelerde Hg, Co, Zn, Pb, Cu ve Cd (dunyabulteni.net, 2012) bildirilmiştir.





### 3 GEREÇ VE YÖNTEMLER

#### 3.1 Gereç

##### 3.1.1 Gıda numuneleri

Bu çalışmada, 2015 yılı içinde İstanbul Balık Hallerinde ve balık pazarlarında satışa sunulan, Marmara Denizi ve Karadeniz'den 20 farklı su ürünü türünden 5'er adet olmak üzere toplam 150 adet numune toplanmıştır.

Toplanan numuneler 4°C'de özel taşıma kutusunda Laboratuvara getirilerek analize alınmıştır.



Şekil 3.1: İstavrit, sardalya, mezzit, barbunya, hamsi ve karides numuneler

Çizelge 3.1: Numune türü, sayısı ve bölgesel dağılımı

Numune adı	Özellik	Numune sayısı (n)	
		Karadeniz	Marmara
Karides	-	5	5
Kalamar	-	5	5
Ahtapot	-	5	5
Midye	-	5	5

**Çizelge 3.1:** (devam) Numune türü, sayısı ve bölgesel dağılımı

Kalkan	Dip balığı	5	
Palamut	Yüzey balığı	5	5
Kefal	Dip balığı		5
Lüfer	Dip balığı	5	5
Barbunya	Dip balığı	5	
Sardalya	Yüzey balığı		5
Hamsi	Yüzey balığı	5	5
İstavrit	Yüzey balığı	5	5
Mezgit	Dip balığı		5
Çinekop	Dip balığı	5	
Dil Balığı	Dip balığı		5
Tekir	Dip balığı	5	
İzmarit	Dip balığı	5	5
Mercan	Dip balığı	5	5
Karagöz	Dip balığı	5	
Uskumru	Yüzey balığı		5
<b>Toplam</b>		<b>75</b>	<b>75</b>

### 3.2 Yöntem

#### 3.2.1 Numune hazırlama

Numunelerin toplandıkları bölgeler, sayı ve analiz için alınan ortalama miktarları (g) Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.2:** Numunelerin toplandıkları bölgeler, sayısı ve ortalama miktarları

Numune adı	Numune sayısı (n)	Bölge ve Ortalama numune miktarı (g)	
		Karadeniz	Marmara
Karides	5/5	0,226	0,275
Kalamar	5/5	0,299	0,298
Ahtapot	5/5	0,277	0,281

**Çizelge 3.2:** (devam) Numunelerin toplandıkları bölgeler, sayısı ve ortalama miktarları

Midye	5/5	0,260	0,267
Kalkan	5	0,234	
Palamut	5/5	0,247	0,228
Kefal	5		0,272
Lüfer	5/5	0,238	0,254
Barbunya	5/5	0,236	
Sardalya	5		0,210
Hamsi	5/5	0,236	0,217
İstavrit	5/5	0,251	0,252
Mezgit	5		0,210
Çinekop	5	0,274	
Dil Balığı	5		0,232
Tekir	5	0,241	
İzmarit	5/5	0,204	0,259
Mercan	5/5	0,256	0,283
Karagöz	5	0,236	
Uskumru	5		0,264

### 3.2.2 ICP- MS analizi

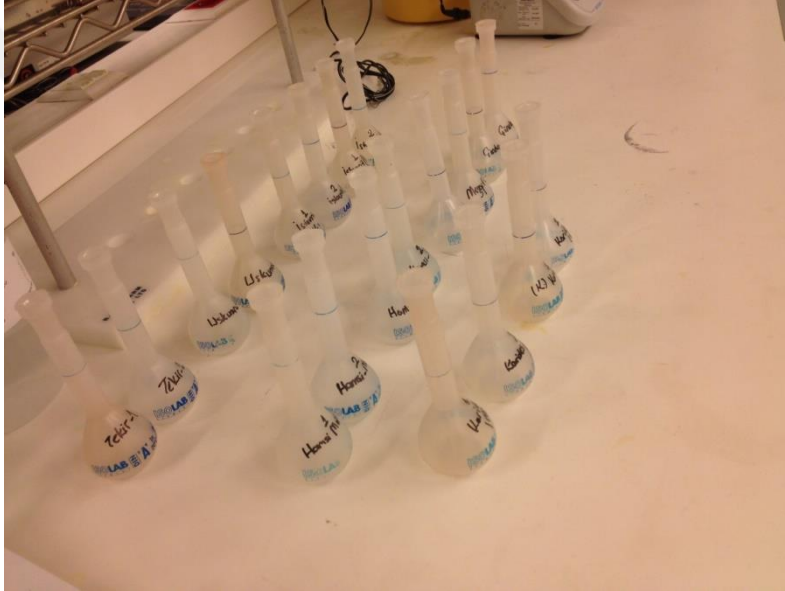
#### *Numune hazırlama*

Toplanan numuneler blender (Interscience, Almanya) yardımıyla iyice homojenize edilmiştir. Homojen numune mikrodalga cihazı ile (CEM, ABD) İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer, ICP-MS) cihazında okutulabilmek için mikrodalga cihazında yakılmıştır.

Yakılan numuneden 0,2 ila 0,5 g arası bir miktar hassas terazi (MS104TS Mettler Toledo, Türkiye) yardımıyla tartılmış ve bir vessele konulmuştur. Üzerine pipet ile 5 ml Nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) (Merck, Türkiye) ve 2,5 ml Hidrojen Peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (Merck, Türkiye) ilave edilmiştir.

Karışım mikrodalga cihazında tekrar sırasıyla 70°C/15 dk, 85°C/10 dk, 105°C/10 dk, 110°C/5 dk, 120°C/5 dk ve son olarak 130°C/5 dk yakılmıştır. Yakma işlemi bitiminde vessel oda koşullarında soğumaya bırakılmıştır.

Bekleme süresi bitiminde vessel kapağı dikkatlice açılmış ve içinde kalan çözelti bir balon jöje içine boşaltılmış ve üzerine deiyonize su eklenerek toplam hacim 25 ml olacak şekilde seyretilmiştir.



**Şekil 3.2:** Analize hazır numuneler

### ***ICP-MS cihazı ICP-MS ile Pb, Cd, Hg, As analizi kalibrasyon işlemi***

Kalibrasyon eğrisi çizimi işlemi Merck marka ICP element standart solüsyonları kullanılarak hazırlanan standart çözeltiler ve Uluslararası NMKL 186 (2007) talimatı takip edilerek yapılmıştır.

Birinci multi-ara stok çözeltisinin hazırlanması: 10.000.000 ppb'lik Pb, As, Cd, Hg ana standartlarının her birinden 200 µl lik pipet ile 50 mL'lik balon jöjeye 50'şer µl alınarak çizgisine tamamlanmış, 10.000 ppb' lik çözelti elde edilmiştir. 5 ppb'lik çözelti için, 10.000 ppb'lik ara stoktan balon jöjeye 200 µl'lik pipet ile 25 µl alınarak 50 mL çizgisine tamamlanmıştır.

İkinci multi ara stok çözeltinin hazırlanması: 10.000 ppb'lik ara stoktan 1000 µL'lik pipet ile 50 mL'lik balon jöjeye 500 µL alınarak çizgisine tamamlanmış ve 100 ppb'lik çözelti elde edilmiştir. Bu çözeltiden 0,05 ppb lik çözelti hazırlamak için 50 mL balon jöjeye 200 µL'lik pipet ile 25 µL aktarılmıştır.

0,1 ppb'lik çözelti için 50 mL balon jöjeye 200 µL'lik pipet ile 50 µL transfer edilmiştir.

0,5 ppb'lik çözelti için 50 mL balon jöjeye 1000 µL'lik pipet ile 250 µL konulmuştur.

1 ppb'lik çözelti için 50 mL balon jöjeye 1000 µL'lik pipet ile 500 µL alınmıştır.

5 ppb'lik çözelti için 50 mL balon jöjeye 5000 µL'lik pipet ile 2500 µL alınarak çizgisine tamamlanmıştır.

10 ppb lik çözelti için 50 mL balon jöjeye 5000 µL'lik pipet ile 5000 µL alınarak çizgisine tamamlanmıştır.

### **ICP-MS ile Pb, Cd, Hg, As analizi**

Ön işlem görmüş ve ağır metal varlıkları incelemesine alınacak numunelerin analizi ICP- MS Agilent 7700X (Agilent, Türkiye) cihazında ve Uluslararası NMKL 186 (2007) talimatı takip edilerek yapılmıştır.

Kalibrasyon blank, kalibrasyon standartları, sample blank, kontrol standartları ve kontrol numuneleri cihaza verilmiştir.

Analize hazır seyreltilmiş numunenin olduğu balon jöjeden pipet yardımıyla 10 ml hacim propilen tüpe aktarılmıştır. Tüp ICP-MS cihazı rackına yerleştirilmiş ve cihaz okuma için çalıştırılmıştır. Cihaz yazılımına numunenin tartılan miktarı ile seyreltiği hacme ait değerler girilmiş ve sonuç otomatik olarak cihaz yazılımı tarafından hesaplanmıştır.

Çözeltideki element miktarı kalibrasyon eğrisinin  $y=mx+n$  denklemi ile aşağıdaki şekilde tayin edilmiştir.

Element konsantrasyonunun hesaplanması

$$C \text{ (mg/L)} = A \times (V / B) \times F / 1000$$

$C = \text{Numunenin son element konsantrasyonu}$

$A = \text{Seyreltme katsayısı hesaba katılmamış numunenin element konsantrasyonu}$

$V = \text{Numunenin seyreltildiği hacim, mL}$

$B = \text{Numunenin mL veya g olarak tartım miktarı}$

$F = \text{Numunenin kalibrasyon aralığına girmesi için sonradan yapılan seyreltme faktörü}$



Şekil 3.3: ICP-MS cihazına numune çözeltisi yerleştirme



Şekil 3.4: ICP-MS cihazı yazılımı veri girişi



**Şekil 3.5:** ICP-MS genel görünümü



**Şekil 3.6:** ICP-MS cihazı





## 4 BULGULAR

Bu çalışmada 2015 yılı içinde İstanbul'da yerleşik balık hallerinden Marmara Denizi ve Karadeniz'den avlanmış 20 adet farklı türden her birinden 5'er adet olmak üzere toplam 150 adet su ürünleri Pb, Hg, Cd ve As varlığı bakımından ICP-MS cihazı kullanılarak Uluslararası NMKL 186 (2007) talimatına göre analiz edilmiştir.

**Çizelge 4.1:** Numunelerin yüzey balıkları, dip balıkları ve diğer ürünler olarak sınıflandırması

Dip balıkları	Yüzey balıkları	Diğerleri
Kalkan	Palamut	Karides
Lüfer	Hamsi	Kalamar
Barbunya	İstavrit	Ahtapot
Çinekop	Sardalya	Midye
Tekir	Uskumru	
Mercan		
İzmarit		
Karagöz		
Kefal		
Mezgit		
Dil balığı		

### 4.1 Karadeniz Kaynaklı Balıklar ve Diğer Ürünlerde Ağır Metal Bulguları

#### 4.1.1 Karadeniz kaynaklı balık türlerinde ağır metal bulguları

Karadeniz'den avlanan barbunya (1,707 ppm>1 ppm) ve karagöz (1,098 ppm>0,5 ppm) numunelerinde Hg, istavrit (0,358 ppm>0,3 ppm) ve tekir (0,387

ppm>0,3 ppm) numunelerinde Pb Türk Gıda Kodeksi (TGK) üst sınır değerleri üzerinde tespit edilmiştir. İncelenen balıklarda Cd seviyeleri belirlenen üst sınır değerlerin altında kalmıştır. Numunelerin tümünde As belirlenmiştir.

Tür bazından genel bulgular Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.2:** Karadeniz kaynaklı balıklarda ağır metal bulguları

<b>Tür</b>	<b>Hg (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>As (ppm)</b>
<b>Kalkan</b>	0,033	0,008	0,015	0,729
<b>Palamut</b>	0,317	<0.000	<0.000	2,656
<b>Lüfer</b>	0,039	0,001	0,007	1,080
<b>Barbunya</b>	<b>1,707</b>	<0.000	<0.000	30,682
<b>Hamsi</b>	<0.000	0,056	0,202	3,094
<b>İstavrit</b>	<0.000	0,054	<b>0,358</b>	2,993
<b>Çinekop</b>	0,024	0,001	0,022	1,233
<b>Tekir</b>	<0.000	0,009	<b>0,387</b>	4,126
<b>İzmarit</b>	<0.000	0,015	0,143	4,575
<b>Mercan</b>	0,556	<0.000	<0.000	3,887
<b>Karagöz</b>	<b>1,098</b>	<0.000	<0.000	9,574

Karadeniz'den avlanmış balık türleri arasında dip ve yüzey balıkları olmaları bakımından bulgular ayrı şekilde incelenmiştir. Dip balıklarında Hg (ort. 0,576 ppm), ve As (6,986 ppm) ortalamaları, yüzey balıkları (Hg; 0,317 ppm; As: 2,914 ppm) ortalamalarına göre daha yüksek mertebelerde bulunmuştur.

Diğer taraftan, yüzey balıklarında Pb (0,28 ppm) ve Cd (0,0055 ppm) ortalamaları, dip balıkları ortalamalarına nazaran (Pb: 0,115 ppm; Cd: 0,007 ppm) olarak belirlenmiştir. Bulgular Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.1, Şekil

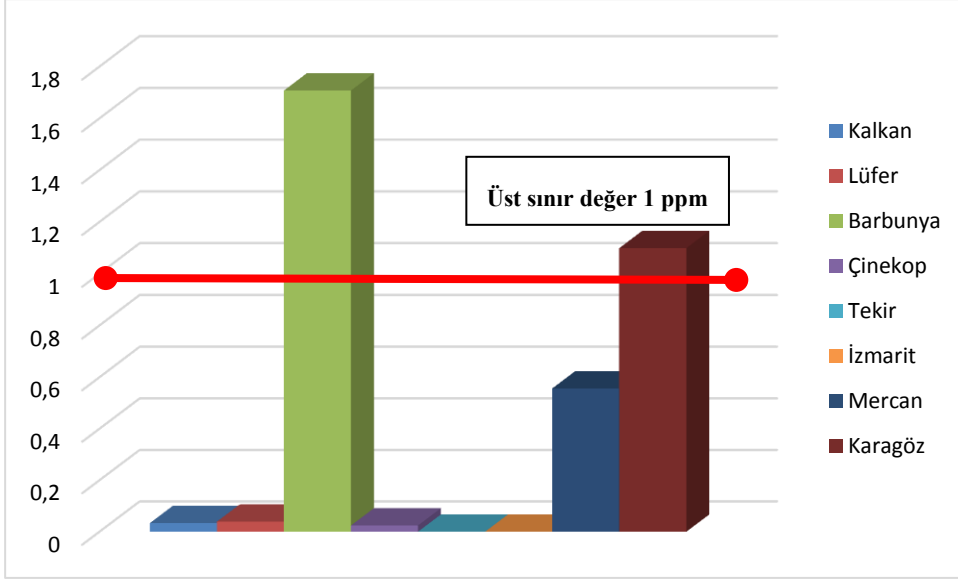
4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.3:** Karadeniz kaynaklı dip balıklarda ağır metal bulguları

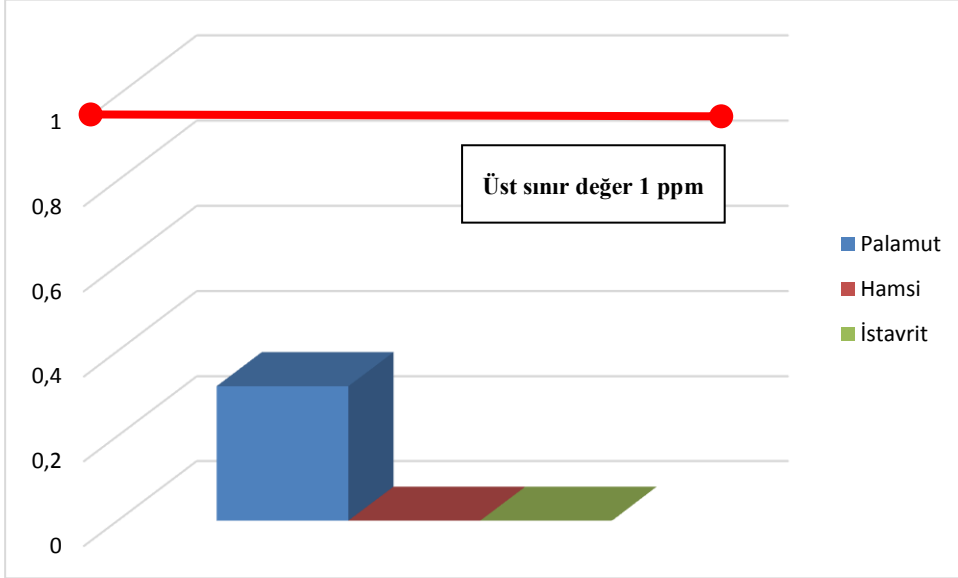
<b>Tür</b>	<b>Hg (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>As (ppm)</b>
<b>Kalkan</b>	0,033	0,008	0,015	0,729
<b>Lüfer</b>	0,039	0,001	0,007	1,080
<b>Barbunya</b>	1,707	<0.000	<0.000	30,682
<b>Çinekop</b>	0,024	0,001	0,022	1,233
<b>Tekir</b>	<0.000	0,009	0,387	4,126
<b>İzmarit</b>	<0.000	0,015	0,143	4,575
<b>Mercan</b>	0,556	<0.000	<0.000	3,887
<b>Karagöz</b>	1,098	<0.000	<0.000	9,574

**Çizelge 4.4:** Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda ağır metal bulguları

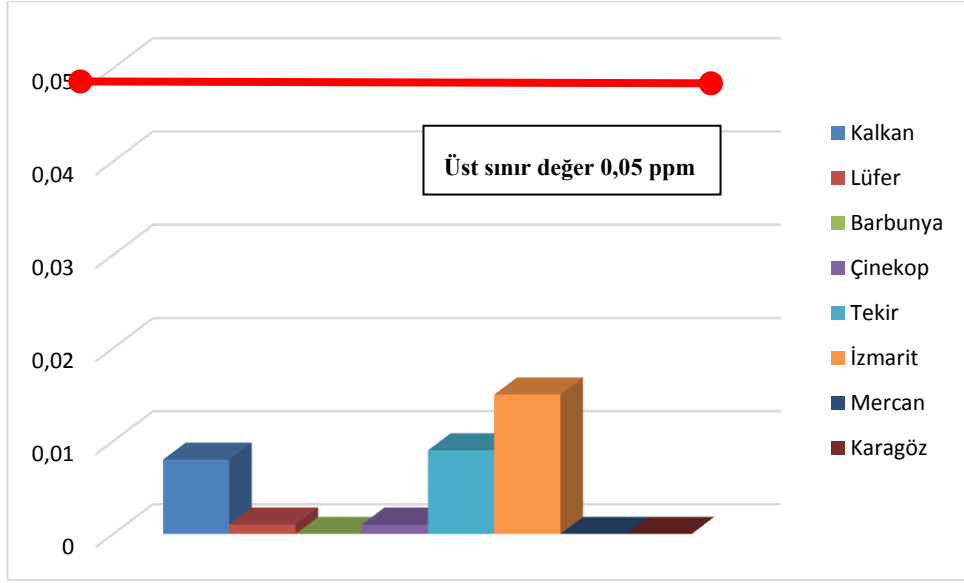
<b>Tür</b>	<b>Hg (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>As (ppm)</b>
<b>Palamut</b>	0,317	<0.000	<0.000	2,656
<b>Hamsi</b>	<0.000	0,056	0,202	3,094
<b>İstavrit</b>	<0.000	0,054	0,358	2,993



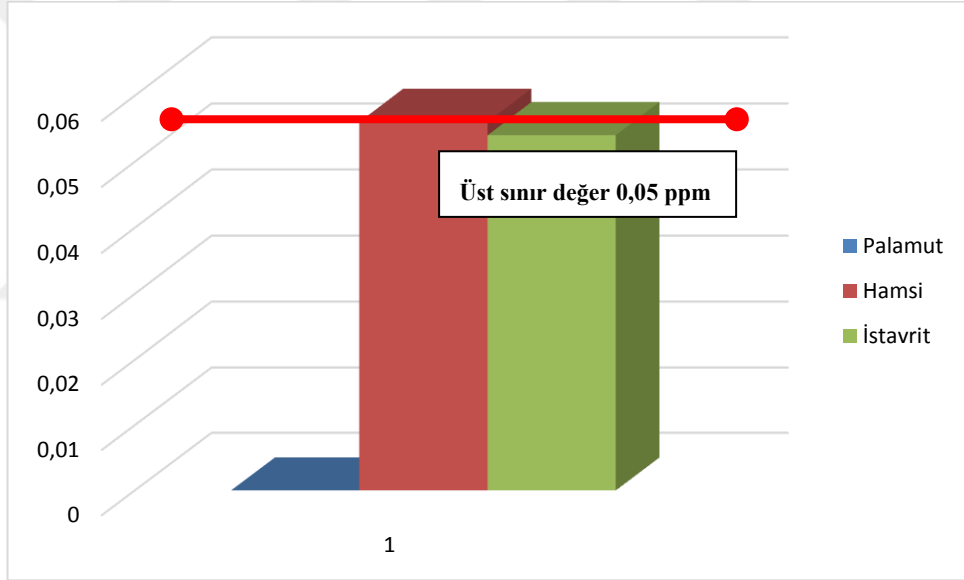
**Şekil 4.1:** Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Hg bulguları



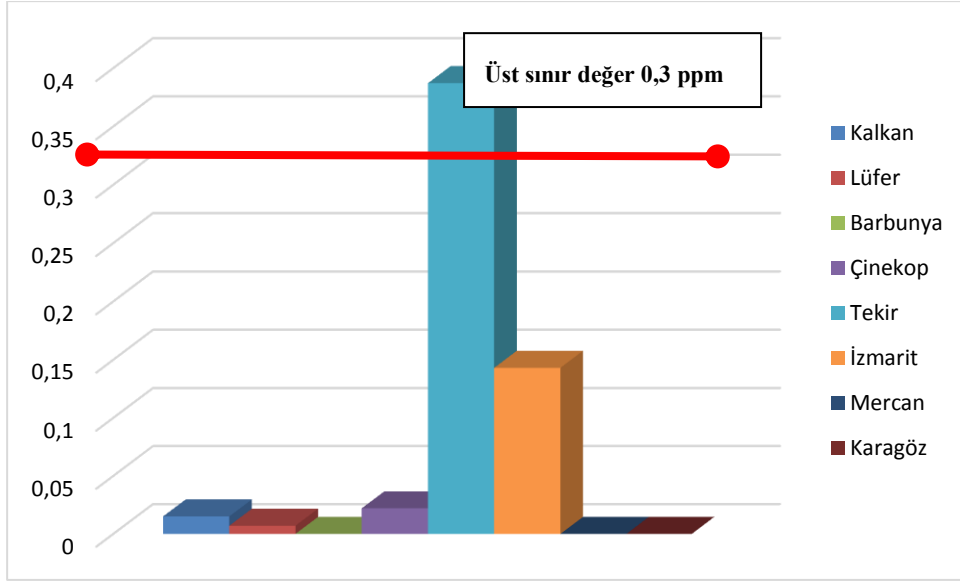
**Şekil 4.2:** Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda Hg bulguları



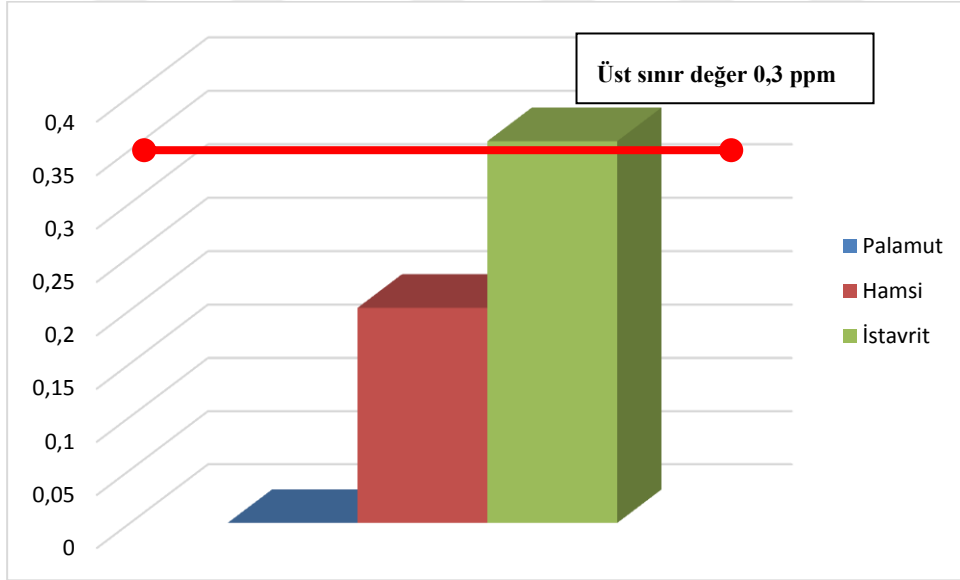
Şekil 4.3: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Cd bulguları



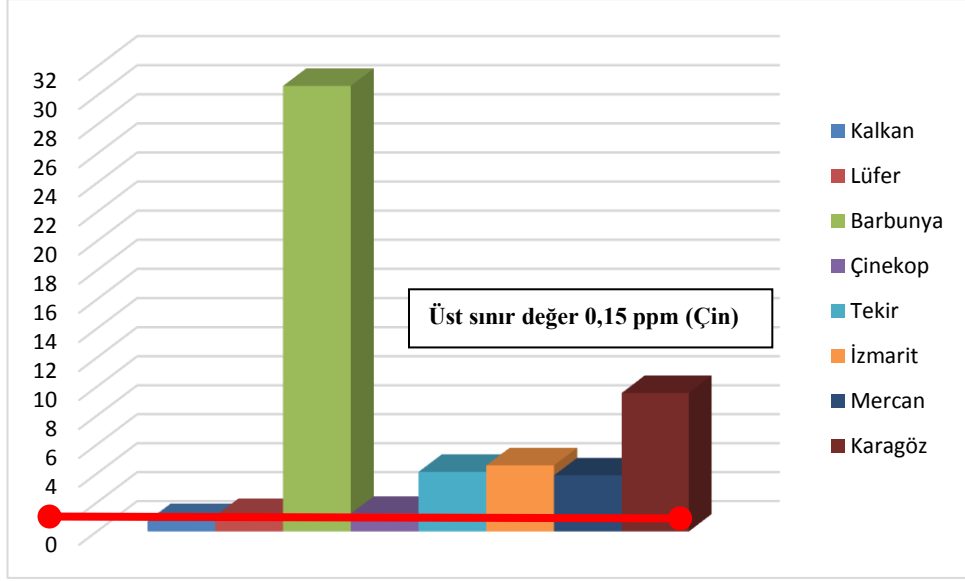
Şekil 4.4: Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda Cd bulguları



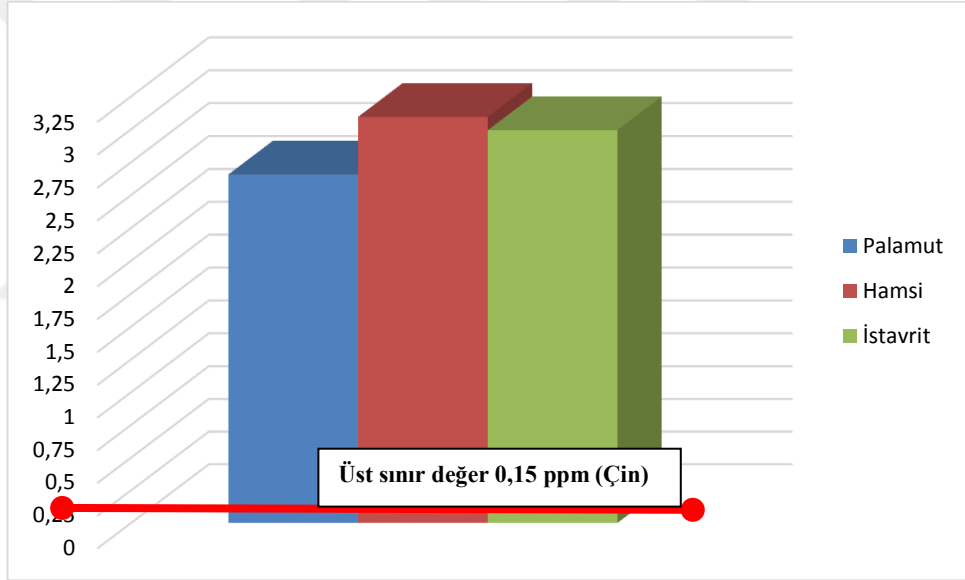
Şekil 4.5: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Pb bulguları



Şekil 4.6: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda Pb bulguları



Şekil 4.7: Karadeniz kaynaklı dip balıklarda As bulguları



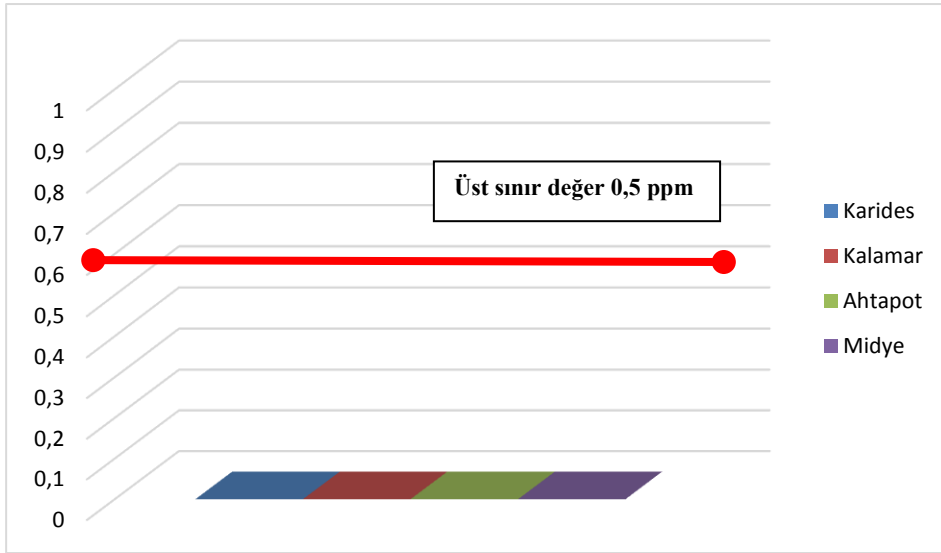
Şekil 4.8: Karadeniz kaynaklı yüzey balıklarda As bulguları

#### 4.1.2 Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları

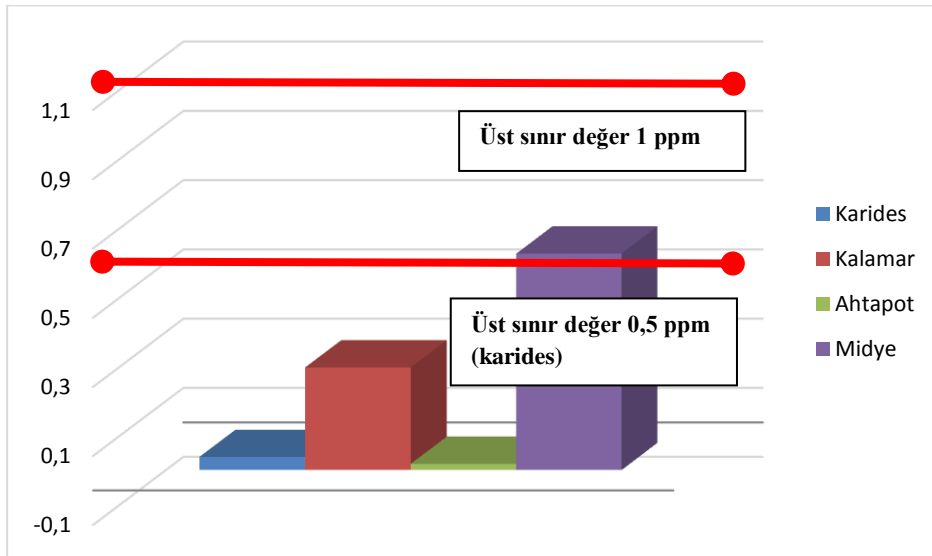
Karadeniz'den avlanan karides, kalamar, ahtapot ve midye numunelerinde HG tespit edilmemiştir. Bu türlerde Cd ortalaması 0,245 ppm, Pb ortalaması 0,347 ppm ve AS ortalaması 32,932 ppm belirlenmiştir. Karadeniz kaynaklı bu tür su ürünlerinde tespit edilen bulgular Türk Gıda Kodeksi üst sınır değerlerinin altında oldukları görülmüştür. Bulgular Çizelge 4.4, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.5:** Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları

Tür	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)
Karides	<0.000	0,038	0,246	68,288
Kalamar	<0.000	0,297	0,322	26,573
Ahtapot	<0.000	0,018	0,282	33,444
Midye	<0.000	0,626	0,539	3,424

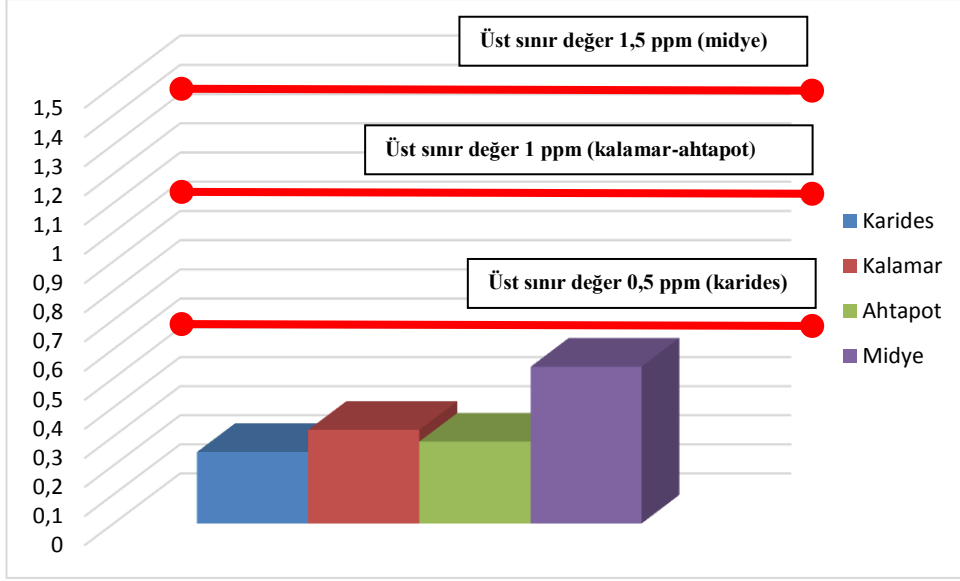


**Şekil 4.9:** Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde Hg bulguları

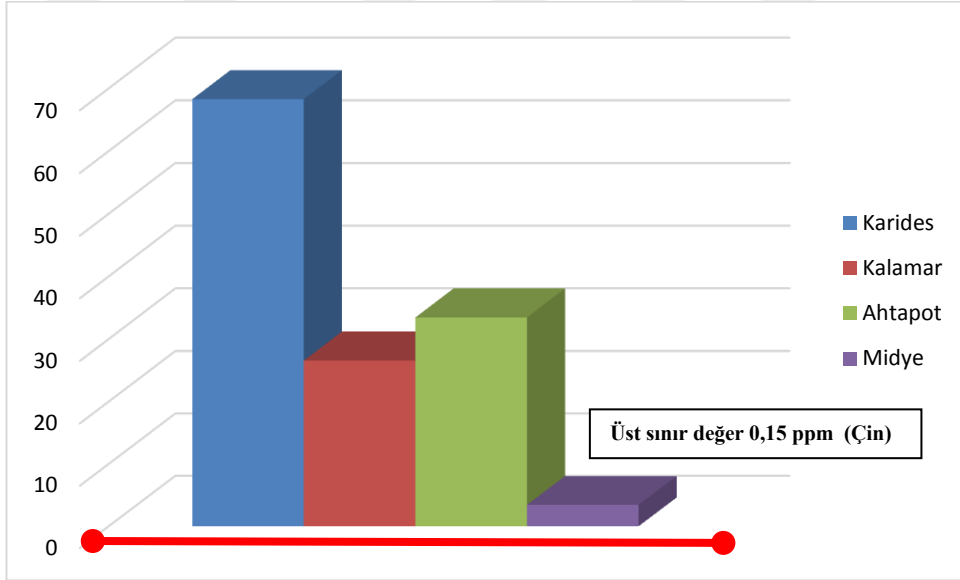


**Şekil 4.10:** Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde Cd bulguları





Şekil 4.11: Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde Pb bulguları



Şekil 4.12: Karadeniz kaynaklı diğer ürünlerde As bulguları

## 4.2 Marmara Kaynaklı Balıklar ve Diğer Ürünlerde Ağır Metal Bulguları

### 4.2.1 Marmara kaynaklı balık türlerinde ağır metal bulguları

Marmara'da avlanan sardalya (0,417 ppm>0,3 ppm) ve izmarit (0,843 ppm>0,3 ppm) numunelerinde Pb seviyeleri Türk Gıda Kodeksi (TGK) üst sınır değerleri üzerinde tespit edilmiştir.

İncelenen balıklarda Hg ve Cd seviyeleri belirlenen üst sınır değerlerin altında kalırken, numunelerin tümünde As belirlenmiştir. Tür bazında genel bulgular Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.6:** Karadeniz kaynaklı balıklarda ağır metal bulguları

<b>Tür</b>	<b>Hg (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>As (ppm)</b>
<b>Palamut</b>	0,282	<0.000	<0.000	2,439
<b>Kefal</b>	0,008	0,004	0,064	1,639
<b>Lüfer</b>	0,041	0,002	0,006	1,131
<b>Sardalya</b>	<0.000	0,019	<b>0,417</b>	4,835
<b>Hamsi</b>	0,016	0,010	0,060	1,704
<b>İstavrit</b>	0,019	0,004	0,057	1,429
<b>Mezgit</b>	0,012	0,001	0,012	0,504
<b>Dil Balığı</b>	0,440	0,035	0,204	67,164
<b>İzmarit</b>	<0.000	0,039	<b>0,843</b>	5,268
<b>Mercan</b>	0,564	0,008	<0.000	5,134
<b>Uskumru</b>	<0.000	0,015	0,077	4,000

Marmara'da avlanmış balık türleri arasında dip ve yüzey balıkları olmaları bakımından bulgular ayrı şekilde incelenmiştir. Dip balıklarında Hg (ort. 0,178 ppm), Cd (0,015 ppm), Pb (0,188 ppm) ve As (13,473 ppm) ortalamaları yüzey balıklarından daha yüksek mertebelerde bulunmuştur.

Diğer taraftan, yüzey balıklarında Hg (0,063 ppm), Cd (0,009 ppm), Pb (0,122 ppm) ve As (2,881 ppm) olarak tespit edilmiştir.

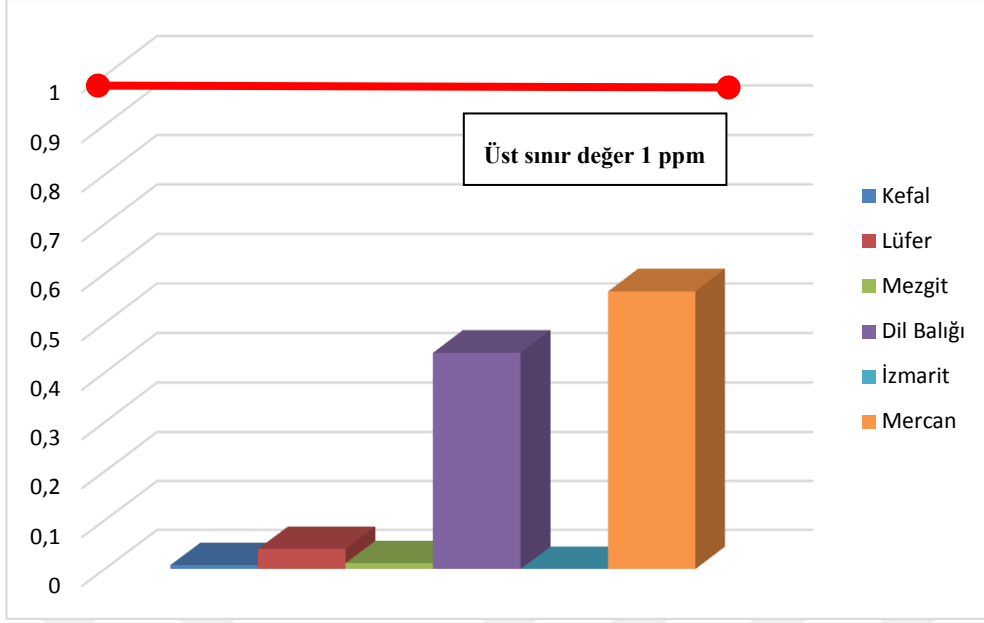
Bulgular Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.7:** Marmara kaynaklı dip balıklarda ağır metal bulguları

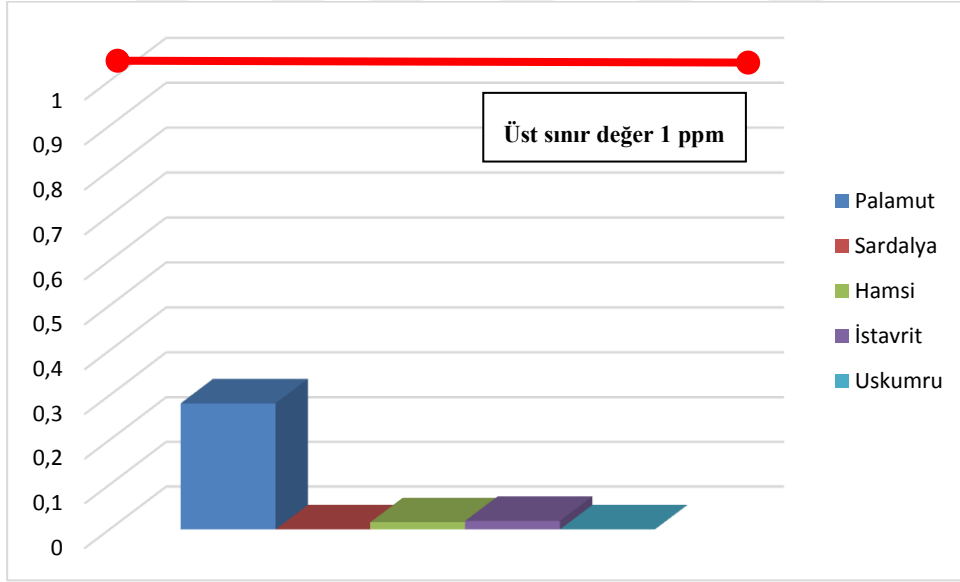
<b>Tür</b>	<b>Hg (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>As (ppm)</b>
<b>Kefal</b>	0,008	0,004	0,064	1,639
<b>Lüfer</b>	0,041	0,002	0,006	1,131
<b>Mezgit</b>	0,012	0,001	0,012	0,504
<b>Dil Balığı</b>	0,440	0,035	0,204	67,164
<b>İzmarit</b>	<0.000	0,039	<b>0,843</b>	5,268
<b>Mercan</b>	0,564	0,008	<0.000	5,134

**Çizelge 4.8:** Marmara kaynaklı yüzey balıklarda ağır metal bulguları

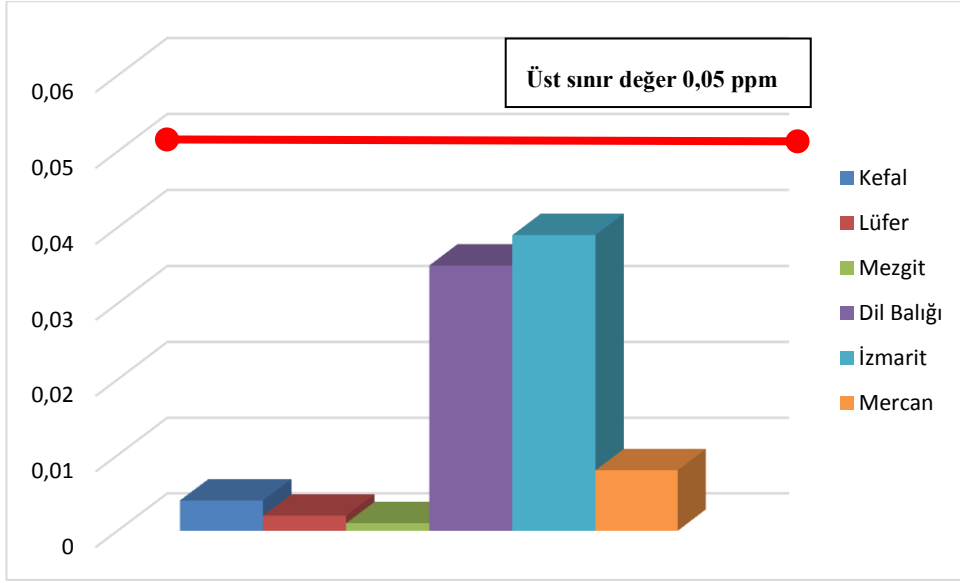
<b>Tür</b>	<b>Hg (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>As (ppm)</b>
<b>Palamut</b>	0,282	<0.000	<0.000	2,439
<b>Sardalya</b>	<0.000	0,019	<b>0,417</b>	4,835
<b>Hamsi</b>	0,016	0,010	0,060	1,704
<b>İstavrit</b>	0,019	0,004	0,057	1,429
<b>Uskumru</b>	<0.000	0,015	0,077	4,000



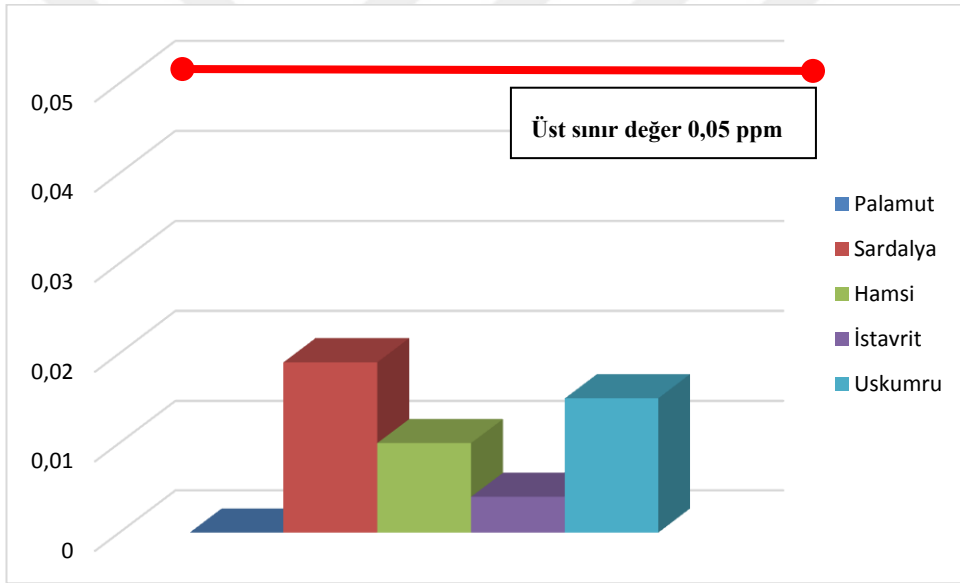
Şekil 4.13: Marmara kaynaklı dip balıklarda Hg bulguları



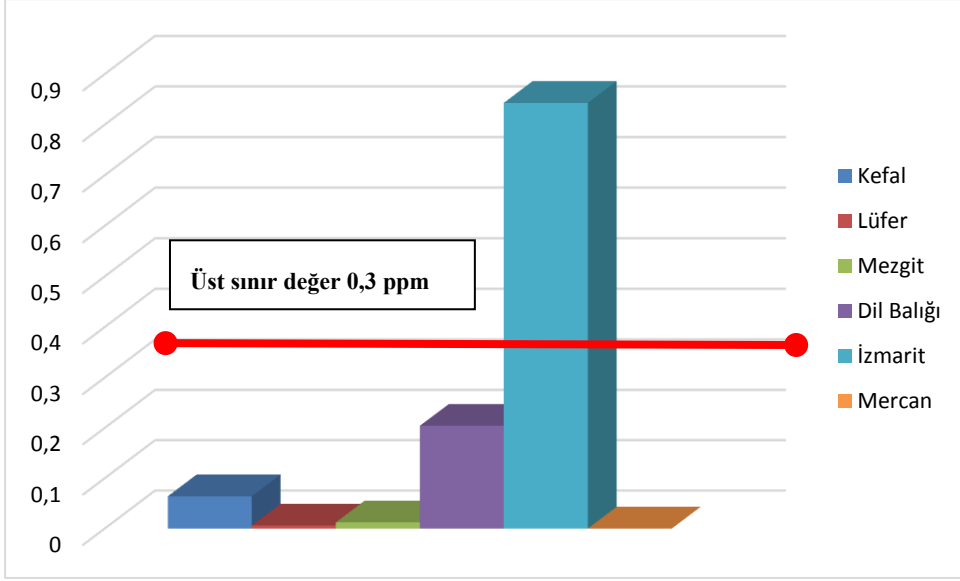
Şekil 4.14: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda Hg bulguları



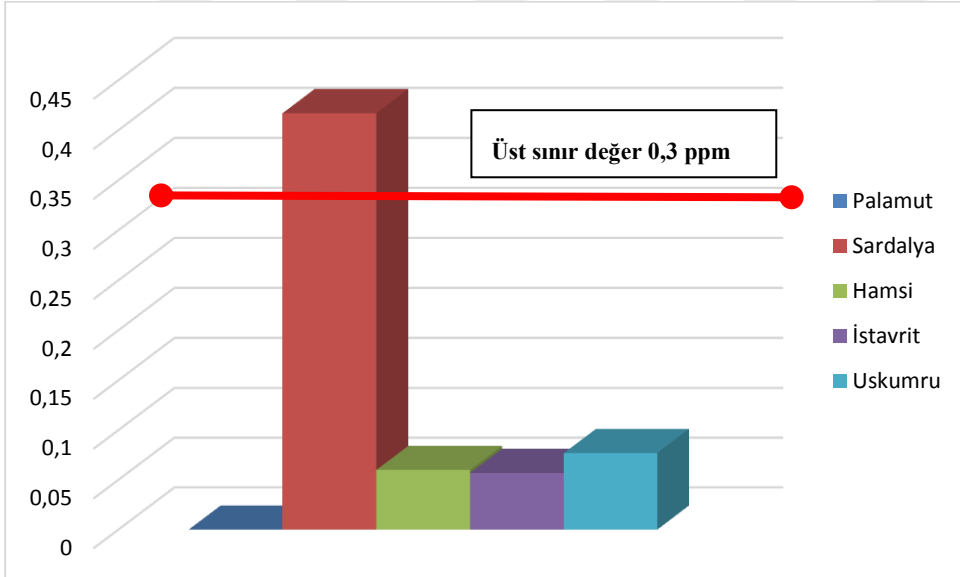
Şekil 4.15: Marmara kaynaklı dip balıklarda Cd bulguları



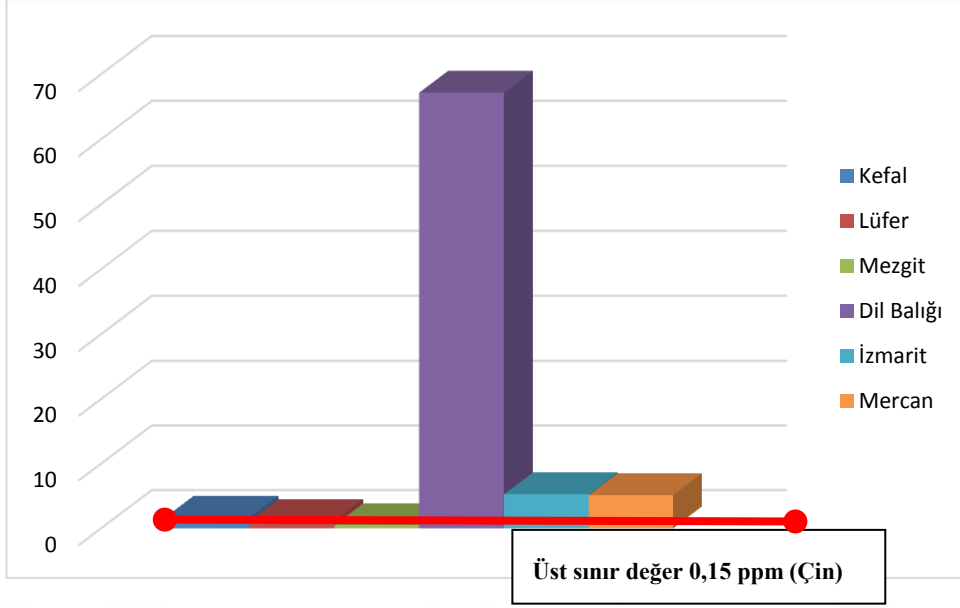
Şekil 4.16: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda Cd bulguları



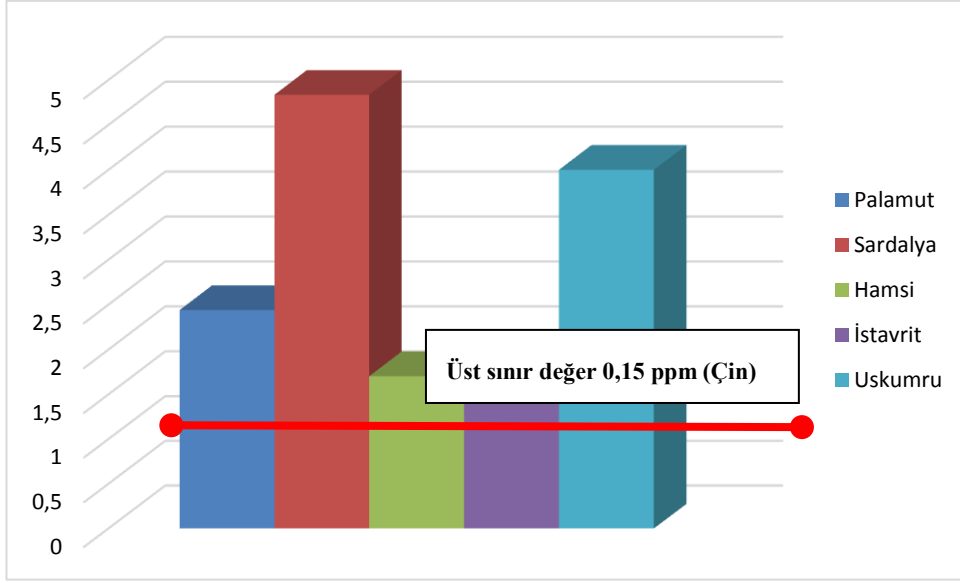
Şekil 4.17: Marmara kaynaklı dip balıklarda Pb bulguları



Şekil 4.18: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda Pb bulguları



Şekil 4.19: Marmara kaynaklı dip balıklarda As bulguları



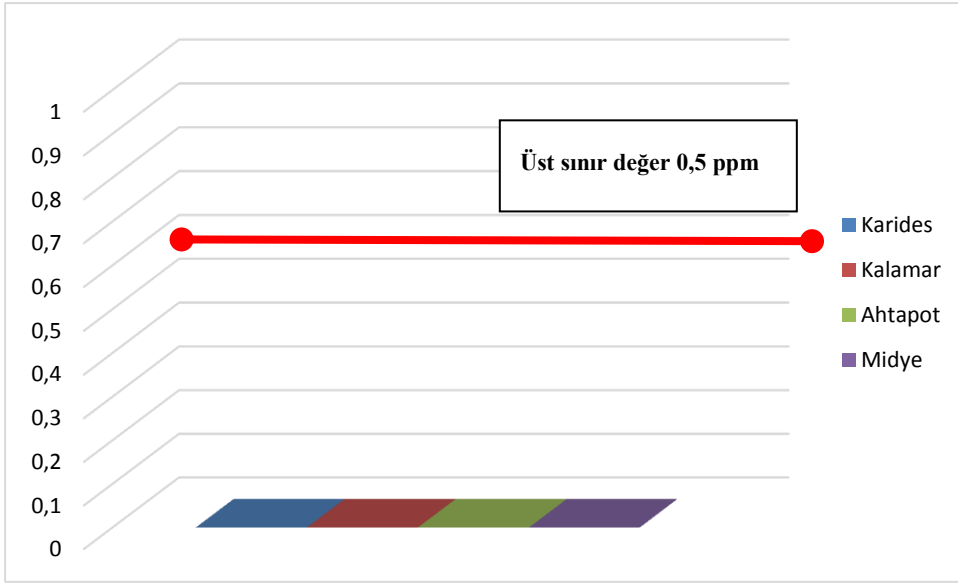
Şekil 4.20: Marmara kaynaklı yüzey balıklarda As bulguları

#### 4.2.2 Marmara kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları

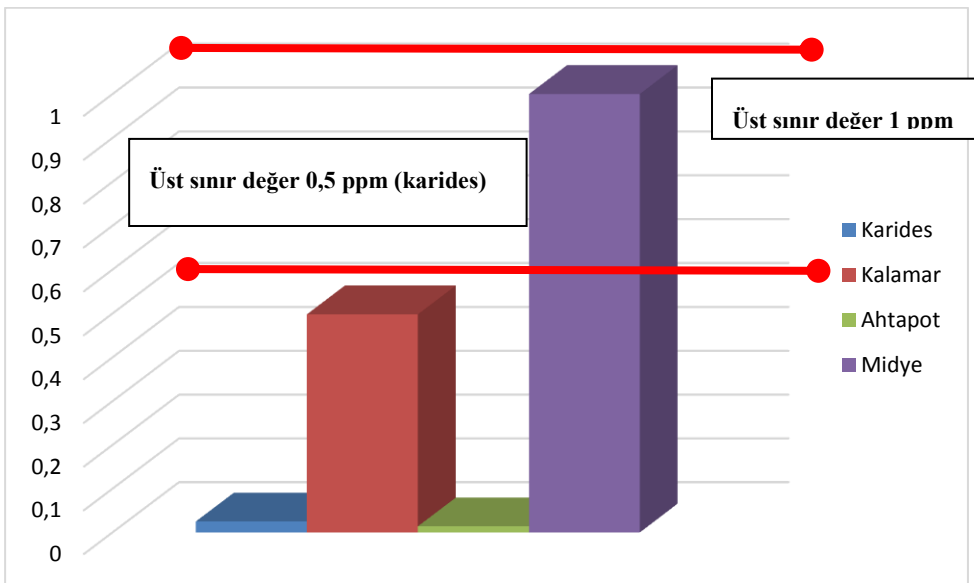
Marmara Denizi'nden avlanmış karides, kalamar, ahtapot ve midye numunelerinde Hg tespit edilmemiştir. Bu türlerde Cd ortalaması 0,384 ppm, Pb ortalaması 0,440 ppm ve As ortalaması 30,824 ppm belirlenmiştir. Marmara kaynaklı midyelerde CD ortalaması Türk Gıda Kodeksi üst sınır değerlerine yakın çıkmıştır. Genel olarak ürünlerin üst sınırların altında ağır metal içerdikleri anlaşılmıştır. Bulgular Çizelge 4.4, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.9:** Marmara kaynaklı diğer ürünlerde ağır metal bulguları

	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)
<b>Karides</b>	<0.000	0,025	0,300	65,554
<b>Kalamar</b>	<0.000	0,498	0,542	24,050
<b>Ahtapot</b>	<0.000	0,014	0,237	29,230
<b>Midye</b>	<0.000	1,000	0,681	4,460

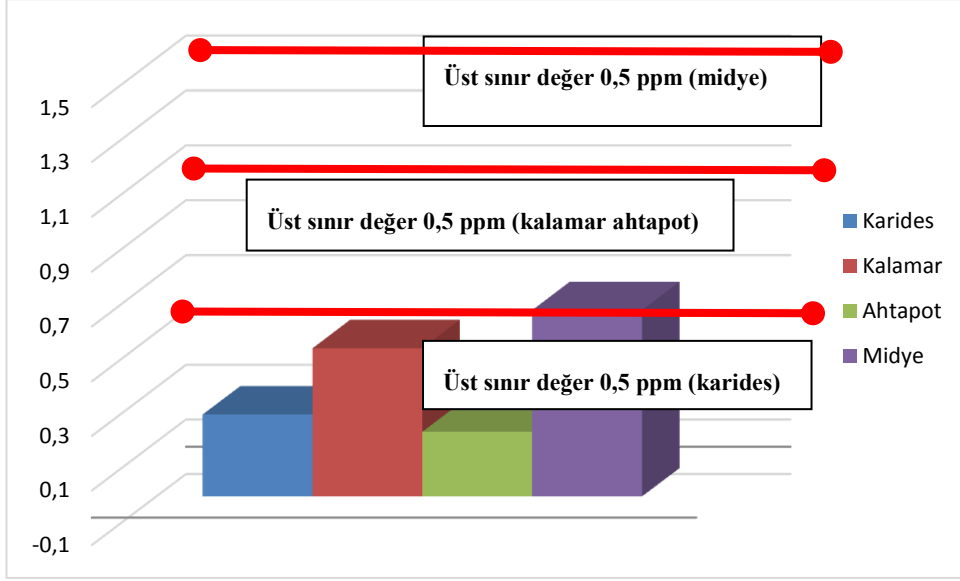


**Şekil 4.21:** Marmara kaynaklı diğer ürünlerde Hg bulguları

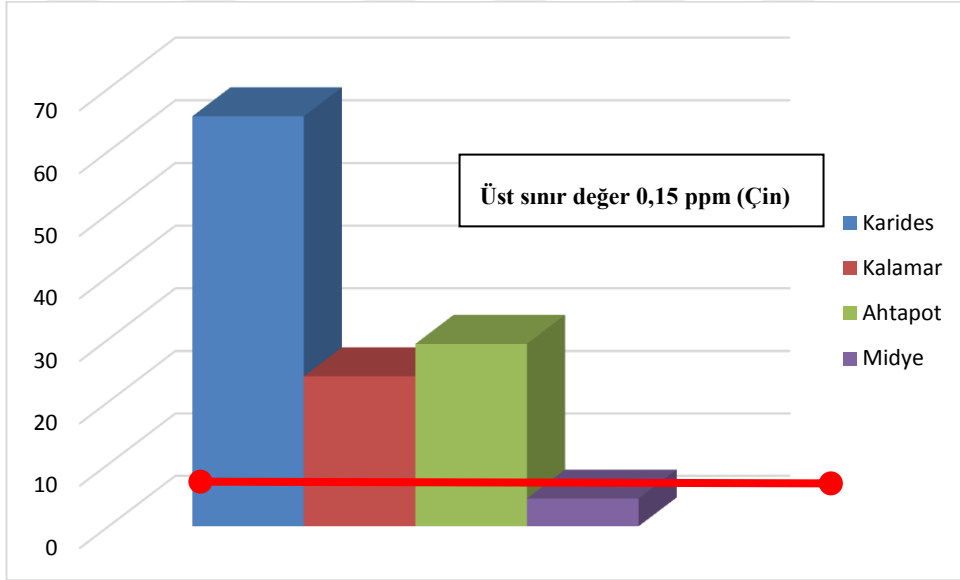


**Şekil 4.22:** Marmara kaynaklı diğer ürünlerde Cd bulguları





Şekil 4.23: Marmara kaynaklı diğer ürünlerde Pb bulguları



Şekil 4.24: Marmara kaynaklı diğer ürünlerde As bulguları

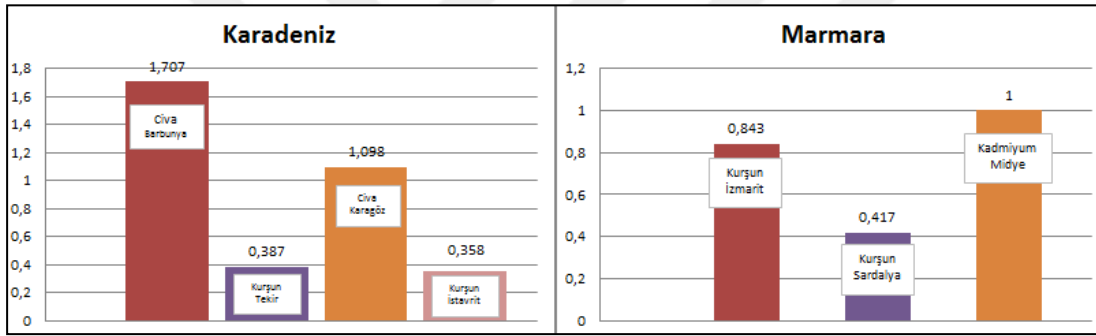
### 4.3 Üst Sınır Değerleri Aşan Konsolide Bulgular

Karadeniz ve Marmara Denizi'nden avlanan ve ağır metal kirlilikleri bakımından incelenen tüm ürünler içerisinde TGK ve Uluslararası (Arsenik, Kaynak: Çin) üst sınır değerleri aşan seviyelere sahip olan türler, orijinleri ve kirlilik seviyeleri Çizelge 4.9'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.10: TGK ve Uluslararası üst sınırları aşan numuneler**

Orijini	Özellik	Türü	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)
Karadeniz	Dip balığı	Barbunya	1,707	-	-	Tüm ürünlerde Çin'in kabul ettiği 0,150 ppm üzerinde tespit edilmiştir.
		Tekir	-	-	0,387	
		Karagöz	1,098	-	-	
	Yüzey Balığı	İstavrit	-	-	0,358	
Marmara	Dip balığı	İzmarit	-	-	0,843	
	Yüzey balığı	Sardalya	-	-	0,417	
	Diğer	Midye	-	1,000	-	

- Hg üst sınır 1,000 ppm; Cd üst sınır 1,000 ppm; Pb üst sınır 0,500 ppm; As üst sınır 0,150 ppm (Çin)



**Şekil 4.25: TGK ve Uluslararası üst sınırları aşan numuneler**

## 5 TARTIŞMA VE SONUÇ

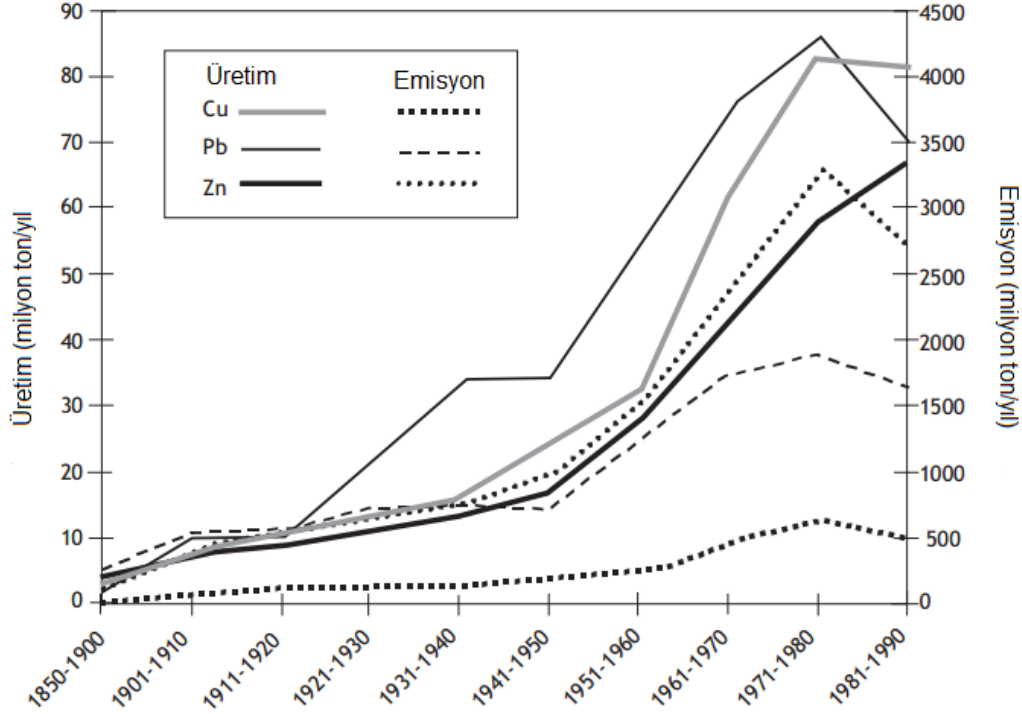
Bu çalışmada 2015 yılı içinde Marmara Denizi ve Karadeniz'den avlanmış, İstanbul'da yerleşik balık hallerinde satışa sunulan 20 adet farklı türe ait toplam 150 adet su ürünleri Pb, Hg, Cd ve As varlığı bakımından ICP-MS cihazı kullanılarak Uluslararası NMKL 186 (2007) talimatına göre analiz edilmiştir. Karadeniz'den avlanan barbunya balık örneklerinde Pb ve Hg; istavrit, tekir, mercan balık örneklerinde Pb ile karagöz balık örneklerinde Hg seviyeleri; Marmara Denizi'nden avlanan midye örneklerinde Cd; sardalya, mercan ve izmarit balık örneklerinde Pb seviyeleri Türk Gıda Kodeksi (TGK) üst sınır değerleri üzerinde tespit edilmiştir. Karadeniz ve Marmara Denizi'nden avlanan tüm su ürünlerinde As tespit edilmiştir.

Ağır metaller yüzlerce yıldır İnsanoğlu tarafından farklı yer ve amaçlar için kullanılmaktadır. Bu tür elementler arasında insan sağlığı için en büyük tehdit oluşturanlar Pb, Hg, Cd ve As'tir. Gelişmiş ülkeler, ağır metallerin canlı organizma için yol açtıkları zararları fark etmişler ve son 100 yıl içinde emisyonu azaltacak tedbirler almışlardır. Ancak, durum gelişmemiş ve/veya gelişmekte olan ülkeler için aynı değildir. Bu ülkeler açısından ağır metal salınımı devam etmekte, çevre ve canlılar için risk oluşturmayı sürdürmektedir.

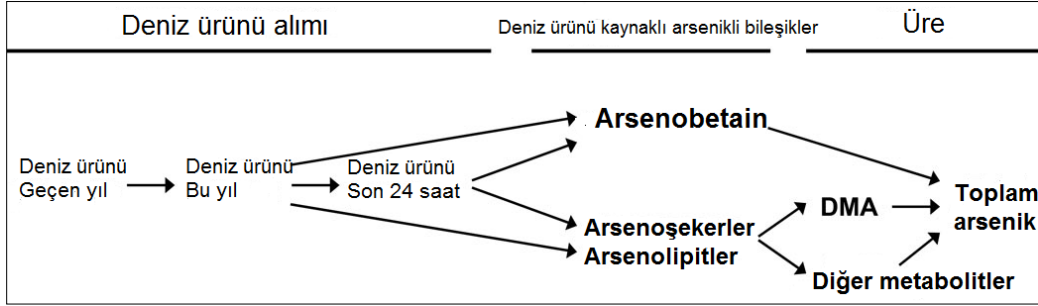
İnsanoğlu, ağır metallere farklı şekillerde maruz kalmaktadır. Örneğin, kadmiyum alımı (Cd) 20.yy'da şarj edilebilir nikel-kadmiyum piller, sigara kullanımı, gıdalar ve hava solunumu ile alınırken, civa özellikle su ürünleri aracılığıyla, kurşun atmosfere bırakılan petrol türevi yakıt emisyonları ve kurşun bazlı boyalar ile ve arsenik ise hava solunumu sayesinde organizmalara ulaşmaktadır (Järup 2003).

Ağır metallerden arsenik (Ar) toprak, su, gıdalar ve havada bulunmaktadır. İnsanların arseniğe en çok maruz kaldıkları kaynaklar gıdalar olup, özellikle balık ve diğer kabuklu su ürünü canlılardır (Francesconi ve Kuehnelt, 2004). Ar, kan dolaşımına solunum yoluyla akciğere ulaşarak ve/veya gıdaların sindirimi ile katılmaktadır. Karaciğer, arseniğin önemli bir kısmını daha az zararlı

kimyasal forma (Dimetilarsinat, DMA) dönüştürürken, düşük bir kısmı ise deride birikmektedir. Uzun vadede sık maruz kalındığında akciğer kanseri gelişimi görülmektedir (Choi ve ark., 2010).



Şekil 5.1: Dünya'da yıllar bazında Cu, Pb ve Zn üretimi/emisyonu (Järup 2003)



Şekil 5.2: Deniz ürünleri kaynaklı arsenikli bileşikler ve metabolitler

(Choi ve ark., 2010)

Uluslararası literatüre göre Ar gıdalarda 0,020-0,140 ppm gibi değişken bir aralıkta bulunmaktadır. Yetişkin bir kişi günde 0,050 ppm arseniğe maruz kalabilmektedir. A.B.D Çevre Koruma Ajansı (EPA) 2006 yılı Ocak ayında arsenik için bazı limitler getirmiştir. Buna göre, suda azami 0,010 ppm belirlenmiştir (VDH 2016). Ancak, ülkemizde su ürünlerinde arsenik için günlük azami alım dozu ve/veya üst sınır henüz konulmamıştır. benzer durum

diğer Dünya Ülkelerinden bazıları için de geçerlidir. Örneğin, A.B.D içme sularında 10 ppb (0,010 ppm) sınır getirmekle birlikte, gıdalar için henüz limit koymamıştır. Ancak, Çin 150 ppb (0,150 ppm) gıda kaynaklı arsenik için sınır verirken, İngiltere 54 aydan küçük çocuklar için pirinç bazlı içeceklerle 1.000 ppb (1 ppm) kısıtlama getirmiştir (PEHSU 2012). Yeni Zelanda ve Avustralya menşeli EOS Ecology adlı grubun 2012 yılında yaptığı ve bulguları yayınladığı raporunda balık ve diğer su ürünleri için arsenik üst limiti 2 ppm olarak bildirilmiştir (<http://ecan.govt.nz/publications/Reports/heavy-metals-fish-shellfish-2012-survey.pdf>). Bu referans değere göre, bizim araştırmamızda arsenik seviyeleri Karadeniz kaynaklı örnekler için 0,729-68,288 ppm aralığında; Marmara Denizi kaynaklı örnekler için 0,504-65,554 ppm aralığında değişmiştir. Arsenik seviyelerine en yüksek karides, kalamar ve ahtapot örneklerinde rastlanmıştır. Balıklar arasında yalnızca karadeniz'den avlanan barbunya balığının arsenik seviyesi 30,682 pp bulunmuştur. Yeni Zelanda kökenli kurumun verdiği referans 2 ppm mertebesi üst sınır kabul edilirse, incelenen örneklerin neredeyse tümüne yakınında yüksek seviyelerde arsenik tespit edilmiştir.

İnsan sağlığı için en tehlikeli ağır metallere kurşun elementidir. Bizim çalışmamızda Karadeniz kaynaklı örneklerde kurşun seviyeleri 0-0,539 ppm aralığında, Marmara denizi kaynaklı ürünlerde ise 0-0,843 ppm aralığında bulunmuştur. Bu bulgulara göre Marmara denizi ürünlerinin Karadeniz ürünlerine göre daha yüksek kurşun içerdikleri görülmektedir. Her iki deniz örneklerinde karides, kalamar, ahtapot ve midye örneklerinde kurşun seviyeleri 0,246-0,539 ppm aralığında değişmekle birlikte, üst sınır değerinin altında kalmıştır. Ancak, Karadeniz kaynaklı tekir (0,387 ppm) ve istavrit (0,385 ppm) ile Marmara kaynaklı izmarit (0,843 ppm) ve sardalya (0,417 ppm) balıklarının üst sınır değeri olan 0,3 ppm'i aştıkları tespit edilmiştir. TGK kurşun üst sınır değerini aşan bu tür balıklar arasında Marmara kökenli olan izmarit ve sardalyanın daha yüksek bulaşmaya maruz kaldıkları açık şekilde görülmektedir. Bu durum Marmara denizinin Karadeniz'e göre kurşun kirlenmesini daha yoğun şekilde yaşadığını göstermektedir. Doğal olarak, bu dört farklı balık türünün kurşun seviyeleri Uluslararası sınırların da üzerinde olup, tüketici açısından ciddi sağlık riskleri oluşturmaktadır.

Bu çalışmada incelenen su ürünü örneklerinde civa (Hg) seviyelerinde dikkat çeken farklılıklar görülmüştür. Marmara denizi kaynaklı örneklerin civa ölçüm aralığı 0-0,564 ppm belirlenmiştir. Ancak, bu değerler küst sınır değerlerinin altında çıkmıştır. Diğer taraftan, Karadeniz kaynaklı örneklerde barbunya (1,707 ppm) ve karagöz (1,098 ppm) civa seviyeleri ile üst limit olan 1 ppm'in üzerinde çıkan iki balık türüdür. Her iki denizden avlanan kalamar, ahtapot, midye ve karides örneklerinde civa tespit edilmemiştir. FDA'nın 2014 yılında yayınladığı istatistik bulgulara bakıldığında (Çizelge 2.15), Karadeniz'de avlanmış barbunya (1,707 ppm) ve karagöz (1,098 ppm) örneklerinin civa seviyelerinin Uluslararası değerlerin çok üzerinde oldukları görülmektedir.

Çalışmamızda deniz ürünlerinin kadmiyum seviyelerinin üst sınır değerlerin altında oldukları tespit edilmiştir. Buna göre Karadeniz kaynaklı ürünlerde kadmiyum seviyeleri aralığı 0-0,626 ppm aralığında değişirken, Marmara kaynaklı ürünlerde 0-1,0 ppm mertebelerinde değişiklik göstermiştir. Bir ppm değeri Marmara midye örnekleri için geçerlidir. Buna göre Marmara denizi midyelerinin tehlikeli kadmiyum üst sınırı civarında oldukları, tüketilmeleri durumunda tüketici için risk oluşturacakları görülmektedir.

Sonuç olarak, Karadeniz kaynaklı istavrit (0,385 ppm) ve tekir (0,387 ppm) örneklerinde kurşun, barbunya (1,707 ppm) ve karagöz (1,098 ppm) örneklerinde civa limit değerlerin üzerinde bulunmuştur. Marmara Denizi kaynaklı sardalya (0,417 ppm) ve izmarit (0,843 ppm) örneklerinde kurşun, midye (1 ppm) örneklerinde sınır değerinde kadmiyum düzeyleri tespit edilmiştir. İncelenen tüm su ürünlerinde arsenik tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, İstanbul ilinde satışa sunulan Marmara ve Karadeniz kaynaklı su ürünlerinden bazılarında insan sağlığını riske atacak şekilde kurşun, civa ve kadmiyum belirlenmiştir. Tüm ürünlerin arsenik içerdikleri anlaşılmıştır. Bu durumun tüketici ve halk sağlığı açısından gıda kaynaklı ciddi bir sorun teşkil ettiği anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Baysal A. Beslenme. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 2002.**
- Bebiano M.J., Machado. M. (1997):** Concentrations of metals and metallothioneins in *Mytilus galloprovincialis* along the South Coast of Portugal. *Marine Pollution of Bulletin.* :34(8): 666-670.
- Bloch MH, Hannestad J. (2012):** Omega-3 fatty acids for the treatment of depression: systematic review and meta-analysis. *Mol Psychiatry,* 17(12):1272–82.
- Boran M., Altınok I. (2010):** A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 565-572.
- Bosch A.C., O'Neill B., Sigge G.O., Kerwath S.E., Hoffman L.C. (2016):** Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *J Sci Food Agric* 96: 32–48.
- Bruegmann L.(1978):** The content of heavy metals in marine organisms from the sea off North-West Africa. *Fischerei-Forschung* 16:53–58.
- Cabr  E, Ma osa M, Gassull MA. (2012):** Omega-3 fatty acids and inflammatory bowel diseases - a systematic review. *Br J Nutr,* 107(Suppl 2):S240–52
-  ağlanırmak N., Hepçimen A.Z. (2010):** Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve  nsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda,* 8(2): 31-35.
- Choi BS, Choi SJ, Kim DW, Huang M, Kim NY, Park KS, Kim CY, Lee HM, Yum YN, Han ES, Kang TS, Yu IJ, Park JD. (2010):** Effects of repeated seafood consumption on urinary excretion of arsenic species by volunteers. *Arch Environ Contam Toxicol.* 58(1):222-229.
-  ınar M.E., Bilecenoğlu M.,  zt rk B., Katağan T., Yokeş M.B., Aysel V., Dağlı E., Açık S.,  zcan T., Erdoğan H. (2011):** An Updated Of Alien Species On The Coasts Of Turkey, 2011.
- Demirkol O., Aktaş N. (2002):** Tekirdağ Açıklarından ve İzmit Körfezinden Avlanan İstavrit Balıklarında Ağır Metal Birikim  zerine Bir Araştırma. *M hendislik Bilimleri Dergisi,* 8(2): 205-209.
- Elnabris K.J., Muzyed S.K., El-Ashgar N.M. (2013):** Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences,* 13( ): 44–51.
- Erasmus C.P., Rossouw G., Baird D. (2004):** The Concentration of Ten Heavy Metals in the Tissues of Shark Species *Squalus megalops* and *Mustelus mustelus* (Chondrichthyes) Occurring Along the Southeastern Coast of South Africa. *Population (English edition), University of Port Elizabeth,* 2004.
- Essumang D.K. (2010):** Analysis and human health risk assessment of arsenic, cadmium, and mercury in *Manta birostris*(Manta Ray) caught along the Ghanaian coastline. *Hum Ecol Risk Assess An Int J* 15:985–998.
- FAO. (2012):** The State of World Fisheries and Aquaculture, 2012.
- FDA. (2014):** Mercury Levels in Commercial Fish and Shellfish (1990-2010). Mercury Concentrations in Fish: FDA Monitoring Program (Erişim: <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Metals/ucm115644.htm>, Erişim tarihi: 10 Ağustos 2014).

- Filazi A. (2015):** Gıda ve arsenik. Ankara Üniversitesi Gıda Güvenliği Enstitüsü (Erişim: <http://gidaguvenligi.ankara.edu.tr/2015/11/24/gida-ve-arsenik/>; Erişim tarihi: 24 Kasım 2015).
- Filion KB, El Khoury F, Bielinski M, Schiller I, Dendukuri N, Brophy JM. (2010):** Omega-3 fatty acids in high-risk cardiovascular patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Cardiovasc Disord*, 2010;10:24.
- Francesconi K.A., Kuehnelt D. (2004):** Determination of arsenic species: a critical review of methods and applications, 2000-2003. *Analyst.*, 129(5):373-395.
- Henry F., Amara R., Courcot L., Lacouture D., Bertho M.L. (2004):** Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. *Environment International*, 30: 675 – 683.
- Järup L. (2003):** Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68: 167–182.
- Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S. (2007):** Metallerin Çevresel Etkileri –I (Erişim: [http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf)).
- Katalay S., Tuğlu D., Minareci E. (2007):** İzmir körfezinde yaşayan kaya balıklarında (*Gobius niger*) solungaç dokusunda oluşabilecek toksik etkinin ışık mikroskopik incelenmesi. *Ege Tıp Dergisi*, 46(2) : 61 – 66.
- Kaya, S., İ . Pirinççi., A. Bilgili. (1998):** Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi. Yayın No:36. Ankara, 104 p.
- Kaya Y., Duyar H.A., Erdem M.E. (2004):** Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 21(3-4): 365-370.
- Kayhan F.E. (2006):** Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksikitesi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23(1-2): 215–220.
- Khorshed M.A. (2009):** Survey of some trace elements in some marketable Egyptian edible fish species. *Abbassa Int J Aquac* October: 97–112.
- Konukoğlu D. (2008):** Omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin özellikleri, etkileri ve kardiyovasküler hastalıklar ile ilişkileri. *Türk Aile Hek Derg*, 12(3): 121-129.
- Küçükgülmez A. (2005):** Akyatan (Karataş/Adana) Lagününde avlanan pastörize edilmiş mavi yengeç (*Callinectes sapidus*, RATHBUN, 1896) etinin ağır metal ve mineral madde içerikleri. Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su ürünleri Ana Bilim Dalı, Adana, Türkiye.
- Levesque H.M., Moon T.W., Campbell P.C.G., Hontela A. (2002):** Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of Yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquatic Toxicol*, 60:257-267.
- Merciai R., Guasch H., Kumar A., Sabater S., Garcia-Berthou E. (2013):** Trace metal concentration and fish size: Variation among fish species in a Mediterranean river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 107: 154–161.
- Oehlenschläger, J., (2000):** Identifying Heavy Metals in Fish. In: *Safety and Quality Issues in Fish Processing* (Ed. Bremmer, H.A.) pp. 95-108. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England.
- ÖİKR. (2014):** T. C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu kalkınma Planı Su Ürünleri 2014-2018, ISBN 978-605-4667-67-3, Ankara.



- Oral M. (2010):** Alien Fish Species In The Mediterranean-Black Sea Basin. J. Black Sea / Mediterranean Environment,
- Perçin F., Tanrikul T.T. (2006):** Kafes İşletmeciliğinde Orkinos (Thunnus thynnus L., 1758) Sağlığını Olumsuz Etkileyen Faktörler . E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 23(3-4): 479-484.
- Poyraz B. (2014):** Farklı Lokasyonlardan Alınan İçme Sularında Ağır Metal Analizi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2: 16–27.
- Roméo M.S.Y, Sidoumou Z., Gnassia-Barelli M. (1999):** Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. Sci Total Environ 232:169–175.
- Satarug S., Baker J.R., Urbenjapol S., Haswell-Elkins M., Reilly P.E., Williams D.J., Moore M.R.(2003):** A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. Toxicol Lett., 137(1-2):65-83.
- Sthanadar I.A., Begum B., Sthanadar A.A., Nasir M.J., Ahmad I., Zahid M., Muhammad A., Ullah S. (2015):** Bioaccumulation of heavy metals in intestine of mulley (wallago attu, bloch & schneider, 1801): a case study of Kalpani river at district mardan, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan . J. Bio. & Env. Sci., 6(2): 74-80.
- Suhaimi F., Wong S.P., Lee V. L. L., Low L.K. (2005):** Heavy metals in fish and shellfish found in local wet markets. Singapore J Pri Ind, 32: 1-18.
- Şanlı C., Hızal S., Albayrak M. (2005):** Kurşun ve çocuk sağlığı. STED, 14(4):70-75.
- Savaş H. (2010):** Kaynağından sofraya su ürünlerinden gıda güvenliği. YUNUS Araştırma Bülteni Yıl 10 Sayı 1 Mart 2010.
- TGK. Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ** (Erişim: [www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/02/20140214-4.htm](http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/02/20140214-4.htm)).
- Tokem Y. (2006):**Astımlı hastalarda tamamlayıcı ve alternatif tedavi kullanımı. Tüberküloz ve Toraks Dergisi, 54(2): 189-196.
- Turan H., Kaya Y., Sönmez G. (2006):** Balık Etinin Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Yeri. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 23(Ek:1/3): 505-508.
- Tüzen. M. (2003).** Determination of heavy metals in fish samples of middle Black sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. Food Chemistry, 80: 119-123.
- Tüzen M. (2009).** Toxic and essential trace elemental content in fish species from the Black Sea, Turkey. Food and Chemical Toxicology, 47:1785-1790.
- Watling H.R., Watling R.J. (1976):** Trace metals in Choromytilus meridionalis. Mar Pollut Bull 7:91–94.
- Yapıcı G., Can G., Şahin Ü. (2002):** Çocuklarda asemptomatik kurşun zehirlenmesi Cerrahpaşa Tıp Dergisi, 33(3): 197-204 (Erişim: <http://www.ctf.istanbul.edu.tr/dergi/online/2002v33/s3/023r1.pdf>).
- Yazıcıoğlu N. (2015):** Su ürünleri sektörüne genel bakış-tüketici davranışları ve su ürünlerinin sağlık açısından faydaları. Yüksek lisans tezi, Gediz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, İzmir, Türkiye.
- Zararsız İ., Sarsılmaz M., Sönmez M.F., Köse E., Yılmaz H.R., Ozan E. (2005):** Kadavra Tespitinde Kullanılan Formaldehitin Sıçan Karaciğerinde Oluşturduğu Hasar ve Buna Omega-3 Yağ Asitlerinin Etkisi. Fırat Tıp Dergisi 10(3): 103-107.



## EKLER

### EK-A: Karadeniz kaynaklı numunelerde tür bazlı ağır metal bulguları

Karides (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	67,0236	0,5202	<0.000	0,0682
2.Paralel	66,2256	0,0964	<0.000	0,0152
3.Paralel	70,6852	0,0834	<0.000	0,0394
4.Paralel	69,1877	0,4473	<0.000	0,0555
5.Paralel	68,3161	0,0832	<0.000	0,0137
Ortalama	68,2877	0,2461	<0.000	0,0384
Std. sapma	1,7613	0,2185	<0.000	0,0241
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>

Kalamar (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	24,1198	0,2345	<0.000	0,2716
2.Paralel	29,9218	0,2826	<0.000	0,3237
3.Paralel	24,4755	0,5123	<0.000	0,2700
4.Paralel	28,9283	0,2685	<0.000	0,3378
5.Paralel	25,4183	0,3116	<0.000	0,2829
Ortalama	26,5728	0,3219	<0.000	0,2972
Std. sapma	2,6699	0,1100	<0.000	0,0314
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

Ahtapot (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	32,6530	0,1678	<0.000	0,0143
2.Paralel	32,1842	0,1918	<0.000	0,0128
3.Paralel	32,3193	0,1819	<0.000	0,0087
4.Paralel	35,8459	0,1710	<0.000	0,0155
5.Paralel	34,2167	0,6975	<0.000	0,0395
Ortalama	33,4438	0,2820	<0.000	0,0182
Std. sapma	1,5688	0,2325	<0.000	0,0122
TGK üst sınır değeri		1	0,5	1

Midye (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	2,9694	0,4477	<0.000	0,5609
2.Paralel	2,9640	0,5547	<0.000	0,5662
3.Paralel	3,5100	0,6674	<0.000	0,6283
4.Paralel	3,0587	0,4713	<0.000	0,5455
5.Paralel	4,6164	0,5515	<0.000	0,8293
Ortalama	3,4237	0,5385	<0.000	0,6261
Std. sapma	0,7037	0,0863	<0.000	0,1179
TGK üst sınır değeri		1,5	0,5	1

Kalkan (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	0,7670	0,0155	0,0345	0,0085
2.Paralel	0,7040	0,0143	0,0318	0,0074
3.Paralel	0,7599	0,0158	0,0347	0,0081
4.Paralel	0,7386	0,0152	0,0335	0,0081
5.Paralel	0,6775	0,0139	0,0305	0,0074
Ortalama	0,7294	0,0149	0,0330	0,0079
Std. sapma	0,0380	0,0008	0,0018	0,0005
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>0,05</b>

Palamut (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	2,6313	<0.000	0,2993	<0.000
2.Paralel	4,0299	<0.000	0,4400	0,0061
3.Paralel	2,7795	<0.000	0,3322	0,0061
4.Paralel	1,9707	<0.000	0,2690	0,0063
5.Paralel	1,8688	<0.000	0,2436	<0.000
Ortalama	2,6561	<0.000	0,3168	<0.000
Std. sapma	0,8650	<0.000	0,0764	<0.000
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Lüfer (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	0,9547	0,0060	0,0342	0,0011
2.Paralel	1,1727	0,0074	0,0419	0,0013
3.Paralel	1,0893	0,0068	0,0389	0,0013
4.Paralel	1,0574	0,0066	0,0379	0,0013
5.Paralel	1,1252	0,0071	0,0402	0,0012
Ortalama	1,0799	0,0068	0,0386	0,0012
Std. sapma	0,0821	0,0005	0,0029	0,0001
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Barbunya (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	29,3479	<0.000	1,5572	0,0022
2.Paralel	32,9421	<0.000	1,9731	0,0081
3.Paralel	31,0252	0,7630	1,9233	0,0007
4.Paralel	31,7381	<0.000	1,6673	0,0057
5.Paralel	28,3560	<0.000	1,4136	<0.000
Ortalama	30,6819	<0.000	1,7069	<0.000
Std. sapma	1,8392	<0.000	0,2386	<0.000
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>0,05</b>

Hamsi (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	2,7977	0,2412	<0.000	0,0438
2.Paralel	3,2601	0,3487	<0.000	0,1067
3.Paralel	3,3261	0,2403	<0.000	0,0827
4.Paralel	2,9626	0,1230	<0.000	0,0245
5.Paralel	3,1219	0,0581	<0.000	0,0210
Ortalama	3,0937	0,2023	<0.000	0,0558
Std. sapma	0,2164	0,1134	<0.000	0,0376
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>

İstavrit (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	3,5310	0,3909	<0.000	0,0254
2.Paralel	3,5097	0,2225	<0.000	0,0193
3.Paralel	2,9085	0,3815	<0.000	0,0791
4.Paralel	2,5955	0,3562	<0.000	0,0692
5.Paralel	2,4187	0,4409	<0.000	0,0777
Ortalama	2,9927	0,3584	<0.000	0,0541
Std. sapma	0,5127	0,0820	<0.000	0,0294
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>

Çinekop (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	1,2235	0,0222	0,0238	0,0013
2.Paralel	1,2404	0,0227	0,0248	0,0012
3.Paralel	1,2186	0,0216	0,0233	0,0013
4.Paralel	1,2498	0,0227	0,0244	0,0013
5.Paralel	1,2346	0,0227	0,0246	0,0012
Ortalama	1,2334	0,0224	0,0242	0,0013
Std. sapma	0,0126	0,0005	0,0006	0,0000
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Tekir (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	3,9536	0,8861	<0.000	0,0116
2.Paralel	4,0742	0,3169	<0.000	0,0078
3.Paralel	3,8182	0,4259	<0.000	0,0065
4.Paralel	4,4539	0,2062	<0.000	0,0134
5.Paralel	4,3295	0,0982	<0.000	0,0080
Ortalama	4,1259	0,3867	<0.000	0,0095
Std. sapma	0,2627	0,3048	<0.000	0,0029
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>



İzmarit (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	4,6392	0,0822	<0.000	0,0151
2.Paralel	4,5451	0,1881	<0.000	0,0197
3.Paralel	4,5812	0,3456	<0.000	0,0139
4.Paralel	4,5906	0,0814	<0.000	0,0139
5.Paralel	4,5165	0,0156	<0.000	0,0140
Ortalama	4,5745	0,1426	<0.000	0,0153
Std. sapma	0,0467	0,1292	<0.000	0,0025
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Mercan (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	2,6783	0,5358	0,4305	<0.000
2.Paralel	3,6714	<0.000	0,6027	<0.000
3.Paralel	3,9843	0,6622	0,5804	<0.000
4.Paralel	4,5885	<0.000	0,5673	0,0005
5.Paralel	4,5131	<0.000	0,5978	<0.000
Ortalama	3,8871	<0.000	0,5557	<0.000
Std. sapma	0,7748	<0.000	0,0714	<0.000
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>0,05</b>

Karagöz (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	9,7529	<0.000	1,3288	<0.000
2.Paralel	9,9343	<0.000	1,1780	0,0005
3.Paralel	9,9873	<0.000	1,1110	0,0029
4.Paralel	9,3505	<0.000	0,9836	0,0020
5.Paralel	8,8440	<0.000	0,8894	<0.000
Ortalama	9,5738	<0.000	1,0982	<0.000
Std. sapma	0,4784	<0.000	0,1706	<0.000
TGK üst sınır değeri		0,3	0,5	0,1

**EK-B:Marmara kaynaklı numunelerde tür bazlı ağır metal bulguları**

Karides (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	64,5922	0,2170	<0.000	0,0255
2.Paralel	65,8565	0,2671	<0.000	0,0498
3.Paralel	65,2481	0,0436	<0.000	0,0091
4.Paralel	66,3438	0,5545	<0.000	0,0222
5.Paralel	65,7318	0,4173	<0.000	0,0169
Ortalama	65,5545	0,2999	<0.000	0,0247
Std. sapma	0,6643	0,1951	<0.000	0,0153
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>

Kalamar (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	23,1321	0,4713	<0.000	0,6666
2.Paralel	25,9006	0,7495	<0.000	0,6965
3.Paralel	23,6695	0,5007	<0.000	0,3990
4.Paralel	23,8405	0,4526	<0.000	0,3272
5.Paralel	23,7092	0,5376	<0.000	0,4027
Ortalama	24,0504	0,5424	<0.000	0,4984
Std. sapma	1,0691	0,1202	<0.000	0,1702
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

Ahtapot (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	31,8593	0,1384	<0.000	0,0085
2.Paralel	29,0370	0,2677	<0.000	0,0149
3.Paralel	28,2194	0,2734	<0.000	0,0175
4.Paralel	28,5204	0,3188	<0.000	0,0121
5.Paralel	28,5162	0,1846	<0.000	0,0166
Ortalama	29,2305	0,2366	<0.000	0,0139
Std. sapma	1,4987	0,0732	<0.000	0,0036
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

Midye (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	4,2104	0,4983	<0.000	0,7173
2.Paralel	5,3514	0,5258	<0.000	0,9666
3.Paralel	4,1997	0,6586	<0.000	0,7626
4.Paralel	4,1171	0,4774	<0.000	0,6950
5.Paralel	4,4199	1,2434	<0.000	1,8587
Ortalama	4,4597	0,6807	<0.000	1,0000
Std. sapma	0,5108	0,3224	<0.000	0,4919
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

Kefal (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	1,2316	0,0477	0,0068	0,0027
2.Paralel	1,9077	0,0746	0,0099	0,0045
3.Paralel	1,6136	0,0628	0,0082	0,0035
4.Paralel	1,7381	0,0678	0,0086	0,0036
5.Paralel	1,7041	0,0676	0,0086	0,0040
Ortalama	1,6390	0,0641	0,0084	0,0037
Std. sapma	0,2514	0,0101	0,0011	0,0007
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Palamut (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	2,3548	0,0553	0,2559	<0.000
2.Paralel	2,4842	0,0898	0,3006	<0.000
3.Paralel	2,0165	<0.000	0,2531	<0.000
4.Paralel	2,4486	<0.000	0,2952	0,0041
5.Paralel	2,8891	<0.000	0,3038	<0.000
Ortalama	2,4386	<0.000	0,2817	<0.000
Std. sapma	0,3124	<0.000	0,0251	<0.000
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Lüfer (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	1,0467	0,0051	0,0375	0,0017
2.Paralel	1,2883	0,0065	0,0464	0,0021
3.Paralel	1,0949	0,0054	0,0392	0,0018
4.Paralel	1,2080	0,0060	0,0433	0,0018
5.Paralel	1,0150	0,0050	0,0364	0,0017
Ortalama	1,1306	0,0056	0,0406	0,0018
Std. sapma	0,1146	0,0006	0,0042	0,0002
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Sardalya (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	4,7932	0,6668	<0.000	0,0177
2.Paralel	5,2879	0,5575	<0.000	0,0211
3.Paralel	4,9220	0,2344	<0.000	0,0135
4.Paralel	4,9623	0,2790	<0.000	0,0157
5.Paralel	4,2119	0,3474	<0.000	0,0274
Ortalama	4,8355	0,4170	<0.000	0,0191
Std. sapma	0,3934	0,1866	<0.000	0,0054
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>

Hamsi (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	1,7151	0,0602	0,0156	0,0093
2.Paralel	1,7310	0,0613	0,0163	0,0100
3.Paralel	1,6931	0,0599	0,0159	0,0100
4.Paralel	1,6949	0,0599	0,0159	0,0096
5.Paralel	1,6854	0,0593	0,0157	0,0095
Ortalama	1,7039	0,0601	0,0159	0,0096
Std. sapma	0,0187	0,0007	0,0003	0,0003
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>

İstavrit (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	1,4103	0,0568	0,0194	0,0047
2.Paralel	1,4350	0,0573	0,0192	0,0043
3.Paralel	1,4470	0,0584	0,0194	0,0045
4.Paralel	1,4140	0,0563	0,0188	0,0042
5.Paralel	1,4400	0,0579	0,0195	0,0046
Ortalama	1,4293	0,0573	0,0193	0,0045
Std. sapma	0,0162	0,0008	0,0003	0,0002
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>

Mezgit (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	0,4941	0,0116	0,0121	0,0008
2.Paralel	0,5190	0,0123	0,0127	0,0007
3.Paralel	0,5216	0,0124	0,0131	0,0007
4.Paralel	0,4976	0,0117	0,0121	0,0007
5.Paralel	0,4881	0,0113	0,0120	0,0006
Ortalama	0,5041	0,0119	0,0124	0,0007
Std. sapma	0,0152	0,0005	0,0005	0,0001
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Dil balığı (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	66,4970	0,0423	0,4081	0,0195
2.Paralel	68,1096	0,4209	0,4536	0,0252
3.Paralel	67,1079	0,1134	0,4308	0,0122
4.Paralel	66,6727	0,0897	0,4734	0,0117
5.Paralel	67,4350	0,3531	0,4348	0,1044
Ortalama	67,1645	0,2039	0,4401	0,0346
Std. sapma	0,6436	0,1708	0,0246	0,0394
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>



İzmarit (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	5,2064	0,1938	<0.000	0,0074
2.Paralel	6,5644	3,0501	<0.000	0,0393
3.Paralel	4,7387	0,0782	<0.000	0,0073
4.Paralel	5,0564	0,3877	<0.000	0,0674
5.Paralel	4,7725	0,5040	<0.000	0,0724
Ortalama	5,2677	0,8428	<0.000	0,0388
Std. sapma	0,7508	1,2450	<0.000	0,0313
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>

Mercan (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	6,2018	<0.000	0,6672	0,0032
2.Paralel	5,9604	<0.000	0,6553	0,0042
3.Paralel	6,1526	<0.000	0,6544	0,0073
4.Paralel	3,7540	2,1192	0,4378	0,0096
5.Paralel	3,5996	<0.000	0,4072	0,0139
Ortalama	5,1337	<0.000	0,5644	0,0076
Std. sapma	1,3341	<0.000	0,1301	0,0043
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>0,05</b>

Uskumru (ppm)				
	As	Pb	Hg	Cd
1.Paralel	3,8791	0,0983	<0.000	0,0113
2.Paralel	4,3397	0,1028	<0.000	0,0122
3.Paralel	3,8476	0,0496	<0.000	0,0143
4.Paralel	3,7981	0,0946	<0.000	0,0182
5.Paralel	4,1379	0,0402	<0.000	0,0172
Ortalama	4,0005	0,0771	<0.000	0,0146
Std. sapma	0,2308	0,0297	<0.000	0,0030
<b>TGK üst sınır değeri</b>		<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>

## ÖZGEÇMİŞ

**ADI SOYADI** : Gizem İNAL ERDEM  
**DOĞUM TARİHİ ve YERİ** : 21 Eylül 1987, İstanbul  
**TEL (GSM)** : 0 531 555 48 42  
**E-POSTA** : gizeminal@hotmail.com.tr



### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Yüksek Lisans:** 2016, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Güvenliği ve Beslenme Anabilim Dalı, Gıda Güvenliği (Tezli) Yüksek Lisans Programı, İstanbul, Türkiye.
- **Lisans:** 2010, Samsun 19 Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye.
- **Ön lisans:** 2006, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Bayramiç Meslek Yüksek Okulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Çanakkale, Türkiye.