

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKDENİZ MİDYESİ'NDE (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)  
AĞIR METAL SEVİYELERİ; GİRESUN SAHİL ŞERİDİ ÖRNEĞİ

NİLGÜN SÜER

OCAK 2013

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı.

Doç. Dr. Kültiğın ÇAVUŞOĞLU

..../..../.....

\_\_\_\_\_  
Müdür

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

Prof. Dr. İhsan AKYURT

\_\_\_\_\_  
Anabilim Dalı Başkanı

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

Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE

\_\_\_\_\_  
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE

Doç. Dr. Hatice KATI

Yrd. Doç Dr. Aysun TÜRKMEN

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ÖZET

AKDENİZ MİDYESİ'NDE (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)

AĞIR METAL SEVİYELERİ; GİRESUN SAHİL ŞERİDİ ÖRNEĞİ

SÜER, Nilgün

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE

OCAK 2013, 61 sayfa

Uzunluğu 122 km olan Giresun kıyısı boyunca belirlenen sekiz istasyondan toplanan midye (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) örneklerinin yumuşak dokularında, ağır metallerin birikim seviyeleri araştırılmıştır. Kıyı boyunca yer alan ilçeler esas alınarak sekiz istasyon belirlenmiştir. Ağır metal analizlerinden önce boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Yaş yakma yöntemi kullanılarak metal ekstraksiyonları mikrodalga sistemde gerçekleştirilmiştir. Bruker ICP MS cihazında ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, As, Se, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarında metal seviyeleri yaş ağırlıkta  $\mu\text{g/g}$  cinsinden ortalama  $\pm$  SH; Cr;  $0,56 \pm 0,03$ , Mn;  $6,23 \pm 0,38$ , Ni;  $12,70 \pm 1,01$ , Zn;  $69,06 \pm 4,20$ , Co;  $1,97 \pm 0,07$ , Cu;  $2,65 \pm 0,18$ , Fe;  $161,08 \pm 15,89$ , As;  $3,16 \pm 0,11$ , Se;  $0,62 \pm 0,05$ , Pb;  $3,16 \pm 0,08$ , olarak bulunmuştur. Metal içerikleri en çok birikim gösterenden en az birikim gösterene doğru; Fe > Zn > Ni > Mn > As > Pb > Cu > Co > Se > Cr, şeklinde sıralanmıştır. Midye örneklerinin boy ve ağırlık dağılımı bazı istasyonlar arasında farklılık göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Giresun kıyısındaki midyelerde belirlenen ağır metal seviyelerinin halk sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığı anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Karadeniz, Giresun, Midye, *Mytilus galloprovincialis*, Ağır metal

## ABSTRACT

THE LEVELS OF HEAVY METALS IN (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)

THE MEDITERRANEAN MUSSEL; EXAMPLES OF GİRESUN COASTS

SÜER, Nilgün

University of Giresun

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Master Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE

JANUARY 2013, 61 pages

The heavy metal accumulation levels in the soft tissue of mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 ) individuals, collected from eight stations along the 122 km long Giresun coast, were investigated. The eight stations were chosen based on town centers along the coast. Before performance of heavy metal analyses, the mean length and weight were calculated. The extractions of mussel were made in microwave digestion program as wet weight. The heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, As, Se, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) were determined by using ICP MS. The results were given as  $\mu\text{g/g}$  in wet weight mean  $\pm$  SE; Cr;  $0,56 \pm 0,03$ , Mn;  $6,23 \pm 0,38$ , Ni;  $12,70 \pm 1,01$ , Zn;  $69,06 \pm 4,20$ , Co;  $1,97 \pm 0,07$ , Cu;  $2,65 \pm 0,18$ , Fe;  $161,08 \pm 15,89$ , As;  $3,16 \pm 0,11$ , Se;  $0,62 \pm 0,05$ , Pb;  $3,16 \pm 0,08$ . The Metal concentrations in descending order were as follow; Fe > Zn > Ni > Mn > As > Pb > Cu > Co > Se > Cr, respectively. The length and weight distribution of mussel samples were significantly different between some stations ( $p < 0.05$ ). It can be concluded that the heavy metal levels of mussels, from Giresun coasts, should pose no health problems for consumers.

**Key Words:** Black Sea, Giresun, Mussel, *Mytilus galloprovincialis*, Heavy metals

## TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmalarım sırasında bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren değerli hocam sayın Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE' ye teŐekkürlerimi sunarım.

ÇalıŐmalarım esnasında örneklerin toplanması ve laboratuara getirilmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen Őamil ÇOŐKUN ve Sevgi ÇOŐKUN' a teŐekkürü bir borç bilirim.

Ağır metal analizleri konusunda yardımcı olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN' e teşekkür ederim.

İstatistiksel analizlerdeki katkıları için sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Zeliha ÇOLAK TORA' ya teşekkür ederim.

Maddi ve manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan Mehmet SÜER, Fazilet SÜER ve Ümmü SÜER' e teŐekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana inanan ve beni hep destekleyen Anneme ve Babama teŐekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
TABLolar DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER DİZİNİ .....	X
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. <i>Mytilus galloprovincialis</i> Midyesinin Taksonomideki Yeri.....	6
1.2. Midye Biyolojisi ve Morfolojisi.....	6
1.2.1. Üreme Biyolojisi.....	10
1.3. Midyenin Besin Değerleri.....	11
1.4. Su Kirliliği.....	12
1.5. Ağır Metallerin Çevresel ve Metabolik Etkileri.....	13
1.5.1. Kurşun (Pb).....	15
1.5.2. Kadmiyum (Cd).....	15
1.5.3. Mangan (Mn).....	16
1.5.4. Krom (Cr).....	17
1.5.5. Demir (Fe).....	17

1.5.6. Kobalt (Co).....	18
1.5.7. Bakır (Cu).....	18
1.5.8. Nikel (Ni).....	19
1.5.9. Çinko (Zn).....	19
1.5.10. Arsenik (As).....	20
1.5.11.Selenyum (Se).....	20
1.6. Önceki Çalışmalar.....	21
2. MATERYAL VE METOT.....	26
2.1. Çalışma Sahası.....	26
2.2. Araştırma Materyali.....	27
2.3. Ekstraksiyon İşlemi .....	28
2.4. Kullanılan Cihazlar.....	29
2.5. İstatistiksel Analiz.....	29
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
3.1. Boy ve Ağırlık Ölçüm Sonuçları.....	30
3.2. Ağır Metal Ölçüm Sonuçları.....	31
3.2.1. Pb Değerleri.....	34
3.2.2. Mn Değerleri.....	35
3.2.3. Cr Değerleri.....	36
3.2.4. Fe Değerleri.....	37
3.2.5. Co Değerleri.....	38
3.2.6. Cu Değerleri.....	39

3.2.7. Ni Değerleri.....	40
3.2.8. Zn Değerleri.....	41
3.2.9. As Değerleri.....	42
3.2.10. Se Değerleri.....	43
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	46
4.1. Tartışma.....	46
4.2. Sonuç.....	50
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	61



## TABLÖLAR DİZİNİ

### TABLO

3.1. İstasyonlara Göre Ortalama Boy - Ağırlık Değişimi ve SH, Sütunlardaki Farklı Harfler (a, b, c) İstatistiksel Farklılıkları Göstermektedir ( $p < 0.05$ ).....	30
3.2.a. İstasyonlara Göre Ağır Metal Değişimleri (Ortalama $\pm$ SH), ( $\mu\text{g/g}$ ), Satırlardaki Farklı Harfler (a, b, c) İstatistiksel Farklılıkları Göstermektedir ( $p < 0.05$ ).....	32
3.2.b. İstasyonlara Göre Ağır Metal Değişimleri (Ortalama $\pm$ SH), ( $\mu\text{g/g}$ ), Satırlardaki Farklı Harfler (a, b, c) İstatistiksel Farklılıkları Göstermektedir ( $p < 0.05$ ).....	33
3.3. Çift Kabuklu Canlı Yumuşakçalarda Kabul Edilebilir Ağır Metal Değerlerinin Bu Çalışma İle Karşılaştırılması ( $\mu\text{g/g}$ ).....	44
4.1. Bu Çalışmadan Elde Edilen Ortalama Metal Seviyelerinin Diğer Çalışmaların Ortalamalarıyla Karşılaştırılması ( $\mu\text{g/g}$ ).....	47

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

1.1. Akdeniz Midyesi'nin (Kara Midye), ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamark, 1819) Genel Görünüşü.....	7
1.2. Akdeniz Midyesi ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> )'ne Ait Bysus İpliği .....	8
1.3. Midye Kabuklarının İç ve Dış Görüntüsü.....	8
1.4. Midye İçerisinde İnci Oluşumu .....	9
2.1. Örnekleme İstasyonlarının Haritada Gösterimi: Piraziz (PRZ), Bulancak (BLN), Merkez (GRS), Keşap (KŞP), Espiye (ESP), Tirebolu (TRB), Görele (GRL) ve Eynesil (EYN).....	26
2.2. Midye Örneklerinin Boy ve Ağırlık Ölçümleri.....	27
2.3. Midye Örneklerinin Homojenizasyon İşlemi.....	28
2.4. Midye Örneklerine Uygulanan Ekstraksiyon İşlemi.....	29
3.1. Boy-Ağırlık Regresyon Grafiği, $R^2=0,877$ .....	31
3.2. İstasyonlara Göre Ortalama Kurşun (Pb) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ) .....	34
3.3. İstasyonlara Göre Ortalama Mangan (Mn) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ).....	35
3.4. İstasyonlara Göre Ortalama Krom (Cr) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ).....	36
3.5. İstasyonlara Göre Ortalama Demir (Fe) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ).....	37
3.6. İstasyonlara Göre Ortalama Kobalt (Co) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ).....	38
3.7. İstasyonlara Göre Ortalama Bakır (Cu) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ).....	39
3.8. İstasyonlara Göre Ortalama Nikel (Ni) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ).....	40

3.9. İstasyonlara Göre Ortalama Çinko (Zn) Değerleri (µg/g).....	41
3.10. İstasyonlara Göre Ortalama Arsenik (As) Değerleri (µg/g).....	42
3.11. İstasyonlara Göre Ortalama Selenyum (Se) Değerleri (µg/g).....	43

## SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
µg/g	Mikrogram/Gram
µg/ml	Mikrogram/Mililitre
As	Arsenik
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiyum Karbonat
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
cm <sup>3</sup>	Santimetre Küp
Co	Kobalt
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Kobalt Oksit
Cr	Krom
Cr <sup>+3</sup>	Kromat
Cr <sup>+6</sup>	Hegzavalent Krom
CrO <sub>3</sub>	Kromik Asit
Cu	Bakır
CuSO <sub>4</sub>	Bakır Sülfat
Fe	Demir
FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Kromit
g	Gram
g/cm <sup>3</sup>	Gram/Santimetre Küp
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen Peroksit

Hg	Civa
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
km <sup>2</sup>	Kilometre Kare
km <sup>3</sup>	Kilometre K�p
l	Litre
m	Metre
mg	Miligram
mg/gün	Miligram/Gün
mg/kg	Miligram/Kilogram
mg/l	Miligram/Litre
mg/ton	Miligram/Ton
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Ni	Nikel
nm	Nanometre
Pb	Kurşun
ppm	Part Per Million
psig (lb/in <sup>2</sup> )	Basınç Birimi
R <sup>2</sup>	Regresyon Katsayısı
Se	Selenyum
Zn	�inko
�g	Mikrogram
�l	Mikrolitre
�m	Mikrometre

## KISALTMALAR DİZİNİ

BLN	Bulancak
EPA	Environmental Protection Agency
ESP	Espiye
EYN	Eynesil
FAO	Food and Agriculture Organization
GRL	Görece
GRS	Giresun
ICP MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer
PRZ	Piraziz
SH	Standart Hata
SS	Standart Sapma
TRB	Tirebolu
WHO	World Health Organization

## 1.GİRİŞ

Çevre sorunları, günümüzde insanoğlunun en büyük sorunlarının başında yer almaktadır. Hızla gelişen teknoloji, endüstrileşme, şehirleşme ve artan nüfus ile beraber çevre tahribatı ve kirliliği de artmaktadır. Su kaynakları akarsular, göller ve denizler kirlilik etkenlerini alıcı ortamlar olarak, en fazla tehdit altındaki ekosistemlerdir. Su kaynaklarının kontrolsüz kullanıldığı ve giderek azaldığı düşünülürse, sudaki kirletici unsurların tespiti yönünde yapılan araştırmalar her geçen gün önem kazanmaktadır.

Çevreyi tehdit eden endüstriyel ve kentsel atıklar akarsulara, göllere ve kıyı sularına boşalmaktadır. Özellikle karasal ortamda ortaya çıkan pestisitler gibi kimyasal atıkların, doğal yollarla dünya su sistemine karıştığı, yaygın ve tehlikeli boyutlarda kirlettiği görülmektedir (1).

Çevre ve besin kirlenmesine neden olan binlerce kimyasal madde arasında metal kalıntılarının önemli bir payı vardır. Doğal olarak havada, toprakta ve sularda bulunan metallere özellikle son yarım yüzyılda dünyanın önemli ölçüde kirlendiği yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (2).

Endüstriyel ürünlerin üretiminde ağır metallerin yoğun bir biçimde kullanılması nedeniyle insanlar ağır metallere maruz kalmaktadırlar. Günlük hayatta, civalı amalgam dolgular, boyalar ve musluk sularındaki kurşun, işlenmiş gıdalar, kozmetik ürünleri, şampuan, saç ürünleri ve diş macunlarındaki kimyasal kalıntılar nedeniyle insanlar her an ağır metallerle iç içe yaşamaktadır (3).

Özellikle son on yıldaki endüstriyel gelişmeler deniz çevrelerinin ağır metaller tarafından kirletildiği ve bu kirlenmenin besin zincirine de yansıdığı gerçeğini ortaya koymaktadır. Su ve besinler ile bünyeye alınan ağır metaller canlılarda birikerek tüm yaşam aktivitelerine zarar verebilme ve değiştirebilme potansiyeline sahiptirler (4).

Tabii şartlar altında denizlerdeki ağır metallerin başlıca kaynağı nehirlerdir. Genel olarak nehirlerle taşınan ağır metallerin büyük bir kısmı çözülmüş halde taşınmaktadır. Partiküler formdaki ağır metal formlarının ise sadece bir kısmı denizlere ulaşmaktadır. Çünkü akarsuyun hızının azalmasıyla çökeltme meydana gelir

ve körfezlerde tuzlu su ile tatlı su karıştığında çeşitli fiziko-kimyasal değişimler olur. Belli bir alanda oluşan metal kirliliği akıntılar, rüzgar ve türbülanslar ile başka su kütlelerine taşınabilir. Bu taşınımın metal konsantrasyonlarının seyrelerek azalması gibi yararlı yönleri yanında, hiç kirlenmemiş bölgelere kirliliğin taşınması gibi zararlı yönleri de vardır (5).

Metal kirliliği ile sulardaki birikim, çözünme şeklinde olabileceği gibi, çözünmeden suların dibinde çökme şeklinde de olabilir. Bu şekilde bir kirlenme endüstriyel ve zirai atıklardan meydana geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metal türü maddelerden de meydana gelebilir. Atmosfere verilen metal türü maddeler sonunda yeryüzüne dönerler ve akarsular yolu ile su yataklarına sürüklenirler. Metal kirlenmesi, organik kirlenmeler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanmazlar, bir metal bileşiği başka bir metal bileşiğine dönüşür. Dönüşme ne şekilde olursa olsun metal iyonu kaybolmaz (5).

Günümüze kadar su ortamındaki kirlilikleri belirlemede çoğunlukla suyun kimyasal analizleri kullanılmaktaydı. Ancak bu ölçümler tek başına yeterli olmamakta, tamamlayıcı diğer analizlerin de yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bunun için sadece su kolonundan ve sedimentten değil, su içerisinde yaşayan canlılardan da örnekleme yapmak gerekir. Suda meydana gelen kirlenmeyi en iyi su canlıları yansıtır (6).

Su ortamları tek başına su kütlelerinden ibaret olmayan ekolojik sistemlerdir ve bünyesinde birçok hayvansal ve bitkisel kökenli, yüzen veya dipteki sediment tabakasında yaşayan organizma grupları ihtiva etmektedir. Kirleticiler sadece suda çözünmekle kalmayıp, ortam şartlarına göre organizmaya geçmekte, besin zincirinde birikmekte veya dibe çökmektedirler. Dolayısıyla bir kirletici sadece suda değil, aynı zamanda o su ortamında bulunan tüm canlıların yapısına geçmektedir (5).

Su ortamında bulunan canlılar sudaki kirlilikten ilk etkilenen canlılardır. Özellikle suyu filtre ederek beslenen çift kabuklular kirliliğe en çok maruz kalan omurgasızlar arasındadır. Midyeler deniz diplerinde kendilerini sert bir zemine tespit ederek ve sudaki organik madde ve planktonlarla beslenerek yaşayan canlılardır. Suyun kimyasal yapısını değiştiren ağır metaller midyelerin dokularında ve



kabuklarında birikirler. Midye türleri suyun kimyasal yapısına karşı çok duyarlıdırlar (7).

Omurgasız türleri içerisinde kirlilik unsurlarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda en çok tercih edilen tür *Mytilus galloprovincialis*'dir. Yaşam alanlarındaki kirlilik düzeyini yansıtan canlılar için "biyomonitör" terimi kullanılır. Bir türün ağır metal kirliliğini belirlemede biyomonitör olarak kullanılabilmesi için bazı temel unsurlar vardır. Bunlar, toplama alanında geniş sayılarda bulunma, geniş bir coğrafik alana sahip olma, örneklenmesinin kolay olması ve kimlik probleminin olmaması şeklinde sıralanabilir. Bu kriterlerin tümünü barındıran özellikleri ile *Mytilus galloprovincialis* biyomonitör bir türdür ve bu çalışmanın hedef türü olarak seçilmiştir (8).

Sucul organizmalarda ağır metal birikim ve hasarlarının incelendiği araştırmaların yapılması, bu metallere karşı duyarlılığı yüksek olan türlerin belirlenmesinin yanı sıra organizmada meydana gelebilecek biyokimyasal, fizyolojik, yapısal ve işlevsel bozuklukların belirlenmesi açısından da önem taşımaktadır. Çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak canlılarda ölçülen metalik kirleticiler özellikle su ürünlerinde sıklıkla yüksek seviyelere ulaşabilir. Bu şekilde besinlerle birlikte düşük düzeylerde ama sürekli olarak alınan civa, kadmiyum ve kurşun gibi metal kalıntıları çevre ve insan sağlığını önemli derecede etkilemektedir (9).

Maksimum derinliği 2200 m, yüzey alanı  $4,2 \times 10^5$  km<sup>2</sup> ve hacmi  $5,3 \times 10^5$  km<sup>3</sup> olan Karadeniz, içerdiği tuz oranı % 15-18 ile diğer denizlerimizden farklı bir habitat sergiler. Sadece Türk Boğazlar Sisteminin olanak verdiği miktardaki su değişimi sonucunda sularının dünya denizleriyle ilişkisi hemen hemen bütünüyle kesilmiştir. Bunun sonucunda da yaklaşık 150-200 m su derinliğinde anoksik koşulların hakim olduğu sülfürlü sular yer almaktadır (10).

Karadeniz'de kıta sahanlığı çok dardır, sığ alanlar sadece kuzeybatı köşede yer almakta, Türkiye kıyılarında ise çok dar bir şerit oluşturarak dik bir kıta eğimi ile derinleşmektedir. Karadeniz'i besleyen Tuna, Dinyeper, Dinyester, Don, Kuban, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Sakarya nehirlerinin havzaları Avrupa kıtasının yarısı ve Asya'nın bir kısmını kaplamakta ve bu nehirlerden Karadeniz'e çok miktarda besin elementleri, organik maddelerle birlikte kirletici kimyasallar taşınmaktadır (11,12).

Orta ve Doğu Karadeniz'e başlıca üç büyük nehir, (Kızılırmak, Yeşilirmak ve Çoruh) ile pek çok ırmak ve dere dökülmektedir. Bu bölge ayrıca maden yatakları yönünden de oldukça zengindir. Bu madenler arasında özellikle bakır ve kurşun önemli bir yer tutmakta ve Türkiye ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır. Ancak sağladığı bu katkıların yanında atıkları, ya doğrudan denize verilmekte ya da gerek yağmur ve sel sularıyla gerekse nehirler yoluyla dolaylı olarak Karadeniz'e karışmaktadır (13).

Karadeniz bölgesinin coğrafik yapısına bakıldığında dağların denize paralel uzandığı görülür. Bu durumda iç kesimlerle bağlantı sadece belli geçitlerden yapılabilmektedir. Şehirleşme ve yerleşim alanlarının kıyı boyunca yayılmış olmasından dolayı ulaşım sadece kıyı şeridi ile sağlanmaktadır. Karadeniz Sahil otoyolu beraberinde yoğun bir araç trafiğini de getirmekte ve bu durum egsoz gazlarıyla atmosfere bırakılan ağır metal oranını da arttırmaktadır. Yağmur ve rüzgârla çökelen ağır metaller su kaynaklarına karışmaktadır.

Karadeniz'e dökülen irili ufaklı çok sayıda akarsu bulunmaktadır. Bu akarsular iç kesimlerdeki kirletici unsurları (evsel ve endüstriyel) ve toprak erozyonunu taşıyarak kıyıya ulaştırmaktadır. İç kesimlerde tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre, pestisitler sanayi atıkları ve evsel atıklar topraktan süzülerek akarsulara karışmakta dolayısıyla taşınarak kıyı sularını kirletmektedir.

Giresun sahil şeridi yaklaşık 122 km uzunluğa sahiptir. İl sınırları içerisinde irili ufaklı pek çok dere bulunmaktadır. Artan nüfus ve sanayileşme sonucu, evsel ve endüstriyel atıkların, arıtımsız olarak denize boşaltıldığı Giresun İli kıyılarında da kirlilik her geçen gün artmaktadır.

Giresun sahil şeridinde denize dökülen akarsulardan başlıcaları şunlardır: Aksu Deresi; 65 km uzunluğa sahip olan bu akarsu Bektaş yaylaları Karagöl eteğinden kaynak alır. Dereli ilçe merkezinden geçerek Aksu vadisinin tüm sanayi, evsel ve tarımsal kirliliğini alarak Giresun şehir merkezinden denize dökülür. Giresun sınırları içindeki uzunluğu 50 km olan Harşit çayı Gümüşhane ilinin doğu sınırındaki dağlarından doğar. Kelkit vadisinin kirlilik yükünü taşıyarak Tirebolu ilçesinden denize dökülür. Gelevera Deresi 80 km uzunluğunda olup, Balaban Dağları'ndan doğar ve Espiye'nin doğusundan Karadeniz'e dökülür. Çanakçı ve

Çömlekçi Dereleri, Sis Dağı'nın eteğinden doğarak 23 km sonra Görele'den denizle birleşir. Uzunluğu 80 km olan Pazar Suyu, Karagöl ve Yürücek bölgelerinin sularının birleşmesiyle oluşur ve Bulancak'ın batısından denize dökülür. Yağlıdere, Erimez Dağları'ndan doğar ve Espiye'nin batısından denize dökülür. Batlama Deresi ise Çaldağ'ın batı yamacının güneyindeki Bektaş Yaylasından doğar ve merkez ilçenin batısında denize dökülür, 40 km uzunluğundadır (14).

Bu çalışmada araştırma materyali olarak Akdeniz Midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) tercih edilmesinin temel nedenleri; a) Denizlerde bol miktarda bulunmaları, metalleri yüksek yoğunluklarda biriktirip, bunları uzun süre bünyelerinde tutmalarından dolayı midyeler, sularda kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelen canlılar olmaları, b) Karadeniz sahil şeridinde hakim olan bu midye türü, Karadeniz halkının severek tükettiği bolluğu ve ulaşılabilirliği ile tercih edilen bir gıda kaynağı durumunda iken günümüzde nesli tükenmek üzeredir. Bu çalışma ile midye popülasyonlarındaki bu hızlı düşüşün sebebinin deniz kirliliği olabilir mi sorusuna cevap aranacak olmasıdır (15).

Yapılan bu tez çalışmasında Giresun İli kıyı şeridinde, kirlilik düzeyi tespiti amaçlanmıştır. Bu çalışma, Giresun İlinde bu alanda yapılan ilk çalışmadır ve araştırma sonuçları sonraki yıllarda yapılacak çalışmalara referans olabilecek niteliktedir. Araştırmada kullanılan midye örnekleri istasyonlar bazında, mukayese edilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçların, diğer denizlerimizde ve uluslararası sularda yapılan çalışmalarla mukayesesi yapılmıştır.

### 1.1. *Mytilus galloprovincialis* Midyesinin Taksonomideki Yeri

Pelecypoda veya Lamellibranchia (Balta ayaklılar) olarak da bilinen Bivalvia sınıfı, istiridye, midye, deniztarağı gibi canlıları içeren ve 7000 den fazla günümüze ait türe sahiptir (16).

Aşağıda Akdeniz midyesi'nin (*Mytilus galloprovincialis*) taksonomik sınıflandırılması verilmiştir (17).

**Regnum:** Animalia (Hayvanlar Alemi)

**Subregnum:** Invertebrate (Omurgasızlar)

**Phylum:** Mollusca (Yumuşakçalar)

**Classis:** Bivalvia (pelecypoda- Balta ayaklılar)

**Subclassis:** Pteriomorphia

**Order:** Mytiloida

**Familia:** Mytilidae

**Genus:** *Mytilus*

**Species:** *Mytilus galloprovincialis*.

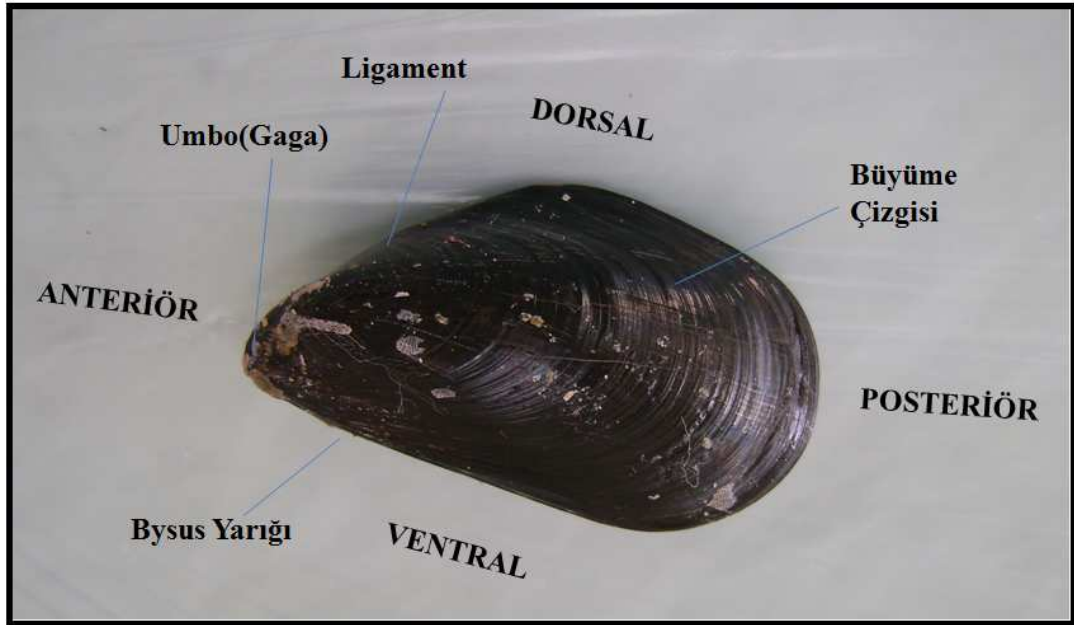
Ülkemizde bu midye türü özellikle Karadeniz, İstanbul Boğazı ve Marmara denizinin bütün sahillerinde doğal yataklar halinde bulunur. Türkiye denizlerinde en çok bulunan midye türü Akdeniz Midyesi'dir (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) (18).

Akdeniz Midye'si tüm denizlerimizde yaygın olarak bulunmasına rağmen Doğu Akdeniz kıyılarımızda özellikle İskenderun Körfezinde çok nadiren bulunur.

### 1.2. Midye Biyolojisi ve Morfolojisi

Genel olarak *M. galloprovincialis*'in kabukları ön (arteriör), arka (posteriör), ventral ve dorsal kenar olmak üzere dört kısma ayrılabilir. Ön kenar çok kısa olup kabuklar burada birbirlerine bağlıdır. Ventral kenar bysus ipliklerinin çıktığı kenardır. Önden arkaya kadar düz bir yapıdadır. Ventralin tam tersi kenar ise kavisli dorsal kenarı oluşturur. Posteriör kenar ise midye kabuklarının açıldığı uç kısma denilmektedir. Arteriör-dorsal kenarda kabukların birbirine bağlı durmasını sağlayan

boynuza benzeyen ligament yer alır. Ligament iki kabuk arasında düz bir oluk içersindedir. Ligament kabukların kapama kaslarının kapama kuvvetlerinin tersi yönde bir kuvvete sahiptir. Ölen midyede kaslar kapama kuvvetini kaybettiklerinden ligamentin aksi yöndeki elastikiyetinden dolayı kabuklar açık kalır. Kabuklar üzerinde, ilk oluşan ve en uçta yer alan umbo kısmından itibaren küçük eliptik daireler şeklinde başlayan ve kenara paralel olarak devam eden çizgiler, büyüme çizgileridir. Midye uygun olmayan ekolojik şartlara maruz kaldığında, büyüme çizgilerinde anormal bir sıklaşma, yukarı doğru kabarma veya aşağıya doğru çökme görülür. Midyelerin sağ kabukları sol kabuklarından 1mm kadar daha yüksektir (18). Akdeniz Midyesi'nin genel görünüşü Şekil 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Akdeniz Midyesi'nin (Kara Midye), (*Mytilus galloprovincialis* Lamark, 1819) Genel Görünüşü

Kabuğun ventralinde bysus yarığı vardır. Bu yarık periostrakum kıvrımları ile örtülüdür. Hayvanın ventralinde bulunan periostrakum kıvrımları, kabuklar kapandığında yastık görevi görürler. Kabuklar kapandığında bysus ipliklerinin çıktığı bu alandan içeri su veya istenmeyen maddenin girmesini engellerler (19). Akdeniz Midyesi'ne ait bysus ipliği Şekil 1.2.'de verilmiştir.



Şekil 1.2. Akdeniz Midyesi (*Mytilus galloprovincialis*)'ne Ait Bysus İpliği

Kabuklara içten bakıldığında kolayca fark edilebilen iki renk görülür. Orta kısım beyazımsı sedef parlaklığındadır. Kenarlara doğru renk koyu mavi olur. Bu iki kısım birbirinden manto çizgisi ile ayrılırlar. Manto kabuk üzerinde belirgin bir iz bırakır (20). Kabukların iç ve dış görüntüsü Şekil 1.3.'te verilmiştir.



Şekil 1.3. Midye Kabuklarının İç ve Dış Görüntüsü

Midye kabukları enine kesitinde üç tabakadan oluştuğu gözlenir. En dışta organik kökenli, pigmentli periostrakum, ortada kireç kökenli prizma ve en içte ise sedef kökenli nacreous tabaka yer alır. Bu sedef tabaka epitel hücreleri tarafından salgılanır. Kabukla manto epiteli arasına yabancı bir madde girdiğinde, bu maddenin etrafı epitel hücrelerinin salgıladığı  $\text{CaCO}_3$  tabakaları ile örtülür. Böylece yabancı madde zararsız hale getirilmiş olur. İnci oluşumu bu şekilde gerçekleşir. Midye içerisinde inci oluşumu Şekil 1.4.'te verilmiştir.



Şekil 1.4. Midye İçerisinde İnci Oluşumu

Kabuklar kapama kası (adductor) kesilerek açıldığında manto boşluğunda şu kısımlar bulunmaktadır: Kabuk içerisine yerleşmiş ve buraya sıkıca bağlanmış manto lobları; anteriörde kabukların kenetlendiği gaga şeklindeki dişli kısmın hemen alt tarafında ligament ekseni üzerinde, ince yarık şeklinde bir ağız; ağız etrafında altta ve üstte birer çift olmak üzere 4 adet ağız kolu (pallial palp) bulunur. Bunların birbirine bakan kısımları oluklu olup, üzerleri kirpikli epitel hücreleri ile örtülüdür. Ağızdan sonra özofagus ve ortaya yakın yerde ligament ekseni üzerinde, dil şeklinde koyu kahverengi kıvılcımsı renkte bir ayak ve ayağı öne, arkaya bağlayan kaslar görülür. Ayağın hemen arka tarafında bysus iplikleri, bunların çıktıkları ve bissogen bezlerinin bulunduğu bir şişkinlik yer almaktadır. Bu şişkinliği takiben, genital

kanalların bol olarak bulunduğu mesosoma, ayağın önüne ve arkasına doğru uzanan “V” şeklinde kaslar, özafagusun iki tarafında ve kasların üzerinde, serebral ganglionlar, anterior kasların altında ve mide etrafında koyu kahverengi karaciğer bezleri bulunur. Bunların üzerinde vücudun iki tarafında labial palplerden posterior kapama kasına kadar, bir çift bojanus organı uzanmaktadır. Bojanus organlarının dış kenarları boyunca, kenar bantları ile vücut duvarına tesbit edilmiş, uçları serbest birçok filamentten oluşan kitap yaprağı şeklinde iki çift solungaç, longitudinal olarak ağızın dış kenarından posterior kapama kasına kadar uzanır. Solungaç bantları ile posterior kapama kası arasında üreme, boşaltım ve anüs açıklıkları, dorsalde ligamentin bittiği yerden posteriöre doğru uzanan perikard boşluğu ve bu boşlukta kalp bulunur (18,21,22).

Midyeler 2-100 µm boyutlarında olan organik ve inorganik her türlü partikülü süzerek beslenirler. Ortalama 7-8 cm boyundaki bir midye saatte 10-15 l suyu süzme özelliğine sahiptir (23).

### **1.2.1. Üreme Biyolojisi**

Midyelerde çoğalma sistemi bütün vücuda yayılmış kanallar ve kanalcıklardan meydana gelir. Kanalcıkların uçları bağ dokuda ve genital organlarda son bulur. Bu kanal ve kanalcıklardan meydana gelen sistem, manto loblarının her tarafındaki bağ dokusu içersine yayılmış durumdadır. Üreme zamanlarında, genital organların bulunduğu manto dokusu tamamen cinsiyet hücreleri ile dolar. Bunlar mesosomada, perikardial boşluğun hemen altında, vücudun yan duvarlarında, karaciğerin hemen üzerindeki dokularda yayılırlar. Genel olarak üreme sistemi solungaçlar, kaslar ve ayak hariç vücudun her tarafına yayılır. Mantonun anterioründe yani karaciğerin üstünde, lateralde ve mesosomada mevcut kanallardan gelen kanalların birleşmesi ile oluşan genital kanal, mantonun iç yüzeyine, buradan arkaya döner; vücudun diğer tarafından gelen diğer kanal ile birlikte bir kanal halinde ventral kanalda solungaçların kenarına paralel olarak uzanır ve posterior kapama kasının hemen yanından dışarı açılır. Burası canlının çoğalma organı açıklığıdır ve kontrolü altında açılıp kapanır (22).

Midyeler ayrı eşeyli olup, olgun erkeklerde gonadlar krem-beyaz, dişilerde ise portakal sarısı tonlarındadır. Kabuklar kapalı iken cinsiyet ayrımı yapılamaz.



Ancak midye kabuğunu su içinde hafif açtığında renklenme fark edilebilirse cinsiyetleri hakkında konuşulabilir.

Manto içersindeki dokularda gelişen sperm ve yumurtalar olgunlaşınca genital kanallardaki siller vasıtası ile dışarı atılırlar. Bu hücrelerin dışarı atılmasında bazı uyarılar etkili olmaktadır. Erkekler spermlerini ince uzun ip şeklinde su içine fişkırtarak 3-5 cm mesafeye yayarlar. Sperm salımından sonra midye etrafındaki suyun rengi sütümsü bir renk alır. Dişiler ise yumurtalarını üreme organı açıklığından ince uzun paketler halinde 2-3 cm mesafeye yayarlar. Paketler halinde suya bırakılan yumurtalar kürevi bir şekil aldıktan sonra, birbirlerinden ayrıldıktan sonra pembe veya kırmızı bir renkte zeminde birikirler. Üreme hücrelerinin bırakılması bazen devamlı olarak 2-3 saat ve bazen de aralıklı olarak 2-3 gün sürebilir. Cinsiyet hücrelerinin hepsi bırakılmayıp bir kısmı içeride kalırsa, bu hücreler dejenere olur ve vücut tarafından absorbe edilir (24).

Midye larvaları yaklaşık olarak 2-4 hafta planktonik bir yaşam sürerek su sütununda aktif olarak yüzer ve beslenirler. Larva 140-150 µm boya ulaştığında kabukların bağlandıkları noktada yuvarlanmış umbo görülür. Bu değişim ile larva, düz menteşeli durumdan umbo safhasına geçer. Larva 210-230 µm boya ulaştığında umbo yavaş yavaş menteşeden yayılır ve küçük bir tomurcuk halini alır. Kabuk boyu 220-230 µm'ye ulaştığında larvada bazı yapılar gelişmeye başlar. Göz noktası gelişir ve larva 245 µm'ye ulaştığında kaybolur. Larva 195-210 µm iken ayak oluşur ve 215-240 µm boya ulaşan larvalarda ise ayak aktif hale gelir. Yaklaşık 260 µm'ye ulaşan larvalar pediveliger denir ve bu aşamada metamorfoz geçirmeye hazırdırlar. Bununla beraber uygun bir substrat olmadığı taktirde metamorfoz 10°C'de 40 günün üzerinde 20°C'de 2 gün ertelenebilir. Metamorfozun gecikmesi durumunda büyüme çok azalır ve velum kısmen dejenere olur. Larva beslenemez ve yüzme bozulur. Ölüm oranı artar (25).

### **1.3. Midyenin Besin Değerleri**

İnsanların hayvansal protein ihtiyaçlarını karşılamak için tükettikleri yumuşakça su ürünlerinden biri olan midyeler, içerdiği protein, yağ, karbonhidrat (glikojen) ve çeşitli vitaminler nedeniyle değerli bir besin türüdür.

Midye etinde:

%80 su

%9-13 protein

%0-2 yağ

%1-7 karbonhidrat bulunmaktadır (26).

Tüm dünyada sevilerek tüketilen bu değerli besin kaynağı, başta Uzakdoğu, İspanya, Fransa, Hollanda ve Danimarka gibi ülkelerde ticari olarak üretimi yapılmaktadır. FAO verilerine göre İspanya'daki yıllık üretim miktarı 100.000 tonu aşmış durumdadır. Dünyada bu derece sevilerek tüketilen bu türün Karadeniz'deki populasyonları son yıllarda yok olma derecesinde azalmıştır (27).

#### **1.4. Su Kirliliği**

Yerkürede su, katı, sıvı ve gaz halinde bulunur ve güneş enerjisi ile sürekli bir döngü halindedir. İnsanlar yaşamsal ihtiyaçları ve diğer aktiviteleri için gerekli olan suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra aynı döngüye geri verirler. Bu süreçler sırasında suya karışan maddeler suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek su kirliliğine neden olurlar (28).

FAO (Food and Agriculture Organization) ise su kirliliğini; canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmalarını engelleyici ve su kalitesini zedeleyici etkiler yapabilecek maddelerin suya atılması şeklinde tanımlamaktadır (29).

Bir başka tanıma göre su kirliliği; suyun kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su ürünlerinde, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici yaratacak madde ve enerji atıklarının boşaltılması şeklinde ifade edilmektedir (29).

Su kirliliğine sebep olan kirletici unsurlar arıtımsız olarak suya verilen evsel ve endüstriyel kaynaklı, noktasal ve noktasal olmayan atıklardır. Bunlar: Organik Maddeler, Besleyici Tuzlar, Mikroorganizmalar, Anorganik Maddeler, Askıdaki Katı

Maddeler, Deterjanlar, Pestisitler, Ağır Metaller, Radyoaktivite, Yağlar-Petrol Ürünleri ve atık ısıdır (28).

Bu maddeler doğal dengeyi olumsuz yönde tehdit eden unsurlardır. Birçok ağır metal sanayide kullanılmakta ve atık olarak doğaya terk edilmektedir. Özellikle son on yıldaki endüstriyel gelişmeler deniz çevrelerinin ağır metaller tarafından kirletildiği ve bu kirlenmenin besin zincirine de yansıdığını göstermektedir. Su ve besinler ile vücuda alınan ağır metaller canlılarda birikerek tüm yaşam aktivitelerine zarar verebilme ve değiştirebilme potansiyeline sahiptirler (4).

Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme sonucu özellikle sucul ortamlarda toksik ağır metal seviyesinin arttığını gösteren birçok çalışma vardır. Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller; göller, nehirler, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş yayılım gösterirler. Bu mineraller doğal olarak o yapının bir parçası olmalarının yanında insan faaliyetleri sonucunda yoğun olarak üretildikten sonra bir şekilde o ortama taşınmaları sonucu da orada bulunurlar (30,31).

Ağır metallerin sucul ortamlara hem doğal kaynaklardan, hem de insan aktiviteleri sonucu evsel ve endüstriyel atıklarla ulaşabildiği bilinmektedir. Doğal iz elementler denizde çok düşük konsantrasyonda olmasına rağmen insan aktiviteleri sonucu yükselmektedir. Deniz organizmalarında iz elementlerin konsantrasyonları bulunduğu ortamdan 103-105 kere daha yüksek olabilmektedir. Kirlenmiş suda bulunan organizmalarda da toksik olabilecek kadar yükselebilir. Civa, kadmiyum, kurşun çok toksik element listesinde olmasına karşın, doğada bol bulunan bakır ve çinkonun vücutta aşırı birikimi, kadmiyum ve cıvadan daha tehlikeli olabileceği ifade edilmiştir (32).

### **1.5. Ağır Metallerin Çevresel ve Metabolik Etkileri**

Metaller, doğal olarak yer kabuğunun yapısında bulunan elementlerdir. Periyodik cetvelde hidrojenden uranyuma kadar 90'ın üzerinde element mevcuttur ve bunların 20'si hariç diğerleri metal olarak karakterize edilmektedir. Bu metallerin 59 tanesi 'ağır metaller' olarak sınıflandırılmaktadır (33).

Ağır metaller yoğunluğu 5g/cm<sup>3</sup>'ten büyük olan metaller olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya göre ağır metaller periyodik cetvelde B grubu (Cu, Hg gibi) ve sınır elementleri (Fe, Zn, Cd, Pb gibi) olmak üzere ikiye ayrılırlar (34).

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılır:

- Esas elementler (Hafif metaller): Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Sodyum, Potasyum, Kalsiyum vb.
- Yan elementler (Geçiş elementleri): Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementler. Demir, Bakır, Kobalt, Mangan vb.
- İz elementler (Metalloitler): Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementler. Civa, Kurşun, Kalay, Selenyum, Arsenik vb. (35).

Metaller ve bileşikleri yer kabuğunda değişik konsantrasyonlarda bulunurlar. İz metaller çevre kirlenmesi bakımından yüksek konsantrasyonlu metallere oranla çok daha tehlikeli olabilirler. Sulardaki birikim, hem çözünme, hem de su dibinde çökeltme şeklinde olabilir. Bu kirlenmenin sebebi endüstriyel ve zirai atıklardan olabileceği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metal türü maddelerden de meydana gelebilir. Atmosfere verilen metal türü maddeler sonunda yeryüzüne dönerler ve akarsular yoluyla su yataklarına sürüklenirler. Oluşan metal kirliliği, organik kirlenmeler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanmaz, bir metal bileşiği başka bir metal bileşiğine dönüşür fakat metal iyonu kaybolmaz (5).

Toksik olmaları ve birikme davranışlarından dolayı, denizel çevreye ağır metal deşarjı ekolojik olarak anlamlıdır ve tüm dünyaya endişe vermektedir. Fe, Cu, Zn, ve Mn gibi metaller biyolojik sistemlerde önemli role sahip iz metallerdir oysa Hg, Pb ve Cd ise, iz metal olmamakla birlikte çok az miktarlarda bile toksik olabilmektedirler. Ancak iz metaller de aşırı yüksek alımlarda toksik etki yapabilmektedir (36).

Sucul ortamdaki derişimi artan ağır metaller suda yaşayan organizmalar tarafından alınarak besin zinciri aracılığı ile üst canlı gruplarına taşınmaktadır.

### **1.5.1. Kurşun (Pb)**

Kurşun doğada küp şeklinde billurlaşan Galen filizi olarak bulunur. Kurşunun kendisi ve bileşikleri zehirlidir. Erime noktası 372,4°C olan kurşun; Lehim imalatı, galvano tekneleri, mermi, av saçması, akü plakları, bazı metallerin bileşimine katkı olarak, radyasyon maskeleri, boru, kablo, matbaa sanayi, kurşun tetraetil ve tetrametil gibi birçok alanda kullanılmaktadır (37).

Denizlerdeki kurşunun büyük bir kısmı, kıyısal bölgeler hariç, atmosferde biriken kurşun partiküllerinin bu çevrelere taşınması ile gerçekleşir kurşun ayrıca okyanus sularında beslenme ağına dahil olur. Yapılan araştırmalara göre genel bir kaide olarak biyolojik bir genişleme söz konusu değildir, ancak bazı durumlarda beslenme piramidinin en üstünde bulunan bazı organizmalarda yoğunluğunun azaldığı görülmüştür (37).

Kurşunun etkisi başta besinde, suda ve havada olmak üzere birçok ortamda görülebilir. Kurşunun besin zincirine girmesi bu metalin tam etkisinin görülebilmesi açısından önemlidir. Kurşunun hemoglobin sentezini, böbrek işlevini, sinir sistemi işlevlerini ve üremeyi olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir (38).

### **1.5.2. Kadmiyum (Cd)**

Cd insanlar için en toksik ağır metallerden bir tanesidir. Zn ile birlikte yer kabuğunda mevcuttur ve Zn metalojikal madenciliklerinden dolayı yüzyıllar boyunca çevrede oluşmuştur. Cd aynı zamanda aquatik çevrede geniş bir yayılım gösterir ve aquatik organizmalar tarafından Cd'nin depolanması oldukça belirgindir. Balık Cd'yi, böbrek, karaciğer gibi organlarda depolarken, yenilebilir kısmı olan kas dokuda Cd içeriği genellikle çok düşüktür. Bu organlar çok fazla kontamine olabilirler ve tüketilmemeleri tercih edilir. Mollusca (Yumuşakça) ve kabuklular gibi deniz omurgasızlarında durum farklıdır (39).

Mollusca'lar özellikle de Cephalopodlar aktif Cd depolayıcıdırlar. Bu, cephalopodlar (ahtapot, kalamar, mürekkep balığı) bağırsaklarında çok yüksek miktarlarda (30 mg/kg'ın üzeri) Cd depolayabilirken kas dokularında balıkta bulunduğu gibi aynı düşük miktarlarda Cd içerdiği olgusuna yol açmaktadır. Cephalopodların bağırsaklarının yakalandıktan hemen sonra uzaklaştırılması işte bu

yüzden önemlidir. Eğer bu yapılmazsa Cd, bağırsaklardan kas dokuya taşınacak ve bu dokudaki kontaminantlar daha sonra kas dokuda yasal limitlerin üstüne çıkacaktır. Midyelerde düşük seviyelerde aynı etkiyi gösterirler. Midyelerin Cd içeriği düzenli olarak kontrol edilmelidir. İstiridyeler, endüstriyel kontaminasyondan dolayı Cd'yi oldukça fazla depolayabilirler ve bu yüzden Cd seviyeleri düzenli olarak kontrol edilmelidir (40).

Kadmiyum endüstride çok yaygın olarak kullanılan bir metal olup, maden alaşımlarında, madeni levha kaplamacılığında, pillerde, mürekkep, boya ve plastiklerin yapısında yer alan pigmentlerde sürekli olarak kullanılmaktadır (41).

Cd intoksikasyonu, hücre membran lipidlerinin peroksidasyonunu fazlaştıran ve hücrelerin antioksidan koruma güçlerini değiştirerek dokularda oksidatif zarara yol açabilir. Kas dokudan ziyade karaciğer ve böbrekte depolanan kadmiyum bazı enzimlerde çinko ile yer değiştirebilir ve uzun bir yarılanma süresine sahiptir (10-30 yıl) (40). Cd'nin toksisitesi ilk olarak Japonya'da görülen Itai-Itai hastalığı ile belirlenmiştir. Bu hastalık, madencilikte kullanılan su ile yüksek oranda kontamine olmuş, Cd içeren pirinçlerden kaynaklanmıştır (42).

### **1.5.3. Mangan (Mn)**

Gümüş parlaklığında bir metaldir. Çok kuvvetli bir oksidanttır. Sert ve kırılabilir olması nedeniyle toz haline getirilebilir. Yüzeyinin koruyucu bir oksit tabakası ile kaplanması hava etkilerine karşı dirençli olmasını sağlar (43).

Mangan yeryüzünün dış küresinde farklı dağılım göstermektedir. 1000 mg/l 'den küçük kalkerli sedimentlerde en yüksek, 50 mg/l 'den büyük kum taşı gibi silikatlı sedimentlerde az dağılım gösterir. Bu elementin biyolojik yönden olumlu etkileri olduğu anlaşılmıştır. Örneğin insanlarda  $Mn^{2+}$  ile yapılan çalışmalara göre mangan, solunum enzimleri için kofaktör imkânı sağlar. Birçok enzimde mangan tarafından aktive edilir (44).

Mangan organizmalardaki enzimlerin yapısal bütünlüğü açısından gerekli bir elementtir. Bu elementin eksikliği insanlarda solunum rahatsızlıkları, sinirsel bozukluklar ve kısırlığa neden olur (45).

#### 1.5.4. Krom (Cr)

Krom yer kabuğunda % 0,037 oranında bulunur ve en belirgin kaynağı kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ )'tir. Krom toz halinde oldukça aktif bir element olup süs eşyalarının ve makine parçalarının aşınmaya karşı korunmasında kullanılır (46).

Krom, vücuttaki basit şekerin parçalanmasında rol oynar. İnsülin oluşumuna, kandaki şeker ve kolesterol düzeyinin kontrolüne yardım eder. Krom, vücuttaki enzim ve hormonlar için çok önemlidir (47).

Yüksek dozda  $\text{Cr}^{+6}$  bileşiklerinin alımına bağlı olarak şiddetli ve sıklıkla ölümlerle sonuçlanan patolojik değişimler ortaya çıkar. Günlük doz sınırları içinde alınan  $\text{Cr}^{+3}$  bileşiklerinin insanlara veya hayvanlara zararları görülmemiştir. Hegzavalent krom bileşiklerinden en yaygın olanı kromik asit ( $\text{CrO}_3$ ) tir. Kromik asit banyolarının, laboratuvar cam malzemelerinin ıslatılmasında ve temizlenmesinde kullanılmaktadır ve ortak laboratuvar koşullarında bu uygulama hayati risk oluşturmaktadır.

Altı değerlikli krom bileşikleri deri, sindirim sistemi ve akciğerler için temas ettikleri durumlarda tahriş edici ve korozif özellik gösterirler (48).

#### 1.5.5. Demir (Fe)

Demir, canlılarda birçok enzimin yapısına giren, özellikle omurgalı hayvanların oksijen taşınımında önemli rolü olan bir metaldir. Doğada diğer metallere göre yüksek oranlarda bulunurken element halinde bulunmaz. Element halindeki demire sadece meteorların yapısında rastlanır. Buna karşın bileşikleri doğada bol ve yaygındır. Tabiatta oksit, sülfür ve karbonat bileşikleri şeklinde bulunur. Doğal olarak toprakta bulunan demir akarsular, nehirler ile deniz ve göllere taşınmaktadır. Ayrıca endüstriyel atıklarda kirletici kaynakları oluşturmaktadır (49).

Kimyasal maddelerin temizlenmesi sırasında demir, kanalizasyonlar yoluyla deniz ve göllere taşınarak, sucul ortamda demir birikimlerine neden olmaktadır. Demirsülfatın suda çözünmesi, su içinde birikimlere neden olması açısından önemlidir. Her türlü demir, teneke, sac parçaları denize atıldığında zamanla demiroksit şekline dönüşmekte ve sedimentleşerek çamur ile birlikte dipte birikmektedir. Zamanla çamur

içinde yaşayan bakteriler tarafından oksitlenen demiroksitler, çeşitli oksidasyon kademelerinde parçalanarak değişik organik moleküllere bağlanmaktadır (49).

Vücuda aşırı miktarda demir alınması durumunda demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir ve kan dolaşım sistemine girebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir (50).

#### **1.5.6. Kobalt (Co)**

Kobalt, yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile en az bulunan elementler grubundadır. Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerini üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir. Kobaltın vücuttaki normal miktarı 80-300 µg'dır ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta depolanır (51).

Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri ile teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir. Toz halinde alınan element kobalt akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışır. Hayvanlarda yapılan deneylerde ince partiküllerin (20 nm) yarım saatte, kaba partiküllerin (11 µm) 3 - 4 günde yarı yarıya çözüldüğü ortaya konulmuştur. Suda çözünürlüğü olmayan kobaltoksit (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) solunum yolu ile alındığında vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Uzun süre kobalt tozuna maruz kalındığında, alerjik tepkilere ve kronik bronşite neden olmaktadır (51).

#### **1.5.7. Bakır (Cu)**

Doğada daha çok bileşikler şeklinde bulunur. Çok fazla bulunan mineralleri oksit, karbonat ve sülfürdür. Gümüşten sonra elektriği en iyi ileten metaldir.

Bakır; bitki, hayvan ve insanlarda çeşitli proteinlere bağlanması ve oksidaz enzimleri meydana getirmesi, biyolojik yönden önemlidir. Bakır, dokularda bulunan önemli bir metalloenzim bileşeni olup, organizmalarda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde, kalp fonksiyonlarında, doku pigmentasyonunda ve omuriliğin miyelinleşmesinde etkin rol oynamaktadır (52).



Birçok alanda kullanılan bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) fazla miktarda vücuda alındığı zaman toksik etki yapmaktadır. Vücuda aşırı miktarda giren bakır dokularda birikmektedir. Bu birikim karaciğerde olduğu zaman siroza, beyinde olduğu zaman hücre tahribatına neden olmaktadır. Bakır birikimi özellikle karaciğer, kornea, böbrek ve beyin dokusunda olmaktadır. Bakırın vücutta aşırı birikimi sonucu nadir rastlanılan Wilson Hastalığına neden olduğu bildirilmiştir (53).

#### **1.5.8. Nikel (Ni)**

Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatlar katmanında beraber yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yeryüzünde bulunma sıklığı 24. sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu % 0,008'dir.

Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Nikel yakıtların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır (48).

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Nikelin organik formu, inorganik formuna göre daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Nikelin toksikolojik etkileri; Kanserojen etki, solunum sistemine etki, dermatolojik (alerjik) etki şeklinde ortaya çıkmaktadır (48).

#### **1.5.9. Çinko (Zn)**

Çinko, doğada mineraller şeklinde bulunan ve enzim aktivasyonu nedeniyle biyolojik yönden önemli bir elementtir. Özellikle pankreasta insülin salgılandıktan sonra  $\beta$  hücrelerinin stabilize edilmesinde etkindir. İnsan vücudunda çinko moleküllerinin fazla oluşu kristalize insülinin aktivitesini etkilemektedir. Yine  $\beta$  hücrelerinin ve insülinin serbest bırakılması çinkodan kaynaklanmaktadır. Çinkonun yüksek konsantrasyonu gözün Choroid tabakasında bulunur. Çinko iyonlarının retinayı belli pozisyonda tutan bir köprü görevi gördüğü bildirilmiştir (44).

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Akut zehirlenme belirtileri ise sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkar. Aşırı dozda elementel çinko

alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik veya zayıflık ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir (48).

#### **1.5.10. Arsenik (As)**

Arsenik, yerkabuğunda geniş bir alana yayılmış ve yerkabuğundaki ortalama konsantrasyonu 2 ppm olan,  $5,78 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğa sahip olan bir metaloidtir. Madencilik, demir-dışı metallerin ergitilmesi ve fosil yakıtların yanması gibi büyük endüstriyel prosesler arseniğin hava, su ve toprağa yayılarak kirletmesine sebep olmaktadır. Arsenik içeren tarımsal ilaçların kullanılması çevre kirliliğine neden olan başka bir unsurdur. Kentsel bölgelerde havadaki arsenik oranının kırsal alanlara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Organik arsenik bileşikleri çok zehirli olmamasına karşın, arseniktrioksitler gibi, inorganik arsenik bileşikleri toksik etkiye sahiptirler (54).

İnorganik arsenik bileşikleri 60 ppm üzerindeki konsantrasyonlarda oral yolla vücuda alındığında insanlar için ölümcül toksik etki yapmaktadır. Arseniğin kronik olarak artışı kromozom ve genler üzerinde negatif değişimlere neden olmaktadır. Vücuda alınan arsenik, saçta, ciltte, tırnaklarda ve iç organlarda birikir. Çözünebilen inorganik arsenik bileşikleri kuvvetli zehir olduklarından yüksek dozlarda emilimi, sindirim sistemi hastalıklarına, kardiyovasküler ve sinir sistemi fonksiyonlarında bozukluklara ve sonuçta ölüme sebebiyet vermektedir. İçme suyundaki arseniğin uzun süreli etkileşimi sonucunda deri, akciğer ve böbrek kanserine yakalanma riski çok yüksektir (54)

#### **1.5.11. Selenyum (Se)**

Doğada iz element olarak bulunan selenyumun yerkabuğunda ortalama konsantrasyonu 0,05 ppm' dir. Periyodik cetvelde ametal kükürt ile metalloid tellür arasında yer alır ve ametal özelliğini taşır. Selenyum, pek çok vitamin ve sülfür içeren amino asitler ile etkileşim halindedir. Aynı zamanda civa, kadmiyum, kurşun, gümüş, bakır ve arsenik gibi bir çok metalin toksikolojik etkisini azaltır. Kanda düşük selenyum konsantrasyonu kalp hastalıklarına yol açar.

Selenyum kirliliğinin en önemli nedeni selenyum içeren katı atık depo sahaları ve bu tür sahaların bulunduğu bölgelerde yetişen tarım ürünleri ile de besin zincirine girer ve insan vücuduna kadar ulaşır.

Selenyum düşük konsantrasyonda vücut için önemli bir iz elementi olmakla beraber, yüksek konsantrasyonda zehirlidir. Kronik yüksek selenyum alınımları 5mg/gün'den yüksek olduğunda, saç kaybı, tırnak morfolojisinde değişim, ishal, merkezi sinir sisteminde bozukluklar (felç, parestezi ve hemiflegi), böbrek ve karaciğer hasarları, iştahsızlık gibi belirtiler gözükmemektedir. Sindirim sistemindeki mukozal membranlarda tahriş, karaciğer hasarına ve akciğerde toksik ödemlere neden olduğu gözlenmiştir. Selenyumun en zehirleyici bileşiğinin, hidrojenselenür olduğu tespit edilmiştir (54).

## 1.6. Önceki Çalışmalar

Bu tez çalışması ile benzer nitelikte olan pek çok çalışma mevcuttur. Orta ve Doğu Karadeniz'de yapılan ağır metal kirliliğini belirlemeye yönelik çalışmalar, diğer denizlerimizde yapılan çalışmalara nazaran daha az sayıdadır.

Öztürk ve ark. (1991) tarafından yılında yapılan doktora çalışmasında Sinop ili sahillerinde yayılış gösteren, ağır metalleri biriktirme özelliğine sahip ve indikatör tür olan omurgasızlar *Mytilus galloprovincialis* ve *Patella coerulea* ile alglerden *Cystoseira barbata* ve *Enteromorpha linza* örneklerinde ağır metallerden Zn, Cu, Cd, Ni ve Pb' nin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre omurgasız türlerinde yaş ağırlıkta Zn; 0,338 - 3,748, Cu; 0,390 - 0,556, Cd; 0,169 - 0,404, Ni; 0,590 - 1,076, Pb; 0,832 - 2,239; alg örneklerinde kuru ağırlıkta Zn; 23 - 41, Cu; 23,0 - 44,0, Cd; 0,32 - 0,47, Ni; 61 - 85, Pb; 58 - 114 µg/g, değerleri arasında bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerlerin insan sağlığına zararlı olmadığı ve limit değerlerden çok düşük olduğu ifade edilmiştir (56).

Ünsal (1994) tarafından Türkiye' nin Doğu Karadeniz sahillerinde yayılış gösteren *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck)'te, Hg, Cu ve Pb konsantrasyonlarının mevsimsel varyasyonlarının araştırıldığı çalışmada, istasyonlar arasında Hg konsantrasyonlarındaki dağılımın birbirine yakın olduğunu bildirmiştir. Pb ve Cu konsantrasyonları için çalışma bölgesinin batı ve doğusunda artma, orta bölgede ise herhangi bir artma ya da azalma gözlenmemiştir. En yüksek Hg konsantrasyonu

Samsun' da ölçülmüştür. Buna karşılık en yüksek Cu konsantrasyonları Rize ve Hopa' da elde edilmiştir. Pb konsantrasyonu ise Sinop ve Samsun' dan toplanan midyelerde yüksek bulunmuştur (57).

Öztürk ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada Karadeniz' in bir iç deniz olması ve karasal kökenli kirleticilerin nehirler yoluyla yoğun olarak aktarımıyla ölü bir deniz görünümü almaya başladığı ifade edilmiştir. Gerek su kalitesi gerekse tür çeşitliliği bakımından gittikçe fakirleştiğinin düşünüldüğü rapor edilmiştir. Karadeniz' in Sinop kıyılarında örneklenen su, *Mytilus galloprovincialis* ve *Cystoseira barbata* örneklerinde ağır metal düzeylerine bakıldığında *M. galloprovincialis* örneklerinde Zn; 2,891-3,748, Cu; 0,415-0,473, Cd; 0,223-0,404, Ni; 0,716-1,076, Pb; 0,832-1,71 µg/g (yaş ağırlık), *C. barbata* örneklerinde Zn; 23,32, Cu; 24-35, Cd; 0,33-0,46, Ni; 62-74, Pb; 82-114 µg/g ( kuru ağırlık ) değerleri arasında, deniz suyunda ortalama değerleri ise Zn; 0,017, Cu; 0,018, Cd; 0,012, Ni; 0,033 ve Pb; 0,019 µg/ml olarak bulunduğu rapor edilmiştir (58).

Topçuoğlu ve ark. (2002) tarafından 1997-1998 yıllarında Karadeniz kıyılarında yapılan çalışmada ağır metal tayini ( Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb, Cu ) için makroalg, deniz salyangozu, midye, balık ve sediment örnekleri alınmıştır. Karadeniz kıyılarının ağır metal kirliliği ile karşı karşıya kaldığı ifade edilmiştir. Metal seviyelerinin makroalg, deniz salyangozu, midye ve sediment örneklerinde oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. Hamsi balığındaki Cd, Pb ve Cu konsantrasyonları düşük olduğu ifade edilmiştir. Daha önceki verilerle karşılaştırıldığında Co, Fe, Zn, Cr, Mn ve Ni içeriklerinin değiştiği belirtilmiştir. Makro alglerdeki metal düzeyleri ile aynı istasyonun sedimentindeki konsantrasyonlarının aynı olmadığı ifade edilmiştir. Araştırılan istasyonlarda deniz salyangozu, midye ve balık örneklerindeki Cd, Co, Cr, Zn, Fe, Mn ve Cu konsantrasyonlarının sedimentteki verilerle ilişkili olduğu bulunmuştur (59).

Çevik ve ark. (2008) tarafından Deniz suyunda, sedimentte ve *Mytilus galloprovincialis* (Akdeniz midyesi'nde) metal konsantrasyonlarını ölçmek için 2007 yılında Doğu Karadeniz'de bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada 5 farklı istasyondan (Çamburnu, Rize iç Körfez, Rize Dış Körfez, Çayeli, Hopa) deniz suyu, sediment ve değişik boylarda midyeler örneklendirilmiştir. Araştırma sonucunda midyelerin yumuşak dokularında bulunan Cu ve Zn konsantrasyonlarının Türk su

ürünleri yönetmeliğine göre kabul edilebilir sınırdan 5 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Zn konsantrasyonlarının FAO tarafından belirlenen standartların sınırında olduğu, Cu konsantrasyonlarının ise FAO 'nun tanımladığı standartların üzerinde olduğu ifade edilmiştir (60).

Balkıs ve Aksu (2012) tarafından Batı Karadeniz'de yapılan bir çalışmada ise Batı Karadeniz Kıyısı'nda Ağustos 2003 ve Haziran 2004 olmak üzere iki dönemde 14 istasyonda su, midye ve yüzey sedimenti örneklemeleri yapılmıştır. Bu örneklerde seçilen bazı metallerin (Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr ve Hg) içerikleri incelenmiştir. Midye örneklerinde Cd, Pb, Cr ve Zn içeriklerinin Su ürünleri Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen değerlerin oldukça üzerinde olduğu bulunmuştur. Değişim aralıkları Cd için 2,9-6,4, Pb için <0,01-28, Cr için 1,97-7,5 ve Zn için 115-234 µg/g olarak bulunmuştur. Yüksek değerlerin özellikle Tuna nehri ile olan evsel ve endüstriyel taşımılara işaret ettiği belirtilmiştir (61).

Romeo ve ark. (2005) tarafından Karadeniz'e kıyısı bulunan ülkelerden birisi olan Romanya'da deniz kirliliği ile ilgili yapılan bir çalışmada kara midyeler kullanılmış ve Cd, Cu, Zn Hg, Fe ve Mn elementleri izlenmiştir. Çalışma Şubat 2001–2002 döneminde yapılmış, 2001 yılında yapılan çalışmada midyenin tamamı kullanılırken, 2002 yılındaki çalışmada midyenin kas hücreleri ve solungaçları ayrı ayrı analize alınmıştır. Çalışmanın sonucunda, solungaçlarda ağır metal birikiminin kas hücrelerine göre daha yüksek olduğu görülmüş ve su kirliliğinin izlenmesinde midyelerin en etkili biyomonitör olduğu tespit edilmiştir (62).

Yarsan ve ark. (2000) Van Gölü'nden topladıkları midye (*Unio stevenianus krynicki*) örneklerinde Cu, Cd, Zn, As ve Pb birikimini araştırmışlardır. Mevsimsel olarak yaptıkları çalışmada 120 adet midye örneğini incelemişlerdir. Araştırma bulgularına göre analiz edilen midye örneklerinde Pb birikimi  $1,43 \pm 0,81$ , Cd birikimi  $0,09 \pm 0,02$ , Cu birikimi  $5,83 \pm 0,73$ , Zn birikimi  $15,93 \pm 3,26$  ve As birikimi de  $0,06 \pm 0,05$  ppm olarak tespit etmişlerdir. Örneklerde belirlenen metal yoğunluklarının ülkemiz ve diğer ülkeler için kabul edilen değerler içerisinde olduğunu belirtmişlerdir (63).

Türkmen ve ark. (2005) Amik havzası, Gölbaşı Gölü'nde iki farklı midye türünün (*Unio terminalis* ve *Potamida littoralis*) dokularında ağır metal birikimini

araştırmışlardır. Yoğun olarak tarımsal faaliyetlerin uygulandığı Amik havzasında bulunan Gölbaşı Gölü tabandan kaynak suları ile beslenen doğal bir göl olup, pek çok bitkisel ve hayvansal organizmanın yaşadığı ekosistemdir. ICP-AES Varian Liberty Series-2 ile yaptıkları analiz sonucunda tür ve organ farkı gözetmeksizin ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd; 0,009, Co; 0,003, Cr; 0,021, Cu; 0,112, Fe; 2,54, Mn; 9,286, Ni; 0,019, Pb; 0,01 ve Zn; 0,831 µg/g, yaş ağırlık olarak bulmuşlardır (64).

Sunlu (2006), Ege denizi kıyılarında *Mytilus galloprovincialis* 'te mevsimsel değişikliklere bağlı olarak Cd, Pb, Zn ve Cu ağır metallerini araştırmıştır. Altı farklı istasyonda yaptığı çalışmalar sonucunda Cd miktarını 0,04-0,52, Pb miktarını 0,49-1,72, Cu miktarını 0,95-1,85 ve Zn miktarını 16,11-37,15 µg/g, olarak tespit etmiştir. Ağır metallerin en yüksek değerlerini İzmir istasyonunda, en düşük değerlerini ise Sığacık ve Güllük istasyonlarında bulmuştur. Midyelerin dokularındaki ağır metal birikimlerini ise düşük değerlerde tespit etmiştir (65).

Çulha ve ark. (2011) tarafından 2008-2009 da yapılan çalışmada Marmara Denizi Yalova kıyısından toplanan Akdeniz midyesi (*Mytilus gallopravincialis*) 'nde Co, Cu, Fe, Ni, Pb, ve Zn konsantrasyonları mevsimsel olarak incelenmiştir. Yumuşak dokuda metal konsantrasyonları Co;  $4,08 \pm 0,67$ , Cu;  $5,54 \pm 0,59$ , Fe;  $156,72 \pm 20,18$ , Ni;  $3,71 \pm 1,14$ , Pb;  $2,92 \pm 0,51$  ve Zn için  $106,23 \pm 5,66$  mg/kg, kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Mevsimler arası metal konsantrasyonlarında önemli bir farklılığın olmadığı kaydedilmiştir ( $P>0.05$ ). Pb ve Zn konsantrasyonlarının Türk Standartlarına göre kabul edilebilir sınırın üzerinde olduğu belirtilmiştir (66).

Kıyısız çevre kirliliğini belirlemek amacıyla Kuzey Atlantik İspanya Kıyısında, 41 istasyondan örneklenen *Mytilus galloprovincialis* 'te Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn'nin uzaysal dağılımı 2000-2005 yılları arasında takip edilmiştir. Özellikle Hg ve Pb konsantrasyonlarında 2000-2005 yılları arasındaki periyotlarda düşüş eğilimleri gözlenmiştir. Genel olarak kuzeydeki alanlarda Atlantik'teki alanlara göre daha yüksek Pb ve Hg konsantrasyonları mg/kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. Atlantik'teki bazı örnekleme alanları insan atıklarından ( şehir, endüstri, nehir, vb.) uzak olmalarına rağmen yüksek Cd değerleri sergilemesinin nedeni, o bölgede yıllık olarak gerçekleşen doğal upwelling süreçlerinin etkilerine bağlanabilir (67).

Varlık (1991) tarafından yapılan tez çalışmasında, kadmiyum ve kurşun bulunan ortamlarda midye larvalarında meydana gelebilecek anormallikleri incelenmiş 0,5 ppm Cd konsantrasyonunda larvaların %97'sinde anormallik tespit edilmiştir. Çalışmada kadmiyumun, ergin midye bireylerini kurşundan daha fazla etkilediği de belirtilmiştir (7).

Ünlü ve ark. (2008) tarafından Gemlik körfezinde belirlenen istasyonlardan toplanan midyelerde ve yüzey sedimentinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Midyede; Cd; 2,4, Co; 2,0, Cr ; 2,3, Cu; 5,5, Fe; 205,4, Mn; 5,8, Ni; 1,3, Pb; 0,5, Zn 196  $\mu\text{g g}^{-1}$ , kuru ağırlık olarak, sedimentte; Co;13-24, Cr; 71-181, Cu; 22-58, Mn; 300-1560, Ni; 35-165, Zn; 88-185, Pb <0,1-67  $\mu\text{g g}^{-1}$ , olarak bulmuşlardır (68).

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Sahası

Giresun ilinin Karadeniz'e olan kıyı uzunluğu yaklaşık 122 km dir. Merkezle birlikte kıyıda bulunan sekiz ilçe araştırmanın istasyonlarını oluşturmaktadır. Bunlar sırasıyla; Piraziz (PRZ), Bulancak (BLN), Merkez (GRN), Keşap (KŞP), Espiye (ESP), Tirebolu (TRB), Görele (GRL) ve Eynesil (EYN) olarak belirlenmiştir. Midyeler doğal yataklarından yaşam alanlarını en iyi şekilde yansıtabilecek noktalardan toplanmıştır. İstasyonlar doğal yaşam alanlarını yansıttığından bu noktalar direkt ve uzun süreli kirlilik girdisinin uzak olduğu düşünülen yerlerdir. Dolayısıyla istasyonlar arasında görülen bir kirlilik farkındalığı yoktur. Ortalama 2-4 m derinlikten, dalgıç yardımıyla tüpsüz dalınarak, elle çıkarılan midyeler, Bulancak'ta beton zeminden, diğer istasyonlarda kayalık zeminden toplanmıştır. Çalışma sahasını gösteren harita Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Örnekleme İstasyonlarının Haritada Gösterimi: Piraziz (PRZ), Bulancak (BLN), Merkez (GRS), Keşap (KŞP), Espiye (ESP), Tirebolu (TRB), Görele (GRL) ve Eynesil (EYN)



## 2.2. Araştırma Materyali

Bu çalışmanın araştırma materyali, literatürde Akdeniz Midyesi, halk arasında kara midye olarak bilinen *Mytilus galloprovincialis* kullanılmıştır. Midyeler sularındaki kirliliği en iyi yansıtan omurgasız türleridir. Bu özelliklerinden dolayı su ortamları için biyolojik indikatör olarak bilinen canlılardır.

Midye örnekleri belirlenen tüm istasyonlardan 27 Ekim 2011 tarihinde toplanmış ve poşetlenip, etiketlendikten sonra soğuk zincir kurallarına uygun olarak Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü araştırma laboratuvarına getirilmiştir. Burada süzülerek deniz suyunun uzaklaşması sağlanmıştır. Midye kabuklarının üzerlerindeki tortu ve diğer organizmalar temizlenerek plastik poşetlere konulup etiketlendikten sonra -20°C de analiz zamanına kadar bekletilmiştir. Ölçüm ve ekstraksiyon işlemleri için dondurucudan çıkarılan örneklerin oda sıcaklığında çözülmesi sağlanmıştır. Bu şekilde midye kabukları daha kolay açılmıştır. Numaralandırılan midyelerinin boy uzunlukları 0-125mm hassasiyetli kumpas yardımıyla, ağırlık ölçümleri ise 0,0001 duyarlıklı hassas terazi ile yapılmıştır. Midye örneklerinin boy ve ağırlık ölçümleri Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Midye Örneklerinin Boy ve Ağırlık Ölçümleri

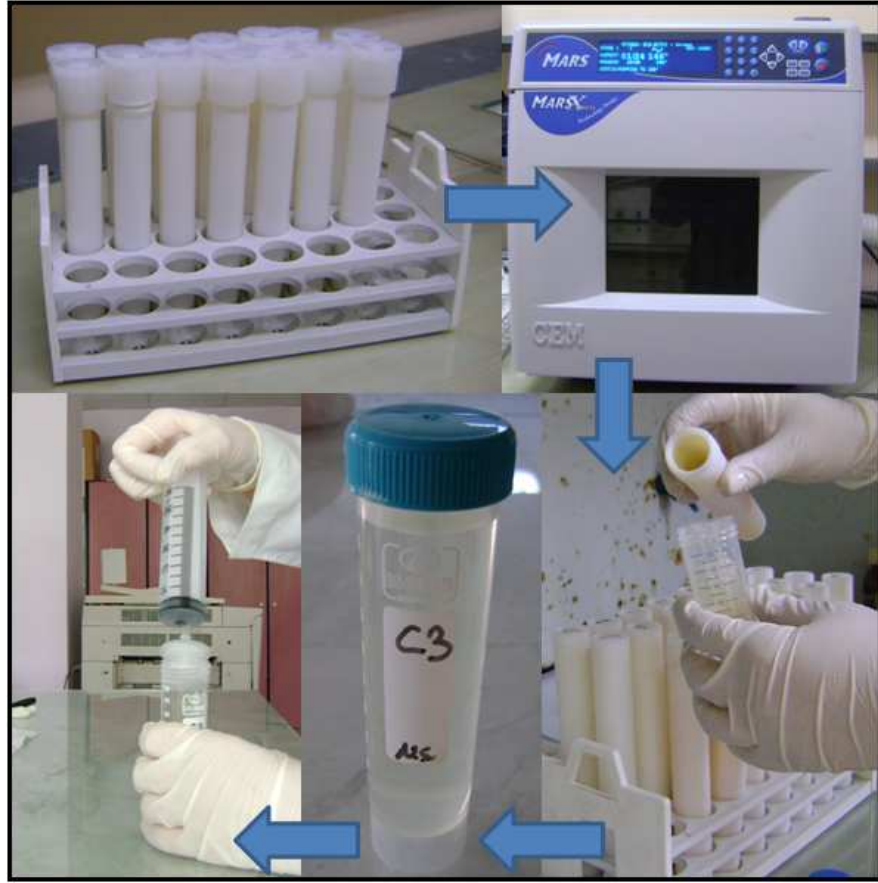
Midye örneklerine metal bulaşmasını engellemek adına plastik bıçak yardımıyla yumuşak dokuların kabuklarından ayrılması sağlanmıştır. Örnekler önce plastik bıçakla parçalanıp daha sonra porselen havanda dövülerek, bysus ipliği dışında kalan yumuşak dokuların homojenize olması sağlanmıştır. Bu şekilde örnekler ekstraksiyona hazır hale getirilmiştir. Midye örneklerinin homojenizasyon işlemi Şekil 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Midye Örneklerinin Homojenizasyon İşlemi

### 2.3. Ekstraksiyon İşlemi

Her istasyondan 5'er adet olmak üzere toplam 40 adet farklı boylardaki midye örnekleri seçilmiştir. Homojenize edilen örneklerden 0,5 mg'dan az olmak kaydıyla tartılabilen en yüksek ağırlıklar alınmıştır. Teflonlara yerleştirilen dokuların üzerine 3 ml deiyonize su ve 7 ml % 63'lük saflıkta nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ilave edilmiştir. Bu karışım 190 psig basınç, 210 °C sıcaklık, 20 dakika çözünme ve 15 dakika bekleme süresi olmak üzere 35 dakika şeklinde programlanmış mikro dalga fırında (CEM MARS-5 Closed Vessel Microwave Digestion System) işleme tabi tutularak, soğumaya bırakılmıştır. Bu solüsyonun üzerine 1ml hidrojenperoksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ilave edilerek solüsyonun berrak hale gelmesi beklenmiştir. Soğuduktan sonra renksiz ve berrak olan bu solüsyon kapaklı falcon tüplerine konularak deiyonize su ilavesiyle 50 ml'ye tamamlanmış ve analiz öncesinde 0,45  $\mu\text{m}$  membran filtrelerden geçirilmiştir. Bruker ICP MS cihazında ağır metal (Cd, Co, Cr, Cu, As, Se, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir. Metal konsantrasyonları  $\mu\text{g} / \text{g}$ , yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir (69). Ekstraksiyon işlemi Şekil 2.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Midye Örneklerine Uygulanan Ekstraksiyon İşlemi

#### 2.4. Kullanılan Cihazlar

Midye örneklerinin boy ölçümleri 0-125 mm hassasiyetli kumpas yardımıyla yapılmıştır. Tartım işlemi için Dhaus Explorer Pro marka, 0,0001 duyarlıklı hassas terazi kullanılmıştır. CEM MARS-5 Closed Vessel Microwave Digestion System cihazında ekstraksiyon yapılmıştır. Ağır metal analiz işlemleri ise Bruker marka ICP MS cihazında yapılmıştır.

#### 2.5. İstatistiksel Analiz

İstasyonlar arasında metal seviyeleri bakımından farklılık olup olmadığı, One Way ANOVA kullanılarak test edilmiştir. İstatistiksel farklılık durumunda farklılığın hangi istasyonlar arasında olduğu çoklu karşılaştırma testi (Post-hoc: Tukey) ile değerlendirilmiştir. Tüm olasılıklar için 0.05 anlamlılık düzeyi ( $p < 0.05$ ) olarak kabul edilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik program kullanılarak yapılmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Boy ve Ağırlık Ölçüm Sonuçları

Giresun ili sahil şeridindeki tüm ilçe merkezlerinden örneklenen midyelerin istasyonlara göre boy ve ağırlık ortalamaları ile standart hata(SH) değerleri, Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. İstasyonlara Göre Ortalama Boy - Ağırlık Değişimi ve SH, Sütunlardaki Farklı Harfler (a, b, c) İstatistiksel Farklılıkları Göstermektedir (p<0.05)

	Boy (cm)	Ağırlık (g)
İstasyonlar	Ortalama ± SH	Ortalama ± SH
1. PRZ	3,52 ± 0,18 <sup>a</sup>	6,46 ± 0,63 <sup>a</sup>
2. BLN	6,54 ± 0,59 <sup>b</sup>	17,27 ± 2,71 <sup>b</sup>
3.GRS	6,40 ± 0,63 <sup>b</sup>	16,81 ± 3,48 <sup>b</sup>
4. KŞP	5,57 ± 0,33 <sup>b</sup>	12,97 ± 1,43 <sup>ab</sup>
5. ESP	4,67 ± 0,26 <sup>a</sup>	10,00 ± 1,38 <sup>ab</sup>
6. TRB	5,21 ± 0,25 <sup>ab</sup>	9,87 ± 1,13 <sup>ab</sup>
7. GRL	5,73 ± 0,22 <sup>b</sup>	11,10 ± 1,37 <sup>ab</sup>
8. EYN	5,01 ± 0,39 <sup>ab</sup>	8,82 ± 1,26 <sup>ab</sup>
Ortalama:	5,33 ± 0,19	11,66 ± 0,83

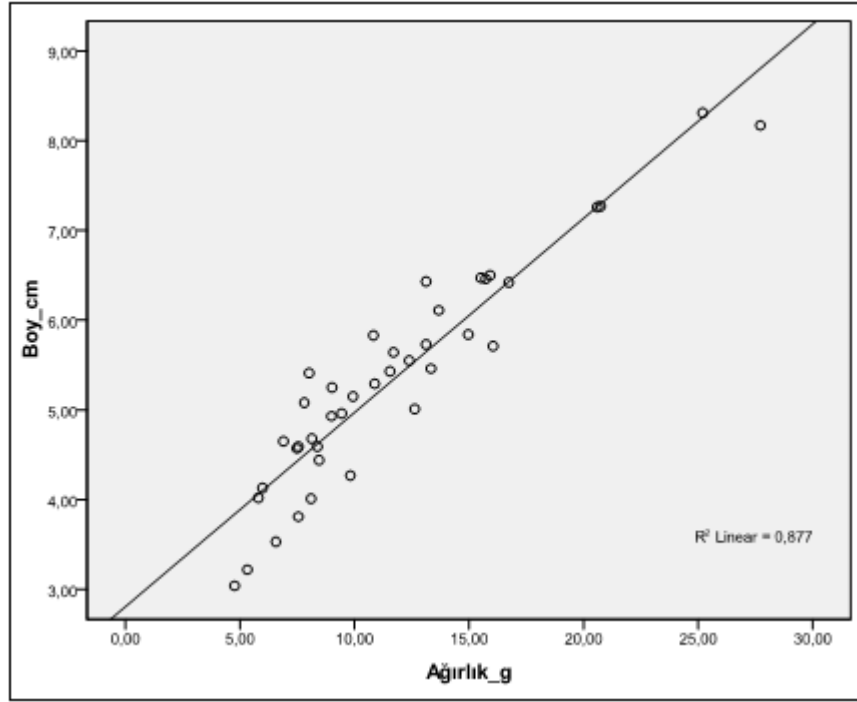
Midye örnekleri arasında ölçülen en uzun boy 8,31 cm ile Piraziz istasyonunda, en kısa boy ise 3,04 cm ile Bulancak istasyonunda ölçülmüştür (p<0.05). Tüm istasyonlardaki ortalama boy uzunluğu 5,33 cm olarak hesaplanmıştır.

İstasyonlar arası boy uzunlukları karşılaştırıldığında, Piraziz istasyonu sırasıyla Bulancak, Giresun, Keşap ve Görele istasyonları arasında istatistiksel olarak fark olduğu bulunmuştur. Bulancak ve Espiye arasında da boy uzunluğunun istasyonlar arasında değiştiği saptanmıştır (p<0.05).

Örnekler arasında tartılan en düşük ağırlık 4,77 g olarak Piraziz'de, en yüksek ağırlık değeri ise 27,71 g olarak Giresun Merkez'de ölçülmüştür. Tüm istasyonların ortalama ağırlık değeri ise 11,66 g olarak belirlenmiştir.

Ağırlık ölçümleri açısından istasyonlar kıyaslandığında ise Piraziz’de ölçülen ağırlık değerleri ile Bulancak ve Giresun arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Diğerleri arasında anlamlı bir fark görülmemiştir.

Ölçülen örnekler arasındaki boy-ağırlık ilişkisini gösteren grafik Şekil 3.1.’de gösterilmiştir.  $R^2=0,877$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Boy-Ağırlık Regresyon Grafiği,  $R^2=0,877$

### 3.2. Ağır Metal Ölçüm Sonuçları

İstasyonlar arasında ağır metal değerleri açısından fark olup olmadığı Tek Yönlü Varyans Analizi (One Way Anova) yapılarak test edilmiştir. Sıfır hipotezini reddetme düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir. Buna göre fark anlamlı bulunduğunda, farkın hangi istasyonlar arasından kaynaklandığını test edilmesi için çoklu karşılaştırma testi (Tukey) uygulanmıştır.

Giresun İli Karadeniz kıyısında tüm ilçe merkezlerinden örneklenen (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) midyelerin yumuşak dokularında belirlenen ağır metal seviyelerinin istasyonlara göre dağılımı Tablo 3.2.a. ve Tablo 3.2.b’de verilmiştir.

Tablo 3.2.a. İstasyonlara Göre Ağır Metal Değişimleri (Ortalama  $\pm$  SH), ( $\mu\text{g/g}$ ), Satırlardaki Farklı Harfler (a, b, c) İstatistiksel Farklılıkları Göstermektedir ( $p<0.05$ )

Ağır Metaller $\mu\text{g/g}$	İstasyonlar			
	1. PRZ	2. BLN	3. GRS	4. KŞP
Pb	$3,85 \pm 0,31^a$	$3,20 \pm 0,05^{ab}$	$3,18 \pm 0,19^{ab}$	$2,69 \pm 0,11^b$
Mn	$8,93 \pm 2,01^a$	$6,37 \pm 0,55^a$	$5,35 \pm 0,86^a$	$4,68 \pm 0,26^{ba}$
Cr	$0,64 \pm 0,08^a$	$0,58 \pm 0,06^a$	$0,56 \pm 0,03^{ab}$	$0,65 \pm 0,08^{ac}$
Fe	$266,58 \pm 78,53^{ac}$	$126,57 \pm 17,65^a$	$90,63 \pm 10,46^b$	$173,50 \pm 21,56^a$
Co	$2,37 \pm 0,41^a$	$1,80 \pm 0,02^a$	$1,77 \pm 0,07^a$	$2,00 \pm 0,13^a$
Cu	$2,66 \pm 0,21^a$	$2,33 \pm 0,28^a$	$2,81 \pm 0,38^a$	$3,40 \pm 1,13^a$
Ni	$19,53 \pm 4,90^{ac}$	$10,48 \pm 1,13^a$	$8,04 \pm 0,69^b$	$13,56 \pm 1,44^a$
Zn	$61,19 \pm 8,59^a$	$69,52 \pm 13,01^a$	$66,31 \pm 12,41^a$	$64,88 \pm 12,35^a$
As	$3,42 \pm 0,15^a$	$3,48 \pm 0,33^a$	$3,04 \pm 0,45^a$	$3,00 \pm 0,26^a$
Se	$0,47 \pm 0,13^a$	$0,57 \pm 0,03^a$	$0,50 \pm 0,13^a$	$0,31 \pm 0,05^a$

Tablo 3.2.b. İstasyonlara Göre Ağır Metal Değişimleri (Ortalama  $\pm$  SH), ( $\mu\text{g/g}$ ), Satırlardaki Farklı Harfler (a, b, c) İstatistiksel Farklılıkları Göstermektedir ( $p<0.05$ )

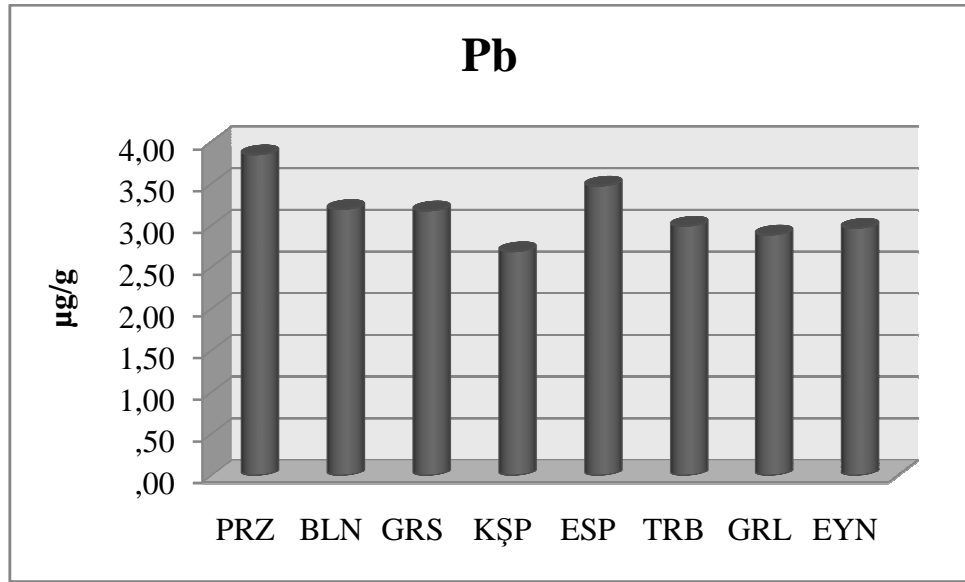
Ağır Metaller $\mu\text{g/g}$	İstasyonlar			
	5. ESP	6. TRB	7. GRL	8. EYN
Pb	3,48 $\pm$ 0,12 <sup>ab</sup>	2,99 $\pm$ 0,25 <sup>b</sup>	2,89 $\pm$ 0,19 <sup>b</sup>	2,97 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>
Mn	5,63 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup>	4,98 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	5,22 $\pm$ 0,61 <sup>a</sup>	8,66 $\pm$ 0,66 <sup>a</sup>
Cr	0,49 $\pm$ 0,01 <sup>ab</sup>	0,39 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,37 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	0,80 $\pm$ 0,02 <sup>ac</sup>
Fe	125,59 $\pm$ 15,75 <sup>a</sup>	136,32 $\pm$ 15,45 <sup>a</sup>	76,86 $\pm$ 9,71 <sup>b</sup>	292,59 $\pm$ 33,75 <sup>c</sup>
Co	1,97 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	1,82 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	1,74 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	2,32 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>
Cu	2,63 $\pm$ 0,59 <sup>a</sup>	2,50 $\pm$ 0,44 <sup>a</sup>	2,12 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	2,78 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>
Ni	10,44 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>	11,17 $\pm$ 0,92 <sup>a</sup>	7,37 $\pm$ 0,57 <sup>b</sup>	21,04 $\pm$ 2,10 <sup>c</sup>
Zn	85,56 $\pm$ 20,32 <sup>a</sup>	83,93 $\pm$ 6,86 <sup>a</sup>	52,16 $\pm$ 7,95 <sup>a</sup>	68,93 $\pm$ 9,29 <sup>a</sup>
As	3,57 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	3,39 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	2,82 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	2,64 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>
Se	0,65 $\pm$ 0,08 <sup>ab</sup>	0,74 $\pm$ 0,17 <sup>ab</sup>	1,07 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>	0,57 $\pm$ 0,08 <sup>ab</sup>

Tüm istasyonlardaki ortalama metal değerleri, Pb 3,16  $\pm$  0,08, Mn; 6,23  $\pm$  0,38, Cr; 0,56  $\pm$  0,03, Fe; 161,08  $\pm$  15,89, Co; 1,97  $\pm$  0,07, Cu; 2,65  $\pm$  0,18, Ni; 12,70  $\pm$  1,01, Zn; 69,06  $\pm$  4,20, As; 3,16  $\pm$  0,11, Se; 0,62  $\pm$  0,05 ve  $\mu\text{g/g}$ , olarak bulunmuştur.

Ağır metallerin istasyonlara göre değişimi her metal için tanımlanmış, istasyonlarda, tüm örnekler arasında ölçülen en büyük, en küçük ve ortalama metal değerleri ile istasyonlar arası istatistiksel farklar grafiklerle birlikte verilmiştir.

### 3.2.1. Pb Değerleri

Kurşun (Pb) değerleri en yüksek 4,503  $\mu\text{g/g}$  ile Piraziz’de, en düşük değeri ise 2,369  $\mu\text{g/g}$  ile Keşap istasyonunda ölçülmüştür. Ortalama Pb değeri tüm istasyonlar için 3,16  $\mu\text{g/g}$  olarak hesaplanmıştır. Piraziz istasyonunda ölçülen değerler, Keşap, Tirebolu, Görele ve Eynesil’den elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olduğu gözlenmiştir. Diğer istasyonlar arasında kurşun değerlerinin değişmediği gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). İstasyonlara göre Pb değişimi Şekil 3.2.’de gösterilmiştir.

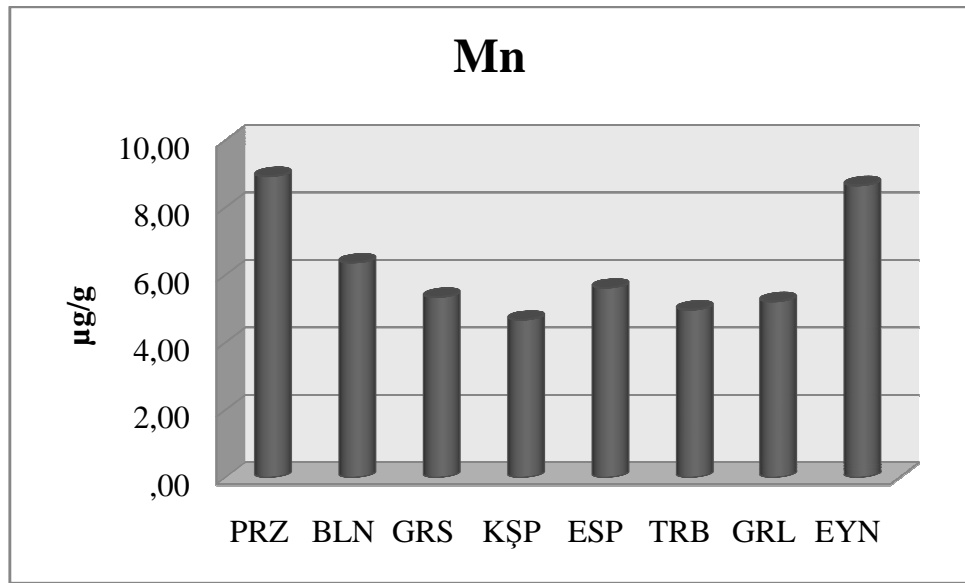


Şekil 3.2. İstasyonlara Göre Ortalama Kurşun (Pb) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )



### 3.2.2. Mn Değerleri

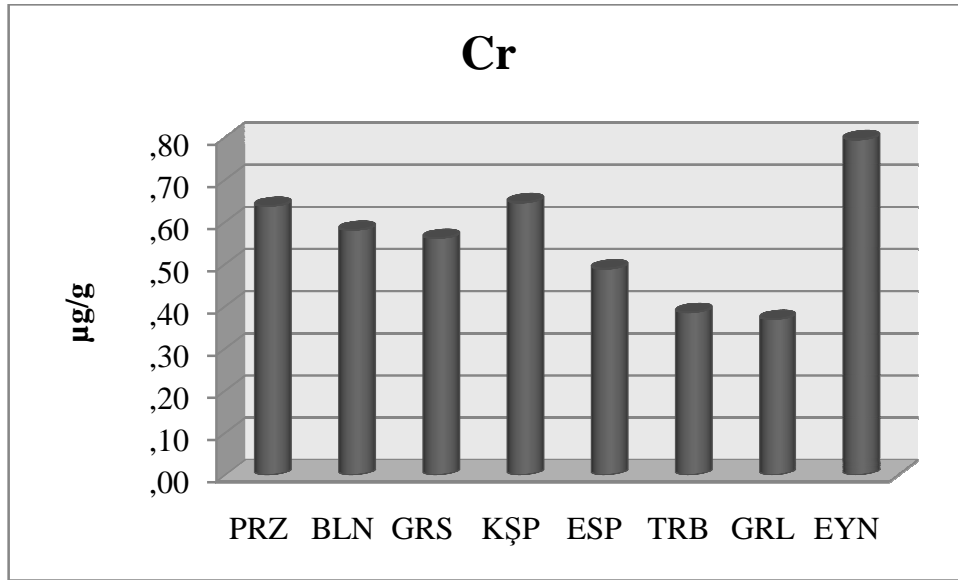
Mangan (Mn) analizleri sonucunda en yüksek Mn değeri 15,828  $\mu\text{g/g}$  Piraziz'de, en düşük değer ise 3,126  $\mu\text{g/g}$  olarak Giresun merkezde ölçülmüştür. Ortalama Mn değeri tüm istasyonlar için 6,226  $\mu\text{g/g}$  olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak Piraziz ve Keşap istasyonları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Diğer istasyonlarda ise önemli bir fark kaydedilmemiştir. İstasyonlara göre Mn değişimi Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. İstasyonlara Göre Ortalama Mangan (Mn) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

### 3.2.3. Cr Değerleri

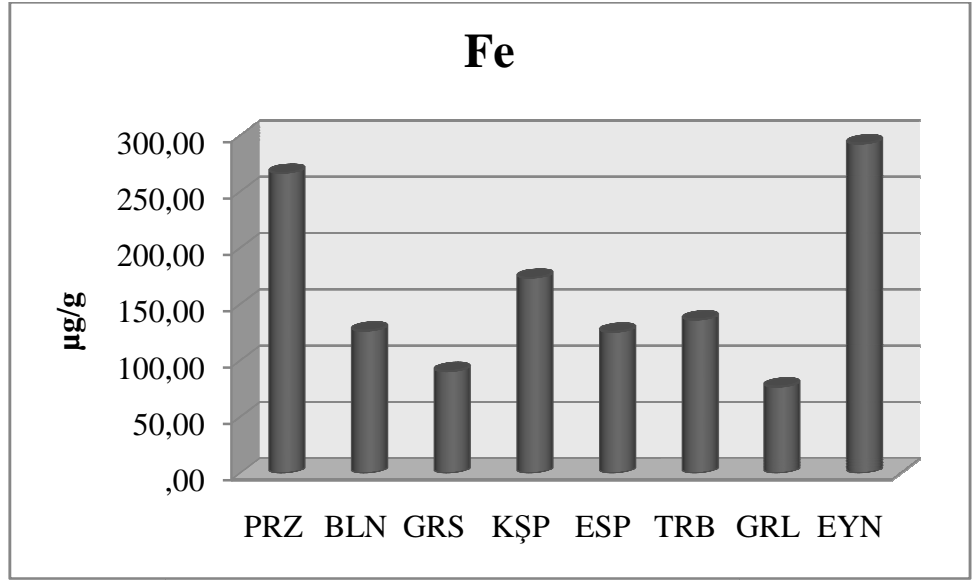
Tüm istasyonlarda ölçülen krom Cr değerleri arasında en yüksek değer 0,871  $\mu\text{g/g}$  olarak Keşap istasyonunda, en düşük değeri ise Görele istasyonunda 0,294  $\mu\text{g/g}$  olarak ölçülmüştür. Bütün istasyonlardaki Cr metalinin ortalama değeri ise 0,558  $\mu\text{g/g}$  olarak bulunmuştur. Cr metali bakımından istasyonlar incelendiğinde Eynesil istasyonunun Keşap ve Piraziz ile benzerlik gösterdiği, diğer istasyonlarla ise farklılık gösterdiği saptanmıştır. Tirebolu ve Görele istasyonları ise Piraziz istasyonu ve Keşap istasyonu ile farklılık göstermektedir ( $p < 0.05$ ). Cr değerlerinin istasyonlara göre dağılımını gösteren grafik Şekil 3.4.'te verilmiştir.



Şekil 3.4. İstasyonlara Göre Ortalama Krom (Cr) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

### 3.2.4. Fe Değerleri

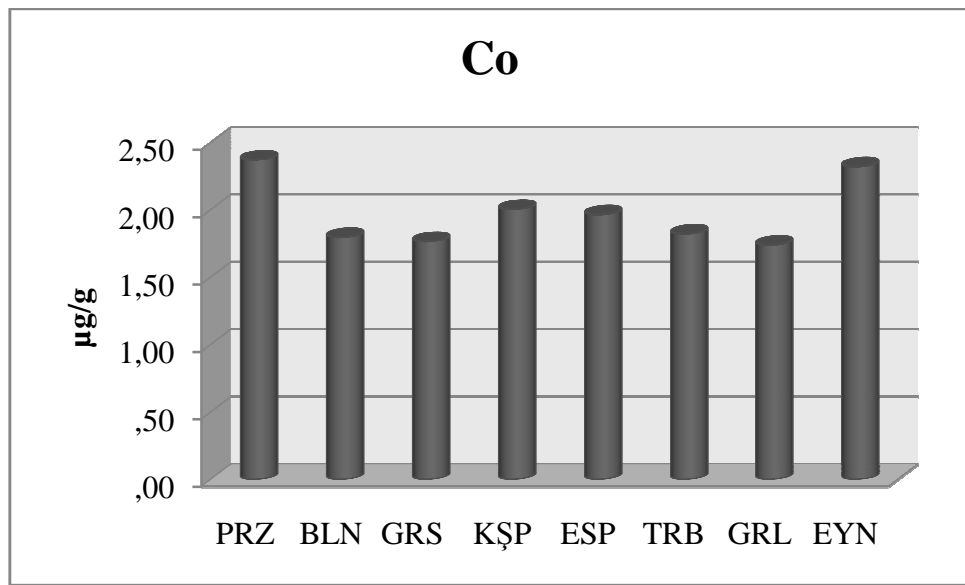
Demir (Fe) metalinin ölçülen değerlerine bakıldığında istasyonlara göre, en yüksek Fe değeri 472,569  $\mu\text{g/g}$  ile Piraziz’de, en düşük ise 52,851  $\mu\text{g/g}$  ile Görele’de ölçülmüştür. Ortalama Fe değeri tüm istasyonlar için 161,081  $\mu\text{g/g}$  olarak bulunmuştur. Eynesil istasyonundan edilen sonuçlar Piraziz ve Keşap arasında anlamlı bir fark görülmezken, Bulancak, Giresun, Espiye, Tirebolu ve Görele ile istatistiksel açıdan farklı olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bununla birlikte Piraziz ile Bulancak ve Görele arasında da fark olduğu saptanmıştır. Fe değerlerinin istasyonlara göre dağılımını gösteren grafik Şekil 3.5.’te verilmiştir.



Şekil 3.5. İstasyonlara Göre Ortalama Demir (Fe) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

### 3.2.5. Co Değerleri

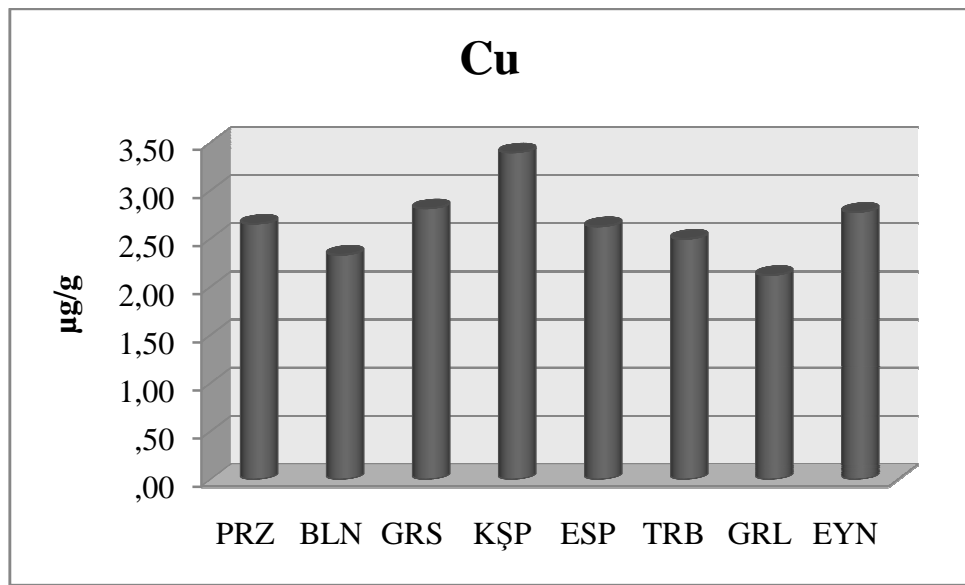
Kobalt (Co) metalinin istasyonlara göre dağılımına bakıldığında en yüksek değer Piraziz’de 3,997  $\mu\text{g/g}$ , en düşük değerin 1,630  $\mu\text{g/g}$  olarak Giresun merkezde ölçülmüştür. Ortalama Co değeri 1,974  $\mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Co metali bakımından tüm istasyonlar kıyaslandığında istasyonlar arası anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ). Co metalinin istasyonlara göre değişimini gösteren grafik Şekil 3.6.’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. İstasyonlara Göre Ortalama Kobalt (Co) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

### 3.2.6. Cu Değerleri

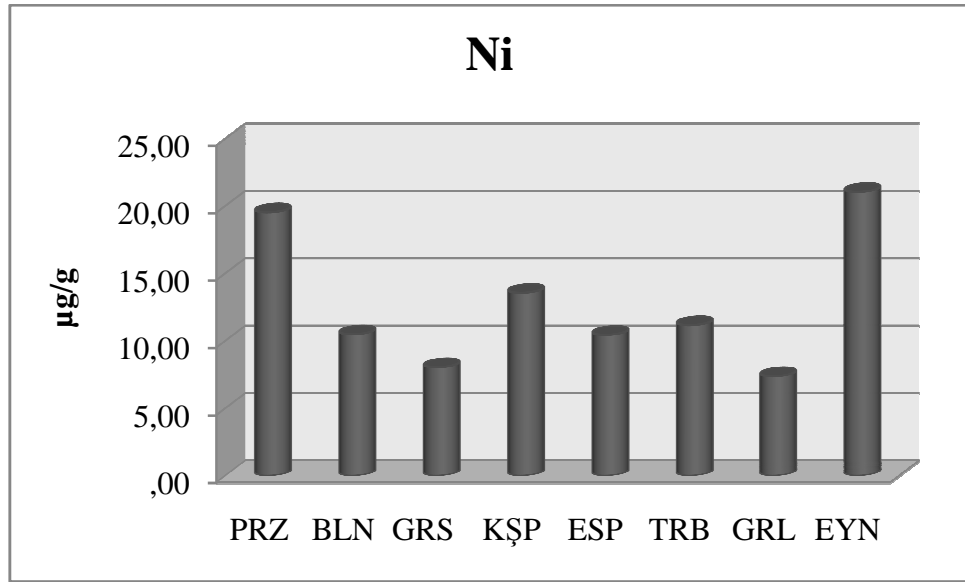
Bakır (Cu) metali için, ölçülen değerlere bakıldığında en yüksek 6,448  $\mu\text{g/g}$ , en düşük 1,113  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmüştür. Her iki değer de Keşap istasyonunda ölçülmüştür. Tüm istasyonların ortalama değeri ise 2,653  $\mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Cu değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılması yapılmış ve istasyonlar arası belirgin bir farkın olmadığı bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Cu değerlerinin istasyonlar arası değişimi Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. İstasyonlara Göre Ortalama Bakır (Cu) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

### 3.2.7. Ni Değerleri

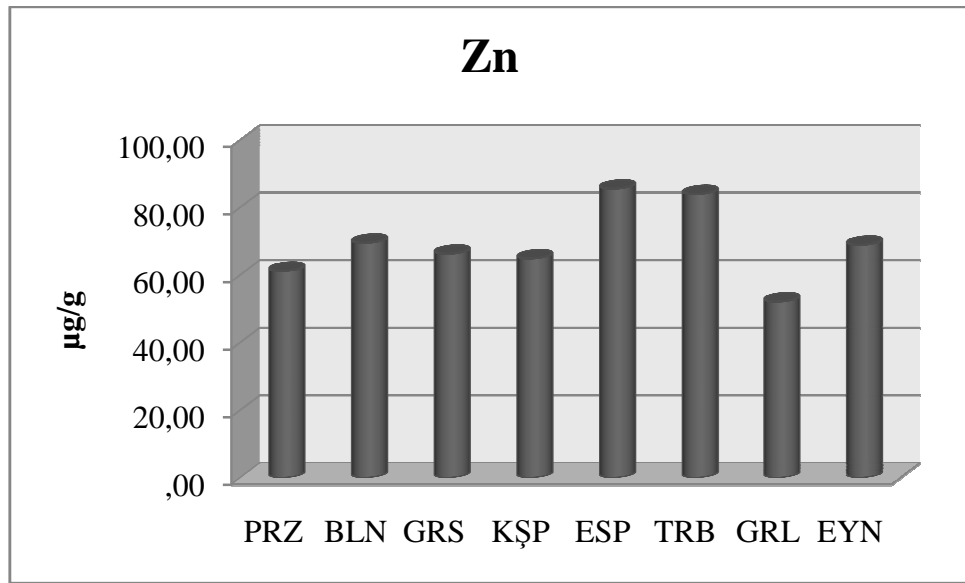
İstasyonlar arası nikel (Ni) değerlerini incelediğimizde en yüksek Ni 32,361  $\mu\text{g/g}$  Piraziz’de, en düşük ise 6,07  $\mu\text{g/g}$  ile Görele’de ölçülmüştür. Ortalama Ni değeri ise 12,704  $\mu\text{g/g}$  olarak hesaplanmıştır. Değerlerin istatistiksel karşılaştırılması yapılmış ve Eynesil istasyonunun Bulancak, Giresun, Espiye, Tirebolu ve Görele istasyonlarıyla arasında anlamlı bir farklılık olduğu gözlenmiştir. Piraziz ile Giresun istasyonu ile Görele arasında da farklılık kaydedilmiştir ( $p < 0.05$ ). Midyelerdeki Ni içeriğinin tüm istasyonlarda gösterildiği grafik Şekil 3.8.’de verilmiştir.



Şekil 3.8. İstasyonlara Göre Ortalama Nikel (Ni) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

### 3.2.8. Zn Değerleri

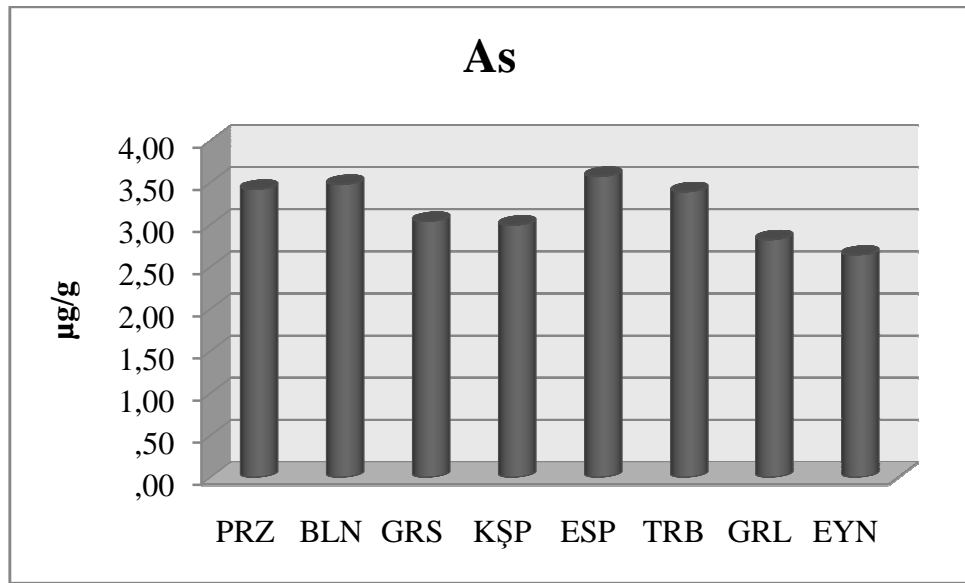
Midye örneklerinde analiz edilen çinko (Zn) değerleri bakımından istasyonları karşılaştırdığımızda en yüksek Zn değeri 156,454  $\mu\text{g/g}$  Espiye’de, en düşük 27,854  $\mu\text{g/g}$  Bulancak’ta ölçülmüştür. İstasyonların Zn ortalaması ise 69,061  $\mu\text{g/g}$  olarak hesaplanmıştır. Tüm istasyonlar karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan bir farklılığın olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). İstasyonlara göre Zn dağılımını gösteren grafik Şekil 3.9.’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. İstasyonlara Göre Ortalama Çinko (Zn) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

### 3.2.9. As Değerleri

Midye örneklerinde tespit edilen en yüksek arsenik (As) değeri 4,682  $\mu\text{g/g}$  olarak Bulancak'ta, En düşük ise 1,709  $\mu\text{g/g}$  olarak Eynesil'de ölçülmüştür. Ortalama As değeri tüm istasyonlar için 3,162  $\mu\text{g/g}$  olarak hesaplanmıştır. İstasyonlar arası karşılaştırmaya bakıldığında ise istatistiksel açıdan bir farklılık olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). As nin istasyonlara göre değişimini gösteren grafik Şekil 3.10.'da verilmiştir.

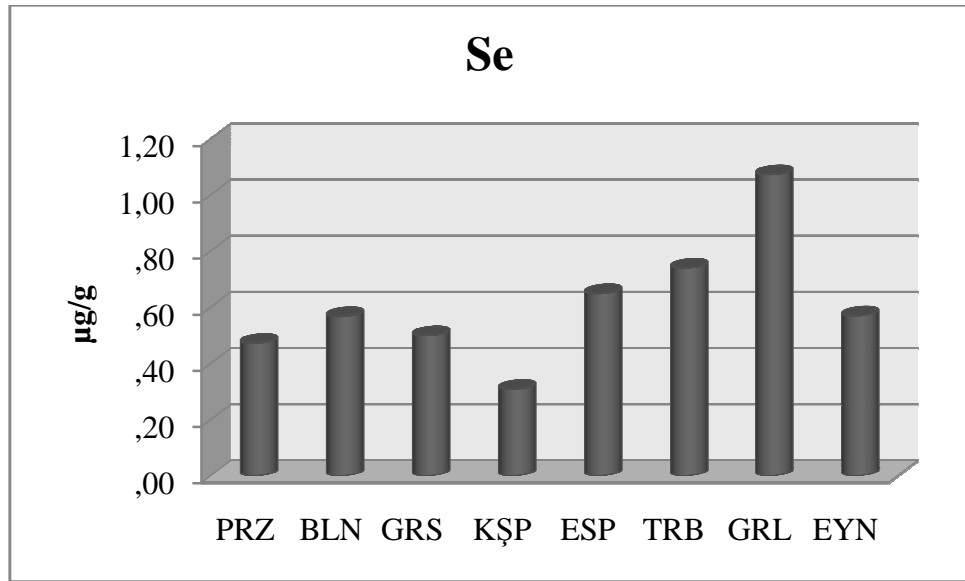


Şekil 3.10. İstasyonlara Göre Ortalama Arsenik (As) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )



### 3.2.10. Se Değerleri

İstasyonlar arasında analiz edilen en yüksek selenyum (Se) değeri 1,427  $\mu\text{g/g}$  olarak Görele’de, en düşük ise 0,069  $\mu\text{g/g}$  olarak Piraziz’de ölçülmüştür. Tüm istasyonların ortalama Se değeri ise 0,620  $\mu\text{g/g}$  olarak bulunmuştur. Se nin istasyonlara göre değişimine bakıldığında, Görele istasyonundan elde edilen analiz sonuçlarının Piraziz, Giresun ve Keşap ile farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Diğer istasyonlar arasında ise anlamlı bir farklılık yoktur. Se metalinin istasyonlar arası farklarını gösteren grafik, Şekil 3.11.’de verilmiştir.



Şekil 3.11. İstasyonlara Göre Ortalama Selenyum (Se) Değerleri ( $\mu\text{g/g}$ )

Kadmiyum (Cd) ise tüm istasyonlar arasında sadece Espiye’de ve bir örnekte 0,297 µg/g olarak ölçülmüştür. Tüm istasyonlar arasında tek bir örnekte çıkmış olmasından dolayı karşılaştırma yapılmamıştır. Bu bakımdan Cd değeri istatistiksel analize dahil edilmemiştir.

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliği (2002), çift kabuklu, canlı yumuşakçalarda kimyasal ve toksikolojik kabul edilebilir değerler; Hg için 0,5 mg/kg, Cd için 1,0 mg/kg, Pb için 1,5 mg/kg, Cu için 20,0 mg/kg, Zn için 50,0 mg/kg ve As için 1,0 mg/kg olarak ifade edilmiştir. (70).

Tüm istasyonların analiz edilen metal değerleri her istasyon için ortalama değer olarak belirtilmiştir. Bu değerlerin kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması Tablo 3.3.’te verilmiştir.

Tablo 3.3. Çift Kabuklu Canlı Yumuşakçalarda Kabul Edilebilir Ağır Metal Değerlerinin Bu Çalışma İle Karşılaştırılması (µg/g)

	Ağır Metaller (µg/g)				Referans
	Pb	Cu	Zn	As	
1. PRZ	3,85	2,66	61,19	3,42	Bu Çalışma
2. BLN	3,20	2,33	69,52	3,48	
3. GRS	3,18	2,81	66,31	3,04	
4. KŞP	2,69	3,40	64,88	3,00	
5. ESP	3,48	2,63	85,56	3,57	
6. TRB	2,99	2,50	83,93	3,39	
7. GRL	2,89	2,12	52,16	2,82	
8. EYN	2,97	2,78	68,93	2,64	
Su Ür. Yön.	1,5	20,0	50,0	1,0	G. T. ve H. Bakanlığı, 2002
FAO	1 - 6	10 - 30	40 - 100	-	Wagner and Boman, 2004
EPA	-	54,1	406	-	EPA, 2009

Cu değerleri tüm istasyonlar için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Su rnleri Yönetmeliğinde (2002) belirtilen kabul edilebilir değerlerin çok altında bulunmuştur. Pb, Zn ve As değerleri tüm istasyonlarda yasal sınırın üzerinde bulunmuştur.

Bu çalışmadan elde edilen ortalama metal seviyeleri FAO ve EPA (Environmental Protection Agency) verilerine göre tolere edilebilir sınırların altında kalmıştır.

## 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 4.1. Tartışma

Yapılan bu tez çalışması ile Giresun ili kıyısında yer alan toplam sekiz ilçe merkezinin ağır metal kirlilik düzeylerinin tespiti amaçlanmıştır. Bunun için seçilen istasyonlar midyelerin (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) Karadeniz’de doğal yataklar halinde buldukları yerlerdir. Tüm istasyonlardan elde edilen analiz sonuçları her istasyon için ortalama değer  $\pm$  SH olarak: Pb;  $3,16 \pm 0,08$ , Mn;  $6,23 \pm 0,38$ , Cr;  $0,56 \pm 0,03$ , Fe;  $161,08 \pm 15,89$ , Co;  $1,97 \pm 0,07$ , Cu;  $2,65 \pm 0,18$ , Ni;  $12,70 \pm 1,01$ , Zn;  $69,06 \pm 4,20$ , As;  $3,16 \pm 0,11$ , Se;  $0,62 \pm 0,05$ ,  $\mu\text{g/g}$ , yaş ağırlık şeklinde bulunmuştur.

Cd bir istasyon dışında tespit edilememiştir. Tespit edilen değeri  $0,297 \pm 89$   $\mu\text{g/g}$  dır. Su Ürünleri Yönetmeliğine göre Cu kabul edilebilir değerlerin altında kalırken, Pb, Zn ve As değerleri ise bu sınırların epey üzerinde bulunmuştur. Tüm istasyonlar arasında midyelerde en fazla birikim gösteren metal Fe olurken en az birikim gösteren metal ise Cr olarak belirlenmiştir.

Giresun İli’nden örneklenen midyelerin yumuşak dokularında tespit edilen ağır metal düzeyleri en çok birikim gösterenden en az birikim gösterene doğru;

Fe > Zn > Ni > Mn > As > Pb > Cu > Co > Se > Cr şeklinde sıralanmıştır.

Ağır metal birikimleri ile boy uzunlukları arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Metal birikimlerinin daha çok istasyona bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Bu çalışmada bulunan sonuçlarla bazı ağır metal kirliliğini ölçen çalışmaların ortalama değerleri ile karşılaştırılması Tablo 4.1.’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Bu Çalışmadan Elde Edilen Ortalama Metal Seviyelerinin Diğer Çalışmaların Ortalamalarıyla Karşılaştırılması (µg/g)

Fe	Cr	Zn	Ni	Mn	Cu	Pb	Co	Referans
156,72	-	106,23	3,71	-	5,54	2,92	4,08	Çulha et al. Midye
205,4	2,3	196	1,3	5,8	5,5	0,5	2,0	Ünlü et al. Midye
-	-	1750,6	-	-	121,32	197,4	-	Uncumusa oğlu et al. Denizati
9,18	0,07	3,51	0,03	0,18	0,51	0,21	0,01	Türkmen et al. Balık
-	-	-	-	-	-	-	-	
136	1,18	53,5	1,72	2,78	7,05	1,28	0,45	
26,06	-	25,74	3,40	5,41	2,38	0,77	-	Nispet et al. Balık
-	-	2,891	0,716	-	0,415	0,832	-	Öztürk et al. Midye
-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	3,748	1,076	-	0,473	1,71	-	
-	-	13,90	-	-	1,191	0,134	-	Esen et al. Midye
161,08	0,56	69,06	12,70	6,23	2,65	3,16	1,97	Bu Çalışma

Karadeniz’de yapılan ağır metal kirliliği belirleme çalışmalarından 2007’de Doğu Karadeniz’ de (Çamburnu, Rize iç Körfez, Rize Dış Körfez, Çayeli, Hopa) yapılan bir çalışmada midyelerde ölçülen Zn ve Cu değerlerinin Türk su ürünleri yönetmeliğine göre kabul edilebilir sınırdan 5 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir (60).

Öztürk ve ark. tarafından 1996 yılında Sinop’ta yapılan çalışmada *Mytilus galloprovincialis*’teki ağır metal seviyeleri Zn 2,891-3,748, Cu 0,415-0,473, Cd 0,223-0,404, Ni 0,716-1,076, Pb 0,832-1,71 µg/g yaş ağırlık, *Cystoseira barbata* örneklerinde ise Zn 23,32, Cu 24-35, Cd 0,33-0,46, Ni 62-74, Pb 82-114 µg/g, kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmada bulunan değerler; Ni 12,70 ± 1,01, Zn

69,06 ± 4,20, Cu 2,65 ± 0,18, Pb 3,16 ± 0,08 µg/g, yaş ağırlık, *Mytilus galloprovincialis*'teki değerlerle karşılaştırıldığında yüksek, *Cystoseira barbata* ile kıyaslandığında ise düşük olduğu görülmektedir (58).

Sunlu 2006 da, Ege denizi kıyılarında *Mytilus galloprovincialis*'de mevsimsel ağır metal (Cd, Pb, Zn ve Cu) değişimlerini araştırmıştır. Altı farklı istasyonda yaptığı çalışmalar sonucunda Cd; 0.04-0.52, Pb; 0.49-1.72, Cu; 0.95-1.85 ve Zn; 16.11-37.15 µg/g olarak tespit etmiştir. Bu araştırmada bulunan değerler; Pb için 3,16 ± 0,08, Cu için 2,65 ± 0,18, Zn için 69,06 ± 4,20 µg/g, yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir. Mevcut çalışmadaki Cu, Zn ve Pb değerlerinin Sunlu'nun sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir (65).

Çulha ve ark. 2008-2009 da Marmara Denizi Yalova kıyısında *Mytilus galloprovincialis*'te Co, Cu, Fe, Ni, Pb, ve Zn konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yumuşak dokudaki ağır metal değerleri: Co; 4,08 ± 0,67, Cu; 5,54 ± 0,59, Fe; 156,72 ± 20,18, Ni; 3,71 ± 1,14, Pb; 2,92 ± 0,51 ve Zn; 106,23 ± 5,66 mg/kg, kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları ise; Co; 1,97 ± 0,07, Cu; 2,65 ± 0,18, Fe; 161,08 ± 15,89, Ni; 12,70 ± 1,01, Pb; 3,16 ± 0,08, ve Zn; 69,06 ± 4,20 µg/g, yaş ağırlık ölçülmüştür. İki çalışma sonuçları karşılaştırıldığında Co, Cu ve Zn değerleri düşük, Fe, Ni ve Pb değerleri ise yüksek çıkmıştır (66).

Nisbet ve ark. (2010) tarafından Orta Karadeniz kıyılarında örneklenen balıkların, kas dokularında tespit ettikleri ağır metal düzeyleri; Cu: 2,38, Mn: 5,41, Fe: 26,06, Ni: 3,40, Zn: 25,74, Pb: 0,77 ve Cd: 0,022 µg/g olarak bulunmuş, Hg ise tespit edilememiştir. Elde edilen değerlerin Pb dışında FAO/WHO limitlerini aşmadığı ifade edilmiştir. Bu çalışmanın analiz sonuçları ise Cu, Mn, Fe, Ni, Zn, Pb için sırasıyla; 2,65 ± 0,18, 6,23 ± 0,38, 161,08 ± 15,89, 12,70 ± 1,01, 69,06 ± 4,20 ve 3,16±0,08 µg/g, yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir (73).

Türkmen ve ark. (2008) tarafından Ege ve Akdeniz'de yapılan bir çalışmada 12 balık türünün kas ve karaciğerlerindeki ağır metal seviyeleri tespit edilmiştir. Balıkların kas dokularında analiz edilen metaller sırasıyla, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için; <0,01-0,39, <0,01-0,45, 0,07-1,18, 0,51-7,05, 9,18-136, 0,18-2,78, 0,03-1,72, 0,21-1,28 ve 3,51-53,5 mg kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir. Ölçülen değerlerin kabul edilebilir sınırların altında kaldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ağır

metal değerleri sırasıyla, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için;  $1,97 \pm 0,07$ ,  $0,56 \pm 0,03$ ,  $2,65 \pm 0,18$ ,  $161,08 \pm 15,89$ ,  $6,23 \pm 0,38$ ,  $12,70 \pm 1,01$ ,  $3,16 \pm 0,08$  ve  $69,06 \pm 4,20$   $\mu\text{g/g}$  olarak ifade edilmiştir. Balıkta ölçülen değerlerin bu çalışma sonuçlarının altında olduğu görülmektedir (74).

Türkmen ve ark. nın 2004 yılında yaptıkları bir çalışmada İskenderun körfezinden aldıkları ekonomik öneme sahip bazı balık türlerinde (*Saurida undosquamis*, *Sparus aurata* ve *Mullus barbatus*) ağır metalleri (Cd, Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Co ve Al) seviyelerini belirlemişlerdir. Metal konsantrasyonlarının balık türü ve örneklerin alındığı istasyona göre önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ve balıkların yenilebilir kısımlarının insanlar tarafından tüketiminin güvenilir olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca körfezdeki ağır metal konsantrasyonunun 1996'dan 2003'e kadar çok düşük de olsa azaldığını ifade etmişlerdir (75).

Uncumusaoğlu ve ark. tarafından 2010 yılında Giresun'un Tirebolu ilçesinde 20 adet ölü denizatının (*Hippocampus hippocampus*) karaciğer ve kas dokusundaki ağır metal (Zn, Pb, Cu, Cd) birikimini incelemek amacıyla bir araştırma yapılmıştır. Kasım 2010 da balıkçılar tarafından toplanan örneklerin ortalama boy uzunluğu  $78 \pm 19,68$  mm, ortalama ağırlık  $2,02 \pm 0,34$  g olarak ölçülmüştür. Kas dokusunda bulunan Zn, Pb, Cu, Cd değerleri sırasıyla en çoktan aza doğru  $1750,6$  ;  $197,4$  ;  $121,32$  ;  $1,568$  ppm olarak sıralanmıştır. Denizatının kas dokusunda metal konsantrasyonunu artıran kaynakların, fosil yakıt kullanımı gibi atmosferik çökellerin ve bölgesel maden rezervleri gibi (Cu, Pb, Zn) kaynaklardan olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmanın Zn, Pb ve Cu değerleri sırasıyla;  $69,06 \pm 4,20$ ,  $3,16 \pm 0,08$ ,  $2,65 \pm 0,18$   $\mu\text{g/g}$ , yaş ağırlık 'tır. Denizatında ölçülen tüm değerlerin bu çalışmaya göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir (76).

Ünlü ve ark. tarafından (2008) Gemlik körfezinde belirlenen istasyonlardan toplanan midyelerde ve yüzey sedimentinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Midyede; Cd 2,4, Co 2,0, Cr 2,3, Cu 5,5, Fe 205,4, Mn 5,8, Ni 1,3, Pb 0,5, Zn 196  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık olarak, sedimentte; Co 13-24, Cr 71-181, Cu 22-58, Mn 300- 1560, Ni 35-165, Pb <0,1-67, Zn 88-185  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak bulmuşlardır. Mevcut çalışmanın sonuçları ise; Co  $1,97 \pm 0,07$ , Cr  $0,56 \pm 0,03$ , Cu  $2,65 \pm 0,18$ , Fe  $161,08 \pm 15,89$ , Mn  $6,23 \pm 0,38$ , Ni  $12,70 \pm 1,01$ , Pb  $3,16 \pm 0,08$ , Zn  $69,06 \pm 4,20$   $\mu\text{g/g}$ , yaş ağırlık 'tır. Sedimentte ölçülen değerlerle bu çalışma arasında kıyaslama yapıldığında tüm metal

değerlerinin bu çalışmaya göre, sedimentte daha yüksek olduğu, Midyede ölçülen değerlere bakıldığında ise, bu çalışmadaki Mn, Ni ve Pb değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (68).

Esen (2006) İzmir Körfezi'nde kara midye *Mytilus galloprovincialis*'te bulunan toksik maddeleri araştırmıştır. Yapılan tez çalışmasında ağır metal (Zn, Cd, Cu, Pb, Hg, As) ölçümleri ve mikrobiyolojik yönden midye örnekleri incelenmiştir. Ağır metal analiz sonuçları; Zn 13,90, Cd 0,023, Cu 1,191, Pb 0,134, Hg 0,003 ve As 1,032 mg/kg olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmanın analiz sonuçlarında ise bu metal konsantrasyonları; Zn  $69,06 \pm 4,20$ , Cu  $2,65 \pm 0,18$ , Pb;  $3,16 \pm 0,08$  ve As;  $3,16 \pm 0,11$  µg/g olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmadaki ağır metal değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (77).

Boy ve ağırlık ilişkisi bakımından örnekler incelendiğinde boya bağlı olarak ağırlığın değiştiği gözlenmiştir ( $R^2=0,877$ ). Tüm istasyonların boy ortalamaları karşılaştırıldığında bazı istasyonlarda anlamlı farklar ortaya çıkmıştır. Bu farklara sebep olan etkenlerin istasyonlar arası koşulların farklı olması ve belli alanlarda predatörler sebebiyle midyelerin belli boyların üzerine çıkamadığı düşünülmektedir.

Tüm istasyonlarda ölçülen ortalama Pb değerlerinin Su Ürünleri Yönetmeliği, kabul edilebilir sınırlarının üstünde çıkmıştır. Bu sonuçlar kıyıda oluşan trafiğin meydana getirdiği atmosferik kirlilik sonucu oluşan çökellerin bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

#### **4.2. Sonuç**

Bu tez çalışması Giresun İli kıyı şeridinde metal kirliliğinin düzeylerini belirlemeye çalışmıştır. Dünya su kaynaklarının her geçen gün azaldığı düşünüldüğünde kirlilik belirlemeye yönelik çalışmalar önem arz etmektedir. Karadeniz bünyesine birçok akarsu kaynağından girdiler almaktadır. Bu kaynaklarla taşınan evsel ve endüstriyel atıklar, Boğazlar dışında dış sularla bağlantısı olmayan bu deniz için kirliliğin giderek artması anlamına gelmektedir.

Macaristan' da Ekim 2010'da meydana gelen kaza, kızıl çamur olarak gündeme oturmuştur. Tuna nehri ile Karadeniz'e taşınan bu kimyasal atıkların başta alüminyum olmak üzere pek çok toksik maddeyi Karadeniz'e taşıdığı bilinmektedir.



Bu atıkların buradaki doğal yaşamı tehdit eden bir unsur olması kaçınılmazdır. Bundan sonraki yıllarda yapılacak çalışmalar bu olumsuz etkilerin ne denli büyük olduğunu ortaya çıkaracaktır.

Özellikle Karadeniz Sahil Yolunun tamamlanmasından sonra trafik yoğunluğunun artması dikkat çekicidir. Bu durum kıyı boyunca atmosferde Pb kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır. Trafiğin sebep olduğu atmosferdeki Pb kirliliğini ölçmek için yol kenarlarında yetişen bitkilerin kullanıldığı ve trafik olmayan yerlere göre kirliliğin oldukça fazla çıktığını gösteren çalışmalar yapılmıştır. Atmosferden çökelen Pb ve türevi bileşikler su canlılarının bünyesinde birikime uğramaktadır.

Karadeniz Sahil Yolunun yapımı sırasında kıyıda oluşturulan dolgu alanları midyelerin doğal yaşam ortamlarını tahrip etmiştir. Bu tez araştırmasının arazi çalışmaları sırasında bu durum net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Bunun yanında midye için predatör bir tür olan gastropodlardan *Rapana venosa*, midye popülasyonları üzerinde ciddi azalmalara sebep olmaktadır.

Midyeler toplum tarafından sevilerek tüketilen besin gruplarındandır. Protein ve omega 3 bakımından zengin olması midyeleri değerli besin grupları arasına sokmaktadır. Ancak suyu filtre ederek beslenen bu canlıların sudaki kirlenmeden ilk etkilenecekler arasında olduğu unutulmamalıdır. Özellikle ağır metaller gibi vücutta birikime neden olan toksik maddelerin vücutta belli seviyelerin üstüne çıktığında ciddi hastalıklara sebebiyet verdiği bilinmektedir. Ağır metalleri bünyelerinde biriktiren midye gibi besin gruplarını tüketirken daha dikkatli olunması gerekmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre bazı metallerin oranları yüksek (Zn, Mn, Fe, Pb) olmakla birlikte, diğer bazı metaller (Cr, Se, Cu, Co, Ni) düşük oranlarda bulunmuştur. Yer kabuğunda belli oranlarda bulunan bu iz metallerin birikim açısından kirlilik oluşturduğu söylenemez. Zn ve Mn' nin değerlerinin yüksek çıkma sebebinin bölgenin bu madenler bakımından zengin olmasından dolayı bu metallerin su ortamına geçtiği düşünülmektedir. Midyelerde ölçülen Pb değerlerinin tolere edilebilir sınırların üzerinde çıkmış olmasının, kıyı şeridindeki araç trafiğinden kaynaklandığı sonucuna varılmaktadır.

İnsan kaynaklı kirleticilerin doğada yok olmayıp birikime uğraması, özellikle sucul organizmaların yaşamlarını büyük oranda etkilemektedir. Sucul habitatın yapısının zamanla olumsuz yönde değişmesi, canlıların yaşam alanlarını yok etmektedir. Bu araştırmada Giresun kıyılarından örneklenen kara midyenin, Karadeniz kıyısındaki yaşam alanlarının giderek daraldığı görülmüştür. Su ortamında oluşan kirliliğin özellikle midye spatlarını büyük ölçüde etkilediği bilinmektedir. Kirliliğin ortamlarda büyüyemeyen yavruların türün devamlılığını etkileyeceği bir gerçektir.

Yapılan bu tez çalışmasında Giresun İli kıyı şeridinde belirlenen istasyonlardan toplanan Akdeniz Midyesi'nde ağır metal birikimi araştırılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde midyelerdeki ağır metal birikiminin halk sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığı anlaşılmıştır. Bu ve yapılacak benzer çalışmalarla su kaynaklarının ve bünyesinde bulunan canlıların korunmasına yönelik farkındalığı artırması hedeflenmektedir. Araştırma sonuçları sonraki yıllarda yapılacak olan benzer nitelikteki çalışmalara veri tabanı oluşturabilecek yapıdadır.

## KAYNAKLAR

1. Tunçoku, G., Tunçoku, Ö. ve Düzel, S. 1997. Ege Üniversitesi Tatlı Su Balıklarında Civa, Kurşun, Kadmiyum, Bakır ve Çinko Düzeyleri Üzerine Araştırmalar, Bor. Vet. Kont. Ve Araş. Ens., İzmir.
2. Sonal, S. 1994. Hayvansal Besinlere Yansıyan Metal Kalıntıları ve Yaratabileceği Sağlık Sorunları, *Türk-Toksikol. Der. ve Visad.*
3. Conon, R. 2004. The Nutritional Trace Metals, *Blackwell publishing*, Iowa State Press.
4. Hu, H. 2000. Exposure to Metals, *Occupational and Environmental Medicine*, 27, 983-996.
5. Taylan, Z. S., Böke ve Özkoç, H. 2007. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği, *Baü Fbe Dergisi*, Cilt:9, Sayı:2, 17-33.
6. Wang, W. X. and Fisher, N.S., 1999. "Delineating Metal Accumulation Pathways for Marine Invertebrates", *The Science of Total Environment*, 237, p.p. 459-472.
7. Varlık, B. 1991. Investigation of Effects of Some Heavy Metal (Cd-Pb) to the Different Development Stages of *Mytilus galloprovincialis*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
8. Aksoy, A., Hale, WHG. and Dixon, JM., 1999. "Capsella bursa-pastoris (L.) Medic as a Biomonitor of Heavy Metals" *Sci Total Environ*, 226: 177-86.
9. Kayhan, F., E., Muşlu, M., N. ve Koç, N., D. 2009. Bazı Ağır Metallerin sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı stres Ve Biyolojik Yanıtlar. *Journal of Fisheries Sciences* 3(2): 153–162.
10. Özsoy, E. and Ünlüata U., 1997. Oceanography of the Black Sea: A "Review of Recent Results". *Earth-Science Reviews* 42: 231–272.

11. Shimkus, K., M. and Trimonis E.,S. 1974. Modern Sedimentation in the Black Sea. In: Degens ET, Ross DA (eds), *The Black Sea-Geology, Chemistry and Biology*, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, 249–278.
12. Algan, O., Gazioğlu, C., Çağatay, N., Yücel, Z.Y. and Gönençgil, B. 1999. Sediment and Water Influxes into the Black Sea by Anatolia Rivers. *Zeitschrift für Geomorphologie* 43 (1): 61-79.
13. Ünsal, M., Çağatay, N., Bekiroğlu, Y., Kıratlı, N., Alemdağ, N., Aktaş, M. ve E., Sarı. 1998. Karadeniz’de Ağır Metal Kirliliği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Projesi, Erdemli/Mersin.
14. <http://www.giresun.gov.tr/IcerikDetay.aspx?IcerikId=35> Web sitesinden 18.01.2013 Tarihinde edinilmiştir.
15. Kayhan, F., E. 2006. Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23, (1-2): 215–220.
16. Erdem, Ü., Başusta, N., Türel, C., 2005. *Su Omurgasızları*, Nobel Yayın Dağıtım, S:154, Ankara.
17. Salman, S., 2009. *Omurgasız Hayvanlar Biyolojisi*, (3. Baskı), Palme Yayıncılık, S: 151-171, Ankara.
18. Uysal, H. 1970. Türkiye Sahillerinde Bulunan Midyeler “*Mytilus galloprovincialis*” Üzerinde Biyolojik ve Ekolojik Araştırmalar. E.Ü. Fen Fak., İlimi Raporlar Serisi , No.79, 79p.
19. Uzunören, N. 1987. Ağır Metallerle Kirlenmiş Sulardan Toplanan Midyeler ve Benzeri Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerden Arsenik ve Türevleri ile Kirlenme Düzeylerinin Saptanması. İstanbul Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
20. Alpbaz, A. 1993. *Kabuklu ve Eklembacıklılar Yetiştiriciliği*. E. Ü. Su Ür. Fak. Yay. 26-82s.
21. Gosling, E.M. 1992. Systematics and Geographic Distribution of *Mytilus*. In: Gosling, E.(ed.). *The mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture*, Elsevier, New York, pp. 1–17.

22. Seed, R. and Suchanek, T., H., 1992. Population and Community Ecology of *Mytilus*. In: Gosling, E.(ed.). *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture*, Elsevier, New York, pp. 87–157.
23. Bayne, B. L., Widdows, J. and Thompson, R.J., 1976. Physiology: I. In: Bayne, B.L.(ed.). *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology*. Cambridge University Press. pp. 122–159.
24. Field, I. A. 1922. Biology and Economic Value of the Sea Mussel *Mytilus edulis*. Bull. U. S. Bur. of Fisheries, Vol: 38, pp. 127-259, Washington.
25. Dare, P. J. 1976. Settlement, Growth and Production of the Mussel, *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. Fish. Invest. (Ser.2), 28: 1.
26. Göğüş, A. K. ve Kolsarıcı, N. 1992. Su Ürünleri Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, No: 358, Ankara, 281 s.
27. [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus\\_galloprovincialis/en#tcNA00EA](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en#tcNA00EA) Web Sitesinden 18.01.2013 tarihinde edinilmiştir.
28. Kocataş, A. 2003. *Ekoloji Çevre Biyolojisi*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova/İzmir.
29. Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. ve Aras, M.S. 2008. Sular Bilgisi, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul.
30. Kalay, M., Koyuncu., C.,E. and Dönmez., A.,E., 2004. Comparison of Cd levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf. (in Turkish), *Ekoloji Dergisi*, 13(52):23-27.
31. Yazkan M., Özdemir F. ve Gölükcü M., 2004. Antalya körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. *Turk J. Vet Anim Sci.*, 28, 95-100.
32. Bryan, G. W. 1984. Pollution due to Heavy Metals and Their Compounds. *Marine Ecology*, Vol. 5, Part 3 ( Ed; Otto Kine, John Wiley & Sons Ltd, 1289-1431.
33. Krenkel, P.A. and Novontny, V., 1980. “Water Quality Management”. Academic Press, New York, Ny.

34. Martin, M., H. and Coughtrey, P.J., 1985. "Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution", Land and Air Applied Science Publishers, England.
35. Clark, R, B. 1992. Marine Pollution. Third Edition, Clarendon Press, 64-82. Oxford.
36. Matta, J., Milad, M., Manger, R. and Tosteson, T. 1999. Heavy metals, Lipid Peroxidation, and Ciguatera Toxicity in the Liver of the Caribbean barracuda (*Sphyraena barracuda*), *Biological Trace Element Research*, 70, 1, Pages 69-79.
37. Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Düzenli, S., Güney, K. ve Kurt, K., 2004. *Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi)*, Palme Yayıncılık, S:181-186, Ankara.
38. Anderson, M., B., Preslan, J. E., Jolibos, L., Bollinger, J. E. and George, W. J., 1997. Bioaccumulation Of Lead Nitrate In Red Swamp Crayfish (*Procambarus Clarkii*), *Journal Of Hazardous Materials*, 54: 15-29.
39. Rainbow, P., S. 1997. Trace Metal Accumulation In Marine Invertebrates: Marine Biology Or Marine Chemistry, *J Mar Biol Ass*, 77: 195-210. U.K.
40. Oehlenschläger, J. 2000. Identifying Heavy Metals In Fish. In: Safety And Quality Issues In Fish Processing (Ed. Bremmer, H.A.) *Woodhead Publishing Limited Pp.* 95-108, Cambridge, England.
41. Güven, K. 1999. *Biyokimyasal ve Moleküler Toksikoloji*, Dicle Üniversitesi Basımevi, S: 200, Diyarbakır.
42. Klaasen, C., D., Liu, J. and Choudhuri, S. 1999. Metallothionein: An Intracellular Protein To Protect Against Cadmium Toxicity, *A. Rev Toxicol.*, 39:267-294.
43. Baykut, F. 1979. *Modern Genel Anorganik Kimya*, İstanbul Üniv. Yayınları, No: 2653, 522s. İstanbul.
44. Phipps, A, D. 1976. *Metals and Metabolism*, Oxford Chemistry Series, Clarendon Pres, 134s. Oxford.
45. Roels, H, A., Ghyselen, P., Buchet, J, P., Ceulemans, E. and Lauwerys, R, R. 1992. Assessment of the Permissible Exposure Level to Manganese in Workers Exposed to Manganese Dioxide Dust, *Br. J. Industr., Ned.* 49, 25-34.

46. Müezzinoğlu, A. ve Şengül, F. 1987. İzmir Körfezinde ve Körfeze Dökülen Akarsularda Krom, Kadmiyum ve Civa Kirlenmesi. Dokuz Eylül Üniv. Araştırma Raporları, İzmir.
47. Mutluay, H. ve Demirak, A. 1996. *Su Kimyası*, Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ, 83- 84s. İstanbul.
48. <http://tr.scribd.com/doc/52644790/Metallerin-evresel-Etkileri-I>. Web sitesinden 25.05.2012 Tarihinde edinilmiştir.
49. Tuncay, Y. 2007. Kovada Gölü'nde Yasayan İstakozlarda (*Astacus Leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
50. <http://www.delinetciler.net/forum/vitaminler-mineraller/74263-fazla-demirin-insan-sagligina-zararlari.html> Web sitesinden 18.01.2013 tarihinde edinilmiştir.
51. <http://tr.scribd.com/doc/52644792/Metallerin-evresel-Etkileri-II> Web sitesinden 28.05.2012 tarihinde edinilmiştir.
52. Kalay, M. ve Erdem, C. 1995. Bakırın *Tilapia nilotica* (L.)'da Karaciger, Böbrek, Solungaç, Kas, Beyin ve Kan Dokularındaki Birikimi ile Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. *Tr. J. of Zoology*. 19(1), 27-33.
53. Köksal, O. 2001. *Gıda ve Beslenme*, Erciyes Üniversitesi Matbaası, Erciyes Üniversitesi Yayınları No: 130, Kayseri.
54. [http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138\\_6471.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf) Web sitesinden 28.05.2012 Tarihinde edinilmiştir.
55. Bakar, C. ve Baba, A. 2009. Metaller Ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne Ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu 1.Tıbbi Jeoloji Çalışmayı, Ürgüp/ Nevşehir.
56. Öztürk, M. ve Erdem, M. 1991. Sinop İli İç ve Dış Koy ve Limanlarında Yayılış Gösteren İki Omurgasız ve iki Alg Türünde Bazı Ağır Metal Birikim Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 1-85. Sinop.

57. Ünsal, M. 1994. A Preliminary Study on the Metal Content of Mussels, *Mytilus galloprovincialis* ( Lamarck ) in The Eastern Black Sea. *Turkish Journal Of Zoology*, 18 (4 ), 265 - 271.
58. Öztürk, M., Erdem, M. ve Öztürk, M. 1996. Karadeniz' in Sinop Kıyılarında Örneklenen *Mytilus galloprovincialis* ve *Cystoseira barbata* Türlerindeki Ağır Metal Düzeyleri. XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 17-20 Eylül, Çevre Biyolojisi Sektörünü, 31, İstanbul.
59. Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç. and Güngör, N. 2002. Heavy Metals in Organisms and Sediments from Turkish Coast of The Black Sea, 1997 – 1998, *Environment International*, 27, 521 – 526.
60. Çevik,U., Damla, N., Kobya, A.I., Bulut, V.N., Duran, C., Dalgıç, G. and Bozacı R. 2008. Assessment of Metal Element Concentrations in Mussel (*M. Galloprovincialis*) in Eastern Black Sea, Turkey, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 160, Issues 2-3, Pages 396-401.
61. Balkıs, N. ve Aksu, A. 2012. Batı Karadeniz Şelfi'nde Suda, Midyede ve Yüzey Sedimentlerinde Metal Kirliliği, *Ekoloji*, 21, 82, 56-64.
62. Romeo, M., Frasila, C., Gnassia-Barelli, M., Damiens, G., Micu, D. and Mustata, G. 2005. Biomonitoring of Trace Elements in the Black Sea(Romania) Using Mussels *Mytilus galloprovincialis*, *Water Research*, 39, 596-604.
63. Yarsan, E., Bilgili, A. ve Türel, İ. 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus Krynicki*) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24, 93-96s.
64. Türkmen, M., Tepe, Y., Çalışkan, E. ve Ciminli, C . 2005. Amik havzası Gölbaşı Gölü'nden İki Farklı Midye Türünün (*Unio terminalis* ve *Potamida littoralis*) Dokularında Ağır Metal Birikimi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3 (4): 16–18.
65. Sunlu, U. 2006. Trace Metals Levels in Mussels (*Mytilus galloprovincialis* L. 1758) from Turkish Aegean Sea Coast. *Environmental Monitoring and Assessment*. 114 (1-3), 273-286.



66. Çulha, Türk, S., Koçbaş, F., Gündoğdu, A., Baki, B., Çulha, M. and Topçuoğlu, S. 2011. The Seasonal Distribution of Heavy Metals in Mussel Sample from Yalova in the Marmara Sea,2008-2009, *Environ Monit assess*, 183, 525-529.
67. Besada, V., Andrade, J., M., Schultze, F. and González, J., J. 2011. Kuzey Atlantik İspanya Kıyısında 2000-2005 Yabani Midyedeki Ağır Metal Dağılımlarının Karşılaştırılması, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74(2011) 373-381.
68. Ünlü, S., Topçuoğlu, S., Alpar, B., Kırbaşoğlu, Ç. and Yılmaz, Y., Z. 2008. Heavy Metal Pollution in Surface Sediment and Mussel Samples in the Gulf of Gemlik.
69. Türkmen, A. 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus Spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Doktora Tezi.
70. Anonim, 2002. Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 63-78, Ankara.
71. Wagner, A. and Boman, J. 2004. Biomonitoring of Trace Elements in Vietnamese Freshwater Mussels. *Spectrochimia Acta Part B*, 59, 1125-1132.
72. EPA 2009. Environmental Protection Agency, National Secondary Drinking Water Regulation. <http://www.epa.gov/safewater>. Accessed 25June 2009.
73. Nisbet, C., Terzi, G., Pilgir, O. and Sarac, N. 2010. Determination of Heavy Metal Levels in Fish Samples Collected from the Middle Black Sea, *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 16 (1): 119-125.
74. Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y. and Ateş, A. 2008. Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas, *Food Chemistry* doi:10.1016/j.foodchem.2008.06.071.
75. Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y. and Akyurt, İ. 2004. Heavy Metals İn Three Commercially Valuable Fish Species From İskenderun Bay, North East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry*, 91(1): 167–172.

76. Uncumusaođlu, A., A., Gürkán, Ő., Özkan E. Y. and Büyükışık H. B. 2012. A Preliminary Research on Heavy Metals Accumulated in Liver and Muscle Tissue of Seahorse (*Hippocampus Hippocampus*) Caught From Tirebolu Coasts (Giresun, Eastern Black Sea), By Psp Volume 21 No 11b. *Fresenius Environmental Bulletin*.
77. Esen, Ö. 2006. İzmir Körfezi'ndeki Kara Midye *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 de Bulunan Toksik Maddelerin Araştırılması, Ege Üniversitesi, F, B, E, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1981 Yılında Afyonkarahisar'a bağlı Sandıklı ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Çevrepınar Köyü İlkokulu'nda tamamladı. Orta ve lise öğrenimini 2000 yılında Sandıklı Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi Giresun Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden Temmuz 2009'da mezun oldu. Aynı yıl girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek-Lisans programında öğrenim görmeye devam etmektedir.