

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU KARADENİZ KIYISAL ALANININ AĞIR METAL  
KİRLİLİĞİNİN TESPİTİ VE AKDENİZ MİDYESİNİN (*Mytilus  
galloprovincialis*) Cu TUTMA (Adsorbsiyon) KAPASİTESİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Esra YILMAZ BAYRAK**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof. Dr. Hasan BALTAŞ**

**TEZ JÜRİLERİ**

**Prof. Dr. Ahmet TABAK**

**Prof. Dr. Gökhan APAYDIN**

**Doç. Dr. Göktuğ DALGIÇ**

**Doç. Dr. Erhan CENGİZ**

**DOKTORA TEZİ**

**FİZİK ANABİLİM DALI**

**RİZE-2016**

**Her Hakkı Saklıdır**

T.C.  
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU KARADENİZ KIYISAL ALANININ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN  
TESPİTİ VE AKDENİZ MİDYESİNİN (*Mytilus galloprovincialis*) Cu TUTMA  
(ADSORBSİYON) KAPASİTESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Prof. Dr. Hasan BALTAŞ danışmanlığında, Esra YILMAZ BAYRAK tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 29/04/2016 tarihinde Fizik Anabilim Dalı'nda **DOKTORA** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	: Prof. Dr. Ahmet TABAK	
Üye	: Prof. Dr. Hasan BALTAŞ	
Üye	: Prof. Dr. Gökhan APAYDIN	
Üye	: Doç. Dr. Göktaş DALGIÇ	
Üye	: Doç. Erhan CENGİZ	

  
Prof. Dr. Selami SAŞMAZ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



## ÖNSÖZ

Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'nin denizel ortamının ağır metal kirliliğinin tespiti mevsimsel olarak seçilen 12 istasyondan yapılmış ve ağır metallerin insan vücuduna tüketim yoluyla tahmini günlük alım miktarları belirlenmiştir. Ayrıca midye (*Mytilus galloprovincialis*) türünde Cu metalinin adsorbsiyon kapasiteleri belirlenmiştir.

Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*), sediment ve deniz suyu örneklerinin ağır metal ölçümü için hazır hale getirilmesi çalışmaları Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Atom ve Molekül Fiziği Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ağır metal analizleri ile beraber midye (*Mytilus galloprovincialis*) türünde Cu metalinin adsorbsiyon kapasite ölçümleri ise Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan EDXRF (Epsilon5, PANalytical, Almelo, the Netherlands) cihazı gerçekleştirilmiştir.

Yüksek lisansa başladığım günden, doktorayı bitirdiğim güne kadar beni mesleki alanda eğiten ve her konuda maddi ve manevi yardımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hasan BALTAŞ' a en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca numunelerin denizel ortamdan toplanmasında emeği geçen Su Ürünleri Fakültesi Öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Göktuğ DALGIÇ' a teşekkür ederim.

Bu tezi hazırlarken bilgisinden ve deneyimlerinden yararlandığım Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Öğretim üyesi Sayın. Prof. Dr. Uğur ÇEVİK hocama ve bu çalışmadaki istatistiksel analizlerde benden yardımlarını esirgemeyen Biyoloji Bölümü Öğretim üyesi Doç. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım

Bu tezin hazırlanmasına destek veren ve numunelerin ölçümünde mesleki bilgisinden faydalandığım değerli arkadaşım Uzm. Murat ŞİRİN'e ve laboratuvar çalışmalarım esnasında yardımlarından faydalandığım arkadaşlarım Fatih DEVRAN ve Ömer ÇORUH'a teşekkürü borç bilirim.

Doğduğum günden beri yanımda olan, bulunduğum yeri onlara borçlu olduğum ANNEM ve BABAMA ve desteğini hep yanımda hissettiğim sevgili eşim Zafer BAYRAK'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bu doktora tezi, **113Y148** proje koduyla **TÜBİTAK**, Çevre Atmosfer Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (**ÇAYDAG**) tarafından desteklenmiştir. Verdikleri destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

**Esra YILMAZ BAYRAK**

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Doğu Karadeniz Kıyusal Alanının Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Akdeniz Midyesinin (*Mytilus galloprovincialis*) Cu Tutma (Adsorbsiyon) Kapasitesinin Araştırılması” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.

18/05/2016



Esra YILMAZ BAYRAK

*Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir*

## ÖZET

# DOĞU KARADENİZ KIYISAL ALANININ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN TESPİTİ VE AKDENİZ MİDYESİNİN (*Mytilus galloprovincialis*) Cu TUTMA (Adsorbsiyon) KAPASİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Esra YILMAZ BAYRAK

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı  
Doktora Tezi  
Danışmanı: Prof. Dr. Hasan BALTAŞ

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi Denizel Ortamının Metal Kirliliğinin Tespiti yapılmış ve Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) türünün bakır (Cu) tutma (adsorbsiyon) kapasiteleri ortaya konmuştur. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Artvin, Rize, Trabzon ve Giresun illerinin kıyıları boyunca 12 istasyondan deniz suyu, sediment ve Akdeniz midyesi örnekleri mevsimsel [yaz (Temmuz), kış (Şubat), sonbahar (Kasım) ve ilkbahar (Mayıs)] olarak toplanmıştır. Örneklerin metal konsantrasyon değerleri EDXRF spektrometresi (Epsilon5, PANalytical, Almelo, the Netherlands) ile belirlenmiştir. Yapılan metal konsantrasyon analizlerinden tüm örneklerde Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As ve Pb element konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Deniz suyu, midye yumuşak doku ve sediment örneklerinde tespit edilen metal konsantrasyon değerlerinin daha önce yapılmış olan çalışmalardan genel olarak yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer yandan, farklı boy midye yumuşak doku örneklerinde metal konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ( $p>0,05$ ).

Metal tutma kapasitesi deneylerinde Cu'nun sudaki konsantrasyon artışına paralel olarak Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) yumuşak doku örneklerinde de artış tespit edilmiştir.

Buna ilaveten, Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyon sonuçlarından tüketime bağlı olarak insan tarafından tahmini günlük metal alım değerleri (TGA) hesaplanmıştır. Tahmin edilen günlük alım değerlerinin JECFA tarafından tavsiye edilen limit değerlerinden düşük olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen konsantrasyon değerlerine ve faktör bileşen analizine göre (PCA), araştırılan alanlarda kirliliğin antropojenik yani insan faaliyetlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Sonuçlar insan sağlığı açısından bu bölgede midye tüketimi ile ilgili sağlık riski olmadığını göstermiştir.

2016, 150 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Karadeniz, midye, ağır metal kirliliği, adsorpsiyon, faktör bileşen analizi (PCA)

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF HEAVY METAL POLLUTION OF THE EASTERN BLACK SEA COASTAL AREA AND INVESTIGATION OF Cu ADSORPTION CAPACITY OF THE MEDITERRANEAN MUSSEL (*Mytilus galloprovincialis*)

Esra YILMAZ BAYRAK

Recep Tayyip Erdoğan University  
Graduate Scholl of Natural and Applied Sciences  
Department of Physics  
Ph. D. Thesis  
Supervisor: Prof. Dr. Hasan BALTAŞ

In this study, heavy metal pollution of the sea state of the Eastern Black Sea was determined and copper (Cu) uptake capacities of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) were presented. Seawater, sediment and mussel samples were collected seasonally (Summer (July), Winter (February), Fall (November) and Spring (May)) from 12 stations located at the seaside of Artvin, Rize, Trabzon and Giresun in the Eastern Black Sea Region. The metal concentrations of the samples were determined by EDXRF spectrometer (Epsilon5, PANalytical, Almelo, the Netherlands). From the results of metal analyzes of all samples it was tried to determine the elemental concentrations of Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As and Pb.

Metal concentrations values determined in mussel soft tissue and sediment samples were generally found to be higher than the previous studies. On the other hand, it was observed no statistically significant differences among the heavy metal concentrations at different shell size mussel soft tissues ( $p > 0.05$ ).

At the heavy metal uptake experiments; for the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) the Cu concentration at the soft tissues was increased as parallel with the increasing Cu concentrations in water.

In addition, by using the obtained these heavy metal concentration results, the heavy metal intake by the human population was calculated by taking into account daily mussel consumption. The estimated daily intake values for human health were determined to be below the daily intake values recommended by JECFA.

According to the obtained concentrations values and factors component analysis (PCA), it can be said that the investigated area is polluted by anthropologic sources as well as the environmental effects. Results indicates that there is no health risk related to the consumption of mussels for humans in marine environments.

2016, 150 pages

**Keywords:** Eastern Black Sea, mussel, heavy metal pollution, adsorption, principal component analysis (PCA)

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. <i>Mytilus galloprovincialis</i> 'in Morfolojisi .....	4
1.3. <i>Mytilus galloprovincialis</i> 'in Beslenmesi .....	5
1.4. Literatür Özeti.....	6
1.5. X Işınları .....	10
1.5.1. Sürekli (Frenleme) X-Işınları.....	11
1.5.2. Karakteristik X-Işınları .....	12
1.6. ED-XRF (Energy- Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry) Sistemi ve Çalışma Şartları .....	15
1.6.1. EDXRF Tanıtım.....	15
1.6.1.1. 2D Optikli EDXRF Spektrometreleri .....	16
1.6.1.2. 3D Optikli EDXRF Spektrometreleri .....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Örnekleme Noktaları.....	19
2.2. Araziden Örnekleme Çalışmaları.....	21
2.2.1. Deniz Suyu Örneklemeleri.....	21
2.2.2. Sediment Örneklemeleri .....	22
2.2.3. Akdeniz Midyesi Örneklemeleri.....	23
2.3. Elde edilen Örneklerin EDXRF Ölçümü İçin Hazır Hale Getirilmesi .....	24
2.3.1. Deniz Suyu Örnekleri .....	24
2.3.2. Sediment Örnekleri .....	27
2.3.3. Midye Örnekleri.....	29
2.4. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi için Örneklerin Hazır Hale Getirilmesi .....	34

2.5.	Akdeniz Midyesi Örneklerinde Cu Tutma (adsorpsiyon) Kapasitelerinin Ölçülmesi.....	36
2.5.1.	Araziden Örnekleme Çalışmaları.....	36
2.6.	Ağır Metal Analizi .....	39
2.7.	Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi .....	41
3.	BULGULAR.....	42
3.1.	Deniz Suyu Örneklerinin Fizikokimyasal Parametreleri .....	42
3.2.	Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	50
3.2.1.	Deniz Suyu Örnekleri .....	50
3.2.1.1.	Deniz Suyunda Mn .....	50
3.2.1.2.	Deniz Suyunda Fe.....	51
3.2.1.3.	Deniz Suyunda Ni.....	52
3.2.1.4.	Deniz Suyunda Cu .....	53
3.2.1.5.	Deniz Suyunda Zn .....	54
3.2.1.6.	Deniz Suyunda As .....	55
3.2.1.7.	Deniz Suyunda Pb .....	56
3.2.2.	Sediment Örnekleri .....	57
3.2.2.1.	Sedimentte Mn.....	57
3.2.2.2.	Sedimentte Fe .....	58
3.2.2.3.	Sedimentte Ni .....	59
3.2.2.4.	Sedimentte Cu.....	60
3.2.2.5.	Sedimentte Zn.....	61
3.2.2.6.	Sedimentte As.....	62
3.2.2.7.	Sedimentte Pb .....	63
3.2.3.	Midye Yumuşak Doku Örnekleri .....	65
3.2.3.1.	Midye Yumuşak Dokusunda Mn.....	65
3.2.3.2.	Midye Yumuşak Dokusunda Fe .....	66
3.2.3.3.	Midye Yumuşak Dokusunda Ni .....	67
3.2.3.4.	Midye Yumuşak Dokusunda Cu.....	69
3.2.3.5.	Midye Yumuşak Dokusunda Zn.....	70
3.2.3.6.	Midye Yumuşak Dokusunda As.....	72
3.2.3.7.	Midye Yumuşak Dokusunda Pb .....	73
3.2.4.	Midye Kabuk Örnekleri .....	75
3.2.4.1.	Midye Kabuklarında Mn .....	75
3.2.4.2.	Midye Kabuklarında Fe .....	76



3.2.4.3. Midye Kabuklarında Cu .....	78
3.2.4.4. Midye Kabuklarında Zn.....	79
3.2.4.5. Midye Kabuklarında Pb.....	81
3.3. Deniz suyu, Sediment ve Akdeniz Midyesi Örneklerinde Korelasyon Analiz Sonuçları .....	83
3.4. İnsan Vücuduna Midye Tüketimi Yoluyla Alınan Ağır Metallerin Belirlenmesi .....	85
3.5. Akdeniz Midyesinde Cu Tutma (adsorpsiyon) Kapasitesi Deneyinin Ölçüm Sonuçları .....	86
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	90
4.1. Deniz Suyu Parametrelerinin Değerlendirilmesi .....	90
4.2. Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	91
4.2.1. Deniz Sularının Değerlendirilmesi .....	91
4.2.2. Sediment Örneklerinin Değerlendirilmesi .....	98
4.2.3. Akdeniz Midyesi Örneklerinin Değerlendirilmesi .....	108
4.2.3.1. Akdeniz Midyesi Yumuşak Doku Örneklerinin Değerlendirilmesi .....	108
4.2.3.2. Akdeniz Midyesi Kabuk Örneklerinin Değerlendirilmesi.....	117
4.3. Akdeniz Midyesi Örneklerinde Cu Tutma (adsorpsiyon) Kapasitesinin Değerlendirmesi.....	117
5. ÖNERİLER.....	122
KAYNAKLAR .....	123
ÖZGEÇMİŞ .....	132

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.</b>	<i>Mytilus galloprovincialis</i> 'in içten ve dıştan genel görünüşü.....	5
<b>Şekil 2.</b>	X-ışını Tüpü .....	11
<b>Şekil 3.</b>	Elektronların elastik ve inelastik saçılması ve Bremsstrahlung ışınlarının üretilmesi .....	12
<b>Şekil 4.</b>	Karakteristik X-ışınlarının ve Auger elektronunun meydana gelmesi.....	13
<b>Şekil 5.</b>	Atomlarda elektron geçişleri ve karakteristik X-ışını yayımlanmasının şematik olarak gösterimi.....	14
<b>Şekil 6.</b>	Sürekli ve karakteristik X-ışınları dalga boyu spektrumu.....	15
<b>Şekil 7.</b>	Doğrudan uyarmsız ve 3D optiğine sahip EDXRF spektrometresiyle ölçülmüş olan Akdeniz midyesi yumuşak dokusu için örnek spektrum .....	17
<b>Şekil 8.</b>	Enerji ayrımlı spektrometrelerden, doğrudan uyarmalı ve 2D optikli (solda) ve doğrudan uyarmsız polarize olan 3D optikli spektrometre (sağda).....	18
<b>Şekil 9.</b>	EDXRF cihazı (Epsilon 5, PANalytical, Almelo, the Netherlands) .....	18
<b>Şekil 10.</b>	Doğu Karadeniz bölgesinde örnek alınan istasyonlar .....	20
<b>Şekil 11.</b>	YSI marka prob (sonda) ile deniz suyunun kalite parametrelerinin ölçümü (T3 istasyonu, Şubat 2014).....	21
<b>Şekil 12.</b>	20 lt'lik bidonlara alınan yüzey deniz suyu örnekleri (T3 istasyonu, Şubat 2014).....	22
<b>Şekil 13.</b>	Sediment örnekleme (R1 istasyonu Şubat, 2014).....	23
<b>Şekil 14.</b>	Alınan midye örneklerinden fooling organizmaların temizlenmesi.....	24
<b>Şekil 15.</b>	Deniz suyu örneklerinin elektrikli ısıtıcılar üzerinde buharlaştırılması .....	25
<b>Şekil 16.</b>	Deniz suyunun buharlaştırıldığı beherlerde kalan tortuların spatula ile kazınarak plastik kaplara alınması .....	26
<b>Şekil 17.</b>	Elde edilen deniz suyu tortularının etüvde kurutulması .....	26
<b>Şekil 18.</b>	Deniz suyu örneklerinde tortuların etüvde kuruduktan sonraki hali .....	27
<b>Şekil 19.</b>	Deniz suyu örneklerinden elde edilen tortuların agatta öğütülmesi .....	27
<b>Şekil 20.</b>	85 °C'de etüvde kurutulan sediment örnekleri .....	28
<b>Şekil 21.</b>	Elekten (37 µm) geçirilen sediment örnekleri.....	28
<b>Şekil 22.</b>	Taşınabilir soğutucu ile laboratuvar ortamına getirilen midye örnekleri .....	29
<b>Şekil 23.</b>	Midye örneklerinde yumuşak dokuların kabuklardan ayrılması.....	30
<b>Şekil 24.</b>	Midye örneklerinde yumuşak dokuların ve kabukların istasyonlar dikkate alınarak ayrı ayrı kaplara yerleştirilmesi.....	30
<b>Şekil 25.</b>	Midye örneklerinde yumuşak doku ve kabukların etüvde 105 °C' de kurutulması.....	31
<b>Şekil 26.</b>	Midye örneklerinin yumuşak dokularının agatta öğütülmesi.....	32

<b>Şekil 27.</b>	Agatta toz haline gelmiş midyelerin yumuşak dokuları .....	32
<b>Şekil 28.</b>	Midye kabuklarının temiz bir bez arasında taş yardımıyla kırılması .....	33
<b>Şekil 29.</b>	Midye kabuklarının agatta öğütülmesi .....	33
<b>Şekil 30.</b>	EDXRF ölçümü için hazır hale gelen deniz suyu örnekleri .....	34
<b>Şekil 31.</b>	EDXRF ölçümü için hazır hale gelen sediment örnekleri.....	35
<b>Şekil 32.</b>	EDXRF ölçümü için hazır hale gelen Akdeniz midyesi yumuşak doku örnekleri.....	35
<b>Şekil 33.</b>	EDXRF ölçümü için hazır hale gelen Akdeniz midyesi kabuk örnekleri .....	36
<b>Şekil 34.</b>	Akdeniz midyesi örnekleri .....	37
<b>Şekil 35.</b>	Midyeler için kontrol ve deneme akvaryumları .....	37
<b>Şekil 36.</b>	Bakır (Cu) stok çözeltileri .....	38
<b>Şekil 37.</b>	Deniz suyu örneklerinde Mn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	51
<b>Şekil 38.</b>	Deniz suyu örneklerinde Fe konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	52
<b>Şekil 39.</b>	Deniz suyu örneklerinde Ni konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	53
<b>Şekil 40.</b>	Deniz suyu örneklerinde Cu konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	54
<b>Şekil 41.</b>	Deniz suyu örneklerinde Zn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	55
<b>Şekil 42.</b>	Deniz suyu örneklerinde As konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	56
<b>Şekil 43.</b>	Deniz suyu örneklerinde Pb konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	57
<b>Şekil 44.</b>	Sediment örneklerinde Mn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	58
<b>Şekil 45.</b>	Sediment örneklerinde Fe konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	59
<b>Şekil 46.</b>	Sediment örneklerinde Ni konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	60
<b>Şekil 47.</b>	Sediment örneklerinde Cu konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	61
<b>Şekil 48.</b>	Sediment örneklerinde Zn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	62
<b>Şekil 49.</b>	Sediment örneklerinde As konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	63
<b>Şekil 50.</b>	Sediment örneklerinde Pb konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	64

<b>Şekil 51.</b>	Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	66
<b>Şekil 52.</b>	Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Fe konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	67
<b>Şekil 53.</b>	Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Ni konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	68
<b>Şekil 54.</b>	Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Cu konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	70
<b>Şekil 55.</b>	Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Zn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	71
<b>Şekil 56.</b>	Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde As konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	73
<b>Şekil 57.</b>	Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Pb konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi .....	74
<b>Şekil 58.</b>	Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Mn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi.....	76
<b>Şekil 59.</b>	Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Fe konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi.....	77
<b>Şekil 60.</b>	Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Cu konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi.....	79
<b>Şekil 61.</b>	Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Zn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi.....	80
<b>Şekil 62.</b>	Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Pb konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi.....	82
<b>Şekil 63.</b>	Farklı Cu konsantrasyonlarına maruz kalan midyelerin yumuşak dokularındaki Cu tutma kapasitesi .....	88
<b>Şekil 64.</b>	Sabit 0,36 $\mu\text{g L}^{-1}$ lik Cu konsantrasyonuna maruz bırakılmış farklı boylardaki midyelerin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyon değerlerinin güne göre değişimi .....	89
<b>Şekil 65.</b>	Deniz suyu örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerleri .....	94
<b>Şekil 66.</b>	Deniz suyu örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyonların ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) istatistiksel özeti .....	95
<b>Şekil 67.</b>	Sediment örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerleri .....	102
<b>Şekil 68.</b>	Sediment örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyonların ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) istatistiksel özeti .....	103
<b>Şekil 69.</b>	Sediment örneklerinde ağır metal ve organik madde miktarlarının faktör analiz grafiği.....	105

- Şekil 70.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerleri..... 112
- Şekil 71.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyonların ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) istatistiksel özeti..... 113
- Şekil 72.** Deniz suyu, sedimet ve Akdeniz midyesi örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için ortalama konsantrasyonların ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) istatistiksel özeti..... 116



## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Örneklem İstasyonları .....	20
<b>Tablo 2.</b> Uygulama ölçüm zamanına bağlı dedeksiyon limitleri .....	39
<b>Tablo 3.</b> Sertifikalı referans malzeme sediment (NRCMESS-3) örneğinin kimyasal analiz sonuçları .....	40
<b>Tablo 4.</b> Sertifikalı referans malzeme midye (NIST-2976) örneğinin kimyasal analiz sonuçları.....	41
<b>Tablo 5.</b> Deniz suyu örneklerinde sıcaklık değerlerinin mevsimsel olarak değişimi ..	43
<b>Tablo 6.</b> Deniz suyu örneklerinde tuzluluk değerlerinin mevsimsel olarak değişimi..	44
<b>Tablo 7.</b> Deniz suyu örneklerinde iletkenlik değerlerinin mevsimsel olarak değişimi	45
<b>Tablo 8.</b> Deniz suyu örneklerinde pH değerlerinin mevsimsel olarak değişimi .....	46
<b>Tablo 9.</b> Deniz suyu örneklerinde TDS değerlerinin mevsimsel olarak değişimi .....	47
<b>Tablo 10.</b> Deniz suyu örneklerinde oksijen doygunluğu (%) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi .....	47
<b>Tablo 11.</b> Deniz suyu örneklerinde çözülmüş oksijen ( $\text{mg L}^{-1}$ ) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.....	49
<b>Tablo 12.</b> Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	50
<b>Tablo 13.</b> Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	51
<b>Tablo 14.</b> Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	52
<b>Tablo 15.</b> Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	53
<b>Tablo 16.</b> Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	54
<b>Tablo 17.</b> Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	55
<b>Tablo 18.</b> Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	56
<b>Tablo 19.</b> Sedimentte mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	57
<b>Tablo 20.</b> Sedimentte mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	58
<b>Tablo 21.</b> Sedimentte mevsimlere göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	59
<b>Tablo 22.</b> Sedimentte mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	60
<b>Tablo 23.</b> Sedimentte mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	62
<b>Tablo 24.</b> Sedimentte mevsimlere göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	63
<b>Tablo 25.</b> Sedimentte mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).....	64
<b>Tablo 26.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	65
<b>Tablo 27.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	65

<b>Tablo 28.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	66
<b>Tablo 29.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	67
<b>Tablo 30.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	68
<b>Tablo 31.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	68
<b>Tablo 32.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	69
<b>Tablo 33.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	69
<b>Tablo 34.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	71
<b>Tablo 35.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	71
<b>Tablo 36.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	72
<b>Tablo 37.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	72
<b>Tablo 38.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	74
<b>Tablo 39.</b> Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	74
<b>Tablo 40.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarındaki mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	75
<b>Tablo 41.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarda boylara göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	75
<b>Tablo 42.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarındaki mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	77
<b>Tablo 43.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarında boylara göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	77
<b>Tablo 44.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	78
<b>Tablo 45.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarda boylara göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	78
<b>Tablo 46.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	80
<b>Tablo 47.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarında boylara göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	80

<b>Tablo 48.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	81
<b>Tablo 49.</b> Akdeniz Midyesi kabuklarında boylara göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) .....	81
<b>Tablo 50.</b> Deniz suları elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları .....	84
<b>Tablo 51.</b> Sedimentlerde elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları.....	84
<b>Tablo 52.</b> Midyelerin yumuşak dokularındaki elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları.....	84
<b>Tablo 53.</b> Midyelerin kabuklarındaki elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları.....	84
<b>Tablo 54.</b> Midye tüketimine bağlı olarak metallerin insan vücudundaki tahmini günlük alım değerlerinin ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ ) illere göre dağılımı .....	85
<b>Tablo 55.</b> Akdeniz midyesi örneklerinin Cu tutma kapasitesi deney sonuçları.....	87
<b>Tablo 56.</b> Sabit $0,36 \mu\text{gL}^{-1}$ 'lik Cu konsantrasyonuna maruz bırakılmış farklı boylardaki midyelerin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyonlarının güne göre değişim sonuçları.....	88
<b>Tablo 57.</b> Midye tüketimine bağlı olarak Cu metalinin insan vücudundaki tahmini günlük alım değerleri ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ ) .....	89
<b>Tablo 58.</b> Deniz suyu örneklerinde metal konsantrasyonlarının ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) diğer çalışmalarla kıyaslanması .....	97
<b>Tablo 59.</b> Sediment örneklerinde ağır metallerin ve organik madde miktarının faktör analiz sonuçları.....	104
<b>Tablo 60.</b> Sediment örneklerindeki metal konsantrasyonlarının ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) diğer çalışmalarla kıyaslanması .....	107
<b>Tablo 61.</b> Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerindeki ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) metal konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla kıyaslanması .....	115



## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Å	: Angstrom
s	: Saniye
dw	: Kuru ağırlık
g	: Gram
kg	: Kilogram
µg	: Mikrogram
α	: Alfa
β	: Beta
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
µS	: Mikrosiemens
ppm	: Milyonda bir birim
ppt	: Binde bir birim
Z	: Atom numarası
W	: Watt
mA	: Miliamper
kV	: Kilovolt
C	: Konsantrasyon
ω	: Açısal Hız
f	: Frekans
N <sub>b</sub>	: Background için sayım aralığı
N <sub>p</sub>	: Sayım piki
t	: Zaman
DL	: Dedeksiyon limiti
l	: Litre
TDS	: Toplam çözünmüş katı madde
λ	: Dalga boyu
°C	: Santigrat
W	: Midyenin günlük ortalama tüketimi
m	: Vücut ağırlığı
LC	: Öldürücü konsantrasyon

CCREM	: Canadian Council of Resource and Environment Ministers
CAC	: Codex Alimentarius Commission
EPA	: Environmental Protection Agency
FAO	: Food and Agriculture Organization
JECFA	: Evaluation of certain food additives and contaminants
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
TEG	: Turkish Environmental Guidelines
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
USEPA	: United State Environmental Protection Agency
USFDA	: United State Food and Drug Administration
WHO	: World Health Organization

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Karadeniz 17 ülke, 13 büyük şehir ve 160 milyon insanın etkisi altında olan yarı kapalı özellikte bir iç denizdir. Tuna, Dinyester ve Dinyeper gibi Avrupa ve Asya kıtalarının önemli akarsularıyla birlikte Karadeniz kendi alanının yaklaşık 5 katı büyüklüğünde (yaklaşık 2,2 milyon km<sup>2</sup>) bir havzanın etkisini taşımaktadır. Karadeniz'in en belirgin özelliği, 150-200 m derinlikten sonra hidrojen sülfür tabakasının bulunmasından dolayı, bütün biyolojik aktiviteler dar bir alanda gerçekleşmektedir. Geriye kalan % 90'lık kısım ise su değişimlerinin yetersiz olduğu oksijensiz katmandır (Tuncer ve ark., 1998; Readman ve ark., 2002). Karadeniz ekosistemi, son 20-30 yılda ortaya çıkan iklimsel ve insan kaynaklı etkenlerden dolayı günümüzde son derece sağlıksız bir hale dönüşmüştür (Kıdeyş, 1994). Karadeniz'deki kirlilik esas olarak, denize dökülen nehir sularının içerdiği ağır metallere kaynaklanmaktadır. Bunun yanında Karadeniz kıyı suları kanalizasyonlar ve içeriği bilinmeyen variller tarafından olumsuz bir şekilde etkilenmekte ve bu durum kıyı ülkelerinin zayıf ekosistemleri ile daha da kötüleşmektedir. Tüm bu çevresel sorunlar, kıyıdaş devletlerde sosyal ve ekonomik durum üzerinde onarılması giderek güçleşen sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunlarla baş edebilmek ve denizin doğasını korumak için Karadeniz havzasındaki kıyı ülkeleri, petrol ve atıklardan su alanlarının temizlenmesi amacıyla uluslararası kurallar hazırlamış ve balıkçılık yönetmeliklerini bilimsel olarak düzenlemişlerdir. Fakat, Karadeniz için alınan bu önlemler son yıllarda hızla gelişen sanayi ve artan nüfusla beraber oldukça yetersiz kalmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli geçim kaynaklarından birisi denizel ortamda yaşayan canlılardır. Bu bölgede; kıyı boyunca bulunan liman, sanayi, tersane, çeşitli fabrikaların yanı sıra Karadeniz'e dökülen belli başlı önemli nehir, ırmak, dere gibi akarsular boyunca bazı maden işletmeleri ve enerji kaynaklarının mevcut olduğu bilinmektedir. Diğer yandan, hiç bir işleme tabi tutulmayan kanalizasyon atıkları ve tarımsal atıklar Doğu Karadeniz kıyılarında metal kirliliğinin ana kaynağıdır (Topcuoğlu vd., 2003). Bu tip insan kaynaklı veya doğal kirleticilerin denizlerde hangi türlerde ne oranda birikim yaptığı ise yeterince bilinmemektedir.

Bu olumsuz etkilerin yanında, ağır metaller tarafından deniz ekosistemimizin kirlenmesi dünya çapında bir kaygıdır. Ağır metaller deniz ortamında iz miktarda bulunmasına karşın, çeşitli organizmalardaki doğal düzeyleri ve birikim miktarları farklı olabilmektedir. Ağır metaller çevre kirliliğine neden olmaları ve çok düşük konsantrasyonlarda bile deniz canlılarına (özellikle midye, istiridye ve yosun) ve insanlara toksik etki göstermeleri nedeniyle üzerinde durulması gereken toksik kirleticilerdir. Çağımızda endüstrinin hızla gelişmesi ve yaşam standartlarının artmasına paralel olarak ağır metallerin kullanım alanları da giderek artmaktadır (Kaya vd., 1998).

Metaller ve inorganik atıklardan oluşan kirleticiler çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek gelişmiş canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında ayrı bir öneme sahiptirler (Hışıl vd, 1979; Şanlı ve Sarıgöl, 1981). Özellikle kadmiyum (Cd), cıva (Hg), kurşun (Pb) ve krom (Cr) gibi ağır metaller, besin zincirleriyle girdikleri canlı bünyelerinde doğal fizyolojik mekanizmalarla atılamadıkları için birikim eğilimi gösterir ve organizmada belirli sınır değerleri aştığında toksik etki gösterirler (Vural, 1996). Bu birikim sonucunda sularda yaşayan midyeler ve diğer sucul organizmalar olumsuz etkilenmekte, bu organizmalarla beslenen canlılarda metallerin toksik etkilerine maruz kalmaktadır.

Midyelerin yumuşak dokularında kirleticilerin birçoğunu biriktirdiği bilinmektedir. Bu yüzden, midyeler denizel ortamdaki metal kirliliğini izlemek için yaygın olarak kullanılırlar (Fatoki vd, 2012). Ağır metaller nehir ağzı ve kıyısız suların büyük antropojenik kirleticileridir (Sunlu, 2006). Cu (bakır) sucul organizmaların metabolizması için gerekli bir element ve biyokimyasal süreçlerde önemli bir rol oynamasına rağmen, Cu konsantrasyonları belirli değerleri aştığında canlı organizmalar için toksik etki oluşturmaktadır (Fei ve Tianxiang, 2011). Cu, deniz ve nehir ağzı sularına belediye atıkları, madencilik, endüstriyel atıklar ve deniz ortamından direçle sediment alınması sebebiyle girmektedir (Parry ve Pipe, 2004). Midyeler solungaçları vasıtasıyla suyun önemli bir miktarını pompaladıklarından dolayı, suda çözünmüş fazdan metal adsorpsiyonu midyelerde metal birikimi için önemli bir potansiyel kaynaktır (Chong ve Wang, 2001). *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerin kıyısız bölgelerde çevresel kirliliğin takibi için önemli bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Jovic ve

Stankovic, 2014). Yapılan çalışmalarda, örnekleme ve çevresel değişkenlerin etkileri büyük ölçüde göz ardı edildiğinden dolayı, biyolojik indikatör organizmaların kullanımı ile yapılan araştırmaların sonuçlarını daha güvenli hale getirmek amacıyla bu organizmalarda metal birikimini deneysel olarak gözlemek metal kirliliğinin tespitinde ve yorumlanmasında bilimsel bir yaklaşım açısından gereklilik göstermektedir (Philips, 1970). Midyeler farklı metaller için farklı birikim kapasitelerine sahiptir (Yap vd., 2003). Midyelerde metal birikimini etkileyen birçok faktör vardır. En önemli faktörlerden bazıları boy, beslenme kapasitesi ve ağırlıktır (Saavedra vd., 2004). Boyut değişimi ile midyelerde ağır metal içerikleri bazen önemli değişiklikler göstermiştir (Çevik vd., 2008). Midyelerde Cu adsorpsiyon kapasitesi üzerine kabuk boyu ve cinsiyetin etkisi yaygın olarak çalışılmıştır ve stresli koşullar altında midyelerin işlev görme yeteneği üzerine kirlenici maddelerin etkisini değerlendirmek yararlı bir araç olarak literatürde önerilmiştir (Lobel vd., 1991; Widdows ve Donkin, 1992; Sze ve Lee, 2000; Mubiana vd., 2006; Zhong vd., 2013).

Geniş bir coğrafi dağılıma sahip olan midyeler insanlar tarafından sıklıkla tüketilmektedir (Fish ve Fish, 1996). Kirlenmelerin canlılara verdiği sağlık riskini gözlemek için, hedef organizmaların kirlenmelere maruz kalma yollarını tespit ederek, maruz kalma düzeyini tahmin etmek çok önemlidir (Arora vd., 2008). Midyelerin yenilebilir ve ticari olarak pazarlandığı düşünüldüğünde, metal kirliliğine maruz kalmış midyelerin hem tüketilme hem de pazarlanma miktarı sınırlanabilir. Metalle kirlenmiş midyelerin insanlar tarafından aşırı şekilde tüketimi zehirlenme ile sonuçlanabilir. İnsanların sucul organizmalardaki ağır metal zehirlenmesine besin zinciri ile maruz kalması, insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturur. Bu yüzden, deniz organizmalarındaki metal kirliliği seviyelerini izlemek gereklidir (Ferreira vd., 2005).

Deniz kirliliği, deniz ekosistemine zarar vermesi ve denizin kullanım kalitesini düşürmesinden dolayı insan sağlığını tehlikeye atmaktadır. Çift kabuklu yumuşakçalardan özellikle midyeler, kıyısız kirliliğin en iyi biyolojik göstergelerindedir. Hareketsiz doğası, genellikle örnekleme bölgelerinde yeterli bireylerinin olması, kolayca örneklenebilmelerini sağlamaktadır. Midyeler biyoindikatör olduğundan, suyu süzerek beslendiğinden kirlenmeleri yapılarında biriktirirler.

Denizel ortamda radyoaktif veya kimyasal kirlilik araştırmalarında sediment bulgularının deniz kirliliğini yansıtmada kullanımı da oldukça yaygındır (Güngör, 1999). Sediment, sucul ortamın önemli bir bileşeni olup kimyasal ve fiziksel işlemler ile taşların veya organik materyallerin küçük parçalara ayrılması sonucu oluşmakta ve daha sonra suyun hareketi ile dibe çökerek birikme özelliği göstermektedir. Ayrıca denizde yaşayan canlıların ölüleri, atıkları ve dışkıları yer çekimi etkisiyle dibe çökmektedir ve sedimentin organik kısmının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Kirlenmiş sediment yapısı, çevre ve insan sağlığına yüksek derecede etkisi olabilen, zehirli veya tehlikeli materyalleri içeren ve suyun dibinde biriken toprak, kum, organik madde ve diğer minerallerdir. Ayrıca sedimentler deniz canlıları için besleyici ve toksik maddeleri toplayan alanlar olmakta ve birçok kirletici türü besin zinciri yoluyla da insana kadar ulaşabilmektedir. Sedimentlerde kirleticilerin birikim yapması, çevresindeki doğal yaşamı ve canlıları olumsuz etkilemekte ve çevresel sorunlara neden olmaktadır. Toksik maddelerin dağılımı ve transferindeki durumun genel olarak anlaşılmasında sediment analizi oldukça önemlidir (Akgün, 2015).

Yüksek düzeyde metallerin deniz organizmaları üzerinde olumsuz etkileri ve insanlar için yiyecek olarak kullanılması ile ilgili problemleri hakkında ciddi kaygılardan dolayı, deniz organizmalarının metal biyoakümülyasyonu son yıllarda büyük ilgi konusu olmuştur. Ağır metaller tarafından su ortamındaki kirlilik seviyeleri su, sediment ve deniz organizmaları analiz ederek tahmin edilebilir (Bazzi, 2014). Sedimentler ile karşılaştırıldığında, deniz organizmaları büyük mekânsal hassasiyet gösterirler ve bu nedenle, biyolojik olarak mevcut ağır metal kirlilik kaynaklarının belirlenmesi için en güvenilir araçlardır (Bazzi, 2014). Sonuç olarak, kirliliğin değerlendirilmesinde deniz organizmalarının hem biyomonitör hemde biyoindikatör olarak kullanımı gitgide artmaktadır (Rainbow 1995; Villares vd., 2002). Bu nedenle, son 40 yıl boyunca, iz elementler ve canlı organizmalarda etkilerinin tespiti çok önemli hale gelmiştir.

## **1.2. *Mytilus galloprovincialis*'in Morfolojisi**

Midyeler üçgenimsi ve bilateral simetrik canlılardır. Kabuk, ön kenar, arka kenar, ventral kenar ve dorsal kenardan oluşur. Kabuğun dışı mor-siyah ve kahverenginin

çeşitli tonlarında, içi ise sedef parlaklığındadır. Bu türün yaygın boy uzunluğu 7 – 8 cm olmasına rağmen maksimum boy uzunluğu 10 – 11 cm kadar olabilir (Şekil 1).



**Şekil 1.** *Mytilus galloprovincialis*'in içten ve dıştan genel görünüşü.

Tipik olarak *Mytilus galloprovincialis*, diğer bazı türlere göre kıyaslandığında kabuk yapısı yönünden daha yumuşak kıvrım gösteren bir yapıya sahiptir ve ayrıca ventral ligament kenarları arasındaki açığı dikdir. *Mytilus galloprovincialis*'in kabukları ön yüzde daha yassıdır. Manto rengi tipik olarak menekşe moru rengindedir.

*Mytilus galloprovincialis*'in belli başlı yaşam alanları Akdeniz, Adriyatik Denizi ve Karadeniz olmakla birlikte kuzeye doğru da yayılmışlardır (Doğu Fransa, İrlanda, Güney Batı İngiltere) (Kantar, 2012). Sert zeminlere ve kayalara bissus iplikleri ile tutunarak, 0-200 metre arasında, ancak genelde sığ sularda bulunurlar. Filtrasyonla beslenmesi nedeniyle akıntının güçlü olduğu sularda veya organik madde yükünün fazla olduğu sakin sularda yaşarlar.

### **1.3. *Mytilus galloprovincialis*'in Beslenmesi**

Midyeler fitoplankton ve asılı haldeki organik maddelerle beslenirler. Besinlerini süzerek aldıklarından sudaki maddeleri dokularında biriktirmekte, bu nedenle de kirlilik araştırmalarında Türkiye’de ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalarda öncelikli seçilen bir

tür olmaktadır. Midyeler 2 – 100 µ 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. Midyeler sindirim yapmazlar. Midyelerin filtrasyon hızı üzerine; midye büyüklüğü, partikül büyüklüğü, partikül yoğunluğu, partikül türü, su sıcaklığı, su akıntısı etkilidir.

Midyenin vücudunun gerisinde, biri su girişi diğeri su çıkışına yarayan ve karın ve sırt sifonları adlarını alan iki delik bulunur. Su arkadan öne doğru üzerinde titreşim tüyleri bulunan solungaçlardan geçerek hareket eder. Su içerisindeki besin maddeleri ağız kısmından geçerken yakalanır. Sudaki malzemenin olduğu gibi filtrelenmesi nedeniyle suyu temizlerler.

Midyeler ortalama olarak ayda 4 mm ve yılda 30 – 50 mm büyürler. Optimum büyüme için uygun pH değeri 7 – 9'dur. % 20 tuzluluk ve 14 °C su sıcaklığı da büyüme için en uygun değerleri ifade etmektedir. Midyelerde hayati faaliyet 28 °C sıcaklık ve % 40 tuzluluğun üzerinde durur. Ayrıca kabuklu su canlılarında büyümeyi sıcaklık ve besin azlığı veya yokluğu etkilemektedir (Esen, 2006).

#### **1.4. Literatür Özeti**

Denizel kirliliğinin araştırılmasında, bu ortamda yaşayan organizmalar, deniz suyu ve sediment örnekleri üzerinde pek çok çalışma yapılmış ve ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmaların kısa özeti aşağıda verilmiştir.

Bat ve arkadaşları (1999), Karadeniz'in Sinop kıyılarından toplanan Akdeniz midyesi'nin dokularında bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarını kıyusal suların metal kirliliğini belirlemek amacıyla atomik adsorpsiyon spektrofotometresiyle ölçmüşlerdir. Elde edilen ağır metal konsantrasyonları örneklenen üç istasyon arasında istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. En yüksek Zn, Cu ve Pb konsantrasyonları Dışlıman'dan toplanan numunelerde iken, en yüksek Cd konsantrasyonu İçlişman'dan toplanan numunelerde gözlenmiştir. En düşük Cu, Pb ve Zn değerleri ise Karakum'da ölçülmüş ve en düşük Zn değeri de Aklıman'dan elde edilmiştir. Genel anlamda



midyelerdeki metal konsantrasyonları sırasıyla Zn>Cu>Pb>Cd şeklinde azalma göstermiştir.

Bat ve arkadaşları (2013), Akdeniz midyesinin hayatta kalması üzerine deniz suyundaki bakır, kurşun ve çinkonun akut (96 saat) ve kronik (28 gün) toksisitesini ölçmek için çeşitli deneyler yapmışlardır. Midyeler için bu metallerin toksisitesini istatistik ve yarıistatistik olarak belirlemiş ve midyelerin farklı boyları için LC<sub>50</sub> (%50 için öldürücü konsantrasyon) değerlerini hesaplamışlardır. Midyelerdeki hayatta kalma oranı artan Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları ile azalmıştır. Fakat deniz suyundaki çözülmüş Cu, Pb ve Zn metallerinin, sedimentli ortamda sedimentsiz ortama göre daha yüksek çıktığı gözlenmiştir.

Çevik ve arkadaşları (2008), Doğu Karadeniz’de farklı boylara ayırdıkları midyelerdeki metal konsantrasyonlarını EDXRF ve FAAS (Flame Atomic Absorbtion Spektroskopy) yöntemiyle analiz etmişlerdir. Midyelerin yumuşak dokularında K, Ca, Fe, Cu, Zn ve Sr elementleri bulunurken, kabuklarında ise Ca, Cu, Sr ve Ba elementlerini bulmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlardan midyelerin yumuşak dokularındaki Cu ve Zn değerlerinin Türk yönetmeliğinin izin verilebilir seviyelerinin üzerinde olduğunu görmüşlerdir.

Karaaliğlu (2006), çalışmasında Sinop kıyı şeridinde, deniz suyu, midye ve sediment örneklerinde deniz ortamı ağır metal kirliliğini (Pb, Cu, Zn, Cd) araştırmıştır. Analizleri gerçekleştirilen ağır metallerin yıllık ortalamaları deniz suyu için; Pb (0,05 mg/l), Cu (0,09 mg/l), Zn (0,16 mg/l), midye için Pb (2,75 mg/kg), Cu (7,65 mg/kg), Zn (43,25 mg/kg) ve sediment için Pb (63,46 mg/kg), Cu (56,07 mg/kg), Zn (204,12 mg/kg) bulunmuştur. Elde edilen değerlerin mevsimsel ve istasyonlara göre farklılığın önemi araştırılmış ve ilgili standartlara göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Genel olarak bakıldığında İçliman ve Dışliman istasyonlarında, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde metal kirlenici konsantrasyonunun daha yüksek olduğunu gözlemiştir.

Yap ve arkadaşları (2004), başlıca bir *Isochrysis galbana* ve *Perna viridis* içerisindeki Cd, Cu, Pb ve Zn’nin zehirlilik etkisi ve dayanımını araştırmışlardır. Sırasıyla kahverengi alg ve midyelerde bu ağır metallerin 5 günlük EC<sub>50</sub> ve 24 saatlik

LC<sub>50</sub>'sini belirlemişlerdir. EC<sub>50</sub> ve LC<sub>50</sub> değerleri baz alındığında midyelerin en çok bakır'a daha sonra sırasıyla kadmiyum, çinko ve kurşun'a, alglerin ise en çok çinko'ya daha sonrada sırasıyla kadmiyum, bakır ve kurşun'a duyarlı olduğunu bulmuşlardır.

Topçuoğlu ve arkadaşları (2002), 1997-1998 yılları boyunca, Karadeniz'in Türkiye kıyısından topladıkları makroalg, deniz salyangozu, midye, balık ve sediment örneklerinde Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu ağır metallerinin konsantrasyonlarını atomik absorpsiyon spektrometresi ile araştırmışlardır. Sonuçları incelediklerinde Karadeniz kıyısının ağır metal kirliliği ile karşı karşıya olduğunu belirtmişlerdir. Makroalg, deniz salyangozu, midye ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarını çok yüksek bulmuşlardır. Buna rağmen hamsi balığı örneklerinde Cd, Pb ve Cu konsantrasyonlarının azaldığını tespit etmişlerdir. Co, Fe, Zn, Cr, Mn ve Ni içeriklerini önceki çalışmalarla karşılaştırdıklarında değişim olduğunu gözlemişlerdir.

Sur ve arkadaşları (2012), Karadeniz'in Türkiye kıyıları boyunca deniz tabanı yüzey sedimentlerindeki kirlilik durumunu araştırmışlardır. 2010 yılının sonbaharında 26 istasyondan topladıkları sediment örneklerinde Al, Cd, Cu, Pb, V ve Hg ağır metallerinin konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Kirlilik derecesini bir istasyonda çok yüksek, on beş istasyonda orta derecede yüksek ve bir istasyonda düşük bulmuşlardır. Çalışmada kirleticilerin insan kaynaklı olup olmadığını belirlemişlerdir.

Besada ve arkadaşları (2011), kıyısız ekolojik kirliliği hesaplamak için 2000 ve 2005'te İspanya'nın Kuzey Atlantik kıyısındaki 41 istasyondan topladıkları Akdeniz midyelerinde Hg, Cd, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlardır. Konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrometresiyle belirlemişlerdir. Genelde metal seviyeleri Kuzey bölgesinde Atlantik bölgesine göre daha yüksek çıkmıştır. İnsan yaşamından uzak olan bazı örnekleme noktalarında (Atlantik kıyısı) daha yüksek Cd seviyeleri gözlenmiştir. Kuzeyden doğuya doğru Cu seviyelerinde artış varken, Zn seviyelerinde benzerlik görülmüştür.

Dumme ve arkadaşları (2012), Beung Boraphet Baraj Gölü, Nakhon Sawan ve Thailand merkezinin seçilmiş üç akarsuyundaki su, sediment, salyangoz ve su

bitkilerinde ağır metallerin (Cu, Mn, Fe, Zn, Pb, Cd) mevsimsel konsantrasyonlarındaki değişimleri belirlemişlerdir. Fe, Mn, Cu, Zn konsantrasyonlarıyla orta temizlikte olan Beung Boraphet Baraj Gölü'nün su kalitesi uluslararası kabul edilen limitlerin oldukça aşağısında gözlenmiştir. Sedimentler için EPA Region tarafından tavsiye edilen kriterlere göre V, Zn, Mn konsantrasyonları kirlilik olmayan aralık içerisinde iken, Fe ve Cu (kış sezonu) konsantrasyonları çok ciddi kirlenmiş sediment sınıfı içerisine girmiştir. *Pomacea canaliculata* salyangoz türü ve *Pomoea aquatica* su bitkisi türünün her ikisinde de özellikle kış sezonunda Mn konsantrasyonlarının sedimentlere göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Jiang ve arkadaşları (2014), Yellow Denizi'nde yaz ve kış aylarında (2011) 56 istasyonda yüzey sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarını indüktif kuplajlı plazma-kütle spektrometresiyle analiz etmişlerdir. Güney Yellow Denizi ve batı yakasındaki Kuzey Yellow Denizi'nde ağır metallerin (Mn hariç) yüksek konsantrasyonlarını gözlemişlerdir. Kuzey Batı Bölgesi hariç olmak üzere, Yellow Denizi'nin popülasyon değerleri düşük kirlilik yada kirlilik olmadığını göstermiştir.

Vallius (2014), Baltık Denizi'nde 2008 ve 2010 yılları arasında sediment konsantrasyonlarındaki ağır metalleri (Hg, Cd, Cu, Pb, Zn, As) araştırmıştır. Yüzey sedimentlerindeki hemen hemen bütün ağır metal türlerinin insanlar ve çevre için güvenli limitlerin altında olduğunu gözlemiştir. Buna rağmen kadmiyum ve cıvanın birçok alanda nispeten yüksek konsantrasyonlarda kaldığı görülmüştür. Arsenik konsantrasyonlarının ise Finlandiya Körfezi içinde güvenli seviyelerde, Bothnian Koyu'nun yüzey sedimentlerinde ise yüksek seviyelerde olduğunu görmüştür ve bu sonucun deniz yaşamı için bir potansiyel tehdit oluşturduğunu belirtmiştir.

Sze ve Lee (1995), yaptıkları çalışmada iki yaygın midye olan *Perna Viridis* (L.) ve *Septifer Virgatus* (Weizmann) midyelerinin Cu ( $50 \mu\text{g l}^{-1}$ )'ya maruz bırakıldıklarında mukus salgılama hızını ölçmüşlerdir. Üç aylık maruz bırakılma sonrasında mukus salgılama hızları kontrole göre, *Septifer Virgatus* için 1,85 kat fark varken, *Perna Viridis* 'te 2,65 kat fark gözlenmiştir. Mukus salgılamanın metal içeriği kontrol grubuna göre 6 kat fazla çıkmıştır. Ayrıca mukusun midyede bakır arındırılması için etkin bir faktör olduğu görülmüştür.

Lakshmanan ve Nambisan (1989), Yeşil midyede (*Perna viridis*), bazı iz metallerin birikimini ve temizlenmesini (arınmasını) incelemiştir. 10 adet *Perna viridis*'e Hg, Cu, Zn ve Pb'un sıvı solüsyonları her 24 saatte bir verilerek 2, 4 ve 6 gün aralıklarla maruz kalan midyelerdeki biyokonsantrasyonlar ölçülmüştür. Maruz kalma süresinden sonra midyelerdeki arınma parametreleri hesaplanmıştır. En yüksek biyolojik birikimi Pb'da bulmuşlardır (80'den 918 ppm'e). En düşük biyolojik birikim ise Zn'de gözlemiştir. 24 günlük arınma süresi sonunda Hg'de %23,3; bakırda %63,3; Zn'de %40, Pb'de ise %18,5 arınma olmuştur.

### 1.5. X Işınları

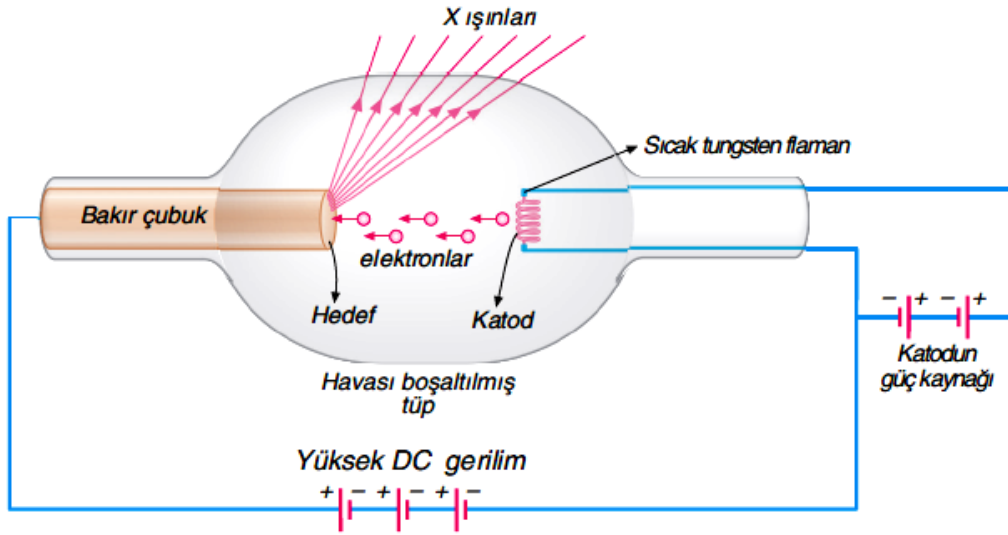
X-ışınları, 1895 yılında Alman Fizikçisi Wilhelm Röntgen tarafından keşfedilmiştir. Bu ışınlar oldukça kısa dalga boyu elektromanyetik dalgalardır. Röntgen X-ışınlarının, şeffaf olmayan maddelerden kolayca geçtiğini, doğru çizgiler boyunca ilerlediğini, elektrik ve manyetik alandan etkilenmediğini ve dolayısıyla yüksüz olduğunu bulmuştur. X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen 0,01-10 Å dalga boyu aralığındaki elektromanyetik radyasyon olarak tarif edilir (Aygün, 1992). Daha sonra yapılan çalışmalarda X-ışınlarının dalga özelliğinin yanında parçacık özelliğinin de olduğu ortaya çıkmıştır. Yansıma, kırılma, kırınım, polarizasyon ve koherent saçılma gibi olaylar, X-ışınının dalga özelliğini gösterirken, fotoelektrik soğrulma, inkoherent saçılma ve sintilasyon meydana getirmede parçacık özelliğini göstermektedir.

Elektromanyetik tayf içerisinde yer alan X ışınları 0,125 ile 125 keV enerji aralığında veya buna karşılık, dalga boyu 0,01 ile 10 nm aralığındaki elektromanyetik dalgalardır. X-ışınlarının frekansı görünür ışığın frekansından ortalama 1000 defa daha büyüktür ve X-ışını fotonu (parçacığı) görülen ışığın fotonundan daha yüksek enerjiye sahiptir. Bu halde bu ışınları belirleyen iki özellik, kısa dalga boyu ve yüksek enerjiye sahip olmalarıdır.

X ışınlarının genel özellikleri ise şunlardır:

- Dalga boyları çok küçük olduğundan gözle görülmezler.

- Hızları ışık hızına eşittir ( $c=3 \times 10^8$  km/s).
- Hem parçacık hem de dalga özelliği gösterirler.
- Gazların içinden geçerken iyonlaşmaya sebep olurlar.
- Elektrik bakımından yüksüzdürler. Bu yüzden elektrik ve manyetik alandan etkilenmezler.
- Maddeler tarafından soğrulurlar.



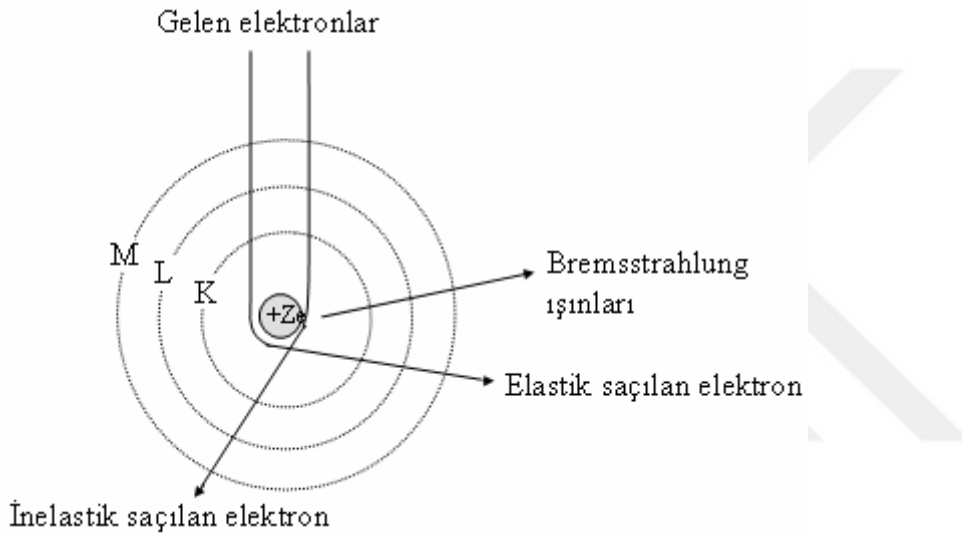
Şekil 2. X-ışını Tüpü

### 1.5.1. Sürekli (Frenleme) X-Işınları

Hedefe gelen yüksek hızdaki elektron, atomun çekirdeğine yaklaşırken elektronun negatif yükü ile çekirdeğin pozitif yükü etkileşir ve çekirdeğe doğru bir sapma olur. Bu olay bir ivmelenmeye sebep olur ve ivmelenen bir yük de elektromagnetik ışınım yapar, yani foton salar. Oluşan bu ışınım 'frenleme ışınımı' anlamındaki Bremsstrahlung ya da 'beyaz ışınım' denir.

Enerji tayfları sürekli dir yani, sürekli X ışınlarının enerji aralığı sıfır ile yüksek hızlı elektronun maksimum enerjisi arasındadır. Elektronların maksimum kazanabileceği enerji en fazla 100 keV olabilir. Bu durumdan da, katot ve anot

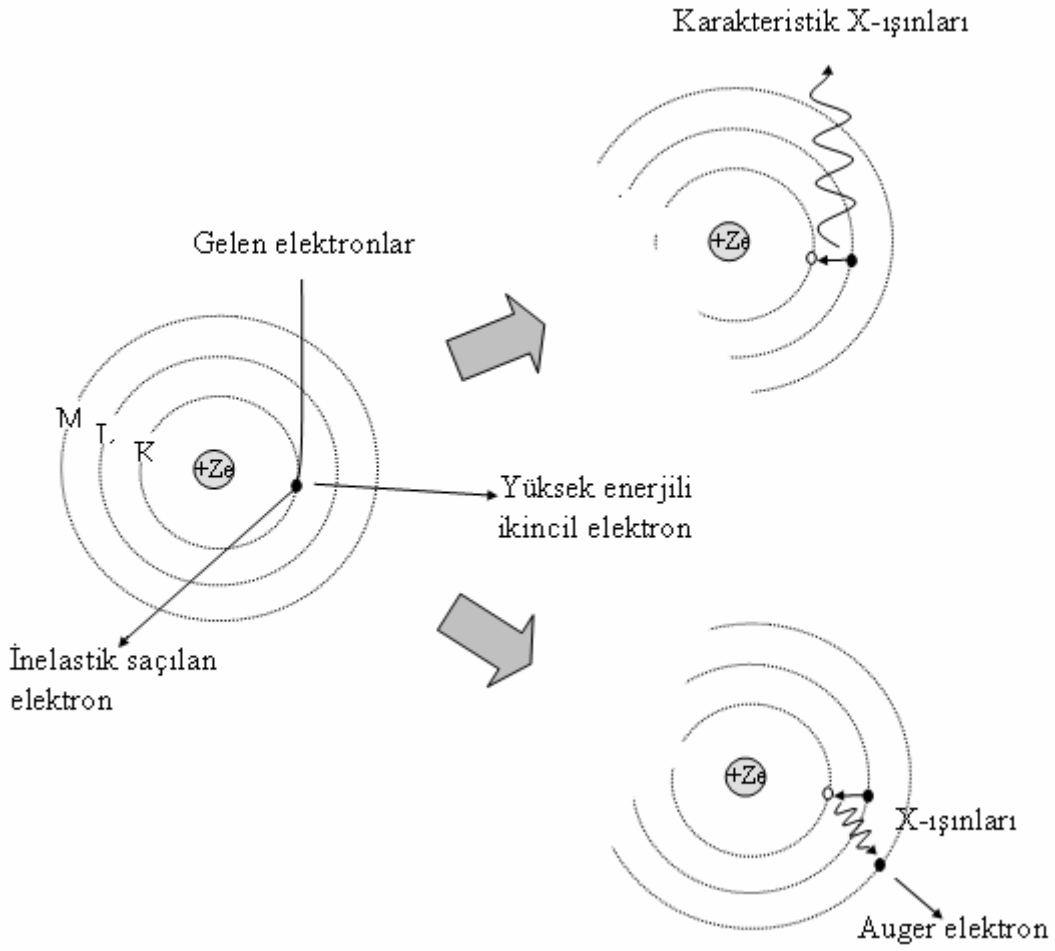
arasındaki 1-3 cm'lik yolda ışık hızının yaklaşık yarı hızına ulaştığı anlaşılır. Böylece bu kadar yüksek bir hızla hedefi bombardıman eden elektronların kinetik enerjileri termal enerji ve X ışınları şeklinde elektromanyetik enerjiye dönüşmektedir. Elektron bombardımanında kinetik enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşmektedir. Elektronlar, hedefin dış yörünge elektronlarını aynı yörüngede daha yüksek enerji düzeyine uyardır ancak yörüngeden koparamamaktadır. Sürekli elektronların enerjisi üç faktöre bağlıdır. Bunlar; yüksek hızlı elektronun enerjisi, hedef malzemenin yoğunluğu ve elektronun hareket doğrultusudur.



**Şekil 3.** Elektronların elastik ve inelastik saçılması ve Bremsstrahlung ışınlarının üretilmesi

### 1.5.2. Karakteristik X-Işınları

Hedef atomun üzerine gönderilen elektronların, hedef atomun yörüngesindeki elektronlarla etkileşimi sonrasında, aldıkları enerjiyle üst enerji seviyelerine çıkarlar. Kararsız durumdaki bu enerji seviyeleri geri bozduğunda dışarıya foton yayınlanır. Enerjileri seviyeler arasındaki farka eşit olan bu fotonlara Karakteristik X ışınları adı verilir.



**Şekil 4.** Karakteristik X-ışınlarının ve Auger elektronunun meydana gelmesi

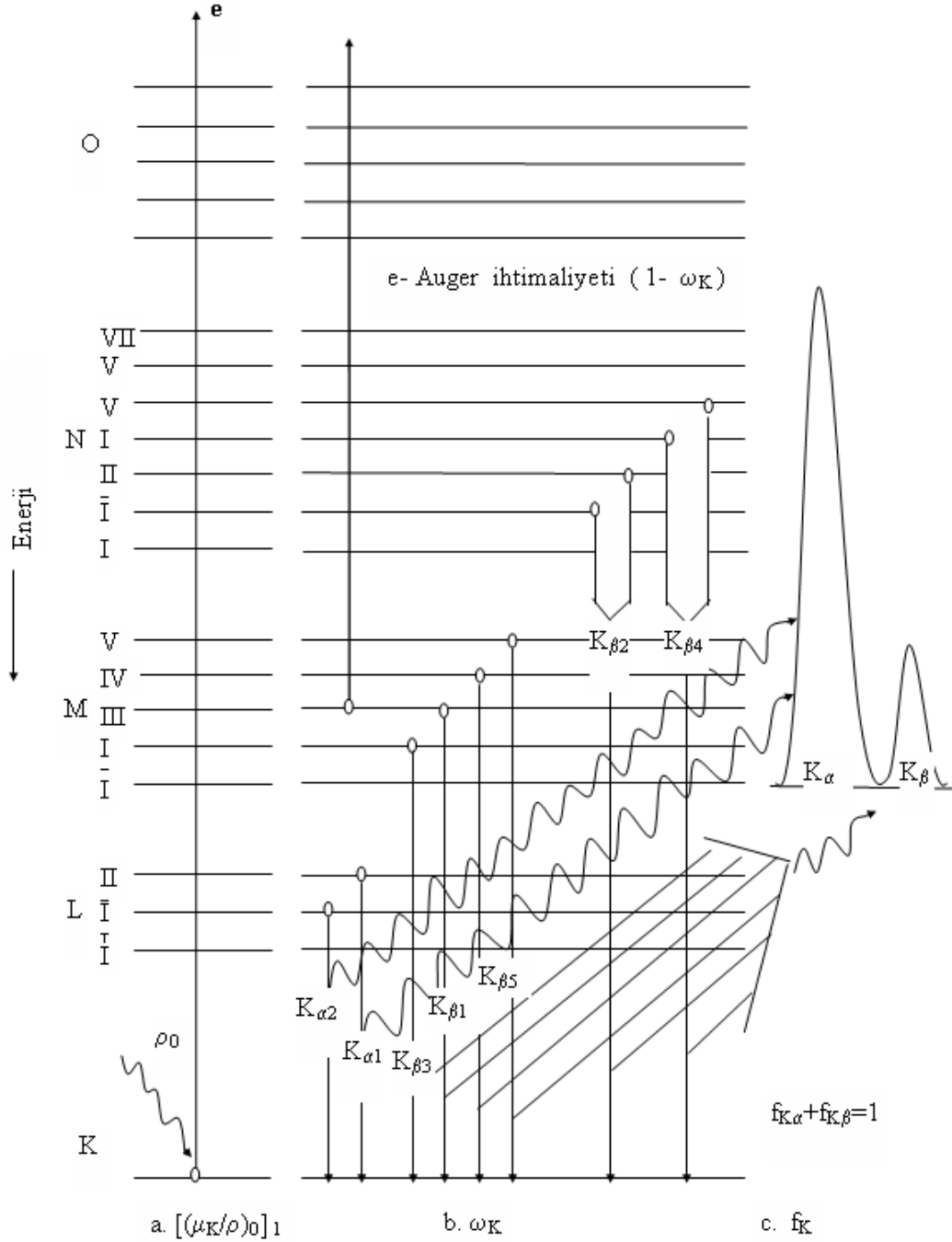
Bir atomun K kabuğunda meydana getirilen elektron boşluğu şayet L kabuğunda bulunan bir elektron tarafından doldurulacak olursa, böyle bir elektron geçişi sonucunda yayımlanan fotonun frekansı karakteristik spektrumunun  $K_{\alpha}$  çizgisine karşılık gelir. K kabuğundaki boşluk M kabuğundaki bir elektron tarafından doldurulursa K çizgisi, N kabuğundaki elektronlardan biri tarafından doldurulursa K çizgisine karşılık gelen fotonlar yayımlanır. Şayet hedef metali üzerine çarpan elektronların enerjileri K kabuğundan elektron sökecek kadar büyük değilse, L, M, N... kabuklarından birinden bir elektron sökülebilir ve bu kez K kabuğuna benzer olarak L kabuğunda meydana gelen boşluğun M, N, ... kabuklarındaki elektronlarla doldurulması esnasında,  $L_{\alpha}$ ,  $L_{\beta}$ ,  $L_{\gamma}$ , ... ışınları, M kabuğu için  $M_{\alpha}$ ,  $M_{\beta}$ ,  $M_{\gamma}$ , ... ve N kabuğu için  $N_{\alpha}$ ,  $N_{\beta}$ ,  $N_{\gamma}$ , ... çizgileri kısaca L, M, N serileri ortaya çıkmış olur.

**Seçim Kuralları:** Karakteristik X-ışınları tayfinin oluşmasına neden olan geçişler, tesadüfi olmayıp elektronik dipol seçim kurallarına göre sınırlanmıştır:

$\Delta n \neq 0$

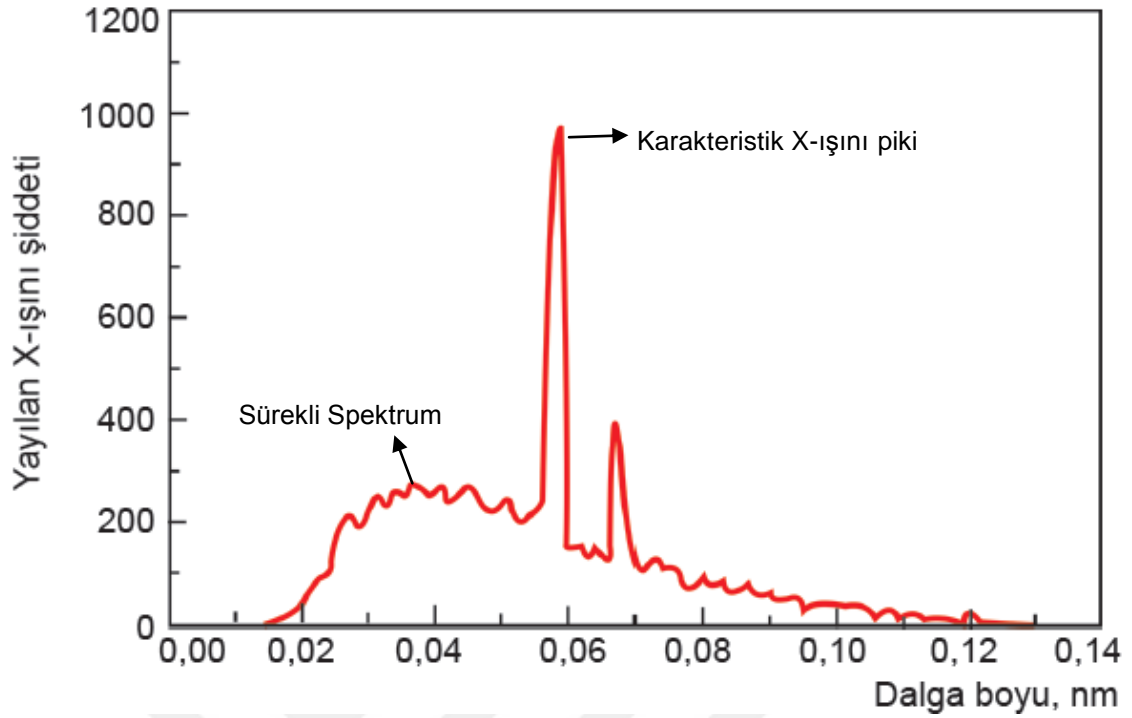
$\Delta l = \pm 1$  veya  $\Delta j = 0$

Bunların dışındaki geçişler yasak geçişlerdir.



**Şekil 5.** Atomlarda elektron geçişleri ve karakteristik X-ışını yayımlanmasının şematik olarak gösterimi





**Şekil 6.** Sürekli ve karakteristik X-ışınları dalga boyu spektrumu (URL-1)

## 1.6. ED-XRF (Energy- Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry) Sistemi ve Çalışma Şartları

### 1.6.1. EDXRF Tanıtım

X-ışını floresans spektroskopisi (XRF), atom numarası  $Z > 4$  büyük elementlerin kalitatif ve kantitatif miktarını milyonda bir oranında hassasiyetle belirlemede kullanılan tahripsiz analitik metodlardan biridir. XRF metodunun en önemli avantajları; geniş dinamik aralık (ppm' den % (m/m)), yüksek hassasiyet (0,1%) ve numune hazırlamak için çok az miktarda örnek gerektirmesidir. XRF ilk olarak jeoloji de demirli ve demirsiz alaşımlar, yağlar, maden cevheri, minareler gibi örneklerin rutin analiz çalışmalarında tercih edilen bir yöntemdi (Lemberge, 2000). Zaman içerisinde analitik laboratuvarlarda EDXRF spektrometrelerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bunun anlamı günümüzde alışılmış uygulamalar olarak bilinen AAS ve ICP'nin yerini EDXRF'nin almasıdır. Bu nedenle hem endüstride hem de bilim dallarında EDXRF'nin kullanımının yaygın olduğu söylenilebilir (Schramm, 2000).

EDXRF spektroskopisindeki gelişmenin en önemli kısmı, 1970'lerin başında lityum sürüklenmiş silikon dedektörlerin (Si(Li)) gelişimiyle başlamıştır. Daha önceleri EDXRF cihazlar yalnızca sınırlı rezülasyonlara sahip gaz ayrımlı veya sintilasyon sayaçlarından oluşurdu. Bu yüzden bu dedektörler yalnızca üst üste binmiş 2 veya 3 elementin karakteristik sinyallerini tespit edebilirlerdi. Fakat katihal yarıiletken dedektörleri ise çok daha iyi enerji çözünürlüğü gösterebilmektedir. Sintilasyon ve gaz ayrımlı sayaçlarla karşılaştırıldığında üst üste binmiş pikleri ayırmada katihal dedektörlerinde daha az problemlerle karşılaşmıştır. Yine de analitik sonuçların kesinliği için üst üste binmiş piklerin çözümleme çalışmaları hala devam etmektedir (Apaydın, 2006).

EDXRF, 2D ve 3D optikli spektrometreler olarak sınıflandırılabilir. İki spektrometrede de bir kaynak ve bir enerji dağıtıcı dedektör vardır, fakat farklı optiksel X-ışını yolunda bulunurlar. 2D spektrometreleri için X-ışını yolu bir düzlemde olduğundan dolayı iki boyuttadır. 3D spektrometreleri için yol bir düzlemle sınırlı değildir fakat 3 boyut içerir (Brouwer, 2003).

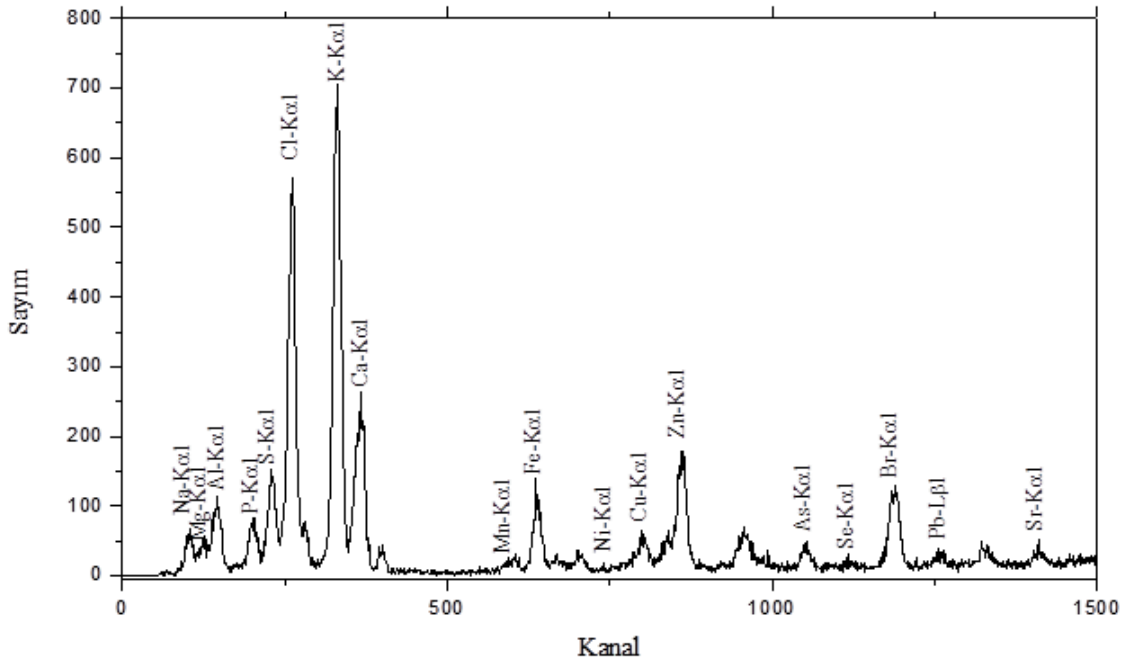
#### **1.6.1.1. 2D Optikli EDXRF Spektrometreleri**

Dedektör, gelen radyasyonun enerjisini doğrudan ölçebilir. Floresans ile birlikte, saçılmış olan tüp radyasyonu dedektöre erişecektir, bu da bir temel saymaya neden olur. Bu temel saymadan dolayı, düşük pikleri saymak ve bunun sonucu olarak düşük şiddetleri belirlemek zordur. X-ışını yolu bir düzlemde olduğundan dolayı 2 boyutludur ve X-ışını optikleri 2D optikleri olarak adlandırılır (Brouwer, 2003).

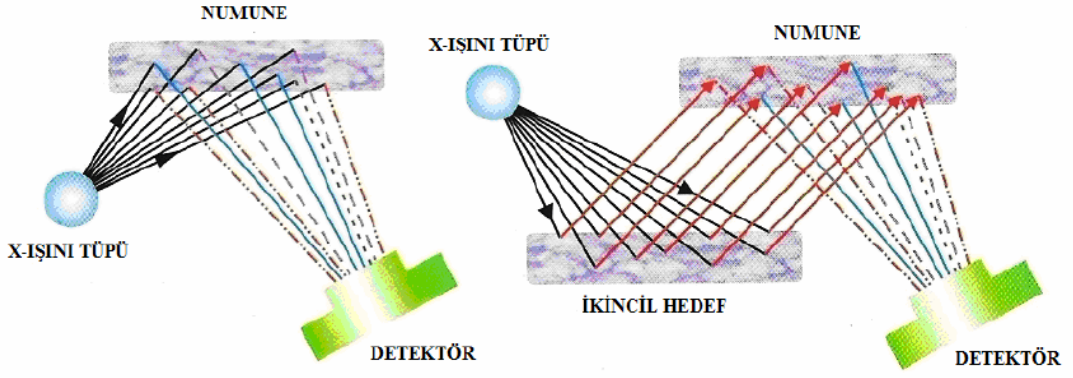
#### **1.6.1.2. 3D Optikli EDXRF Spektrometreleri**

Bütün XRF spektrometreleri, bir radyasyon kaynağı, X-ışını tüpü ve dedeksiyon sisteminden oluşur. Enerji ayrımlı Epsilon 5 X-ışını spektrometresi (EDXRF), eşsiz X-ışını analiz yazılım paketiyle birlikte tamamen bilgisayar kontrollüdür. EDXRF sistemi (Epsilon5, PANalytical, Almelo, the Netherlands), Polarize optik geometri, 600 W Gd-anot X-ışını tüpü ve 100 kV'lık yüksek voltaj jeneratörü, 15 ikincil kaynak, yüksek çözünürlüklü Pan-32 dedektörüne sahiptir.

Şekil 7 bir EDXRF spektrometresinde 3D optik kullanımını göstermektedir. X-ışını yolu bir düzlemde değil birbirine dik iki düzlemdir. Tüp ikincil bir hedefi ışınlar, bu hedef karakteristik X-ışınları yayımlar ve gelen X-ışınlarının bir kısmı saçılır. Hedeften gelen radyasyon numuneyi ışınlamada da kullanılabilir bu yüzden hedef numune için bir kaynak gibi hareket eder. Numune bir enerji ayırmalı dedektör tarafından ölçülebilen karakteristik radyasyonunu yayımlar. Bu geometrinin avantajı, saçılan tüp radyasyonu polarizasyondan dolayı dedektöre erişemez. Dedektöre erişmek için tüp radyasyonu iki dik yönde saçılmalıdır, ancak X-ışınları iki düşey yansıma sonrasında kaybolur. Bu nedenle tüpten gelen radyasyon dedektöre erişemez. Hedefin karakteristik radyasyonu numune tarafından kısmen saçılır ve dedektöre erişir. Bu radyasyon sadece bir yönde saçılır ve bu yüzden dedektörde sayılır (Brouwer, 2003).



Şekil 7. Doğrudan uyarımsız ve 3D optiğine sahip EDXRF spektrometresiyle ölçülmüş olan Akdeniz midyesi yumuşak dokusu için örnek spektrum



**Şekil 8.** Enerji ayrımlı spektrometrelere, doğrudan uyarılmalı ve 2D optikli (solda) ve doğrudan uyarılmı polarize olan 3D optikli spektrometre (sağda)

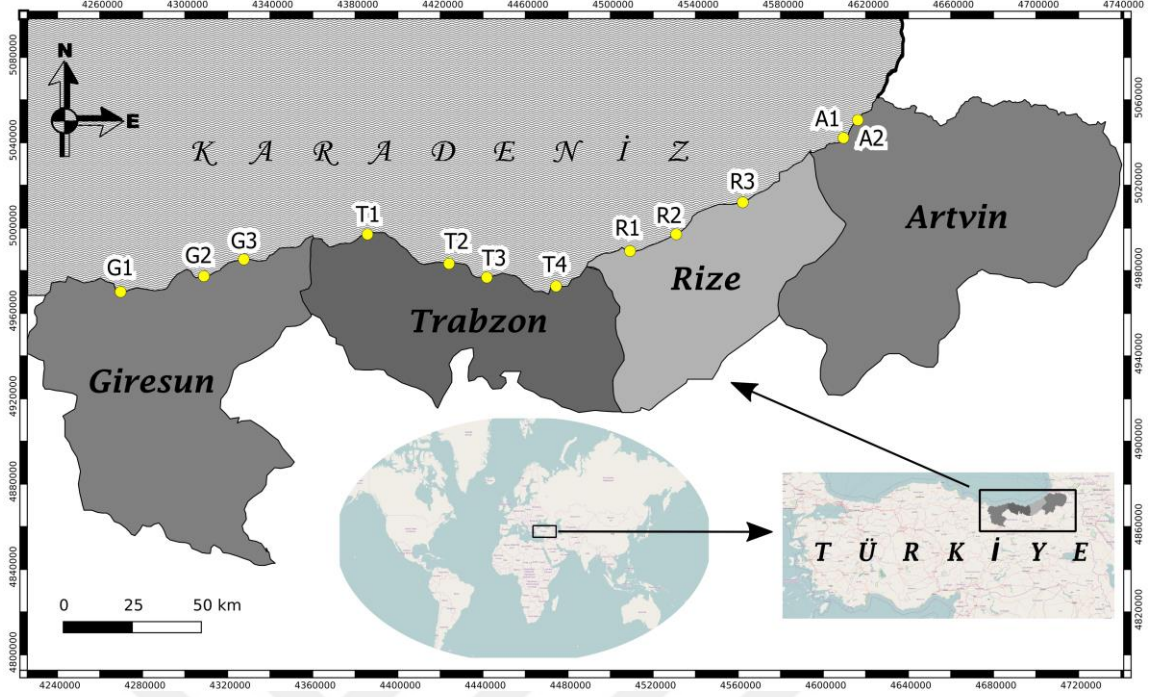


**Şekil 9.** EDXRF cihazı (Epsilon 5, PANalytical, Almelo, the Netherlands)

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Örnekleme Noktaları

Çalışmada kullanılmak üzere Akdeniz midyesi, deniz suyu ve sediment örnekleme, 2014 yılının Şubat (kış), Mayıs (ilkbahar), Temmuz (yaz) ve Kasım (sonbahar) aylarında mevsimsel olarak Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin ili sahillerinden yapılmıştır. Taslak olarak seçilen örnekleme noktalarının haritası Şekil 10'da verilmiştir. Giresun, Trabzon, Rize ile Artvin il sınırlarında, özellikle işletilen ve yoğun rezervlerin bulunduğu yatakların yakınından geçip, denize dökülen akarsuların mansapları dikkate alınmıştır. Yine Trabzon ilinde tesis olan gemi sanayii (Sürmene Tersanesi), gemilere maden yüklemesinin yapıldığı Rize ve Artvin (Hopa) limanları örnekleme alanı olarak dikkate alınmıştır. Trabzon Çarşıbaşı ilçesinden seçilen istasyon ise maden yatakları ile sanayi ve gemi yükleme noktalarından uzakta bulunduğundan dolayı referans temiz nokta olarak değerlendirilmiş ve çalışma alanının içerisine dâhil edilmiştir. Belirtilen hususlar sonucu tespit edilen muhtemel örnekleme ait enlem ve boylam noktaları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 10. Doğu Karadeniz bölgesinde örnek alınan istasyonlar

Tablo 1. Örnekleme İstasyonları

Örnekleme İstasyonları	İstasyon Kodu	Enlem	Boylam
Batlama Deresi Mansabı	G1	40°54'35"	38°21' 20"
Yağlıdere Mansabı	G2	40°57'23"	38°41'33"
Harşit Çayı Mansabı	G3	41°00'40"	38°52' 21"
Çarşıbaşı (İskefiye) Mansabı	T1	41°05'25"	39°23'50"
Değirmendere Mansabı	T2	40°59'59"	39°45'06"
Yomra Deresi Mansabı	T3	40°57'25"	39°51'13"
Sürmene Tersanesi	T4	40°55'16"	40°11'40"
Rize Liman İçi	R1	41°02'44"	40°30'42"
Büyükdere Mansabı	R2	41°04'22"	40°42'26"
Fırtına Deresi Mansabı	R3	41°11'19"	40°58'57"
Hopa Çayı Mansabı	A1	41°24'44"	41°25'45"
Hopa Limanı İçi	A2	41°23'32"	41°26'26"

## 2.2. Araziden Örnekleme Çalışmaları

### 2.2.1. Deniz Suyu Örneklemeleri

Deniz suyu örneklemesinde ilk önce deniz suyunun sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), tuzluluk (ppt), iletkenlik ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), pH, toplam çözünmüş katı madde (TDS) ( $\text{g L}^{-1}$ ), oksijen doygunluğu (%) ve çözünmüş oksijen ( $\text{mg L}^{-1}$ ) değerleri YSI marka prob (sonda) ile ölçülmüştür (Şekil 11). Deniz suyu için ölçülen bu parametreler dört mevsim için tekrarlanmıştır. Daha sonra her bir istasyondan buharlaştırıldığında ölçüm için yeterli katı madde miktarı elde etmek amacıyla 40'ar litrelik deniz suyu örnekleri bidonlara doldurularak laboratuvar ortamına getirmek için hazır hale getirilmiştir (Şekil 12).



**Şekil 11.** YSI marka prob (sonda) ile deniz suyunun kalite parametrelerinin ölçümü (T3 istasyonu, Şubat 2014)



**Şekil 12.** 20 lt'lik bidonlara alınan yüzey deniz suyu örnekleri (T3 istasyonu, Şubat 2014)

### **2.2.2. Sediment Örneklemeleri**

Sediment örnekleri Van-ween grap (Schumacher, 2003; Ryu vd., 2011) (15x15x20cm) kullanılarak midyelerin örneklendiği istasyonlardan grabın iç hacmi kadar (yaklaşık 4,5 kg) temin edilmiştir (Şekil 13). Sediment örnekleri temiz poşetlere konulup laboratuvar ortamına getirilmiştir.





**Şekil 13.** Sediment örnekleme (R1 istasyonu Şubat, 2014)

### **2.2.3. Akdeniz Midyesi Örneklemeleri**

Akdeniz midyesi örnekleme 0-20 m derinlik aralığındaki istasyon sahasındaki kayalık bölgelerde serbest ve scuba dalış ekipmanları ile dalarak elde edilmiştir. Midye örnekleri üzerlerinde bulunan fooling organizmalardan temizlenerek (Şekil 14) temiz poşetlere konulup etiketlendikten sonra laboratuvar ortamına getirilmek üzere taşınabilir soğutucuya yerleştirilmiştir.



**Şekil 14.** Alınan midye örneklerinden fooling organizmaların temizlenmesi (Şubat 2014, T2 istasyonu)

## **2.3. Elde edilen Örneklerin EDXRF Ölçümü İçin Hazır Hale Getirilmesi**

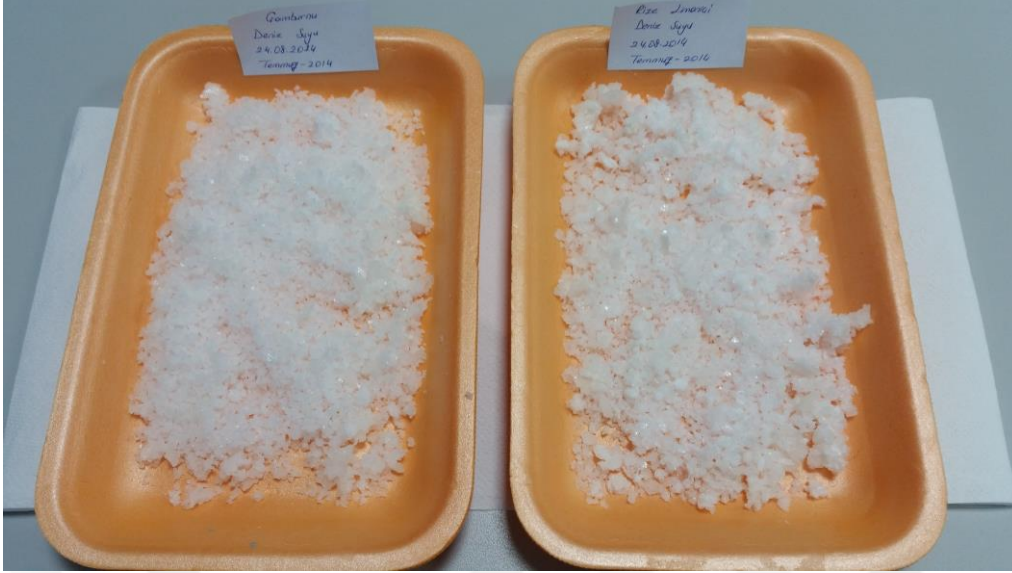
### **2.3.1. Deniz Suyu Örnekleri**

Saha çalışmasında her bir istasyondan toplanan deniz suyu örnekleri laboratuvar ortamına getirildikten sonra her bir istasyon için 5'er litrelik temiz beherlere aktarılarak, 40–50°C'lik elektrikli ısıtıcıların üzerinde buharlaşmaya bırakılmıştır (Şekil 15).



**Şekil 15.** Deniz suyu örneklerinin elektrikli ısıtıcılar üzerinde buharlaştırılması

Deniz suyu kaynaklı oluşan tortuların beherin iç cidarına yapışmaması için her bir behere 3-4 damla HCl damlatılmıştır (Kaya vd., 2016). Sular ısınıp diplerinde tortu kalana kadar belirli aralıklarla sıcaklıkları kontrol edilmiş ve buharlaşıp azalan sulara da belirli aralıklarla eklemeler yapılmıştır. Yaklaşık 15 gün boyunca ısıtıcıda buharlaştırıldıktan sonra beherlerin diplerinde kalan tortular spatula ile kazınarak plastik kaplara alınmıştır (Şekil 16). Kaplardaki bu tortular etüvde  $55\pm 5$  °C’de 10 gün boyunca kurutulmuştur (Şekil 17).



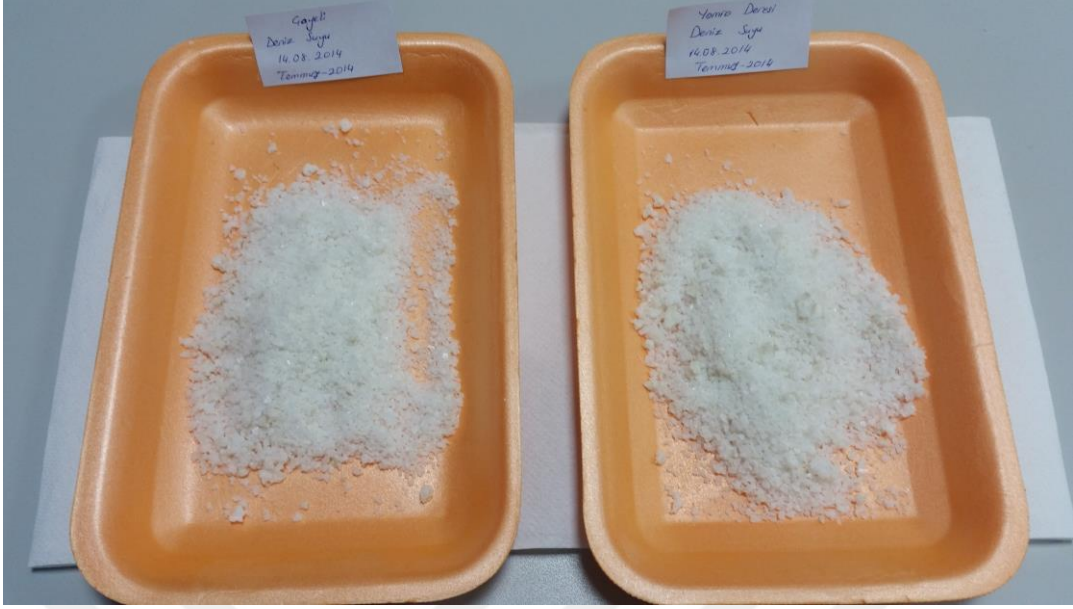
**Şekil 16.** Deniz suyunun buharlaştırıldığı beherlerde kalan tortuların spatula ile kazınarak plastik kaplara alınması



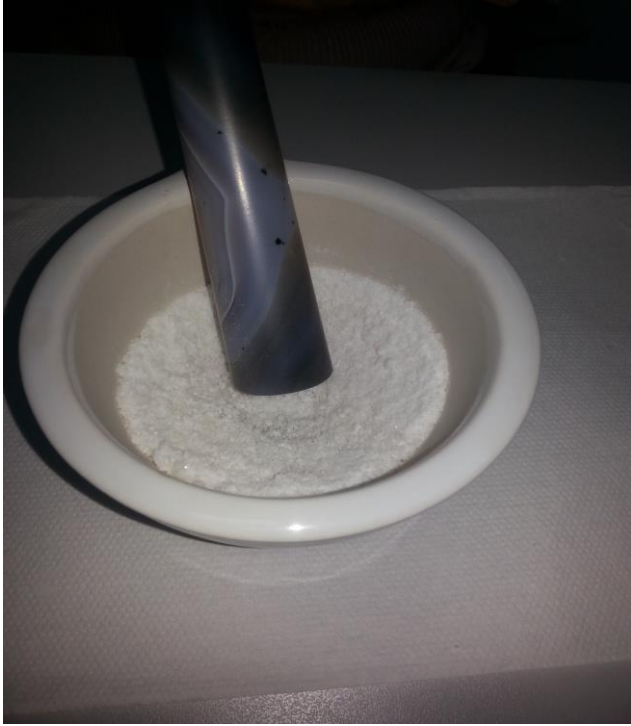
**Şekil 17.** Elde edilen deniz suyu tortularının etüvde kurutulması

Kuruyan örnekler etüvden çıkarılmış (Şekil 18) ve parçacık boyutunu homojen hale getirmek için agat içinde karıştırılarak Şekil 19’da görüldüğü gibi toz haline getirilmiştir.

Daha sonra toz haline getirilen deniz suyu örnekleri parçacık boyutu etkisini azaltmak için 37 µm (400 mesh) eleklerden geçirilmiştir (Tıraşoğlu vd., 2005).



Şekil 18. Deniz suyu örneklerinde tortuların etüvde kuruduktan sonraki hali



Şekil 19. Deniz suyu örneklerinden elde edilen tortuların agatta öğütülmesi

### 2.3.2. Sediment Örnekleri

Belirtilen istasyonlardan toplanan sediment örnekleri temiz poşetlere konularak laboratuvar ortamına getirilmiştir. İstasyonlara göre ayrılmış sediment örnekleri aynı

şekilde plastik kaplara konulduktan sonra kurutma işlemini gerçekleştirmek için 85 °C'de 96 saat boyunca etüvde bırakılmıştır (Ünlü vd., 2008) (Şekil 20).



**Şekil 20.** 85 °C'de etüvde kurutulan sediment örnekleri

Kurutulan sediment örnekleri daha sonra agatta bir süre öğütülüp elde edilen kuru sedimentin parçacık boyutu etkisini azaltmak için 37 µm'lik elekten geçirilmiştir (Şekil 21).



**Şekil 21.** Elekten (37 µm) geçirilen sediment örnekleri

### 2.3.3. Midye Örnekleri

Taşınabilir soğutucu ile canlı olarak laboratuvar ortamına getirilen midye örnekleri (Şekil 22) deniz suyu ile temizlenerek kabuk boylarına göre üç farklı ( $>70$  mm, 50-70 ve  $<50$  mm) boya ayrılmıştır.



**Şekil 22.** Taşınabilir soğutucu ile laboratuvar ortamına getirilen midye örnekler

Bu işlemlerden sonra midye örneklerinin yumuşak dokuları kabuklarından ayrılmıştır. Bu ayırma işleminde ölçüm hassasiyetini göz önünde bulundurarak metal araç ve gereç kullanılmamış ve plastik bıçaklar tercih edilmiştir (Şekil 23). Yumuşak dokular kabuklardan ayrıldıktan sonra ayrı ayrı plastik kaplara konulmuştur (Şekil 24).



**Şekil 23.** Midye örneklerinde yumuşak dokuların kabuklardan ayrılması



**Şekil 24.** Midye örneklerinde yumuşak dokuların ve kabukların istasyonlar dikkate alınarak ayrı ayrı kaplara yerleştirilmesi

Daha sonra kurutma işlemini gerçekleştirmek için örnekler 105°C' de 96 saat boyunca etüve bırakılmıştır (Besada vd., 2011) (Şekil 25).





**Şekil 25.** Midye örneklerinde yumuşak doku ve kabukların etüvde 105 °C' de kurutulması

Kuruyan midye örneklerinin yumuşak dokuları agatta 2 saat öğütüldükten sonra parçacık boyutu etkisini azaltmak için 37µm eleklerden geçirilerek EDXRF spektrometresinde metal konsantrasyon oranlarını belirlemek için hazır hale getirilmiştir (Şekil 26-27).



**Şekil 26.** Midye örneklerinin yumuşak dokularının agatta öğütülmesi



**Şekil 27.** Agatta toz haline gelmiş midyelerin yumuşak dokuları

Midye kabukları ise sert olduklarından dolayı öncelikle temiz bir bez içine yerleştirilip taş yardımıyla ufak parçalar elde edilinceye kadar kırılmış (Şekil 28) ve daha sonra toz halinde parçalar elde edilinceye kadar agatta öğütülmüştür (Şekil 29). Toz halindeki midye kabukları parçacık boyutu etkisini azaltmak için 37 $\mu$ m eleklerden geçirilmiş ve EDXRF spektrometresinde metal konsantrasyon oranlarını belirlemek için hazır hale getirilmiştir.



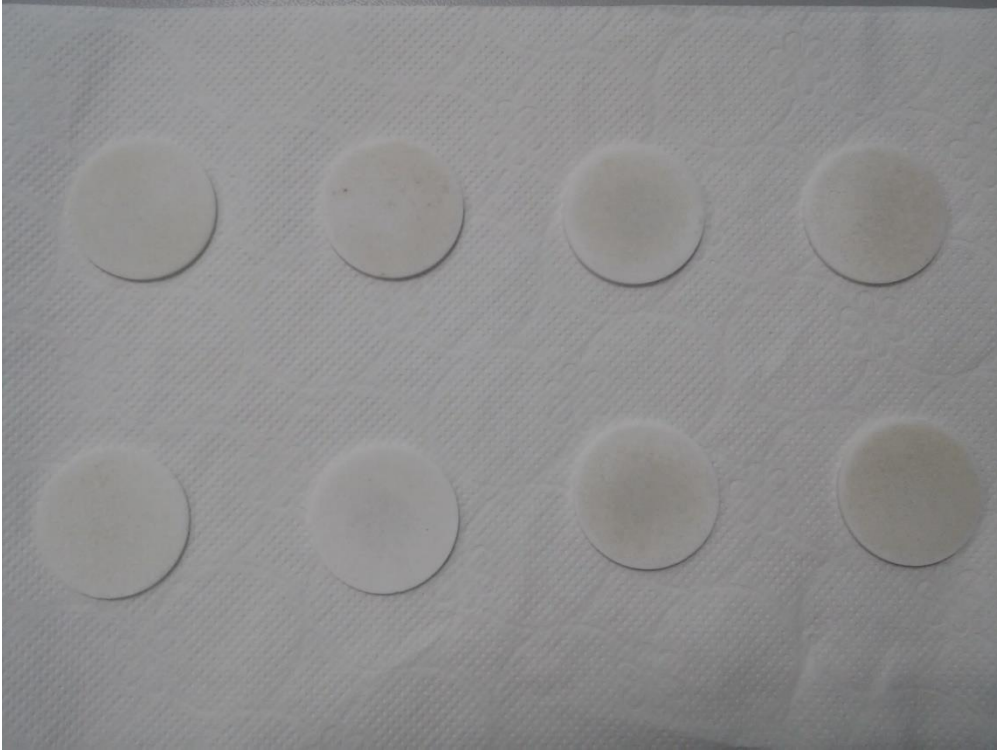
**Şekil 28.** Midye kabuklarının temiz bir bez arasında taş yardımıyla kırılması



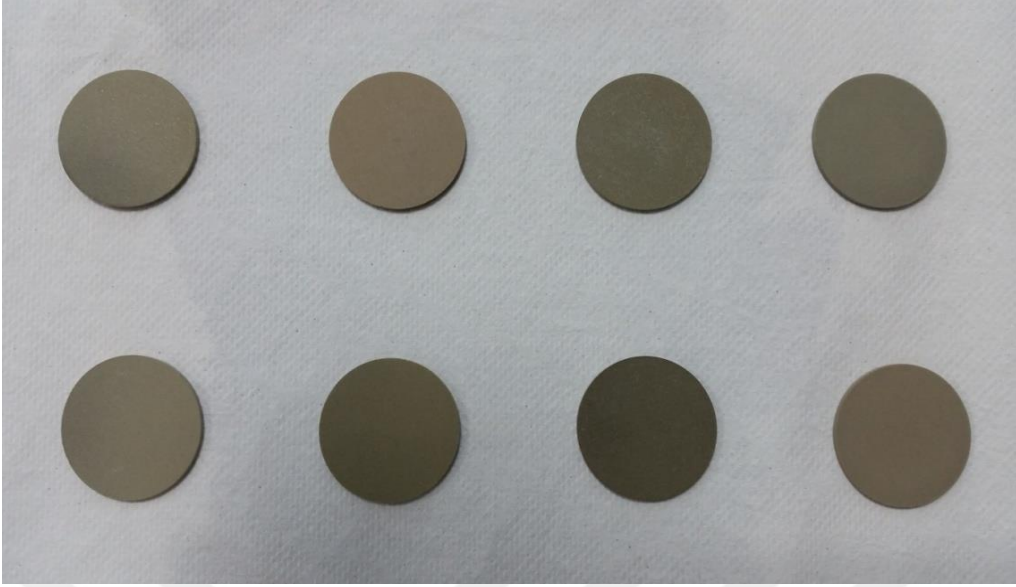
**Şekil 29.** Midye kabuklarının agatta öğütülmesi

#### 2.4. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi için Örneklerin Hazır Hale Getirilmesi

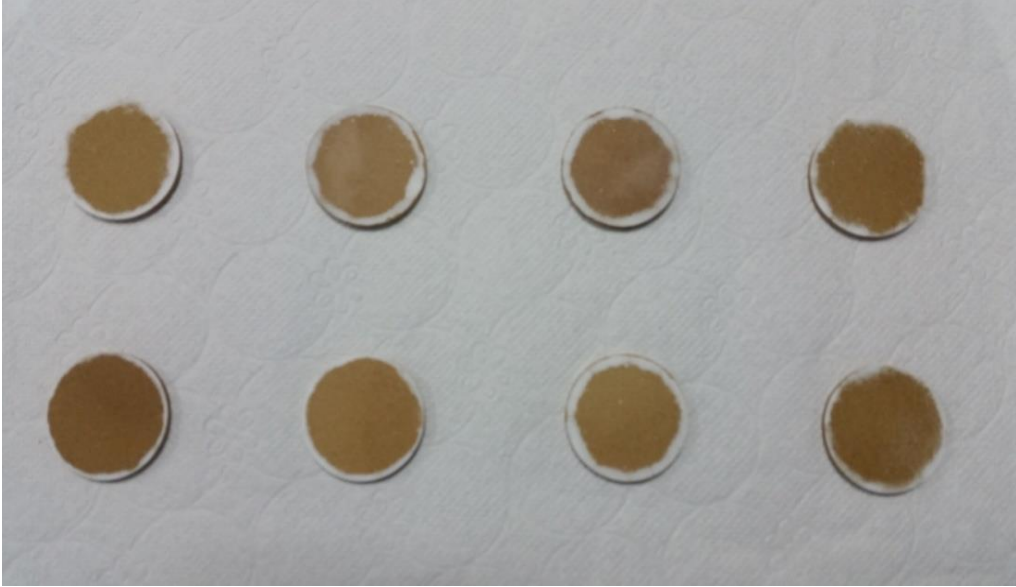
Dört mevsim için toplanan ve laboratuvarında toz haline getirilmiş deniz suyu, sediment ve Akdeniz midyesi (yumuşak doku ve kabuk) örneklerinin tozları, EDXRF spektrometresinde analiz edilebilmesi için her bir numuneden 2-4 g arasında alınarak hidrolik pres makinasında 20 s boyunca yaklaşık 7 tonluk basınç uygulanarak 40 mm çapında pellet haline getirilmiştir (Yılmaz vd., 2011) (Şekil 30-33). Bu işlemler aynı istasyonlardan dört mevsim boyunca alınan örneklerin hepsi için tekrarlanmıştır.



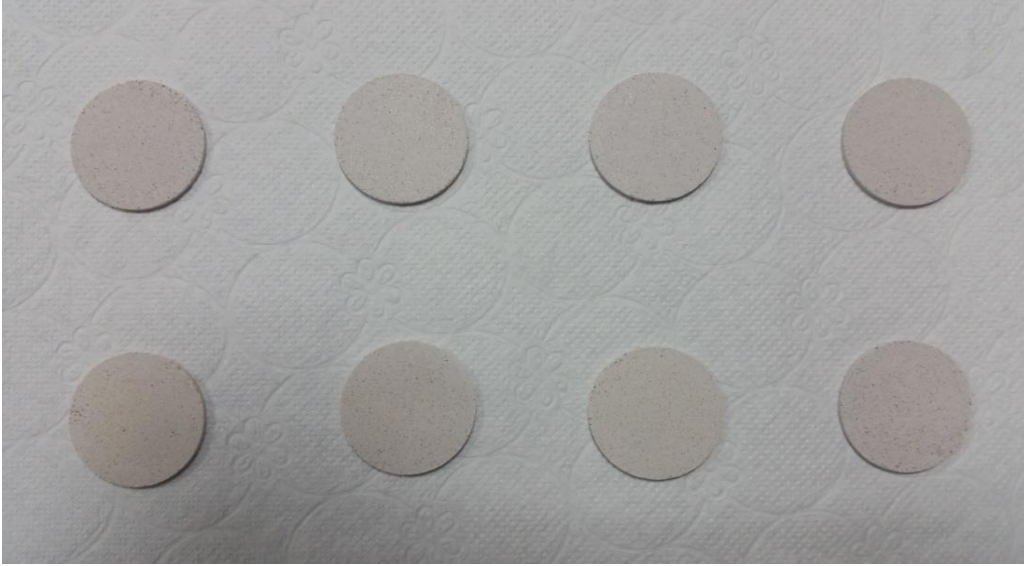
Şekil 30. EDXRF ölçümü için hazır hale gelen deniz suyu örnekleri



**Şekil 31.** EDXRF ölçümü için hazır hale gelen sediment örnekleri



**Şekil 32.** EDXRF ölçümü için hazır hale gelen Akdeniz midyesi yumuşak doku örnekleri



**Şekil 33.** EDXRF ölçümü için hazır hale gelen Akdeniz midyesi kabuk örnekleri

Ölçüm için hazır hale getirilmiş deniz suyu örnekleri (dört mevsim) 48, sediment örnekleri (dört mevsim) 48, Akdeniz midyesi yumuşak doku örnekleri 144 ve Akdeniz midyesi kabuk örnekleri (dört mevsim)144 olmak üzere toplam 384 örnek ağır metal analizi için üç tekrarlı olarak Merkezi Laboratuvarımızda bulunan EDXRF cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm sonucunda Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

## **2.5. Akdeniz Midyesinde Cu Tutma (adsorpsiyon) Kapasitesinin Ölçülmesi**

### **2.5.1. Araziden Örnekleme Çalışmaları**

Akdeniz midyesinde Cu tutma kapasitesinin ölçülmesi deneyinde öncelikle midyeler Rize ili Ardeşen sahilinden Mart 2015’de toplanmıştır. Toplanan numuneler laboratuvara taşındıktan sonra, midyelerin üzerine yerleşen bazı organizmaları ve sediment kalıntılarını temizlemek için midyeler fırça ve bistüri yardımıyla deniz suyu kullanılarak yıkanmıştır. Daha sonra midyeler küçük (<50 mm), orta (50-70 mm) ve büyük (>70 mm) olarak üç farklı boya ayrılmıştır. Deneye başlamadan önce, midyeler 5 gün boyunca laboratuvar şartlarına alıştırmış ve 300 litre kapasiteli bir tankta bekletilmiştir. Bir hava pompasına plastik borular ile bağlanan hava taşıyla sürekli olarak havalandırma sağlanmıştır. Alıştırma ve deney periyodu süresince midyeler beslenmemiştir (Şekil 34).



**Şekil 34.** Akdeniz midyesi örnekleri

Deney prosedürü aşağıda açıklanan iki ana adımı içerir:

Birinci bölümde, farklı Cu konsantrasyonlarına maruz kalan midyelerin metal tutma (alım) kapasitelerini araştırmak amacıyla 1'er litrelik deniz suyunda 4,8; 14,4; 24; 48,4; 145,2 ve 242 mg L<sup>-1</sup> olarak 6 farklı konsantrasyonlarda Cu stok çözeltileri hazırlanmıştır. Bunun için bakır asetat tuzu (Cu(CH<sub>3</sub>OO)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) kullanılmıştır (Şekil 36). 40 litre kapasiteli ve 39'ar litre deniz suyu doldurulmuş olan 7 akvaryumun (7 grup) her birine 75 midye (büyük, orta, küçük boy için sırasıyla 15, 20 ve 40 adet) koyulmuştur. Birinci gruba Cu çözeltisi verilmezken, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı gruplara 1 litrelik stok Cu çözeltilerden 5 gün boyunca her 24 saatte bir 200 ml (kronik olarak) eklenmiştir.



**Şekil 35.** Midyeler için kontrol ve deneme akvaryumları

Sonuç olarak, 5 gün sonra her bir akvaryumda 40'ar litre olan deniz sularındaki Cu konsantrasyonları sırasıyla 0,12; 0,36; 0,60; 1,21; 3,63 ve 6,05 mg L<sup>-1</sup> olarak düzenlenmiştir. Akvaryumlardaki midyeler ve su parametreleri günlük kontrol edilerek ölü midyeler çıkarılıp sayıları kaydedilmiştir. Deney esnasında akvaryumlardaki deniz suyu için fiziko-kimyasal parametreler YSI marka prob (sonda) cihazıyla ölçülmüştür. Sıcaklık 14±2<sup>0</sup>C ve tüm akvaryumlardaki oksijen seviyeleri doymunluk değerinin % 65'in üzerinde, tuzluluk ‰ 16-18, pH 7,7-8,4 ve iletkenlik 21-23 µS/cm arasında olduğu tespit edilmiştir. 5 gün sonunda, midyeler akvaryumlardan alınıp daha önce belirlenen kabuk boylarına göre gruplara ayrıldıktan sonra analiz için laboratuvara taşınmıştır. Tüm midye örnekleri deniz suyuyla yıkanıp, erkek ve dişi arasındaki konsantrasyon farklarını incelemek amacıyla cinsiyetlerine göre de ayrılmıştır (Mikhailov vd., 1995). Bu ayırma işleminden sonra midyelerin yaş kütleleri tartılmış ve her bir midye başına düşen yaş kütlelerin ortalaması büyük, orta ve küçük boy için sırasıyla 5,3; 2,99; 0,87 g olarak hesaplanmıştır. Farklı boy midyelerin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyonlarını belirlemek için etüvde kurutulduktan sonra kuru kütleleri tartılıp her bir midye başına düşen kuru kütlelerin ortalaması da büyük, orta ve küçük boy için sırasıyla 0,8; 0,5; 0,15 g olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 36.** Bakır (Cu) stok çözeltileri



İkinci bölümde, başlangıçta akut olarak Cu meteline maruz kalmış midyelerin zamana göre yumuşak dokularındaki konsantrasyon değişimlerini gözlemek amacıyla, deney başlangıcında 39 litre deniz suyu doldurulan bir akvaryuma 240 midye (büyük, orta, küçük boy için sırasıyla 30, 60 ve 150 adet) yerleştirilmiştir. Daha sonra, hazırlanan  $14,4 \text{ mg L}^{-1}$  konsantrasyonunda 1 litre Cu stok çözeltisi bu akvaryuma deney başlangıcında (akut olarak) eklenerek son konsantrasyon  $0,36 \text{ mg L}^{-1}$  olarak ayarlanmıştır. Akvaryumdaki deniz suyunun fiziko-kimyasal parametreleri ölçüldükten sonra, birinci, üçüncü, beşinci ve altıncı günlerde 40 adet midye (büyük, orta ve küçük boy için sırasıyla 5, 10 ve 25 adet) alınıp deniz suyuyla yıkandıktan sonra yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyonlarını belirlemek için ölçüme hazır hale getirilmiştir.

Her iki deney sonunda midye örneklerinin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyonları EDXRF spektrometresinde ölçülmüştür.

## 2.6. Ağır Metal Analizi

Örneklerin metal analizi için EDXRF kullanılmıştır (Yılmaz, 2011). Numuneler, 8  $\mu\text{m}$  kalınlığında bir Be pencereye sahip sıvı nitrojen ile soğutulmuş PAN-32 Ge X-ışını ile bir vakum donanımı altındaki bir Gd tüpünden gelen X-ışınları dedektörü ile uyarılmıştır. Güç, akım, zaman ve yüksek voltaj sırasıyla 600 W, 6 mA, 600 s ve 100 kV'dur. Sistemin yazılımı (Epsilon 5 software) numune spektrumunu otomatik olarak analiz eder ve ölçüm tamamlandığında element piklerinin net yoğunluklarını belirler. Bu uygulamanın kalibrasyonu için ikincil standartların bir seti, PANalytical kullanıma aralığı kullanılmıştır.

**Tablo 2.** Uygulama ölçüm zamanına bağlı dedeksiyon limitleri

Element	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Dedeksiyon limitleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (1000 s)	0,39	0,43	0,47	0,52	0,20	0,34	1,37

EDXRF sistemi ile elde edilen dedeksiyon limitleri (DL) eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır. Buna göre;

$$DL = \frac{3C_i}{N_p} \sqrt{\frac{N_b}{t}} \quad (1)$$

Burada;  $C_i$  i. elementin konsantrasyonu,  $N_b$  background için sayım oranı,  $N_p$  sayım piki ve  $t$  sayım zamanıdır (Van Grieken ve Markowicz, 1993). Uygulanan yöntemin doğruluğu ve elde edilen kalibrasyon eğrileri sertifikalı bir midye yumuşak dokusu referans malzemesinin ölçümü ile kontrol edilmiştir. Cu metali için geri kazanımın sertifika edilmiş yüzdesi %107±5'dir.

Epsilon 5 EDXRF cihazının kalibrasyonu yapıldıktan sonra, Referans Kimya Limitet şirketi aracılığı ile temin ettiğimiz midye (NIST-2976) ve sediment (NRCMESS-3) örneği sertifikalı referans malzemeleri sistemde 3 tekrarlı olarak okutulmuş ve cihazın doğruluğu tespit edilmiştir. Sertifika edilmiş konsantrasyon değerleri ve EDXRF sisteminde bulunan değerler Tablo 3-4'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Sertifikalı referans malzeme sediment (NRCMESS-3) örneğinin kimyasal analiz sonuçları

Element	Sertifika Edilmiş Konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Ölçülen Konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Geri Kazanım (%)
<b>Mn</b>	324 (312-336)	315	97,2
<b>Fe</b>	% 4,34 (%4,23 - %4,45)	% 4,40	101,4
<b>Ni</b>	46,9 (44,7- 49,1)	45,1	96,2
<b>Cu</b>	33,9 ± 1,6 (32,3 - 35,5)	35,4	104,4
<b>Zn</b>	159 ± 8 (151-159)	157	98,7
<b>As</b>	21,2 (20,1 - 22,3)	21,4	100,9
<b>Pb</b>	21,1 (20,4 - 21,8)	19,2	91,0

**Tablo 4.** Sertifikalı referans malzeme midye (NIST-2976) örneğinin kimyasal analiz sonuçları

<b>Element</b>	<b>Sertifika Edilmiş Konsantrasyon (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Ölçülen Konsantrasyon (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Geri Kazanım (%)</b>
<b>Fe</b>	171 (166,1 - 175,9)	170	99,4
<b>Cu</b>	4,02 (3,69 - 4,35)	4,32	107,5
<b>Zn</b>	137 (24-150)	149	108,8
<b>As</b>	13,3 (11,5 - 15,1)	14,0	105,2

## 2.7. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Deniz suyu, sediment ve Akdeniz midyesi örneklerinin metal konsantrasyonlarının hesaplanmasında, kuru kütle değerleri kullanılmış ve sonuçlar  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak verilmiştir. Elde edilen veriler deniz suyu, sediment, Akdeniz midyesi örnekleri için mevsimlere ve istasyonlara göre, ayrıca Akdeniz midyesi örneklerinde boylara göre gruplandırılmıştır. Gruplandırılan bu veriler SPSS (IBM SPSS Statistics 21) ortamına aktarılmıştır. Belirlenen metal konsantrasyon değerlerinin normal dağılışa uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile test edilmiştir. İstasyonlar ve mevsimler arası normallik sağlayan grupların önemlilik testi tek yönlü varyans analizini (ANOVA) izleyen Duncan testi ile değerlendirilmiştir. Normallik sağlamayan grupların önemlilik testi ise Kruskal-Wallis testini izleyen Mann-Whitney U testi ile değerlendirilmiştir. Deniz suyu ve sediment örneklerinde istasyonlara ve mevsimlere göre, Akdeniz midyesi yumuşak doku ve kabuk örneklerinde istasyonlara, mevsimlere ve boylara göre ölçülen ağır metal analiz sonuçlarında farklılıklar test edilmiştir. Bütün istatistiksel analizler bilgisayar ortamında SPSS paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Buna ilaveten örnekler için tüm mevsimlerdeki metal konsantrasyon değerleri arasındaki ilişkinin yönünü, derecesini ve önemini istatistiksel olarak ortaya koyan Pearson korelasyon analizleri yapılmıştır.

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Deniz Suyu Örneklerinin Fizikokimyasal Parametreleri**

Çalışmamızda 12 istasyondan mevsimsel olmak üzere yapılan deniz suyu örneklemede deniz suyunun sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik, pH, toplam çözünmüş katı madde (TDS), oksijen doygunluğu ve çözünmüş oksijen değerleri YSI marka prob (sonda) ile ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 5-11’de verilmiştir.



**Tablo 5.** Deniz suyu örneklerinde sıcaklık değerlerinin mevsimsel olarak değişimi

İstasyon	Sıcaklık (°C)			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<b>G1</b>	25,0	17,0	9,0	15,2
<b>G2</b>	24,0	17,1	9,0	16,3
<b>G3</b>	24,0	16,7	9,0	16,1
<b>T1</b>	25,0	16,1	9,0	15,0
<b>T2</b>	25,0	16,5	9,0	15,0
<b>T3</b>	23,0	17,2	9,0	15,8
<b>T4</b>	24,0	16,6	11,0	16,5
<b>R1</b>	24,0	16,5	9,0	17,0
<b>R2</b>	23,0	16,8	10,0	16,8
<b>R3</b>	24,0	16,6	9,0	17,6
<b>A1</b>	23,0	17,0	9,0	13,0
<b>A2</b>	25,0	16,0	11,0	16,0
<b>Minimum</b>	23,0	16,0	9,0	13,0
<b>Maksimum</b>	25,0	17,2	11,0	17,6
<b>Ortalama</b>	24,1	16,7	9,4	15,9

**Tablo 6.** Deniz suyu örneklerinde tuzluluk değerlerinin mevsimsel olarak değişimi

İstasyon	Tuzluluk (ppt)			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<b>G1</b>	17,87	17,65	16,67	16,10
<b>G2</b>	18,52	17,67	18,09	17,78
<b>G3</b>	16,50	18,25	18,45	16,83
<b>T1</b>	18,62	18,23	18,28	17,64
<b>T2</b>	18,41	16,17	18,34	11,52
<b>T3</b>	18,38	17,73	18,02	17,07
<b>T4</b>	18,32	17,57	18,25	17,60
<b>R1</b>	18,62	18,15	18,57	17,59
<b>R2</b>	16,80	17,81	17,03	15,27
<b>R3</b>	18,43	17,59	16,66	11,62
<b>A1</b>	18,50	18,19	12,90	17,84
<b>A2</b>	17,80	18,07	17,97	16,83
<b>Minimum</b>	16,50	16,17	12,90	11,52
<b>Maksimum</b>	18,62	18,25	18,57	17,84
<b>Ortalama</b>	18,06	17,76	17,44	16,14

**Tablo 7.** Deniz suyu örneklerinde iletkenlik değerlerinin mevsimsel olarak değişimi

İstasyon	İletkenlik ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<b>G1</b>	29,10	28,50	20,90	26,00
<b>G2</b>	29,80	29,60	22,00	28,60
<b>G3</b>	27,00	29,00	25,70	22,70
<b>T1</b>	30,10	29,40	24,60	25,90
<b>T2</b>	29,70	27,50	25,30	17,27
<b>T3</b>	29,70	25,10	24,00	23,50
<b>T4</b>	30,70	24,60	25,00	23,70
<b>R1</b>	30,00	29,30	11,97	25,50
<b>R2</b>	27,50	21,24	27,60	21,06
<b>R3</b>	29,90	25,70	21,50	13,58
<b>A1</b>	29,90	29,40	20,50	24,50
<b>A2</b>	28,90	29,10	29,00	23,70
<b>Minimum</b>	27,00	21,24	11,97	13,58
<b>Maksimum</b>	30,70	29,60	29,00	28,60
<b>Ortalama</b>	29,36	27,37	23,17	23,00

**Tablo 8.** Deniz suyu örneklerinde pH değerlerinin mevsimsel olarak değişimi

İstasyon	pH			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
G1	8,50	8,45	8,18	8,27
G2	8,55	8,47	8,41	8,34
G3	8,57	8,46	8,47	8,57
T1	8,44	8,04	8,35	8,20
T2	8,52	8,57	8,32	8,26
T3	8,47	8,43	8,35	8,54
T4	8,54	8,25	8,64	8,58
R1	8,52	8,42	8,11	8,32
R2	8,55	8,36	8,21	8,68
R3	8,38	8,30	8,37	8,43
A1	8,48	8,12	8,17	8,25
A2	8,45	8,16	8,22	8,07
<b>Minimum</b>	8,38	8,04	8,11	8,07
<b>Maksimum</b>	8,57	8,57	8,64	8,68
<b>Ortalama</b>	8,50	8,34	8,32	8,38



**Tablo 9.** Deniz suyu örneklerinde TDS değerlerinin mevsimsel olarak değişimi

İstasyon	TDS (g L <sup>-1</sup> )			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<b>G1</b>	17,39	16,91	15,86	15,55
<b>G2</b>	17,95	17,74	17,43	17,15
<b>G3</b>	16,05	17,54	17,84	15,83
<b>T1</b>	18,07	17,61	17,62	17,16
<b>T2</b>	17,84	16,45	17,73	11,09
<b>T3</b>	17,80	16,42	17,40	17,07
<b>T4</b>	17,78	17,52	17,52	16,96
<b>R1</b>	18,07	17,54	17,88	16,90
<b>R2</b>	16,31	17,32	16,47	14,77
<b>R3</b>	17,95	17,21	15,89	11,26
<b>A1</b>	17,93	17,59	11,83	17,22
<b>A2</b>	17,26	17,43	17,37	16,23
<b>Minimum</b>	16,05	16,42	11,83	11,09
<b>Maksimum</b>	18,07	17,74	17,88	17,22
<b>Ortalama</b>	17,53	17,27	16,74	15,60

**Tablo 10.** Deniz suyu örneklerinde oksijen doygunluğu (%) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi

İstasyon	Oksijen Doygunluğu (%)			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
G1	78,1	77,3	91,7	73,2
G2	123,5	86,8	101,1	111,3
G3	105,2	87,1	99,7	104,5
T1	96,4	101,3	104,8	107,8
T2	99,6	82,7	104,3	107,0
T3	97,1	97,2	102,5	97,9
T4	99,5	91,9	97,7	103,6
R1	110,0	93,9	91,7	114,6
R2	130,0	90,9	100,2	111,0
R3	98,5	93,8	101,7	113,1
A1	96,0	100,3	99,9	109,3
A2	92,0	101,2	101,7	104,4
<b>Minimum</b>	78,1	77,3	91,7	73,2
<b>Maksimum</b>	130,0	101,3	104,8	114,6
<b>Ortalama</b>	102,2	92,0	99,8	104,8

**Tablo 11.** Deniz suyu örneklerinde çözünmüş oksijen ( $\text{mg L}^{-1}$ ) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi

İstasyon	Çözünmüş Oksijen ( $\text{mg L}^{-1}$ )			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
G1	6,06	7,93	9,83	7,48
G2	9,41	8,36	10,85	10,84
G3	8,33	8,66	9,50	10,21
T1	7,87	10,01	10,30	9,85
T2	8,04	7,97	10,05	9,85
T3	7,65	9,34	10,28	9,68
T4	7,86	8,98	9,00	10,18
R1	8,27	9,23	10,22	10,50
R2	10,04	8,76	9,30	10,80
R3	7,91	8,97	10,35	10,80
A1	7,61	9,38	9,63	10,47
A2	7,31	9,64	9,57	9,91
<b>Minimum</b>	6,06	7,93	9,00	7,48
<b>Maksimum</b>	10,04	10,01	10,85	10,84
<b>Ortalama</b>	8,03	8,94	9,91	10,05

## 3.2. Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

### 3.2.1. Deniz Suyu Örnekleri

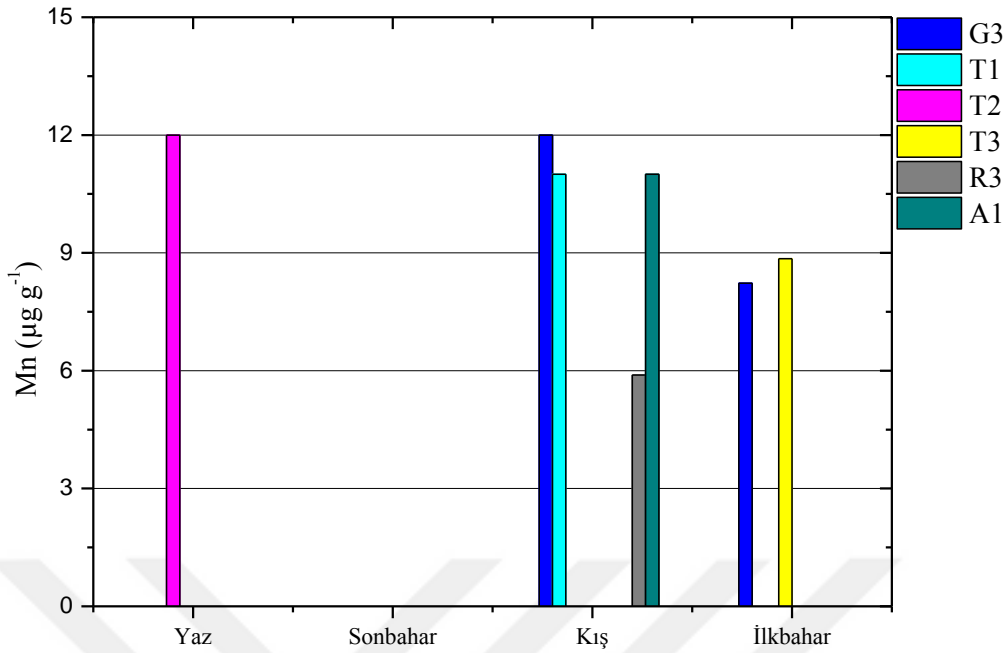
#### 3.2.1.1. Deniz Suyunda Mn

Deniz suyu örneklerinde Mn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 37) en yüksek konsantrasyonun  $12 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında G3 ve Temmuz ayında T2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $5,89 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında R3 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Mn konsantrasyonlarındaki hem mevsimler (Tablo 12) hem de istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. ( $p>0,05$ ).

**Tablo 12.** Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Mn Konsantrasyonları
Yaz	12 <sup>a</sup>
Sonbahar	-
Kış	9,97 <sup>a</sup>
İlkbahar	8,54 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 37.** Deniz suyu örneklerinde Mn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

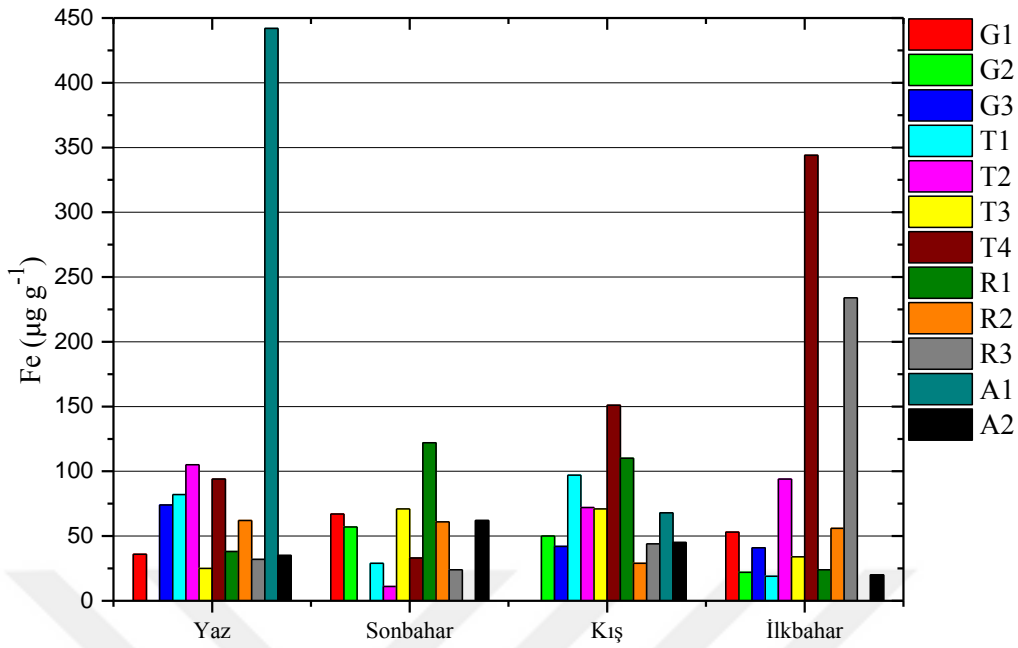
### 3.2.1.2. Deniz Suyunda Fe

Deniz suyu örneklerinde Fe konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 38) en yüksek konsantrasyonun  $442 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Temmuz ayında A1 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $11 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T2 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Fe konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 13) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 13.** Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Fe Konsantrasyonları
Yaz	93 <sup>a</sup>
Sonbahar	54 <sup>a</sup>
Kış	55 <sup>a</sup>
İlkbahar	86 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 38.** Deniz suyu örneklerinde Fe konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

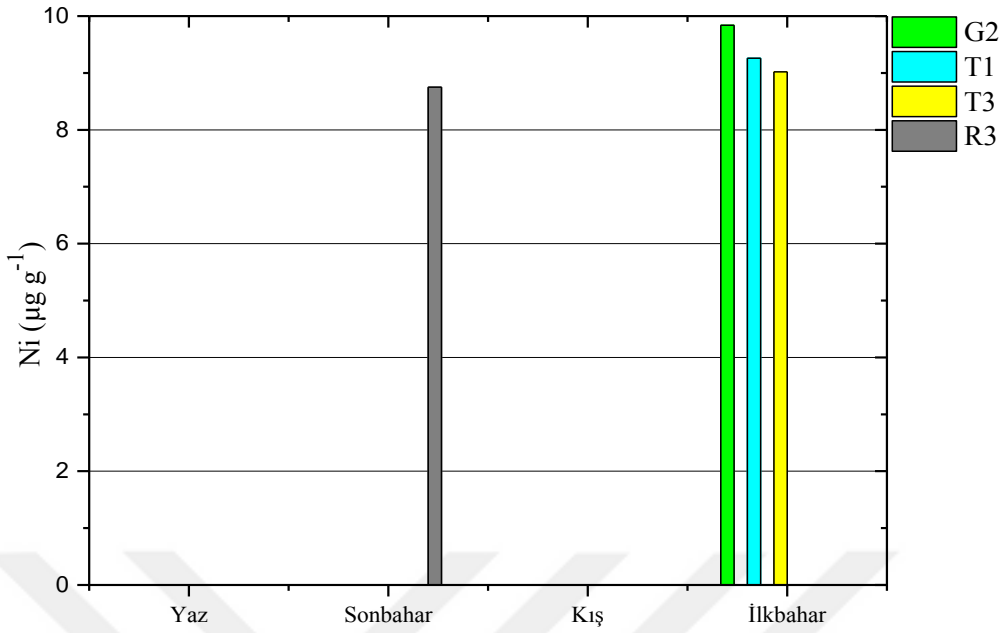
### 3.2.1.3. Deniz Suyunda Ni

Deniz suyu örneklerinde Ni konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 39) konsantrasyonların çoğunlukla dedeksiyon limitinin altında kalarak tespit edilemediği gözlenmiştir. Tespit edilebilen dört veri arasında en yüksek konsantrasyonun  $9,84 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında G2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $8,75 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında R3 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Ni konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 14) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 14.** Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Ni Konsantrasyonları
Yaz	-
Sonbahar	8,75 <sup>a</sup>
Kış	-
İlkbahar	9,37 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 39.** Deniz suyu örneklerinde Ni konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

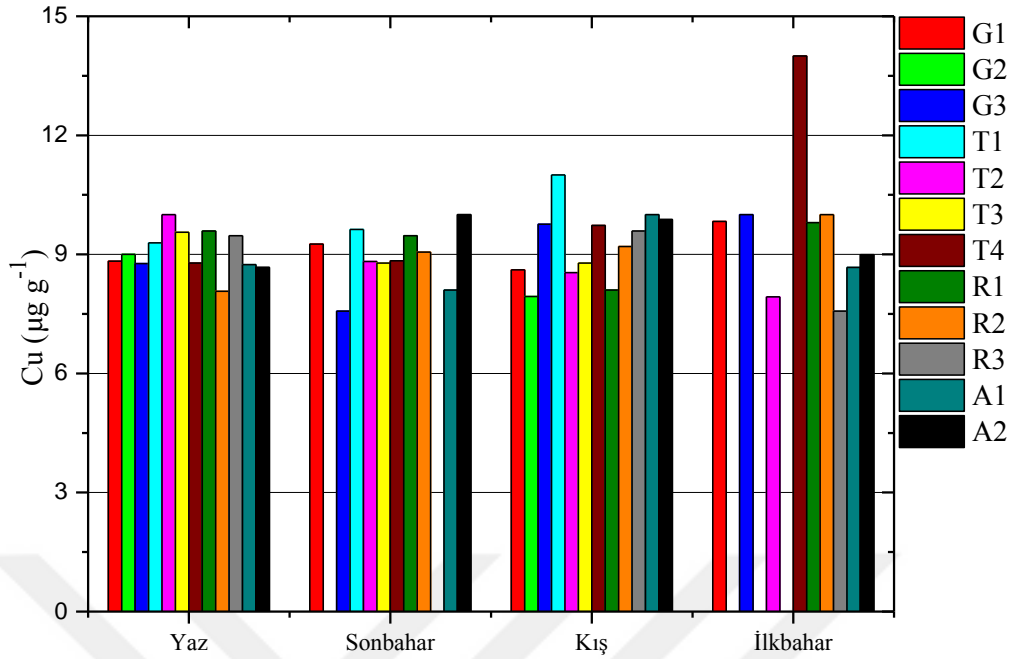
#### 3.2.1.4. Deniz Suyunda Cu

Deniz suyu örneklerinde Cu konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 40) en yüksek konsantrasyonun  $14 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında T4 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $7,57 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında R3 ve Kasım ayında G3 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Cu konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 15) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 15.** Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Cu Konsantrasyonları
Yaz	9,06 <sup>a</sup>
Sonbahar	8,95 <sup>a</sup>
Kış	9,26 <sup>a</sup>
İlkbahar	9,66 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



Şekil 40. Deniz suyu örneklerinde Cu konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.1.5. Deniz Suyunda Zn

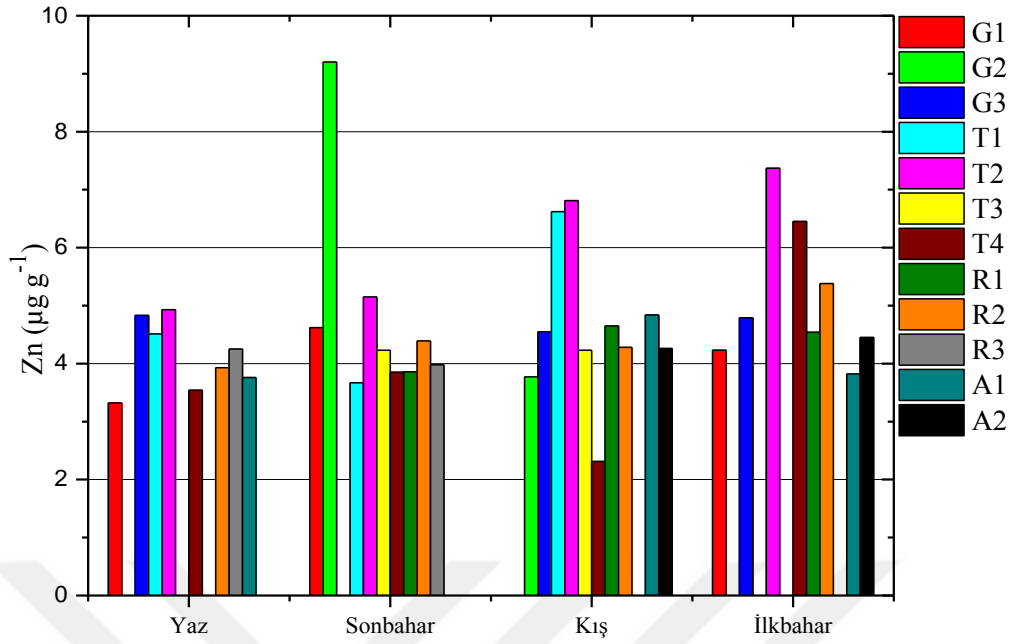
Deniz suyu örneklerinde Zn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 41) en yüksek konsantrasyonun  $9,2 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında G2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $2,31 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat T4 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Zn konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 16) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Tablo 16. Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Zn Konsantrasyonları
Yaz	$4,13^a$
Sonbahar	$4,77^a$
Kış	$4,63^a$
İlkbahar	$5,13^a$

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.





**Şekil 41.** Deniz suyu örneklerinde Zn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

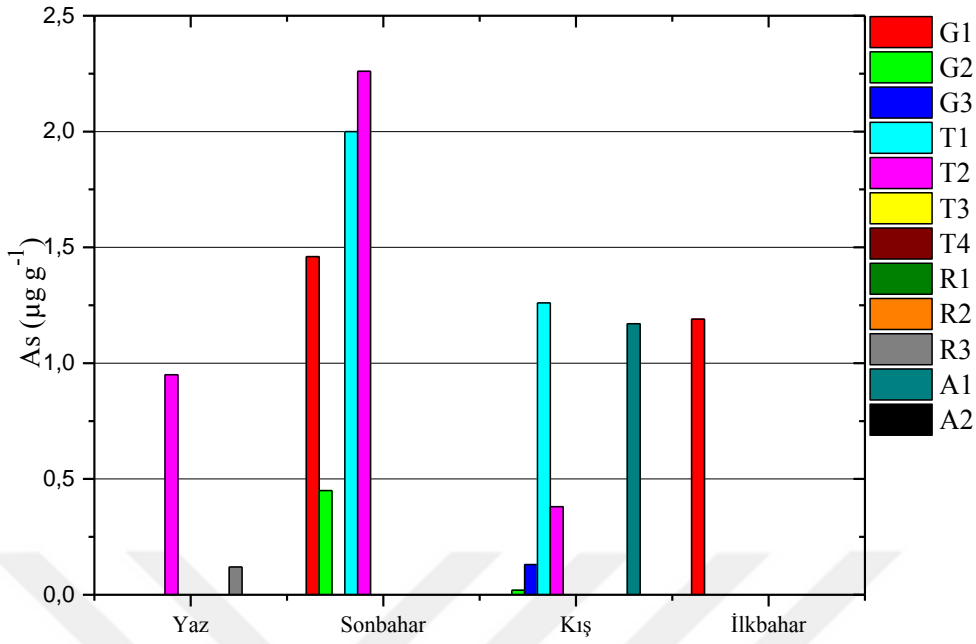
### 3.2.1.6. Deniz Suyunda As

Deniz suyu örneklerinde As konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 42) en yüksek konsantrasyonun  $2,26 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $0,02 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat G2 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre As konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 17) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 17.** Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	As Konsantrasyonları
Yaz	0,53 <sup>a</sup>
Sonbahar	1,54 <sup>a</sup>
Kış	0,44 <sup>a</sup>
İlkbahar	0,85 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 42.** Deniz suyu örneklerinde As konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

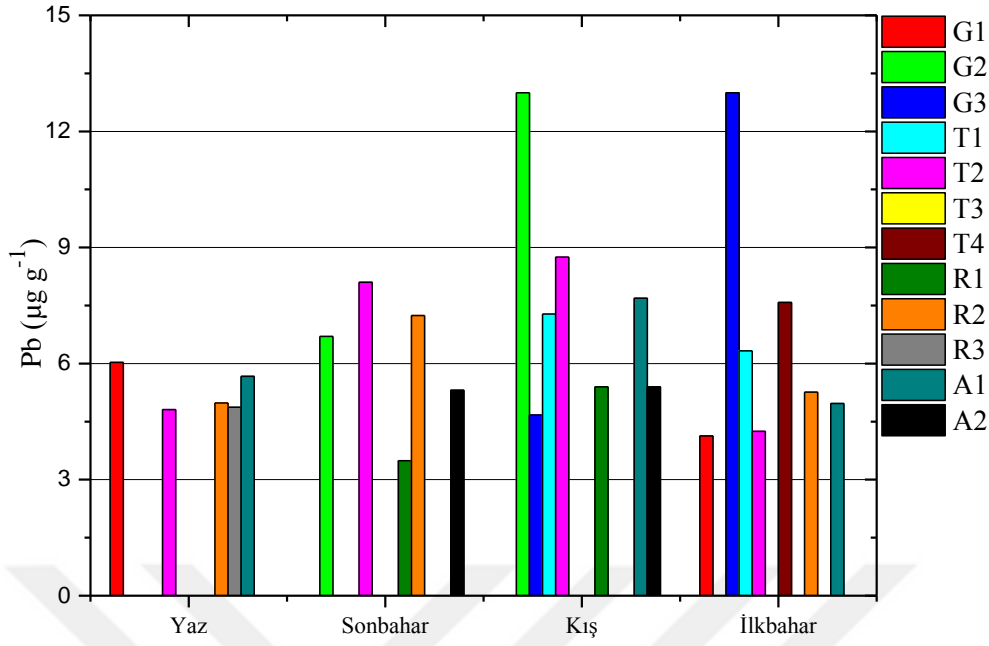
### 3.2.1.7. Deniz Suyunda Pb

Deniz suyu örneklerinde Pb konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 43) en yüksek konsantrasyonun  $13 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında G2 ve Mayıs ayında G3 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $3,49 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım R1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Pb konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 18) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 18.** Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Pb Konsantrasyonları
Yaz	5,57 <sup>a</sup>
Sonbahar	6,17 <sup>a</sup>
Kış	6,41 <sup>a</sup>
İlkbahar	6,49 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 43.** Deniz suyu örneklerinde Pb konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.2. Sediment Örnekleri

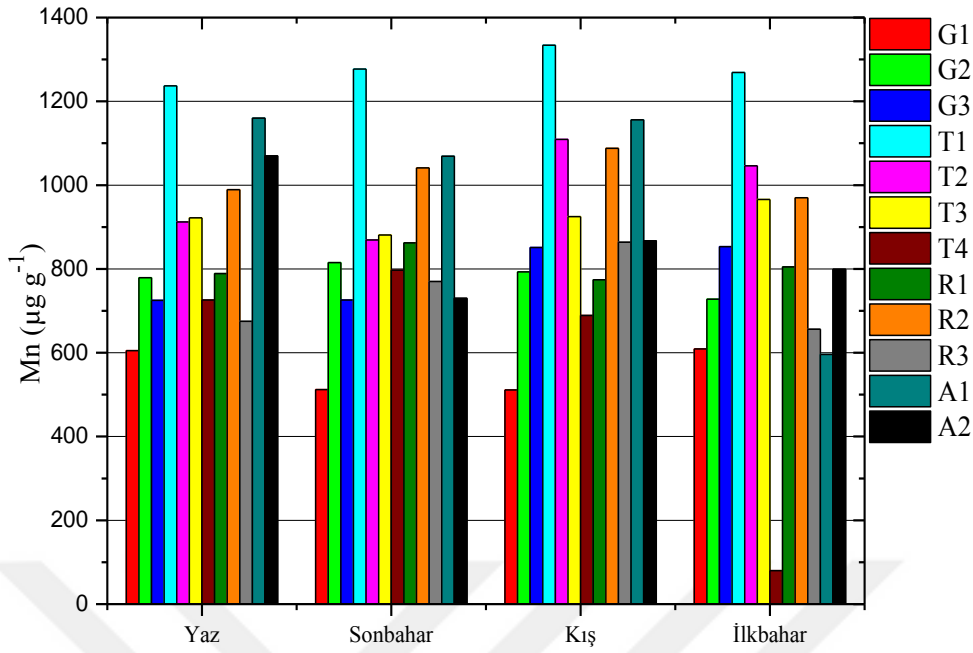
#### 3.2.2.1. Sedimentte Mn

Sediment örneklerinde Mn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 44) en yüksek konsantrasyonun 1334  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında T1 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise 80  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında T4 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Mn konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 19) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 19.** Sedimentte mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Mn Konsantrasyonları
Yaz	882 <sup>a</sup>
Sonbahar	862 <sup>a</sup>
Kış	913 <sup>a</sup>
İlkbahar	781 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 44.** Sediment örneklerinde Mn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

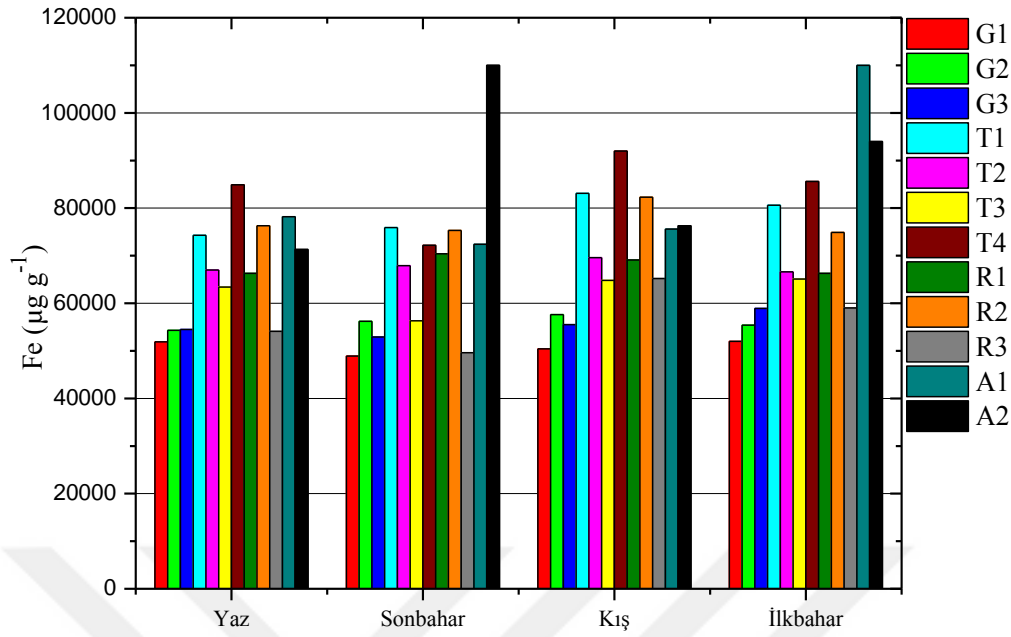
### 3.2.2.2. Sedimentte Fe

Sediment örneklerinde Fe konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 45) en yüksek konsantrasyonun  $110000 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında A1 ve Kasım ayında A2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $48900 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında G1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Fe konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 20) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 20.** Sedimentte mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Fe Konsantrasyonları
Yaz	66400 <sup>a</sup>
Sonbahar	67300 <sup>a</sup>
Kış	70100 <sup>a</sup>
İlkbahar	72400 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 45.** Sediment örneklerinde Fe konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

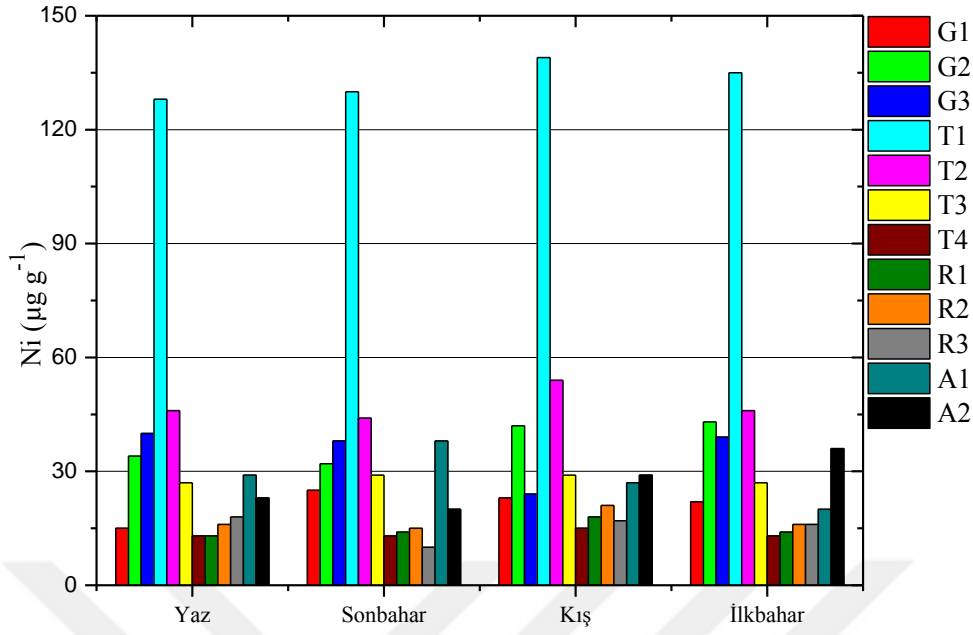
### 3.2.2.3. Sedimentte Ni

Sediment örneklerinde Ni konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 46) en yüksek konsantrasyonun  $139 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat T1 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $10 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında R3 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Ni konsantrasyonlarındaki hem istasyonlar hem de mevsimler (Tablo 21) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 21.** Sedimentte mevsimlere göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Ni Konsantrasyonları
Yaz	34 <sup>a</sup>
Sonbahar	34 <sup>a</sup>
Kış	37 <sup>a</sup>
İlkbahar	36 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 46.** Sediment örneklerinde Ni konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

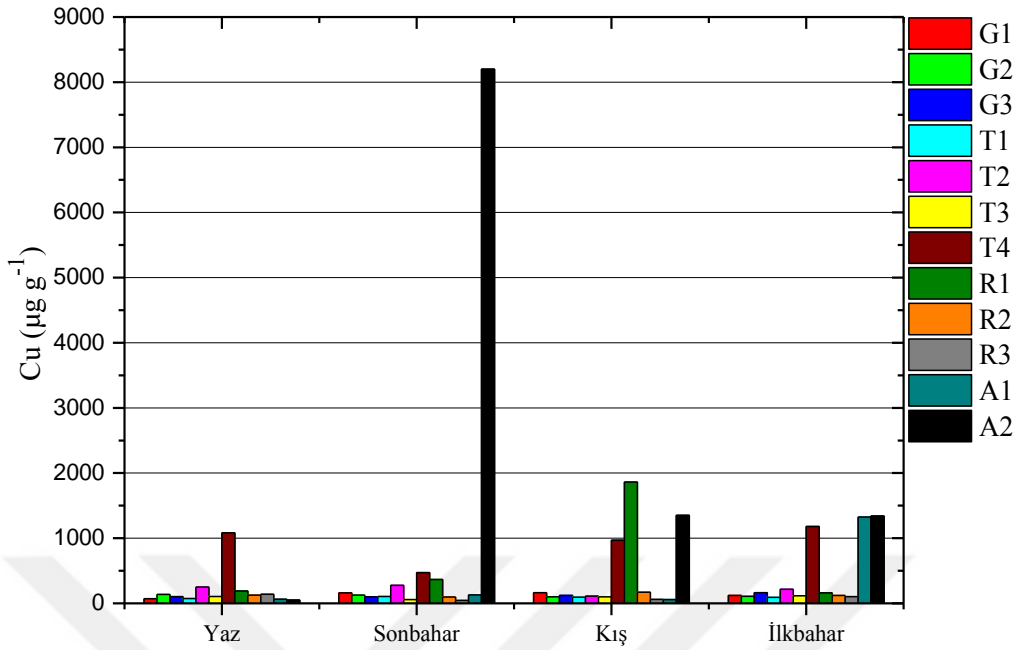
#### 3.2.2.4. Sedimentte Cu

Sediment örneklerinde Cu konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 47) en yüksek konsantrasyonun  $8200 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında A2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $44 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında R3 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Cu konsantrasyon değerleri bazı istasyonlar (G1-T4, G2-T1, G2-T4, G2-R1, G3-T4, G3-R1, T1-T2, T1-T4, T1-R1, T1-R2, T2-T3, T2-T4, T2-R3, T3-T4, T3-R1, T4-R2, T4-R3, R1-R2 ve R1-R3) arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Fakat Tablo 22’de, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 22.** Sedimentte mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Cu Konsantrasyonları
Yaz	199 <sup>a</sup>
Sonbahar	845 <sup>a</sup>
Kış	430 <sup>a</sup>
İlkbahar	421 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 47.** Sediment örneklerinde Cu konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

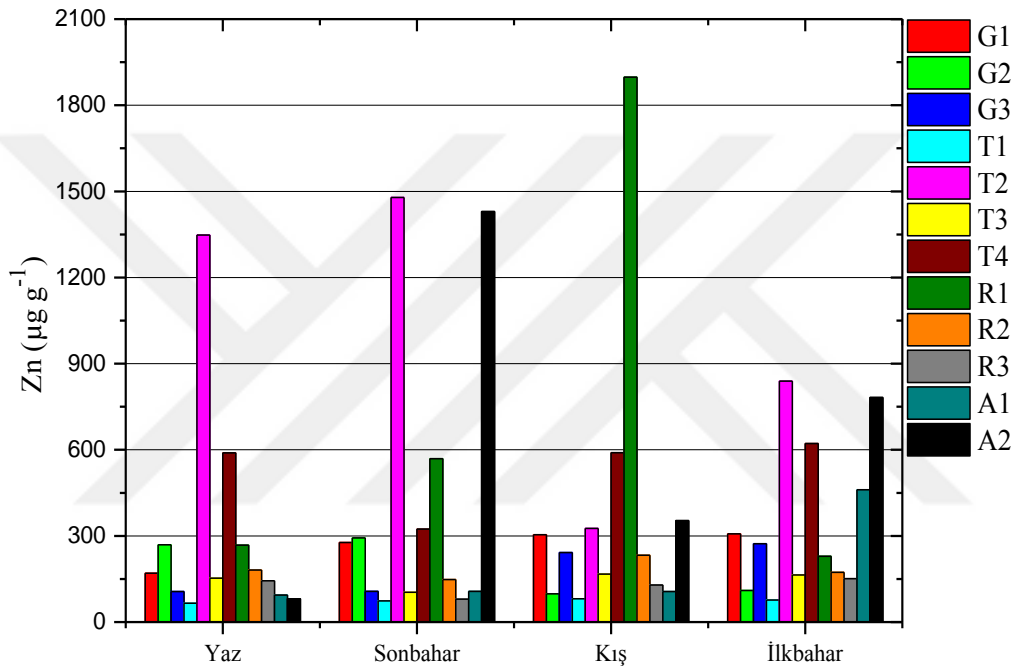
### 3.2.2.5. Sedimentte Zn

Sediment örneklerinde Zn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 48) en yüksek konsantrasyonun 1898  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında R1 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise 74  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Zn konsantrasyon değerleri bazı istasyonlar (G1-T1, G1-T2, G1-T3, G1-T4, G1-R3, G2-T1, G2-T2, G2-T4, G3-T1, G3-T2, G3-T4, T1-T2, T1-T3, T1-T4, T1-R1, T1-R2, T1-R3, T1-A1, T1-A2, T2-T3, T2-R2, T2-R3, T2-A1, T3-T4, T3-R1, T4-R2, T4-R3, T4-A1, R1-R2, R1-R3 ve R2-R3) arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Fakat Tablo 23'de mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 23.** Sedimentte mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Zn Konsantrasyonları
Yaz	289 <sup>a</sup>
Sonbahar	416 <sup>a</sup>
Kış	377 <sup>a</sup>
İlkbahar	349 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 48.** Sediment örneklerinde Zn konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.2.6. Sedimentte As

Sediment örneklerinde As konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 49) en yüksek konsantrasyonun  $444 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında A1 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $0,52 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre As konsantrasyon değerleri bazı istasyonlar (G1-G2, G1-T1, G1-T3, G1-R3, G2-T1, G2-R2, G3-T1, G3-R2, G3-R3, T1-T3, T1-T4, T1-R3, T1-A1, T1-A2, T3-T4, T3-R2, T4-R1, T4-R2, T4-R3, R1-R1, R2-R3, R2-A1 ve R2-A2 ) arasındaki

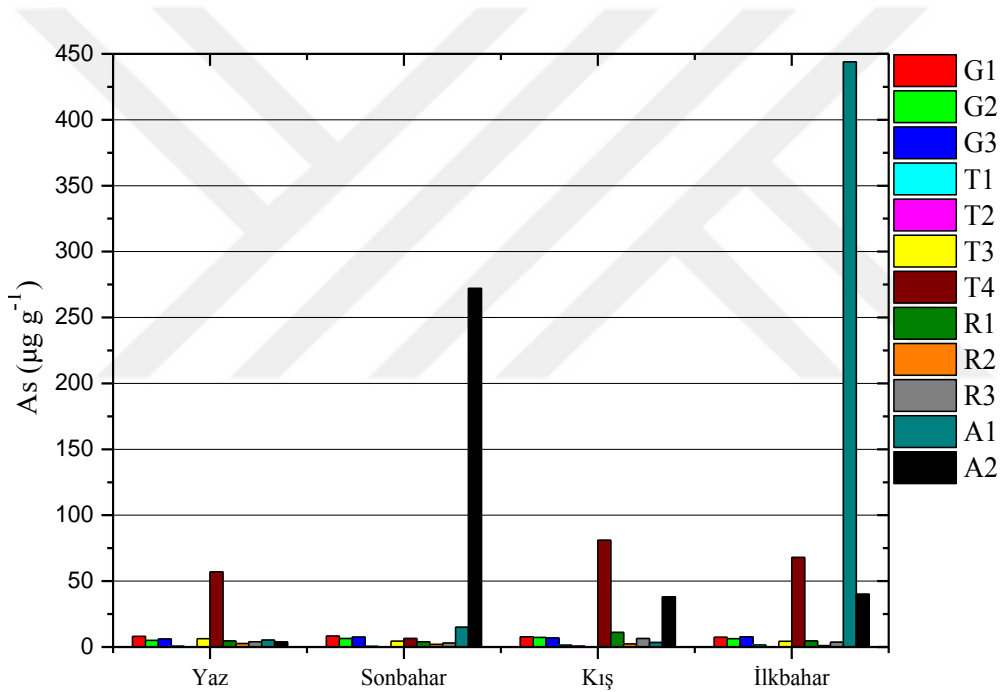


farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Tablo 24’de, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 24.** Sedimentte mevsimlere göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	As Konsantrasyonları
Yaz	9,45 <sup>a</sup>
Sonbahar	30 <sup>a</sup>
Kış	15 <sup>a</sup>
İlkbahar	54 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 49.** Sediment örneklerinde As konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.2.7. Sedimentte Pb

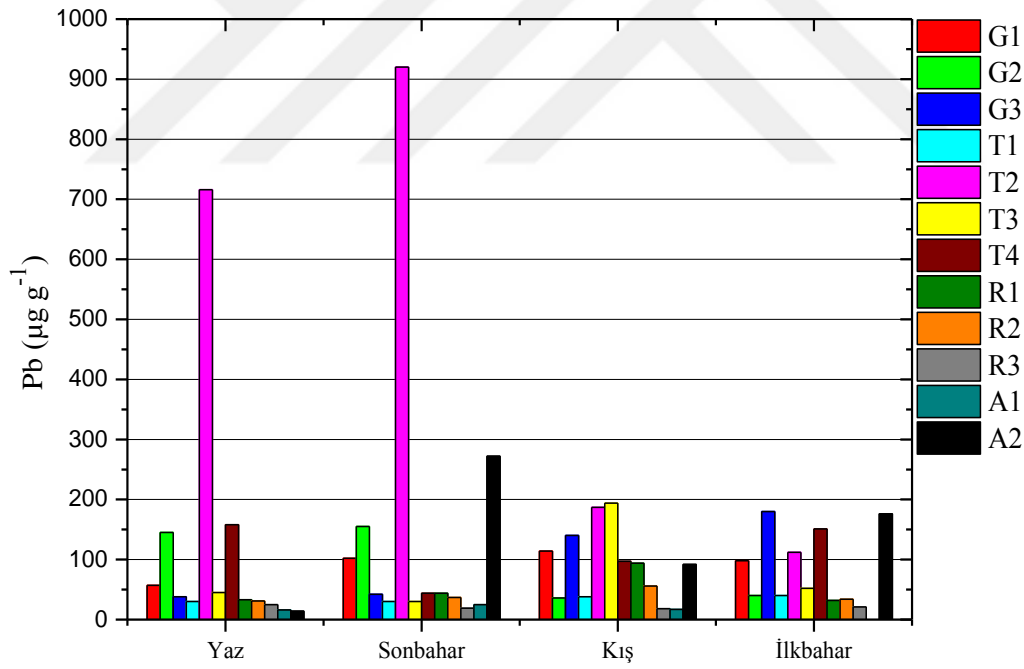
Sediment örneklerinde Pb konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 50) en yüksek konsantrasyonun  $920 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $14 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Temmuz ayında A2 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Pb konsantrasyon değerleri bazı istasyonlar (G1-T1, G1-T2, G1-R1, G1-

R2, G1-R3, G1-A1, G2-R3, G3-R3, G3-A1, T1-T2, T1-T4, T1-R3, T1-A1, T2-R1, T2-R2, T2-R3, T2-A1, T3-R3, T3-A1, T4-R2, T4-R3, T4-A1, R1-R3, R1-A1, R2-R3 ve R2-A1) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 25'de, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 25.** Sedimentte mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Pb Konsantrasyonları
Yaz	109 <sup>a</sup>
Sonbahar	143 <sup>a</sup>
Kış	90 <sup>a</sup>
İlkbahar	85 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 50.** Sediment örneklerinde Pb konsantrasyonunun istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.3. Midye Yumuşak Doku Örnekleri

#### 3.2.3.1. Midye Yumuşak Dokusunda Mn

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 51) en yüksek konsantrasyonun  $163 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında T3 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $41 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Temmuz ayında G1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Mn konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem istasyonlar (G1-G2, G1-G3, G1-T1, G1-T2, G1-T3, G1-T4, G1-R1, G1-R2-, G1-T3, G2-T1, G2-T3, G2-T4, G3-T1, G3-T2, G3-T3, G3-T4, T1-R1, T1-R2, T1-R3, T1-A1, T1-A2, T2-A1, T2-A2, T3-R1, T3-R2, T3-R3, T3-A1 ve T3-A2) arasında ve hem de Tablo 26’da mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 27’de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 26.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

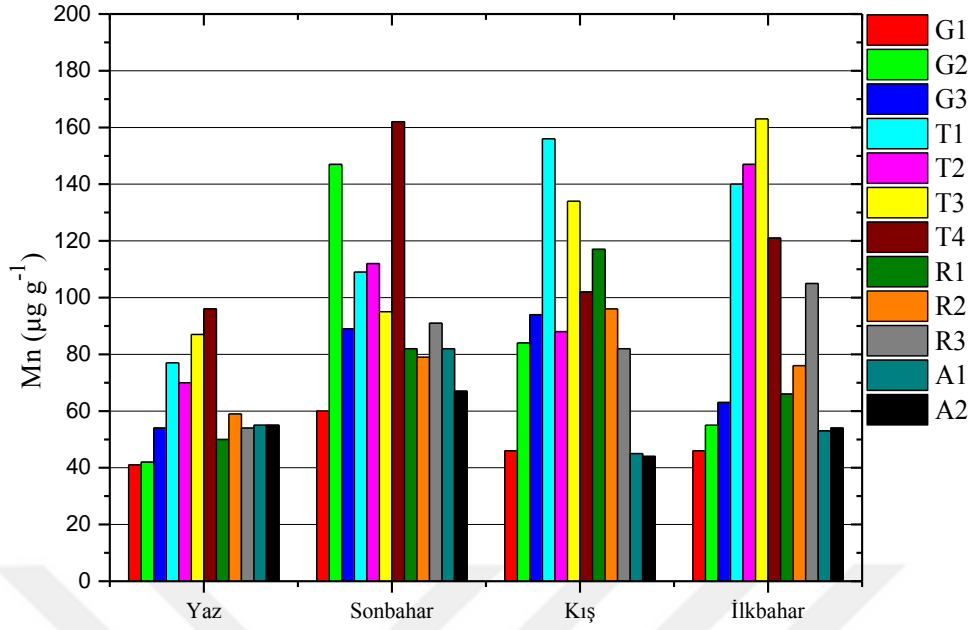
Mevsim	Mn Konsantrasyonları
Yaz	62 <sup>a</sup>
Sonbahar	97 <sup>b</sup>
Kış	90 <sup>b</sup>
İlkbahar	90 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 27.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Mn Konsantrasyonları
Büyük Boy	75 <sup>a</sup>
Orta Boy	83 <sup>ab</sup>
Küçük Boy	97 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.



**Şekil 51.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.3.2. Midye Yumuşak Dokusunda Fe

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Fe konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 52) en yüksek konsantrasyonun 7624  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T4 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise 548  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Temmuz ayında G1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Fe konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem istasyonlar (G1-T1, G1-T4, G2-T4, G3-T4, T2-T4, T4-R1 ve T4-R3) arasında ve hem de Tablo 28’de mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 29’da, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 28.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

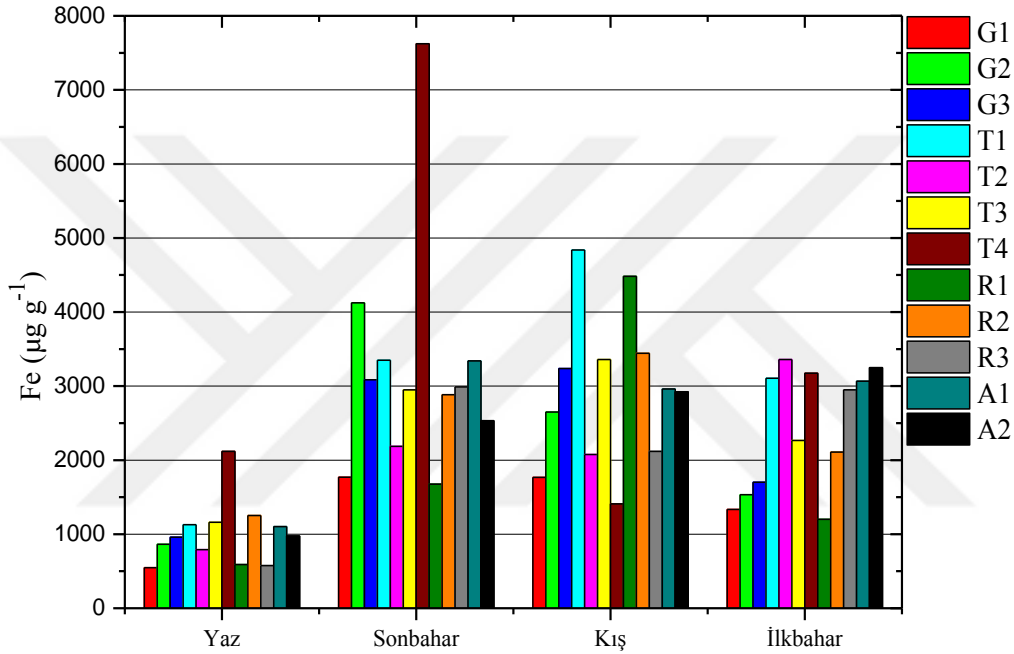
Mevsim	Fe Konsantrasyonları
Yaz	1005 <sup>a</sup>
Sonbahar	3209 <sup>c</sup>
Kış	2938 <sup>bc</sup>
İlkbahar	2420 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 29.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Fe Konsantrasyonları
Büyük Boy	2189 <sup>a</sup>
Orta Boy	2376 <sup>a</sup>
Küçük Boy	2614 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 52.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Fe konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.3.3. Midye Yumuşak Dokusunda Ni

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Ni konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 53) en yüksek konsantrasyonun  $20 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında G3 ve Şubat ayında T1 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $3,47 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında T4 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. ANOVA testinin sonucuna göre Ni konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem istasyonlar (G1-T1, G2-T1, G2-T2, G3-T2, T1-T2, T1-T3, T1-T4, T1-R1, T1-R2, T1-R3, T1-A1 ve T2-A2) arasında ve hem de Tablo

30’da mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur Tablo 31’de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 30.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

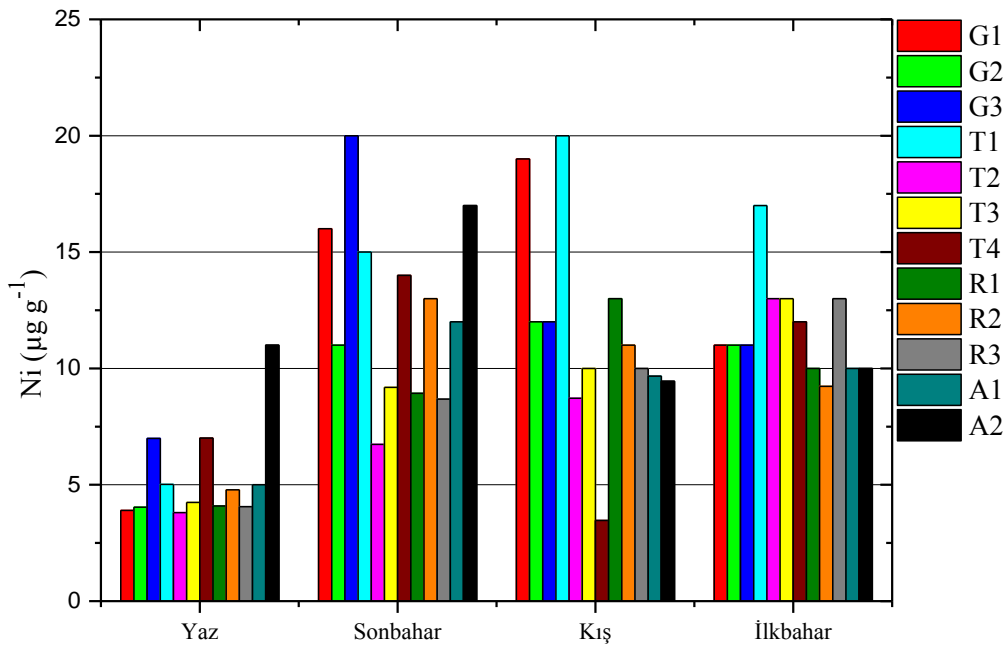
Mevsim	Ni Konsantrasyonları
Yaz	5 <sup>a</sup>
Sonbahar	12 <sup>b</sup>
Kış	11 <sup>b</sup>
İlkbahar	11 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 31.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Ni Konsantrasyonları
Büyük Boy	9,44 <sup>a</sup>
Orta Boy	10 <sup>a</sup>
Küçük Boy	11 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 53.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Ni konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.3.4. Midye Yumuşak Dokusunda Cu

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Cu konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 54) en yüksek konsantrasyonun 1740  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T4 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise 62  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile Temmuz ayında G1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Cu konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem istasyonlar (G1-G2, G1-T2, G1-T4, G1-A1, G2-T1, G2-T3, G2-T4, G2-R1, G2-R3, G3-T4, T1-T3, T1-T4, T2-T4, T2-R2, T2-R3, T3-T4, T3-A1, T4-R1, T4-R2, T4-R3, T4-A1, T4-A2, R1-A2, R2-A1 ve R3-A2) arasında ve hem de Tablo 32’de mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Tablo 33’de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 32.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

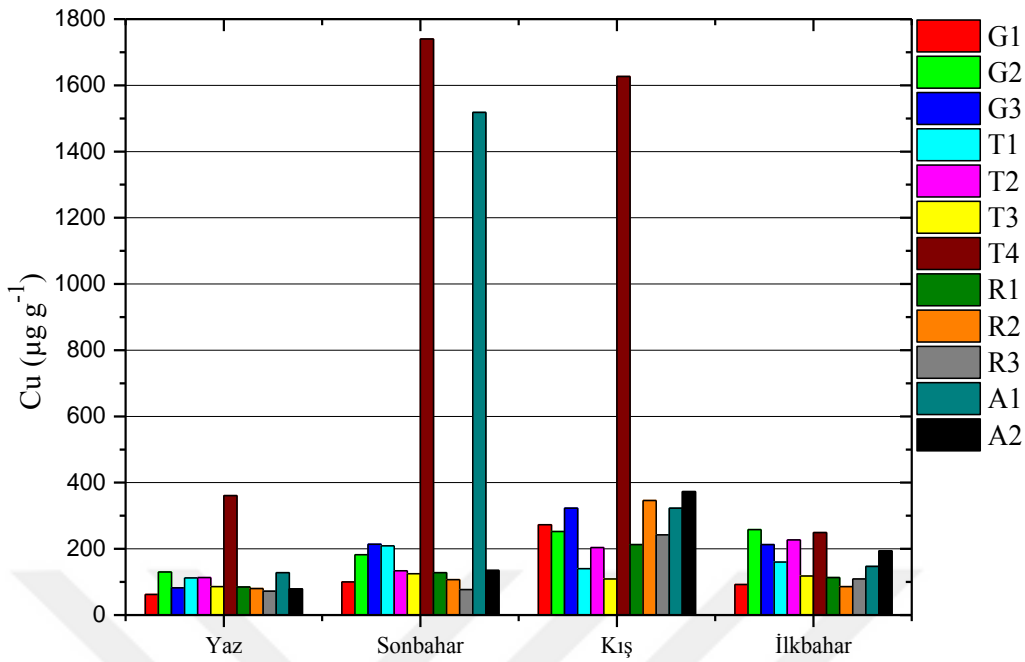
Mevsim	Cu Konsantrasyonları
Yaz	115 <sup>c</sup>
Sonbahar	262 <sup>a</sup>
Kış	368 <sup>b</sup>
İlkbahar	163 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p<0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 33.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Cu Konsantrasyonları
Büyük Boy	232 <sup>a</sup>
Orta Boy	253 <sup>a</sup>
Küçük Boy	292 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p<0,05$  düzeyinde önemlidir.



**Şekil 54.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Cu konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.3.5. Midye Yumuşak Dokusunda Zn

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Zn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 55) en yüksek konsantrasyonun  $3268 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T4 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $971 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında T1 ve Temmuz ayında T3 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Zn konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem istasyonlar (G1-T2, G1-T4, G3-T2, G3-T4, T1-T2, T1-T4, T1-A1, T1-A2, T2-R3, T3-T4, T3-A1, T4-R1, T4-R2, T4-R3, T4-A1, T4-A2 ve R3-A2) arasında ve hem de Tablo 34'de mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 35'de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).



**Tablo 34.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

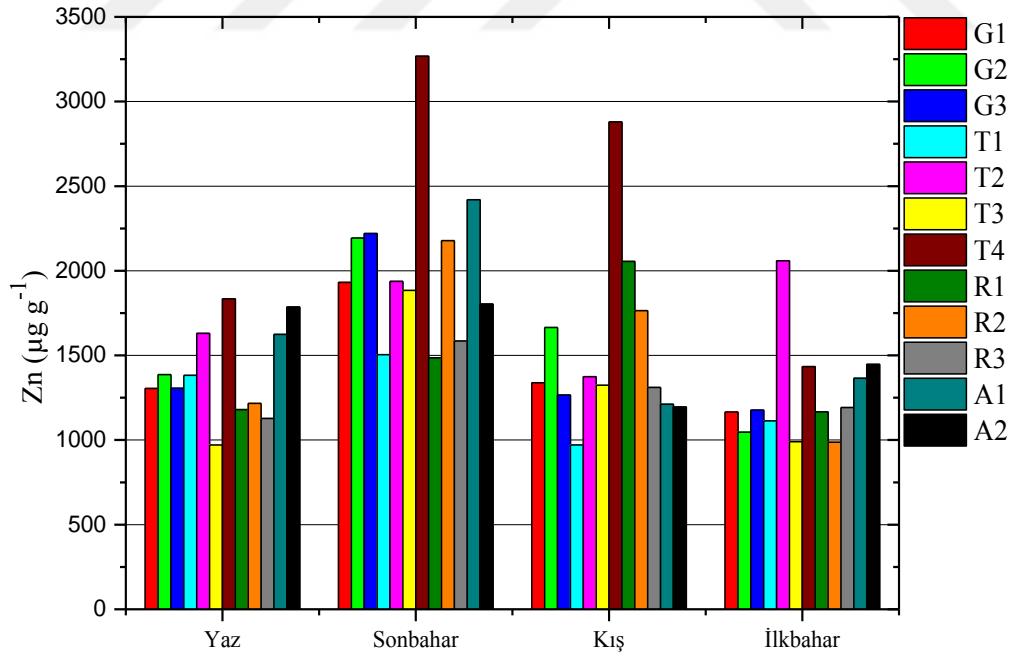
Mevsim	Zn Konsantrasyonları
Yaz	1395 <sup>a</sup>
Sonbahar	1622 <sup>b</sup>
Kış	1386 <sup>a</sup>
İlkbahar	1261 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 35.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Zn Konsantrasyonları
Büyük Boy	1637 <sup>a</sup>
Orta Boy	1566 <sup>a</sup>
Küçük Boy	1462 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 55.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Zn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.3.6. Midye Yumuşak Dokusunda As

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde As konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 56) en yüksek konsantrasyonun  $157 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında T2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $45 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında G1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre As konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem istasyonlar (G1-G2, G1-G3, G1-T3, G1-T4, G1-R1, G1-R2, G1-R3, G1-A1, G1-A2, G2-T4, G2-R2, G2-A1, G2-A2, G3-T1, G3-T3, G3-T4, G3-R1, G3-R3, G3-A1, G3-A2, T1-T4, T1-R2, T1-A1, T2-A2, T3-T4, T3-R2, T3-A1, T3-A2, T4-R1, T4-R3, R1-A1, R1-A2, R2-R3, R2-A1, R2-A2, R3-A1 ve R3-A2) arasında ve hem de Tablo 36’da mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 37’de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 36.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

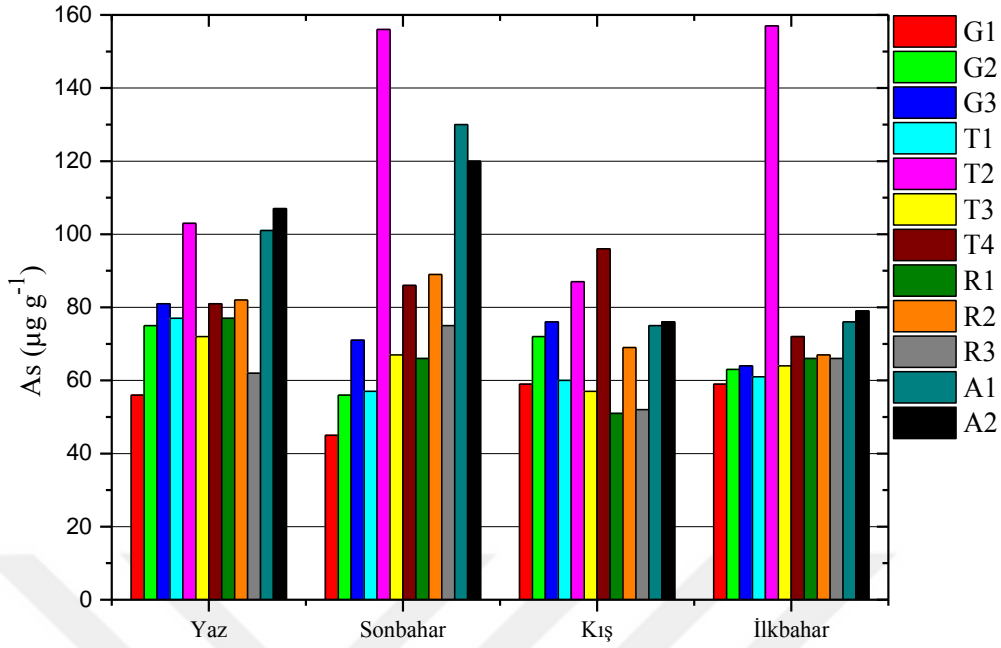
Mevsim	As Konsantrasyonları
Yaz	81 <sup>a</sup>
Sonbahar	88 <sup>ab</sup>
Kış	69 <sup>b</sup>
İlkbahar	74 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 37.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama As konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	As Konsantrasyonları
Büyük Boy	83 <sup>a</sup>
Orta Boy	72 <sup>a</sup>
Küçük Boy	76 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 56.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde As konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.3.7. Midye Yumuşak Dokusunda Pb

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Pb konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 57) en yüksek konsantrasyonun  $798 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Mayıs ayında T2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $13 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında R2 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Pb konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem istasyonlar (G1-G2, G1-G3, G1-T3, G1-T4, G1-R1, G1-R2, G1-R3, G1-A1, G1-A2, G2-T4, G2-R2, G2-A1, G2-A2, G3-T1, G3-T3, G3-T4, G3-R1, G3-R3, G3-A1, G3-A2, T1-T4, T1-R2, T1-A1, T1-A2, T3-T4, T3-R2, T3-A1, T3-A2, T4-R1, T4-R3, R1-R2, R1-A1, R1-A2, R2-R3, R2-A1, R2-A2, R3-A1 ve R3-A2) arasında ve hem de Tablo 38’de mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 39’da, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 38.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

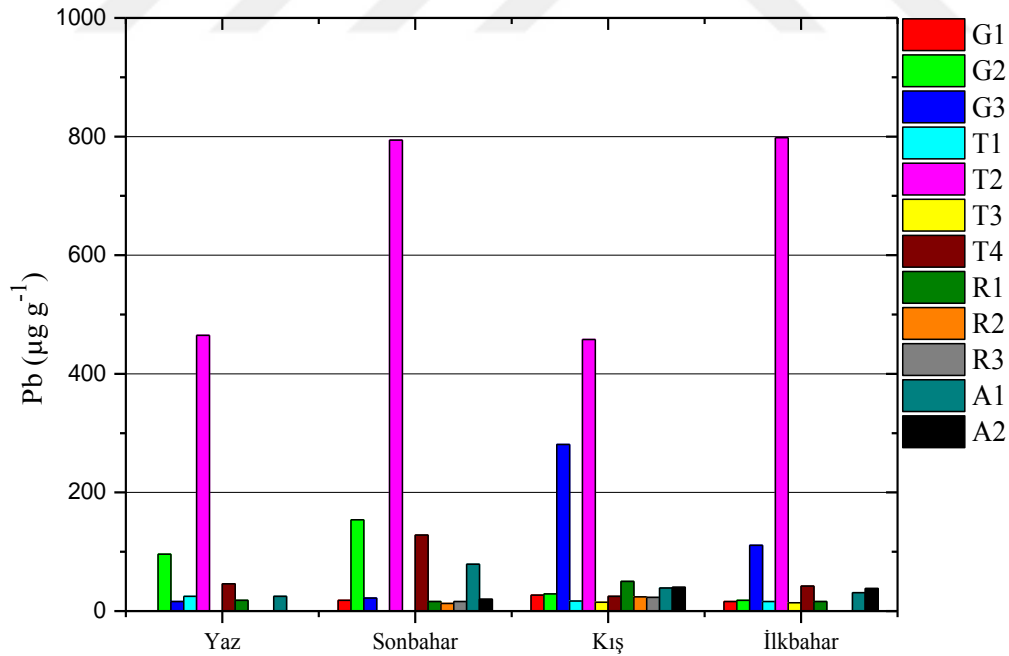
Mevsim	Pb Konsantrasyonları
Yaz	98 <sup>a</sup>
Sonbahar	126 <sup>a</sup>
Kış	85 <sup>a</sup>
İlkbahar	110 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

**Tablo 39.** Akdeniz Midyesi yumuşak dokulardaki boylara göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Pb Konsantrasyonları
Büyük Boy	97 <sup>a</sup>
Orta Boy	120 <sup>a</sup>
Küçük Boy	96 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 57.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Pb konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.4. Midye Kabuk Örnekleri

#### 3.2.4.1. Midye Kabuklarında Mn

Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Mn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 58) en yüksek konsantrasyonun  $94 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında T4 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $8,61 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında G1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Tablo 40'da, Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Mn konsantrasyonlarındaki mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Fakat istasyonlar arasındaki (G1-G2, G1-G3, G1-T1, G1-T2, G1-T3, G1-T4, G1-R1, G1-R3, G2-T1, G2-T2, G2-T3, G2-T4, G2-R2, G2-A1, G2-A2, G3-T1, G3-T2, G3-T3, G3-T4, G3-A1, T1-R1, T1-R2, T1-R3, T1-A1, T1-A2, T2-R1, T2-R2, T2-R3, T2-A1, T2-A2, T3-R1, T3-R2, T3-R3, T3-A1, T3-A2, T4-R1, T4-R2, T4-R3, T4-A1, T4-A2, R1-R2, R1-A1, R1-A2, R2-R3, R2-A1, R2-A2, R3-A1 ve R3-A2) farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Tablo 41'de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 40.** Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

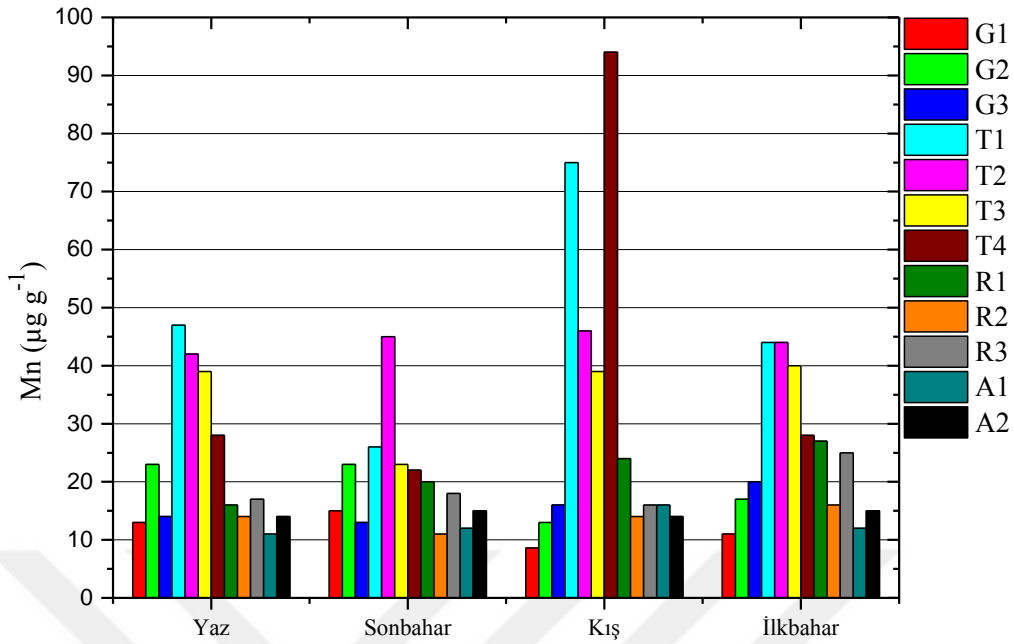
Mevsim	Mn Konsantrasyonları
Yaz	23 <sup>a</sup>
Sonbahar	20 <sup>a</sup>
Kış	31 <sup>a</sup>
İlkbahar	25 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.

**Tablo 41.** Akdeniz Midyesi kabuklarında boylara göre ortalama Mn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Mn Konsantrasyonları
Büyük Boy	21 <sup>a</sup>
Orta Boy	23 <sup>a</sup>
Küçük Boy	30 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 58.** Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Mn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.4.2. Midye Kabuklarında Fe

Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Fe konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 59) en yüksek konsantrasyonun  $764 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında G2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $47 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Temmuz ayında R3 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Fe konsantrasyonlarındaki farklılıklar hem mevsimler (Tablo 42) hem de istasyonlar (G1-T1, G1-T2, G1-T3, G1-T4, G2-T4, G3-T4, T1-T4, T2-T4, T3-T4, T4-R1, T4-R2, T4-R3 ve T4-A2) arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 43’de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 42.** Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

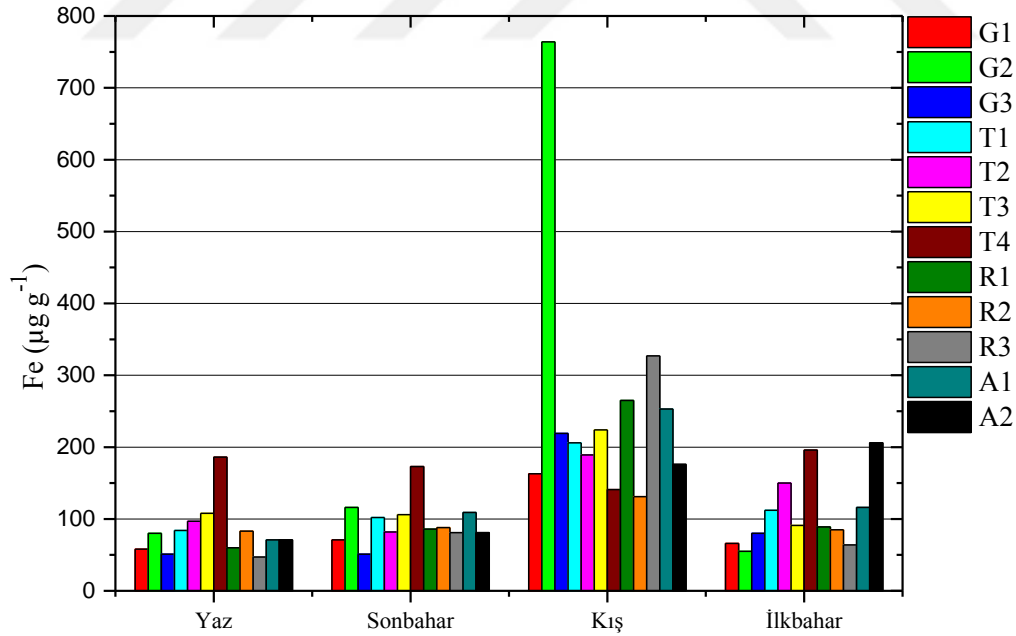
Mevsim	Fe Konsantrasyonları
Yaz	83 <sup>ac</sup>
Sonbahar	95 <sup>c</sup>
Kış	254 <sup>b</sup>
İlkbahar	109 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 43.** Akdeniz Midyesi kabuklarında boylara göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Fe Konsantrasyonları
Büyük Boy	125 <sup>a</sup>
Orta Boy	124 <sup>a</sup>
Küçük Boy	157 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 59.** Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Fe konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.4.3. Midye Kabuklarında Cu

Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Cu konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 60) en yüksek konsantrasyonun  $31 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T4 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $11 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Temmuz ayında A1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Cu konsantrasyonlarındaki farklılıklar istasyonlar (G1-T2, G1-T4, G1-A2, G2-T4, G2-A1, G2-A2, G3-T2, G3-T4, G3-A2, T1-T2, T1-T4, T1-A1, T1-A2, T2-T3, T2-T4, T2-R1, T2-R2, T2-R3, T3-T4, T3-A1, T3-A2, T4-R1, T4-R2, T4-R3, T4-A1, T4-A2, R1-A1, R1-A2, R2-A2 ve A1-A2) arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 44-45’de, Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Cu konsantrasyonlarındaki mevsimler ve boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 44.** Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Mevsim	Cu Konsantrasyonları
Yaz	14 <sup>a</sup>
Sonbahar	16 <sup>a</sup>
Kış	16 <sup>a</sup>
İlkbahar	14 <sup>a</sup>

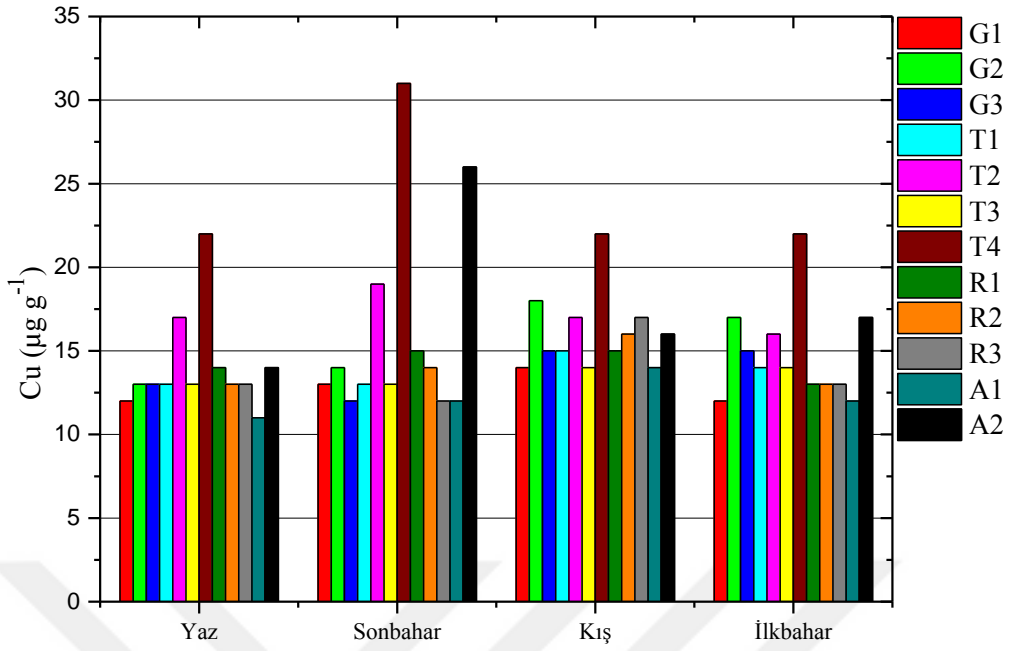
<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

**Tablo 45.** Akdeniz Midyesi kabuklarda boylara göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Cu Konsantrasyonları
Büyük Boy	14 <sup>a</sup>
Orta Boy	15 <sup>a</sup>
Küçük Boy	16 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.





**Şekil 60.** Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Cu konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

#### 3.2.4.4. Midye Kabuklarında Zn

Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Zn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 61) en yüksek konsantrasyonun  $26 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Şubat ayında T4 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $5,57 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında T1 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Tablo 46'da, Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Zn konsantrasyonlarındaki farklılıklar mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Fakat istasyonlar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ). Tablo 47'de, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 46.** Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

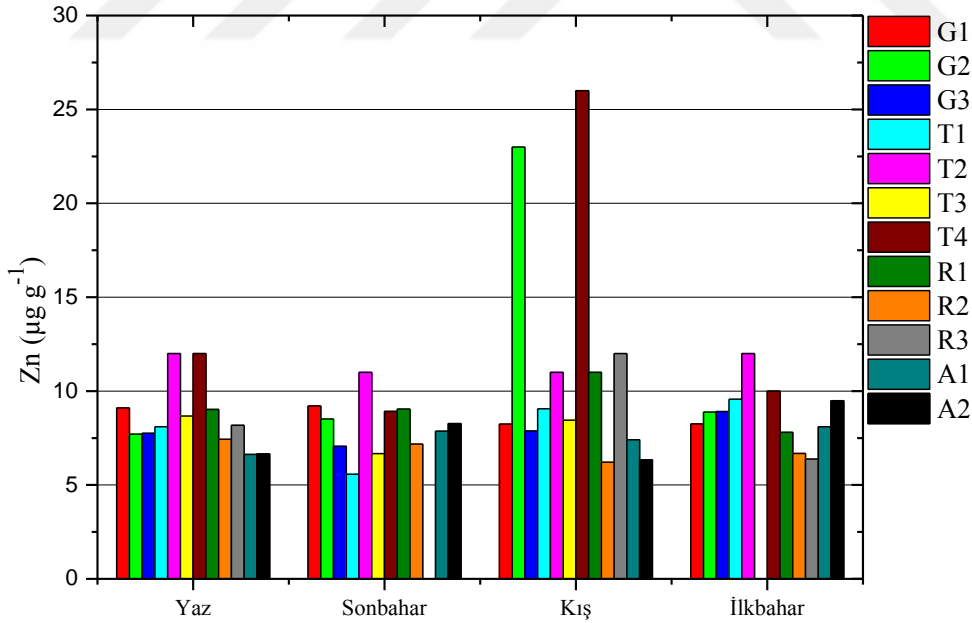
Mevsim	Zn Konsantrasyonları
Yaz	9 <sup>ac</sup>
Sonbahar	8 <sup>c</sup>
Kış	11 <sup>b</sup>
İlkbahar	9 <sup>ac</sup>

<sup>a,b,c</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

**Tablo 47.** Akdeniz Midyesi kabuklarında boylara göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Boy	Zn Konsantrasyonları
Büyük Boy	8 <sup>a</sup>
Orta Boy	9 <sup>a</sup>
Küçük Boy	11 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup> harfleri mevsimler arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.



**Şekil 61.** Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Zn konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.2.4.5. Midye Kabuklarında Pb

Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Pb konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimine bakıldığında (Şekil 62) en yüksek konsantrasyonun  $58 \mu\text{gg}^{-1}$  ile Kasım ayında T2 istasyonunda olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyonun ise  $2,05 \mu\text{gg}^{-1}$  ile Şubat ayında T4 istasyonunda olduğu gözlenmiştir. Tablo 48’de, Kruskal-Wallis testinin sonucuna göre Pb konsantrasyonlarındaki farklılıklar mevsimler ve istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Tablo 49’da, boylar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 48.** Akdeniz Midyesi kabuklarında mevsimlere göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ )

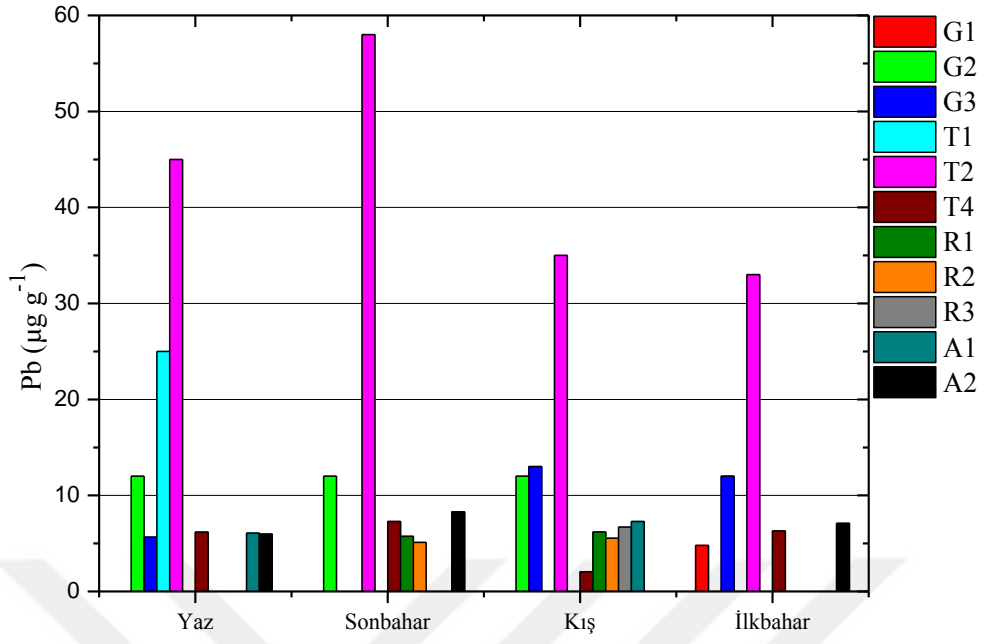
Mevsim	Pb Konsantrasyonları
Yaz	15 <sup>a</sup>
Sonbahar	16 <sup>a</sup>
Kış	11 <sup>a</sup>
İlkbahar	13 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.

**Tablo 49.** Akdeniz Midyesi kabuklarında boylara göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{gg}^{-1}$ )

Boy	Pb Konsantrasyonları
Büyük Boy	13 <sup>a</sup>
Orta Boy	15 <sup>a</sup>
Küçük Boy	16 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfi mevsimler arasındaki verilerde  $p>0,05$  düzeyinde önemli değildir.



**Şekil 62.** Akdeniz midyesi kabuk örneklerinde Pb konsantrasyon ortalamalarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi

### 3.3. Deniz suyu, Sediment ve Akdeniz Midyesi Örneklerinde Korelasyon Analiz Sonuçları

Deniz suyu, sediment ve Akdeniz midyesi örneklerinin elementler arası mevsimsel korelasyon katsayılarının sonuçları Tablo 50-53'de verilmiştir.

Tablo 50'ye göre deniz sularında elementler arası mevsimsel korelasyon katsayılarına bakıldığında, Mn-Pb ( $r=0,302$ ) ve Zn-As ( $r=0,321$ ) arası pozitif yönde bir ilişki; Ni-Zn ( $r=-0,317$ ) arasında negatif yönde bir ilişki; Zn-Pb ( $r=0,440$ ) arasında pozitif yönde yüksek bir ilişki ve Ni-Cu ( $r=-0,642$ ) arasında negatif yönde yüksek bir ilişki görülmüştür.

Tablo 51'e göre sedimentlerde elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları istatistiksel olarak incelendiğinde, Fe-Zn ( $r=0,325$ ) arasında pozitif yönde bir ilişki; Mn-As ( $r=-0,292$ ) arasında negatif yönde bir ilişki; Mn-Ni ( $r=0,612$ ), Fe-Cu ( $r=0,574$ ), Fe-As ( $r=0,659$ ), Cu-Zn ( $r=0,563$ ), Cu-As ( $r=0,616$ ) ve Zn-Pb ( $r=0,669$ ) arasında ise pozitif yönde yüksek bir ilişki görülmüştür.

Tablo 52'ye göre midyelerin yumuşak dokularındaki elementler arası mevsimsel korelasyon katsayılarına istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Cu-As ( $r=0,174$ ) ve Zn-As ( $r=0,213$ ) ve Mn-Pb ( $r=0,197$ ) arasında pozitif yönde bir ilişki; Mn-Fe ( $r=0,668$ ), Mn-Ni ( $r=0,388$ ), Mn-Cu ( $r=0,256$ ), Mn-Zn ( $r=0,243$ ), Fe-Ni ( $r=0,530$ ), Fe-Cu ( $r=0,420$ ), Fe-Zn ( $r=0,377$ ), Cu-Zn ( $r=0,615$ ), Zn-Pb ( $r=0,245$ ) ve As-Pb ( $r=0,238$ ) arasında pozitif yönde yüksek bir ilişki gözlenmiştir.

Tablo 53'e göre midyelerin kabuklarındaki elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları istatistiksel olarak incelendiğinde, Pb-Cu ( $r=0,165$ ) arasında pozitif yönde bir ilişki; Cu-Mn ( $r=0,269$ ), Zn-Mn ( $r=0,342$ ), Pb-Mn ( $r=0,245$ ), Zn-Fe ( $r=0,551$ ), Zn-Cu ( $r=0,273$ ) ve Zn-Pb ( $r=0,275$ ) arasında pozitif yönde yüksek bir ilişki tespit edilmiştir.

**Tablo 50.** Deniz suları elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları

	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Mn	1						
Fe	-0,053	1					
Ni	0,061	-0,131	1				
Cu	0,050	0,180	<b>-0,642**</b>	1			
Zn	0,111	0,167	<b>-0,317*</b>	0,097	1		
As	0,243	-0,108	-0,137	0,136	<b>0,321*</b>	1	
Pb	<b>0,302*</b>	0,164	-0,146	0,084	<b>0,440**</b>	0,176	1

**Tablo 51.** Sedimentlerde elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları

	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Mn	1						
Fe	0,174	1					
Ni	<b>0,612**</b>	0,123	1				
Cu	-0,211	<b>0,574**</b>	-0,138	1			
Zn	-0,225	<b>0,325*</b>	-0,161	<b>0,563**</b>	1		
As	<b>-0,292*</b>	<b>0,659**</b>	-0,147	<b>0,616**</b>	0,273	1	
Pb	-0,080	0,039	0,020	0,168	<b>0,669**</b>	-0,002	1

**Tablo 52.** Midyelerin yumuşak dokularındaki elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları

	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Mn	1						
Fe	<b>0,668**</b>	1					
Ni	<b>0,388**</b>	<b>0,530**</b>	1				
Cu	<b>0,256**</b>	<b>0,420**</b>	0,048	1			
Zn	<b>0,243**</b>	<b>0,377**</b>	0,075	<b>0,615**</b>	1		
As	0,030	-0,014	-0,127	<b>0,174*</b>	<b>0,213*</b>	1	
Pb	<b>0,197*</b>	0,087	-0,080	0,031	<b>0,245**</b>	<b>0,238**</b>	1

**Tablo 53.** Midyelerin kabuklarındaki elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları

	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb
Mn	1				
Fe	0,031	1			
Cu	<b>0,269**</b>	-0,016	1		
Zn	<b>0,342**</b>	<b>0,551**</b>	<b>0,273**</b>	1	
Pb	<b>0,245**</b>	0,114	<b>0,165*</b>	<b>0,275**</b>	1

### 3.4. İnsan Vücuduna Midye Tüketimi Yoluyla Alınan Ağır Metallerin Belirlenmesi

Ağır metallerin insan vücuduna tüketim yoluyla tahmini günlük alımı midyenin hem metal konsantrasyon seviyesine hem de tüketim miktarına bağlıdır.

ED-XRF metoduyla ağır metal analizini yaptığımız midyelerin tüketimine bağlı olarak metallerin insan vücudundaki Tahmini (T) Günlük (G) Alım (A) değerleri aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir.

$$TGA = \frac{C_{metal} \times W}{m} \quad (2)$$

Burada  $C_{metal}$  midyedeki ağır metal konsantrasyonu,  $W$  midyenin günlük ortalama tüketimini ifade etmektedir,  $m$  ise vücut ağırlığıdır. Hesaplamalar, yetişkinler (44 yaş ve üzeri için, vücut ağırlığı 70 kg) için ortalama günlük tüketilen midye 0,06865 gram/gün (EPA, 2002) göre yapılmıştır.

İncelenen illerde midye tüketimine bağlı olarak metallerin insan vücudundaki tahmini günlük alım değerleri mevsimsel olarak Tablo 54'te verilmiştir.

**Tablo 54.** Midye tüketimine bağlı olarak metallerin insan vücudundaki tahmini günlük alım değerlerinin ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ ) illere göre dağılımı

Element	Giresun	Trabzon	Rize	Artvin	Uluslararası Standart Değerler
<b>Mn</b>	0,07	0,11	0,08	0,05	200-500 (USEPA, 2013)
<b>Fe</b>	1,93	2,75	2,15	2,47	800 (JECFA, 2010)
<b>Ni</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	300 (JECFA, 1982)
<b>Cu</b>	0,18	0,35	0,14	0,36	500 (JECFA, 1982)
<b>Zn</b>	1,47	1,63	1,41	1,58	300 (CAC, 2007)
<b>As</b>	0,06	0,08	0,07	0,09	150 (FAO/WHO, 1983)
<b>Pb</b>	0,07	0,21	0,02	0,04	5 (WHO, 1967)

### 3.5. Akdeniz Midyesinde Cu Tutma (adsorpsiyon) Kapasitesi Deneyinin Ölçüm Sonuçları

Midyeler için Cu tutma kapasitesini belirleme deneyi boyunca akvaryumlardaki deniz sularında ölçülen bazı parametreler; sıcaklık  $14\pm 2^{\circ}\text{C}$ , çözülmüş oksijen %65 üzeri, tuzluluk oranı %16-18 arası, pH 7,5-8,4 arasında ve iletkenlik 21-23  $\mu\text{s/cm}$  arasında ölçülmüştür. Tablo 55'te, farklı Cu konsantrasyonlarına maruz bırakılan 7 akvaryumdaki midye örnekleri 5. günün sonunda alınarak Cu konsantrasyonları ölçülmüş ve farklı cinsiyet ve 3 farklı kabuk boy midye için, ölüm oranları, midye yumuşak dokularındaki ve deniz sularındaki konsantrasyon değerleri verilmiştir. Buna ilaveten, farklı oranlardaki Cu konsantrasyonlarına maruz kalan midyelerin yumuşak dokularındaki Cu tutma kapasitesi grafiği Şekil 63'de verilmiştir.

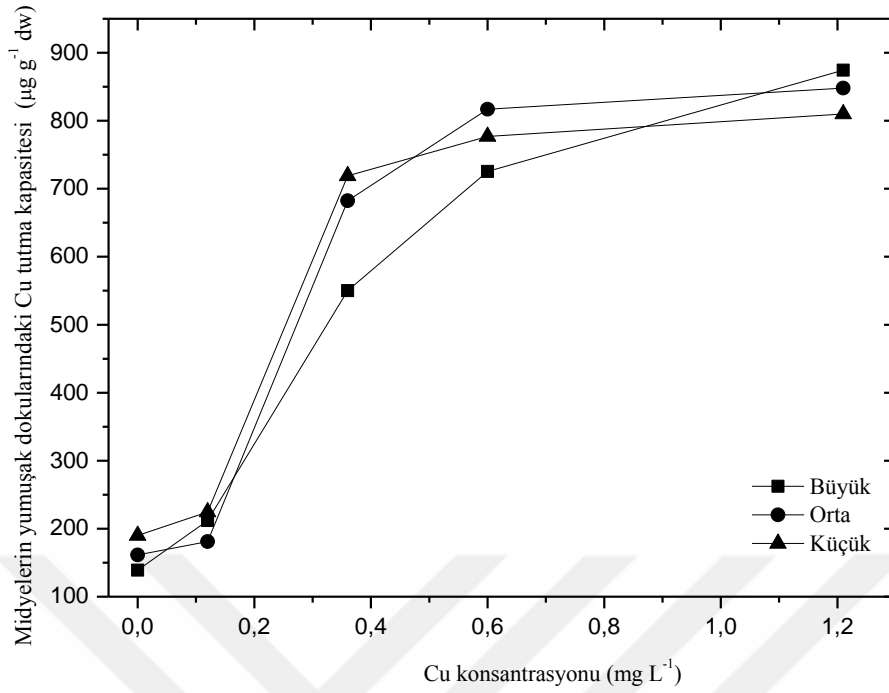
Metal tutma kapasitesi deneyinin ikinci bölümünde ise, ilk gün bir akvaryuma Cu ( $0,36\text{ mgL}^{-1}$ ) çözeltisi eklenmiştir. 5 gün boyunca her gün bu akvaryumdan midye örneği alınarak yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyon değerleri belirlenmiştir. Bu sonuçlar Tablo 56'da verilmiştir. Bu değerler grafik olarak Şekil 64'de sunulmuştur.

Midye tüketimine bağlı olarak Cu metalinin insan vücudundaki tahmini günlük alım değerleri Tablo 57'de gösterilmiştir.



**Tablo 55.** Akdeniz midyesi örneklerinin Cu tutma kapasitesi deney sonuçları

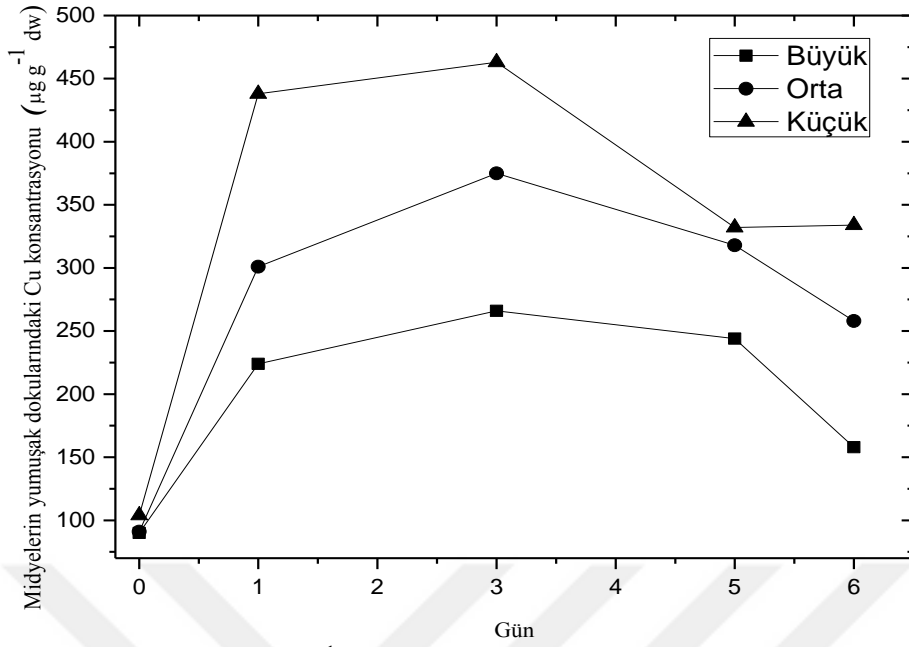
Akvaryumlara Eklenen Cu Konsantrasyonları		Midyelerdeki Ölüm Oranı (%)			Midye yumuşak doku örneklerinde Cu konsantrasyonu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )							Deney başlangıcında deniz suyu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Deney sonunda deniz suyu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
mg L <sup>-1</sup>	%	Büyük Boy	Orta Boy	Küçük Boy	Büyük Boy		Orta Boy		Küçük Boy		Ort.		
					Erkek	Dişi	Erkek	Dişi	Erkek	Dişi			
0	0	0	0	0	129±3	149±4	170±4	153±2	175±1	205±9	163,5±3,7	13,00±0,77	10,07±0,62
0,12	0,001	0	0	0	167±4	257±6	178±7	184±8	224±8	225±1	205,8±5,6	26,25±0,70	14,18±0,74
0,36	0,003	2,5	3,3	0	593±11	506±13	684±16	681±18	702±8	736±8	650,5±31,2	54,85±0,38	28,13±0,49
0,60	0,005	26,6	10,0	7,5	861±10	590±16	937±20	697±22	791±11	763±63	773,1±33,6	128,78±3,02	128,24±2,84
1,21	0,01	33,3	30,0	10,0	1022±5	727±14	960±13	736±10	832±17	788±17	827,5±12,2	393,55±5,49	309,42±4,75
3,63	0,03	100	100	100	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	-	Ölçülmedi	Ölçülmedi
6,05	0,05	100	100	100	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	-	Ölçülmedi	Ölçülmedi



**Şekil 63.** Farklı Cu konsantrasyonlarına maruz kalan midyelerin yumuşak dokularındaki Cu tutma kapasitesi

**Tablo 56.** Sabit 0,36 µg L<sup>-1</sup>'lik Cu konsantrasyonuna maruz bırakılmış farklı boylardaki midyelerin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyonlarının güne göre değişim sonuçları

Boy	Kontrol	Gün 1	Gün 3	Gün 5	Gün 6
<b>Büyük</b>	90±3,83	224±9,74	266±7,79	244±1,02	158±4,54
<b>Orta</b>	91±2,73	301±3,10	375±7,45	318±5,31	258±20,18
<b>Küçük</b>	104±2,70	438±9,05	463±0,92	332±8,15	334±26,99



**Şekil 64.** Sabit  $0,36 \mu\text{gL}^{-1}$ 'lik Cu konsantrasyonuna maruz bırakılmış farklı boylardaki midyelerin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyon değerlerinin güne göre değişimi

**Tablo 57.** Midye tüketimine bağlı olarak Cu metalinin insan vücudundaki tahmini günlük alım değerleri ( $\mu\text{g/kg/gün}$ )

Boy	Cinsiyet	Grup				
		Kontrol	Birinci	İkinci	Üçüncü	Dördüncü
Büyük	Erkek	0,13	0,16	0,58	0,84	1,00
	Dişi	0,15	0,25	0,50	0,58	0,71
	Ortalama	0,14	0,21	0,54	0,71	0,86
Orta	Erkek	0,17	0,17	0,67	0,92	0,94
	Dişi	0,15	0,18	0,67	0,68	0,72
	Ortalama	0,16	0,18	0,67	0,80	0,83
Küçük	Erkek	0,17	0,22	0,69	0,78	0,82
	Dişi	0,20	0,22	0,72	0,75	0,77
	Ortalama	0,19	0,22	0,71	0,76	0,75
<b>Genel Ortalama</b>		0,16	0,16	0,20	0,64	0,76

## 4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

### 4.1. Deniz Suyu Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişimine bakıldığında maksimum değer 25,0 °C ile Temmuz ayında G1, T1, T2 ve A2 istasyonlarında olduğu, minimum değer ise 9,0 °C ile Şubat ayında G1, G2, G3, T1, T2, T3, R1, R3 ve A1 istasyonlarında görülmüştür. Agirbas ve arkadaşları (2014), yaptıkları çalışmada Karadeniz'in yüzey suyu sıcaklıklarının 9,52-27,52°C arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar literatür verileriyle uyum içerisindedir.

Tuzluluk değerleri çalışmanın yapıldığı istasyonlarda ‰11,52 ppt ile ‰ 18,62 arasında değişim göstermektedir. Agirbas ve arkadaşları (2014) Karadeniz'de derinliğe bağlı olarak tuzluluğun ‰15,9 ile ‰17,67 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada elde edilen minimum ve maksimum tuzluluk değerlerinin Agirbas ve arkadaşlarının (2014) yapmış oldukları çalışmadan farklı olmasının nedeni istasyonlarımızın akarsuların mansabında yer almasından ve kıyısız bölgede bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer durum tuzlulukla orantılı olarak değişim gösteren iletkenlik (11,97-30,70  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) için de geçerlidir.

pH değerlerinin mevsimsel değişimine bakıldığında maksimum değer 8,68 ile Mayıs ayında R2 istasyonunda olduğu, minimum değer ise 8,04 ile Kasım ayında T1 istasyonunda olduğu görülmüştür. TDS (toplam çözünmüş katı madde) değerlerinin mevsimsel değişimine bakıldığında maksimum değer 18,07 g L<sup>-1</sup> ile Temmuz ayında R1 istasyonunda olduğu, minimum değer ise 11,09 g L<sup>-1</sup> ile Mayıs ayında T2 istasyonunda olduğu görülmüştür. Oksijen doygunluğu değerlerinin mevsimsel değişimine bakıldığında maksimum değer %130 ile Temmuz ayında R2 istasyonunda olduğu, minimum değer ise %73,2 ile Mayıs ayında G1 istasyonunda olduğu görülmüştür. Çözünmüş oksijen değerlerinin mevsimsel değişimine bakıldığında maksimum değer 10,85 mg L<sup>-1</sup> ile Şubat ayında G2 istasyonunda olduğu, minimum değer ise 6,06 mg L<sup>-1</sup> ile Temmuz ayında G1 istasyonunda görülmüştür. Doğu Karadeniz bölgesinde su kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında bulduğumuz değerlerin literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür (Akbal vd., 2011; Cevik vd., 2008).

## 4.2. Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

### 4.2.1. Deniz Sularının Değerlendirilmesi

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin deniz sularındaki ortalama metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde; Fe ( $72 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Mn ( $10,17 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Cu ( $9,23 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Ni ( $9,06 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Pb ( $6,16 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Zn ( $4,67 \mu\text{gg}^{-1}$ )>As ( $0,84 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklinde, mevsimsel dağılımı ise sonbahar>ilkbahar>kış>yaz şeklinde sıralanmaktadır. Metal konsantrasyonlarına göre mevsimsel dağılım ise ( $\mu\text{gg}^{-1}$ )

Mn için; Yaz>kış>ilkbahar  
Fe için; Yaz>ilkbahar>kış>sonbahar  
Ni için; İlkbahar>sonbahar  
Cu için; İlkbahar>kış>yaz>sonbahar  
Zn için; İlkbahar>sonbahar>kış>yaz  
As için, Sonbahar>ilkbahar>yaz>kış  
Pb için; İlkbahar>kış>sonbahar>yaz  
şeklinde sıralanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada elde edilen metal konsantrasyon değerleri mevsimlere ve istasyonlara göre kendi aralarında değerlendirildiğinde, Mn konsantrasyonu yaz, kış ve ilkbahar mevsimlerinde tespit edilmiş olup, sonbahar mevsiminde tespit edilemedi. Bunun nedeni Mn için belirlenen dedeksiyon limitinden düşük olduğuna dayandırılabilir. Mn konsantrasyonu T2 ve G3 istasyonlarında en yüksek gözlenmiştir. T2 istasyonunda (Trabzon-Değirmendere) bulunan sanayi, petrol ve otomotiv işletmeleri ile bu dereye dökülen çok sayıda dereler ve çaylar vasıtasıyla Değirmendere'nin antropojenik kaynaklı kirlendiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu kirliliğin Giresun Tirebolu (G3) çevresinde geçmiş yıllarda Mn rezervi yapılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda Fe konsantrasyonları mevsimlere göre özellikle ilkbahar ve yaz dönemlerinde artış göstermiştir. Buna neden olarak Fe konsantrasyonunun deniz suyunda yaz dönemlerinde diğer mevsimlere göre daha yüksektir. Buna neden olarak atmosferde depolanan metal partiküllerinin yağış şeklinde yüzey sularına karışmasıyla oluşan atmosferik girdilerin (taşınım) yanı sıra,

hidrografik ve biyolojik olayların etkisinin olduğunu söyleyebiliriz (Sherrell ve Boyle, 1992; Wu ve Luther, 1994). Fe ve Mn metallerinin her ikisi de yeraltı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunurlar. Ayrıca Fe ve Mn suda çözünmeyen ( $Fe^{+3}$  ve  $Mn^{+4}$ ) ile çözünen ( $Fe^{+2}$  ve  $Mn^{+2}$ ) hallerinin her iki şeklinde de bulunmaktadır. İki değerlikli Fe ve Mn, genellikle yeraltı sularında bulunur (URL-2).

Ni konsantrasyonu yaz ve kış mevsiminde tespit edilememiş olup, bu konsantrasyonun ilkbaharda G2 istasyonunda yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, araştırılan bölgeyi çevreleyen endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler sonucu oluşan atıklardan kaynaklanabilir.

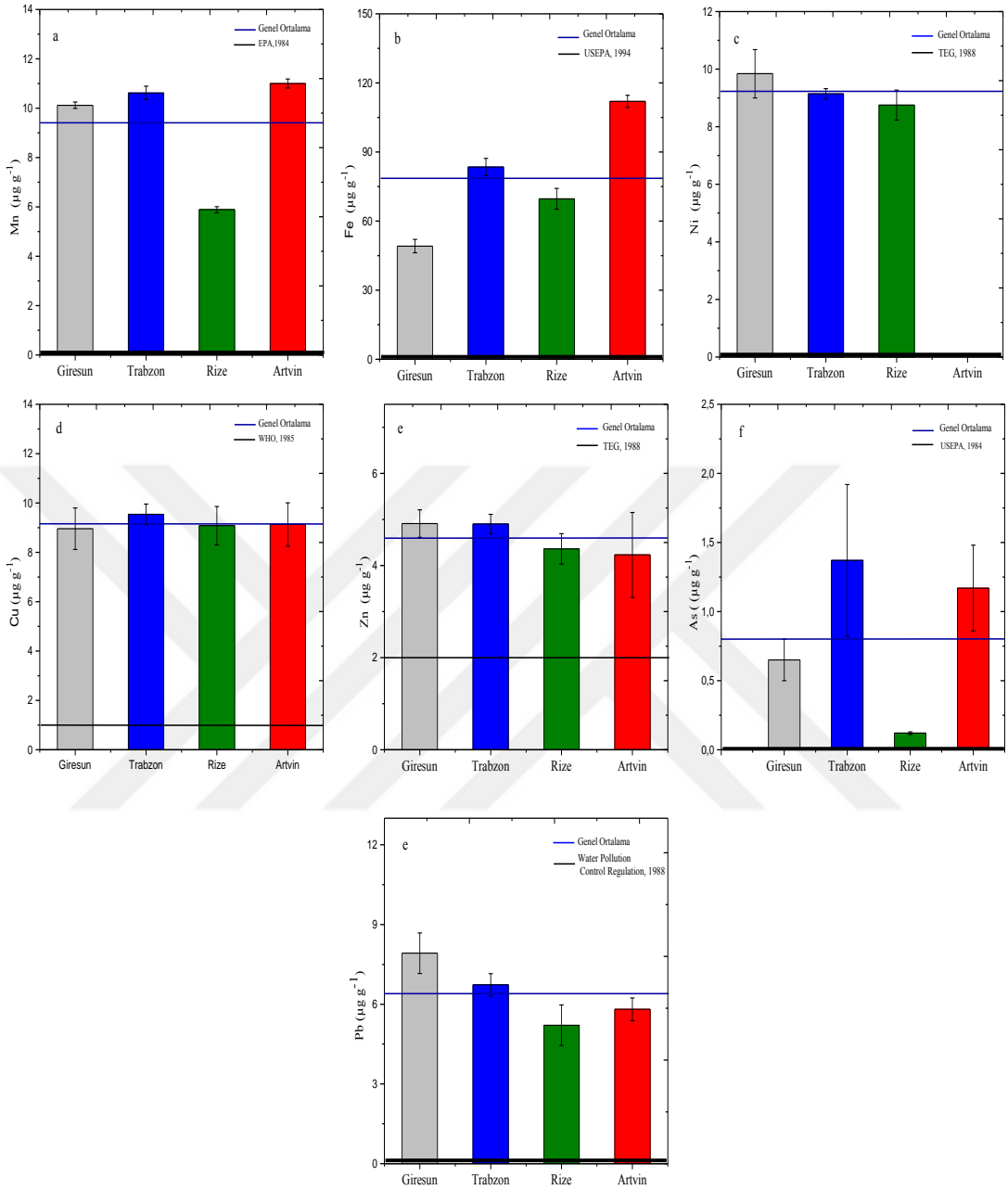
Doğu Karadeniz’de deniz sularında Cu T4 istasyonunda, Zn G2 istasyonunda, kurşun T2 istasyonunda yüksek çıkmıştır. Genel olarak yüksek çıkan Cu, Zn ve Pb konsantrasyonları bu bölgede yoğun olarak faaliyet gösteren bakır madenciliği, Zn rezervleri sanayileşmeye bağlı olarak bu konsantrasyonlarının artmasına sebep olmuştur. Bunun diğer bir önemli sebebi ise Türkiye’nin Cu, Zn ve Pb rezervinin Doğu Karadeniz bölgesi olduğu bilinmektedir (Çevik vd., 2008). Ayrıca Cu ve Zn konsantrasyonları, ilkbahar mevsiminde daha yüksek çıkmıştır. Bu sonucu yağmurla çözünen minerallerin ve insan faaliyetlerinin yoğunluk kazanması ile ilişkilendirmek mümkündür (CCREM, 1987). Buna paralel olarak As konsantrasyonunun ilkbahar mevsiminde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu şu sebebe dayandırılabilir; Cu, Zn ve Pb konsantrasyonlarına bağlı olarak arseniğin yüksek çıkmasının nedeninin, bu metalin toprakta, bazı kaya türlerinde ve özellikle Pb ve Cu içeren mineral ve cevherlerde doğal olarak bulunması ve böylelikle As’in rüzgarın taşıdığı toz, yüzeysel akış ve yeraltına sızma sonucu havaya ve suya geçebilmesi olarak düşünülmektedir (Chou ve Rosa, 2003).

Deniz suyu örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu g g^{-1}$ ) değerlerinin, uluslararası bazı kuruluşların izin verilen maksimum limitleriyle karşılaştırılması Şekil 65’de ve istatistiksel özeti de Şekil 66’da gösterilmiştir. Şekil 65 ve 66’daki veriler illere göre değerlendirildiğinde; en yüksek Mn değeri Artvin’de  $11 \mu g g^{-1}$  olarak belirlenirken, en

düşük değer de Rize’de  $5,9 \mu\text{gg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Fe için en yüksek değer Artvin’de  $112 \mu\text{gg}^{-1}$  olduğu en düşük değer de Giresun’da  $49,1 \mu\text{gg}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Ni için en yüksek değer Giresun’da  $9,8 \mu\text{gg}^{-1}$  olarak tespit edilmiş ve en düşük değer de Rize’de  $8,8 \mu\text{gg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Cu için en yüksek değer Trabzon’da  $9,5 \mu\text{gg}^{-1}$  olduğu en düşük değer de Giresun’da  $8,9 \mu\text{gg}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Zn için en yüksek değer Giresun’da  $4,91 \mu\text{gg}^{-1}$  olarak belirlenirken, en düşük değer de Artvin’de  $4,2 \mu\text{gg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. As için en yüksek değer Trabzon’da  $1,37 \mu\text{gg}^{-1}$  olduğu en düşük değer de Rize’de  $0,12 \mu\text{gg}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Pb için ise en yüksek değer Giresun’da  $7,9 \mu\text{gg}^{-1}$  ve en düşük değer de Rize’de  $5,2 \mu\text{gg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

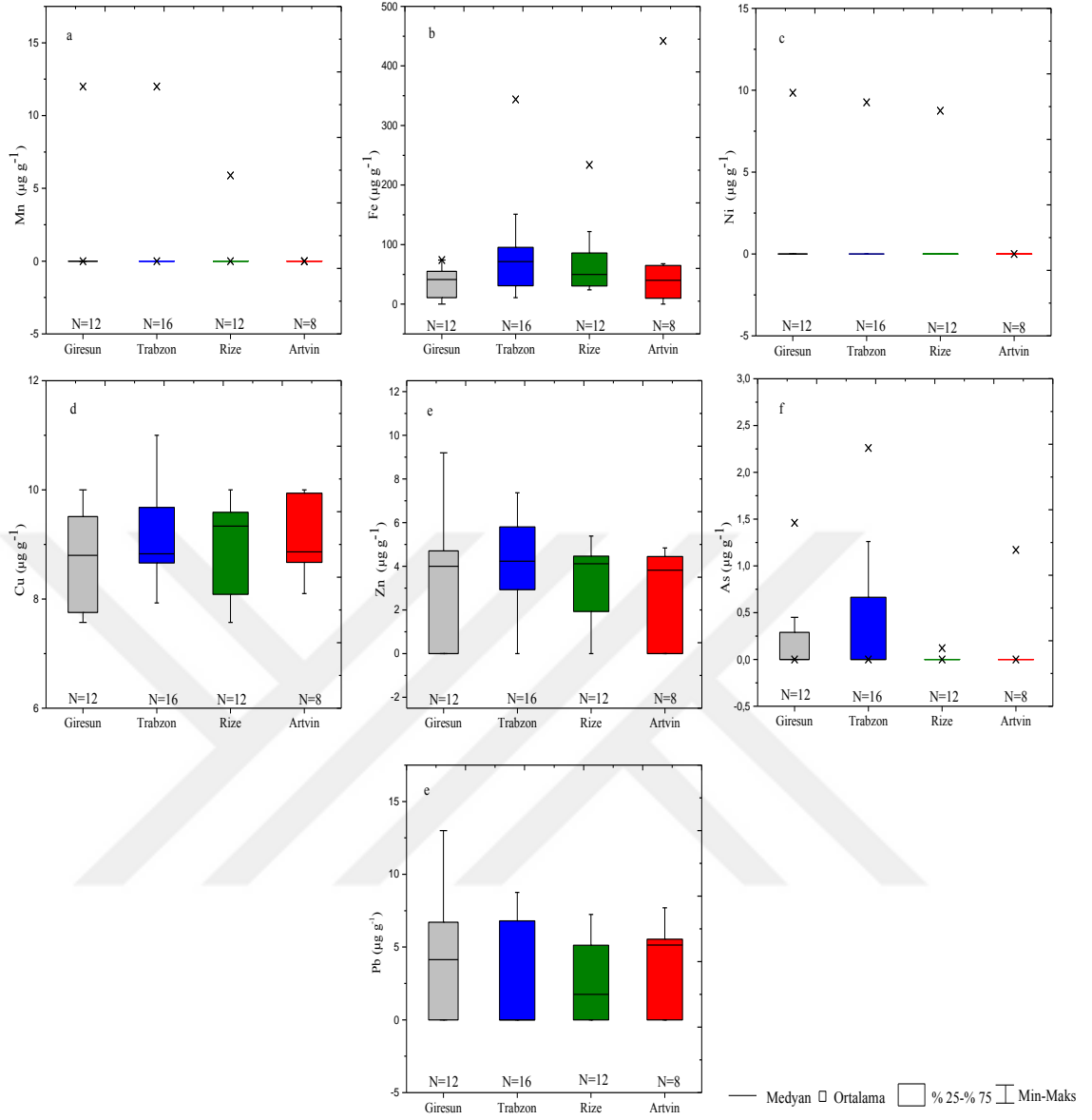
Ayrıca, Şekil 65’de gösterildiği gibi deniz suyundaki metallerin konsantrasyonları uluslararası bazı kuruluşların izin verilen sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre deniz suyu için izin verilen sınır değerler, Mn için  $0,01 \mu\text{g g}^{-1}$  (EPA, 1984), Fe için  $0,3 \mu\text{g g}^{-1}$  (USEPA, 1994), Ni için  $0,1 \mu\text{g g}^{-1}$  (TEG, 1988), Cu için  $1 \mu\text{g g}^{-1}$  (WHO, 1985), Zn için  $2 \mu\text{g g}^{-1}$  (TEG, 1988), As için  $0,01 \mu\text{g g}^{-1}$  (USEPA, 1994) ve Pb için ise bu değer  $0,1 \mu\text{g g}^{-1}$  (Water Pollution Control Regulation, 1988)’dir. Şekil 65 genel olarak değerlendirildiğinde, tüm metaller için illere göre genel ortalama metal konsantrasyon değerleri Mn için 9,41; Fe için 78,6; Ni için 9,23; Cu için 9,16; Zn için 4,60; As için 0,80 ve Pb için  $6,40 \mu\text{g g}^{-1}$ ’dir. Bu verilere dayanarak, elde edilen bütün değerlerin sınır değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu metal konsantrasyonları illere göre değerlendirildiğinde;

Mn için; Artvin>Trabzon>Giresun>Rize  
Fe için; Artvin>Trabzon >Rize>Giresun  
Ni için; Giresun>Trabzon>Rize  
Cu için; Trabzon>Artvin>Rize>Giresun  
Zn için; Giresun>Trabzon>Rize>Artvin  
As için; Trabzon>Artvin>Giresun>Rize  
Pb için; Giresun>Trabzon>Artvin>Rize  
şeklinde sıralanmaktadır.



**Şekil 65.** Deniz suyu örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerleri





**Şekil 66.** Deniz suyu örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyonların ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) istatistiksel özeti

Doğu Karadeniz’de yapmış olduğumuz bu çalışmadaki elde edilen Fe, Cu, Zn ve Pb metal konsantrasyon değerleri Doğu Karadeniz kıyılarında (Çevik vd., 2008) ölçülen değerlerden daha düşük çıkmıştır. Ege ve Marmara’da (Demirak vd., 2006; Bingöl vd., 2013) ölçülen Mn, Ni, Cu, Zn, As ve Pb metal konsantrasyon değerleri çalışmamızdan düşük çıkmıştır. Orta Karadeniz kıyıları (Sinop) (Karaalioğlu, 2006) deniz suyu örneklerinde ölçülen Cu, Zn ve Pb konsantrasyon değerlerinin çalışmamızdan daha düşük olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen ağır metal (Mn, Fe, Cu, Zn ve Pb) konsantrasyonları, Doğu Ege kıyılarında (Aydın Önen vd., 2011) ölçülen değerlerden yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada Ni, Cu ve Zn metal konsantrasyon değerlerinin Fransa’da (Ben Salem vd., 2014) ölçülen değerlerden düşük, Mn, Fe ve Pb değerlerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 58). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar istasyonların bulunduğu alanlar akarsu mansapları olup doğal ve insan kaynaklı kirleticilerin etkisi altındadır. Çalışma sonucunda elde edilen metal konsantrasyon değerlerinin Karadeniz’in diğer bölgelerinden ve diğer denizlerden yüksek çıkması bu etkenlere bağlanabilir. Ancak Doğu Karadeniz kıyılarında daha önce yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen metal değerleri çalışmamızdan yüksektir (Çevik vd., 2008). Bu durum, bölge açısından her ne kadar kirleticilerin azaldığını gösterse de sonuçların diğer bölgelerden yüksek olması tehlike göstergesidir.

**Tablo 58.** Deniz suyu örneklerinde metal konsantrasyonlarının ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) diğer çalışmalarla kıyaslanması

Referans	Yöntem	Çalışma Alanı	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Çevik vd., 2008	EDXRF	Doğu Karadeniz Kıyıları		130-680	-	7,5-20,5	6-207,5	-	17,5-39,5
Çoban vd., 2009	AAS	Batı Karadeniz Kıyıları (Zonguldak)	0,0011-0,039	-	0,0027-0,0083	0,0028-0,0077	0,0114-0,0542	-	0,0051-0,0080
Karaalioğlu, 2006	FAAS	Orta Karadeniz Kıyıları (Sinop)	-	-	-	0,02-0,17	0,04-0,53	-	0,01-0,09
Aydın Önen vd., 2011	AAS	Doğu Ege Kıyıları	0,0014-0,0045	0,0069-0,0215	-	0,00083-0,0049	0,0037-0,0085	-	0,0011-0,0018
Bingöl vd., 2013	ICP-MS	Marmara Kıyıları	0,159-0,770	-	0,00249-0,01676	0,00114-0,01341	0,00236-0,02391	0,00104-0,01341	0,00132-0,01815
Demirak vd., 2006	ICP-AES	Ege Kıyıları	-	-	-	0-0,0013	0-0,0021	-	0-0,00074
Salem vd., 2014	ICP-OES	Fransa	0,10-0,16	0,17-0,41	10,02-10,6	5,59-15,10	5,52-9,90	-	0,08-0,14
Bu Çalışma	EDXRF	Doğu Karadeniz Kıyıları	5,89-12	11-442	8,75-9,26	7,57-14	2,31-9,20	0,02-2,26	3,49-13

#### 4.2.2. Sediment Örneklerinin Değerlendirilmesi

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentlerdeki ortalama metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde; Fe ( $69050 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Mn ( $859 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Cu ( $473 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Zn ( $357 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Pb ( $106 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Ni ( $35 \mu\text{g g}^{-1}$ )>As ( $27 \mu\text{g g}^{-1}$ ) şeklinde, mevsimsel dağılımı ise sonbahar>ilkbahar>kış>yaz şeklinde sıralanmaktadır. Metal konsantrasyonlarına göre mevsimsel dağılım ise ( $\mu\text{g g}^{-1}$ );

Mn için; Kış>yaz>sonbahar>ilkbahar

Fe için; İlkbahar>kış>sonbahar>yaz

Ni için; Kış>ilkbahar>yaz=sonbahar

Cu için; Sonbahar>kış>ilkbahar>yaz

Zn için; Sonbahar>kış>ilkbahar>yaz

As için, İlkbahar>sonbahar>kış>yaz

Pb için; Sonbahar>yaz>kış>ilkbahar

şeklinde sıralanmaktadır.

Midyelerde ve özellikle dip sedimentinde saptanan yüksek Mn değerleri tabandaki oksijen ve karbondioksit dengesinin oksijen aleyhine değişmekte olduğunu işaret etmektedir. Çünkü midyelerde ve özellikle dip sedimentinde bulunan Fe ve Mn oksijence fakir ancak karbondioksitçe zengin sulara görülmektedir. Her iki element de sediment ve suda çözünmeyen bileşikler halinde bol miktarda bulunmaktadır. Bu elementlerin suda çözünebilir bileşikler haline geçebilmeleri için sedimentte ve suda anaerobik koşullarda bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu suda çözünmeyen  $\text{Fe}^{+3}$  ve  $\text{Mn}^{+4}$ ,ün sırasıyla  $\text{Fe}^{+2}$ ,ye ve  $\text{Mn}^{+2}$ ,ye indirgenerek karbondioksitli sulara kolayca çözünmeleri ile ortama kolayca geçebildikleri rapor edilmiştir (Tuncer, 1985; Zerbe vd., 1999).

Çevik ve arkadaşları (2008), Çamburnu, Rize ve Hopa istasyonlarından aldıkları deniz suyu ve sediment örneklerinde en yüksek Fe değerinin Çamburnu ve Hopa'da olduğunu gözlemişlerdir. Sonuçlarımızda bütün mevsimlerde genellikle de T4 istasyonunda sedimentte Fe konsantrasyonu oldukça yüksek çıkmıştır. T4 istasyonu olarak belirtilen Sürmene Tersanesinde gemi sanayisinde ve gemi gövdesi yapımında

demirin kullanılması bu istasyonun antropojenik olarak kirlenmesine de neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Trabzon ili Sürmene İlçesine bağlı Çamburnu Beldesi Kutlular mevkiinde bulunan Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi (Trabzon-Rize Katı Atık Birliği (TRAB-Rİ-KAB)) bu bölgenin Fe bakımından antropojenik olarak kirlenmesine sebep gösterilebilir.

Cu konsantrasyon değerlerinin genellikle A2, R1 ve T4 istasyonlarında yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, belirtilen istasyonlarındaki faaliyetlere dayandırılabilir. Bu faaliyetler sonucunda; Hopa ilçesinde bulunan Eti Bakır A.Ş. Murgul İşletmesi, Hopa limanından yapılan maden taşımacılığı, Rize'deki Çayeli Bakır İşletmesi ve Sürmene Tersanesinin Cu'nun artışına önemli derecede katkı sağladığı düşünülmektedir.

As'in yüksek konsantrasyonlarının nedeninin, endüstriyel ve tarımsal kirlilik sonucu besin koruyucu ya da tarım ilacı olarak kullanılan arseniğin bölgedeki kirliliği arttırdığı söylenebilir. Yine bölgedeki bakır ve çinko rezervlerinden yan ürün olarak ortaya çıkan arseniğin kirliliği arttırıcı bir etken olarak karşımıza çıktığı düşünülmektedir.

Pb konsantrasyonunun yaz ve sonbaharda T2 istasyonunda yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen değerlerin T2 istasyonu hariç NOAA'nın sediment kalitesi yönetmeliğinin (ERM) vermiş olduğu  $218 \mu\text{g g}^{-1}$  değerini aşmadığı görülmüştür. T2 istasyonundaki yüksek değerlerin nedeni deniz suyundaki kurşunun sediment tarafından absorblanmasıdır. Pb'nin, deniz ortamına girişi havadan, atık sulardan, endüstriden ve kurşunlu benzin olarak genellenebilir. Çalışma alanına bakıldığında ise şehir merkezinin yoğunluk kazandığı T2 (Değirmendere) istasyonunda diğer istasyonlara göre kurşunun giriş yollarının daha etkili olduğunu söylemek mümkündür (CCREM, 1987; Güven ve Öztürk, 2005).

Sediment örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerlerinin, uluslararası bazı kuruluşların izin verilen maksimum limitleriyle karşılaştırılması Şekil 67'de ve istatistiksel özeti de Şekil 68'de gösterilmiştir. Şekil 67 ve 68'deki veriler illere göre

değerlendirildiğinde; en yüksek Mn değeri Trabzon'da  $939,9 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenirken, en düşük değer de Giresun'da  $708,9 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Fe için en yüksek değer Artvin'de  $85975 \mu\text{g g}^{-1}$ , en düşük değer de Giresun'da  $54041,7 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Ni için en yüksek değer Trabzon'da  $55,5 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak tespit edilmiş ve en düşük değer de Rize'de  $15,7 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Cu için en yüksek değer Artvin'de  $1564,6 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu en düşük değer de Giresun'da  $122,9 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Zn için en yüksek değer Trabzon'da  $437,7 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenirken, en düşük değer de Giresun'da  $230 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. As için en yüksek değer Artvin'de  $102,7 \mu\text{g g}^{-1}$ , en düşük değer de Rize'de  $4,1 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Pb için ise, en yüksek değer Trabzon'da  $178,0 \mu\text{g g}^{-1}$  ve en düşük değer de Rize'de  $37 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, Şekil 67'de gösterildiği gibi incelediğimiz metaller uluslararası bazı kuruluşların izin verilen sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre sedimentte izin verilen sınır değerler Mn için  $1100 \mu\text{g g}^{-1}$  (Persuad, 1993) ve Pb için de  $218 \mu\text{g g}^{-1}$  (NOAA, 2012) olarak verilmiştir. Buna göre, Mn ve Pb değerlerinin tüm illerdeki metal konsantrasyonları ile bu illerin Mn ve Pb için genel ortalama konsantrasyonları (sırasıyla  $858,9 \mu\text{g g}^{-1}$  ve  $99,5 \mu\text{g g}^{-1}$ ) izin verilen sınır değerinin altındadır. Sedimentteki Fe için verilen sınır değer ise  $40000 \mu\text{g g}^{-1}$  (Persuad, 1993)'dir ve bu değere göre, tüm illerin Fe metal konsantrasyonları ile bu illerin genel Fe ortalamasının ( $7011,9 \mu\text{g g}^{-1}$ ) izin verilen sınır değerden oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Sedimentte Ni için NOAA (2012) tarafından verilen sınır değer  $51,6 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir ve illere göre incelendiğinde Giresun, Rize ve Artvin 'deki Ni konsantrasyonları izin verilen sınır değerinin altında iken Trabzon'da sınır değerinin üstündedir. İllerin genel Ni ortalamasına için ( $32,5 \mu\text{g g}^{-1}$ ) bu değer sınır değerinin altında kalmıştır. Sedimentteki Cu için NOAA (2012) tarafından belirlenen sınır değer  $270 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir ve Giresun hariç diğer illerin sınır değeri aştığı gözlenmiş olup bu illerin genel Cu ortalamasının ( $586 \mu\text{g g}^{-1}$ ) da sınır değerden yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Zn için sınır değer  $410 \mu\text{g g}^{-1}$  (NOAA, 2012) olarak verilmiş olup, Giresun ve Rize illerindeki konsantrasyonlar sınır değerinin altında iken Trabzon ve Artvin'de sınır değerleri aşmıştır. Ayrıca Zn için tüm illerin genel Zn ortalaması ( $360,1 \mu\text{g g}^{-1}$ ) izin verilen sınır değerden yüksektir. Sedimentlerde As için belirlenen sınır değer  $41,5 \mu\text{g g}^{-1}$  (Canadian SQG)'dir. As konsantrasyonları Artvin hariç diğer illerde sınır değerinin altında iken tüm illerin genel As ortalaması ( $33,3 \mu\text{g g}^{-1}$ )

izin verilen sınır değerin altında kalmıştır. Ayrıca bu metal konsantrasyonları illere göre değerlendirildiğinde;

Mn için; Trabzon>Artvin>Giresun>Rize

Fe için; Artvin>Trabzon>Rize>Giresun

Ni için; Trabzon>Giresun>Artvin>Rize

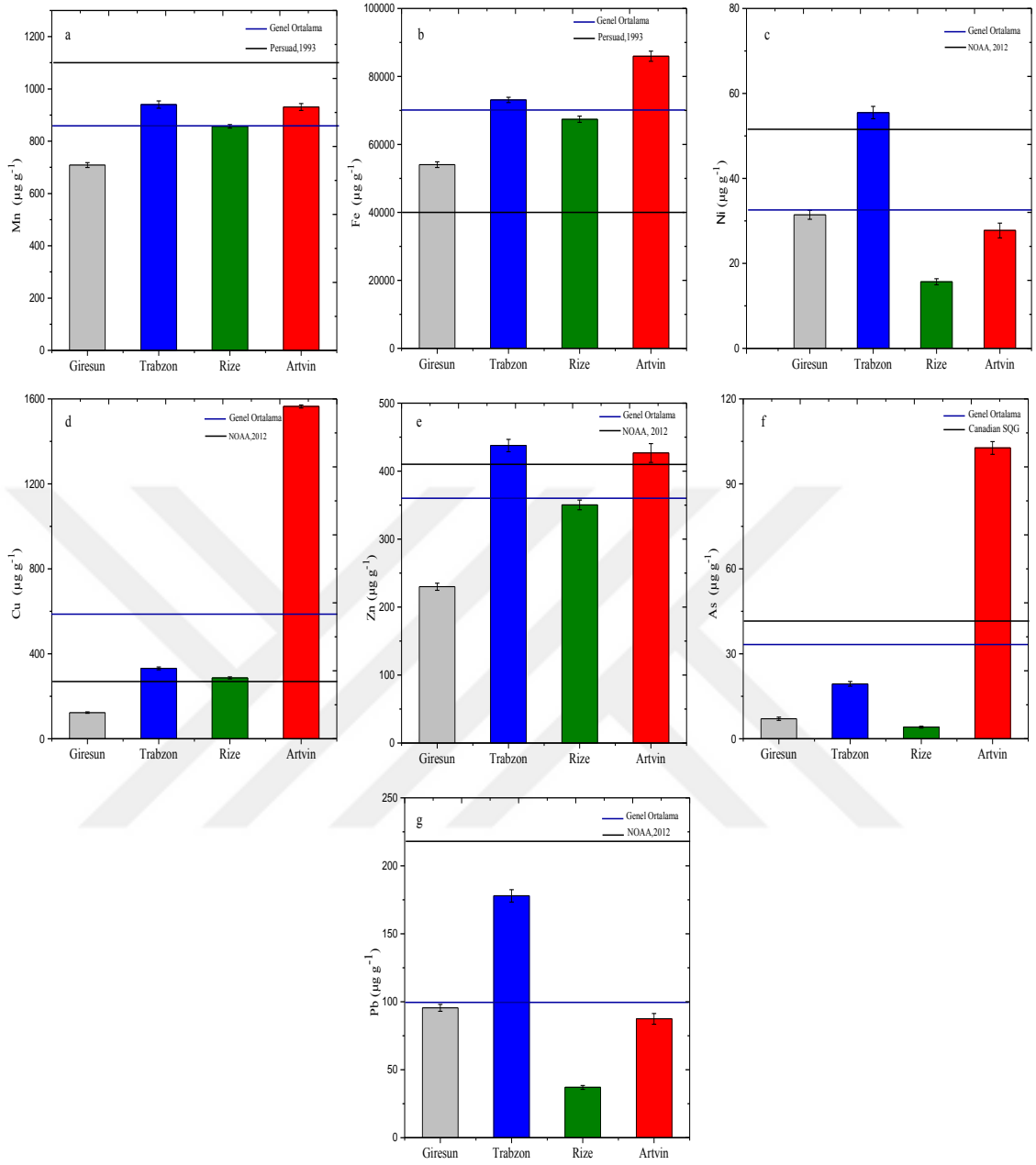
Cu için; Artvin>Trabzon>Rize>Giresun

Zn için; Trabzon>Artvin>Rize>Giresun

As için; Artvin>Trabzon>Giresun>Rize

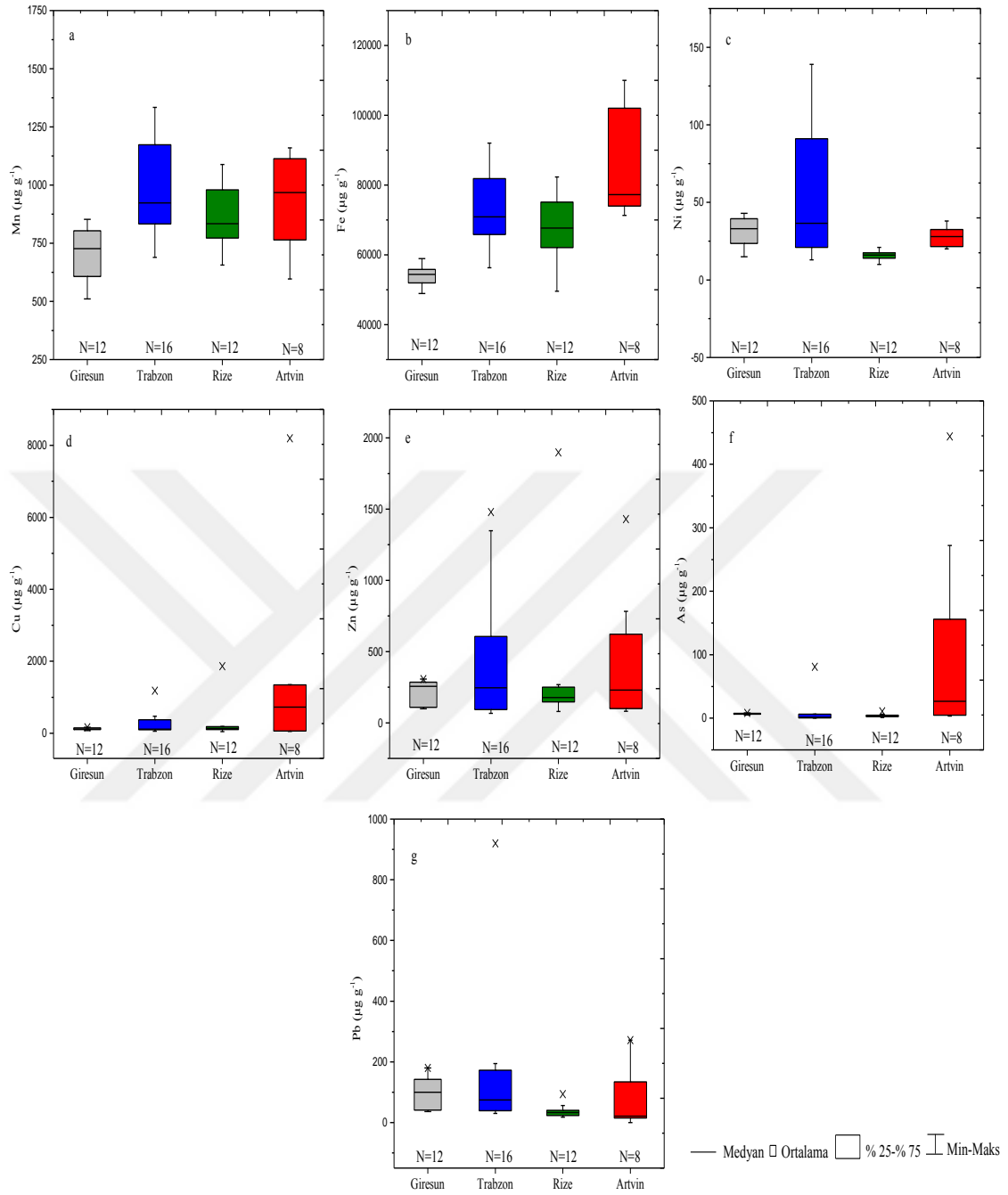
Pb için; Trabzon>Giresun>Artvin>Rize

şeklinde sıralanmaktadır.



**Şekil 67.** Sediment örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerleri



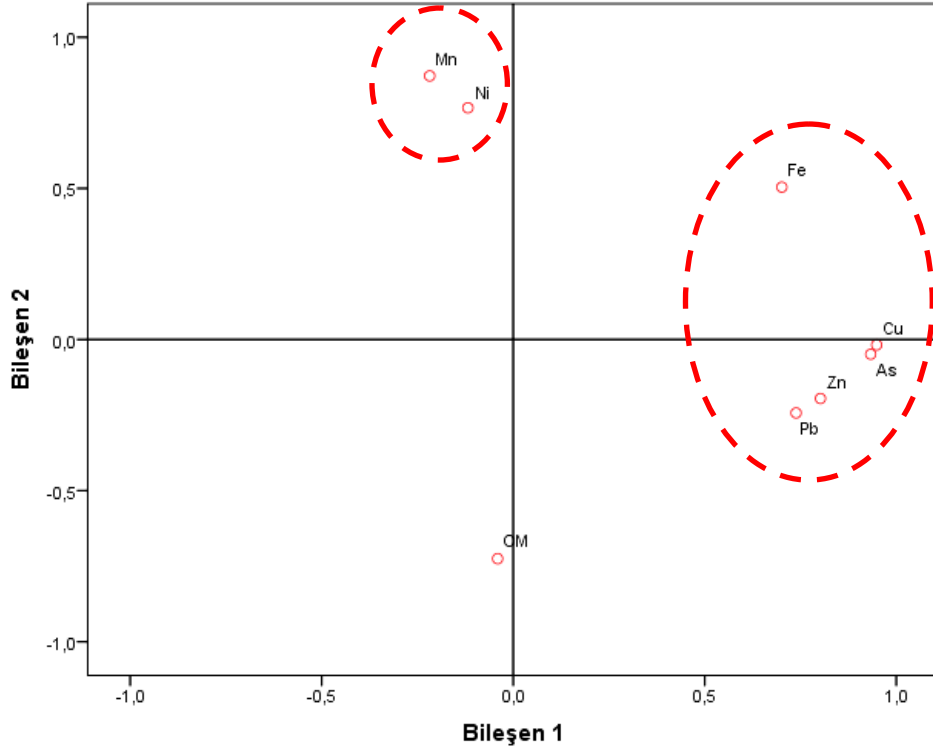


**Şekil 68.** Sediment örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyonların ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) istatistiksel özeti

Tablo 59’da sediment örneklerinde ağır metallerin faktör bileşen analiz sonuçları ve Şekil 69’da bu tablonun grafiği verilmiştir. Faktör bileşen analizi sonucunda özdeğeri 1’den büyük 2 faktör bileşeni elde edilmiştir. Oluşan 2 faktör bileşeni ile tüm veri setinin % 71,775’i açıklanabilmektedir. Birinci faktör bileşeni varyansın % 44,738’ini açıklayabilmektedir ve bu faktörde, yüksek ilişkili faktör yüklerine (>0,7) sahip elementler Fe (0,701), Cu (0,949), Zn (0,802), As (0,933) ve Pb (0,738) olarak gözlenmektedir. Bu metallerin Doğu Karadeniz bölgesinde yoğun olarak faaliyet gösteren madencilik faaliyetleri sonucunda oluştuğunu söyleyebiliriz (URL-3). Dolayısıyla birinci faktör bileşenini (PC1) antropojenik olarak tanımlayabiliriz. İkinci faktörde bileşeninde yer alan elementler ise varyansın % 27,037’sini açıklamaktadır. Bu grupta yüksek ilişkili faktör yüklerine sahip metaller Mn (0,872) ve Ni (0,766) ve bu metallerle negatif yönde yüksek ilişkisi olan organik madde miktarıdır (-0,725). Mn ve Ni metallerinin yer kabuğunda doğal olarak bulunan metaller olduğu bilinmektedir ve dolayısıyla ikinci faktör bileşeninin (PC2) litojenik yani doğal kaynaklı olduğu söylenebilir.

**Tablo 59.** Sediment örneklerinde ağır metallerin ve organik madde miktarlarının faktör analiz sonuçları

<b>Element</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>
Mn	-0,218	<b>0,872</b>
Fe	<b>0,701</b>	0,504
Ni	-0,118	<b>0,766</b>
Cu	<b>0,949</b>	-0,18
Zn	<b>0,802</b>	-0,195
As	<b>0,933</b>	-0,490
Pb	<b>0,738</b>	-0,243
Organik Madde (OM)	-0,041	<b>-0,725</b>
<b>Özdeğer</b>	<b>3,579</b>	<b>2,163</b>
<b>Varyans (%)</b>	<b>44,738</b>	<b>27,037</b>
<b>Kümülatif (%)</b>	<b>44,738</b>	<b>71,775</b>



**Şekil 69.** Sediment örneklerinde ağır metal ve organik madde miktarlarının faktör analiz grafiği

Doğu Karadeniz’de sediment örnekleri için yapılan bu çalışma Karadeniz kıyılarında yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında, elde edilen Ni, Cu ve Pb metal konsantrasyon değerleri Türkiye’de (Doğu Karadeniz Kıyıları) (Çevik vd., 2008) ölçülen değerlerden daha yüksek, Mn, Fe ve Zn değerleri ise düşük çıkmıştır. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Pb, Cu ve Zn maden üçlemesinden Pb ve Cu, Zn ile karşılaştırıldığında yoğunlukları daha fazla olduğundan çökme eğiliminde olup sedimentte daha fazla birikim yaptığı düşünülmektedir. Tablo 60 incelendiğinde elde edilen sonuçlar Karadeniz kıyılarında yapılan diğer çalışmalarla (Yücesoy ve Ergin, 1992; Ergul vd., 2008; Topçuoğlu vd., 2002; Karaalioğlu, 2006; Türk Çulha, 2011; Bakan ve Özkoç, 2007) karşılaştırıldığında genelde yüksek olduğu gözlenmiştir. Balkıs ve arkadaşları tarafından Batı Karadeniz kıyılarında yapılan sonuçlara göre Ni, Cu, Zn ve Pb değerleri bu çalışmadaki değerlerden düşük, Mn ve Fe değerlerinin ise yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada Cu, Zn ve Pb değerlerinin Karadeniz’in Romanya ve Gürcistan kıyılarında (Secieru ve Secieru, 2002; Wilson vd., 2008) belirlenen değerlerden yüksek olduğu görülmüştür.

**Tablo 60.** Sediment örneklerindeki metal konsantrasyonlarının ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) diğer çalışmalarla kıyaslanması

Referans	Yöntem	Çalışma Alanı	Mn	Fe (%)	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Çevik vd., 2008	EDXRF	Doğu Karadeniz Kıyıları	504-1674	8,8-25,5	0-21,4	161-6259	125-2344	-	41,7-355,1
Yücesoy ve Ergin, 1992		Güney Karadeniz Kıyıları	112-1064	0,2-4,9	11-202	15-82	24-138	-	12-66
Balkıs vd., 2007	AAS	Batı Karadeniz Kıyıları	202-3696	4,7-48,1	80-134,3	12-59,9	17-456,6	-	<0,1-23,5
Ergül ve Topçuoğlu, 2008	AAS	Doğu Karadeniz Kıyıları (Trabzon)	651,9-1022	5,6-6,0	4,3-26,5	16,0-56,8	133-182	5,70-23,5	<0,1-47,1
Topçuoğlu vd., 2002	AAS	Karadeniz Kıyıları	206,6-870,3	0,5-5,4	13,5-65,2	4-95,5	33,9-267,4	-	<0,05-31
Karaalioğlu, 2006	AAS	Orta Karadeniz Kıyıları (Sinop)	-	-	-	13-146,5	110-359	-	16,2-139,6
Çulha, 2011	ICP-AES	Orta Karadeniz Kıyıları (Sinop)	-	-	-	12,1-28,5	12,9-73,8	-	2,27-16,7
Secieru ve Secieru, 2002	FAAS	Kuzeybatı Karadeniz Kıyıları (Romanya)	-	-	1-207	1,9-107,6	1-185	-	0,5-50,3
Wilson, 2008	AAS	Kuzey Doğu Karadeniz (Gürcistan)	-	-	-	30-117	17-114	-	0-614
Bakan ve Özkoç, 2007	AAS	Orta Karadeniz Kıyıları	668,7-161,5	-	<0,05-49,25	11,2-64,8	261,6-8,4	-	<0,05-223,7
Bu Çalışma	EDXRF	Doğu Karadeniz Kıyıları	80-1334	4,8-11	10-139	44-8200	74-1898	0,5-444	14-920

### 4.2.3. Akdeniz Midyesi Örneklerinin Değerlendirilmesi

#### 4.2.3.1. Akdeniz Midyesi Yumuşak Doku Örneklerinin Değerlendirilmesi

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin Akdeniz midyeleri yumuşak dokularındaki metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde; Fe ( $2393 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Zn ( $1416 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Mn ( $227 \mu\text{gg}^{-1}$ )=Cu ( $227 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Pb ( $104 \mu\text{gg}^{-1}$ )>As ( $78 \mu\text{gg}^{-1}$ )>Ni ( $9,75 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklinde, mevsimsel dağılımı ise kış>ilkbahar>sonbahar>yaz şeklinde sıralanmaktadır. Metal konsantrasyonlarına göre mevsimsel dağılım ise ( $\mu\text{g g}^{-1}$ );

Mn için; Yaz>sonbahar>kış=ilkbahar

Fe için; Sonbahar>kış>ilkbahar>yaz

Ni için; Sonbahar>kış=ilkbahar>yaz

Cu için; Kış>Sonbahar>ilkbahar>yaz

Zn için; Sonbahar>yaz>kış>ilkbahar

As için, Sonbahar>yaz>ilkbahar>kış

Pb için; Sonbahar>ilkbahar>yaz>kış

şeklinde sıralanmaktadır.

Çift kabuklu midyeler aynı zamanda sedimentle ilişkili olan metallerin biyomonitörü olarak da önemli bir potansiyele sahiptirler (Rainbow ve Philips, 1993; Rainbow, 1995). Böylece, sedimentte bazı istasyonlarda (Trabzon bölgesi) elde edilen Mn değerleri (Şekil 44) ile midyede (Şekil 51) elde edilen değerlerin benzerlik göstermesi bu durumu desteklediği düşünülebilir. Ayrıca midye için, mevsimsel olarak bakıldığında bahar aylarında bu toksisitenin arttığı görülmektedir. Bu sonuç midyelerin üreme dönemlerinde metalleri daha fazla bünyelerine almaları ile ilişkilendirilebilir. Buna ek olarak bu mevsimlerdeki yağışların bu aylarda yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü yağışlar, toprağın yağmur sularıyla yıkanarak, karasal ortamda mevcut bulunan metallerin denizel ortama taşınmasında önemli bir etkidir (Niencheski ve Baumgarten, 2000; Kar vd., 2008).

Ayrıca sedimentteki yüksek Fe konsantrasyonunun midyeleri de etkileyerek midyelerdeki Fe toksisitesinin artışına sebep olduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni

olarak da, Fe'nin sedimentte ve deniz suyunda bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda Fe<sup>+3</sup>'ün Fe<sup>+2</sup>'ye indirgenerek CO<sub>2</sub>'li sularda kolaylıkla çözünerek ortama geçebilmeleri ile açıklanabilir.

Midyelerdeki Ni konsantrasyonunun deniz suyu ve sedimentlerde olduğu gibi belli istasyonlarda genel olarak paralel bir artış gösterdiği görülmektedir.

Yüksek seviyedeki Cu konsantrasyonları yaz ve ilkbahar mevsimlerinde deniz suyu ve sedimentte olduğu gibi midyelerde de gözlenmiştir. Bunun sebebi, bu bölgelerde faaliyet gösteren bakır işletmeciliğidir. Ayrıca midyelerde de Zn'nin yüksek konsantrasyonlarını görmek mümkündür. Bu yüzden deniz suyu ve sedimentteki Zn konsantrasyonlarına etki eden faktörlerin bu ortamdan beslenen midyeler için de geçerli olduğu söylenebilir. Ayrıca tüm mevsimlerde T4 istasyonunda Zn konsantrasyonlarının yüksek çıkmasının bölgede tersanenin, çinko rezervinin ve Çamburnu Beldesi Kutlular mevkiinde bulunan Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi (Trabzon-Rize Katı Atık Birliği (TRAB-Rİ-KAB)) varlığından, bunun yanında insan faaliyetlerinden kaynaklandığını söylemek mümkündür.

As konsantrasyonlarının midyelerde kirliliğe neden olduğu gözlenmiştir. Bu kirliliğin denizden ve sedimentten gelen As konsantrasyonu ile ilişkili olduğu söylenebilir. Çünkü midye ve deniz ürünleri yaşadıkları suda mevcut olan arseniği süzerler. Bu arseniğin temel olarak oldukça zararsız formunu oluşturur (Esen, 2006).

Bunlara ilaveten, tüm mevsimlerde T2 istasyonunda Pb'nin yüksek konsantrasyonları bu istasyondaki deniz suyu ve sedimentten kaynaklanan yüksek Pb konsantrasyonlarından ileri gelebileceği düşünülmektedir.

Genel olarak bakıldığında T2 (Değirmendere) ve T4 (Sürmene Tersanesi) istasyonlarında Pb, Cu, Zn ve As konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmüştür. Aynı istasyonlarda aynı metallerin yüksek çıkması dikkat çekici bir sonuç olmakla beraber bu metallerin pozitif yüksek ilişkileri yapılan korelasyon analizinde de gözlenmiştir. Bu yüzden bu metallerden kaynaklanan kirliliklerin aynı sebeplerden oluşabileceğini söyleyebiliriz.

Akdeniz midyesi yumuşak dokularındaki metal konsantrasyonları arasında (Mn hariç) boylara göre istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. Diğer bir deyişle midyelerde metal birikiminin boya bağlı olmadığı söylenebilir. Çevik ve arkadaşları tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Cevik vd., 2008).

Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerlerinin, uluslararası bazı kuruluşların izin verilen maksimum limitleriyle karşılaştırılması Şekil 70'de ve istatistiksel özeti de Şekil 71'de gösterilmiştir. Şekil 70 ve 71'deki veriler illere göre değerlendirildiğinde; en yüksek Mn değeri Trabzon'da  $116,2 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenirken, en düşük değer de Artvin'de  $56,9 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Fe için en yüksek değerin Trabzon'da  $2805,8 \mu\text{g g}^{-1}$ , en düşük değerin de Giresun'da  $1964,2 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Ni için en yüksek değerin Giresun'da  $11,5 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak tespit edilmiş ve en düşük değer de Rize'de  $9,2 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Cu için en yüksek değerin Artvin'de  $362,1 \mu\text{g g}^{-1}$ , en düşük değerin de Rize'de  $138,2 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Zn için en yüksek değer Trabzon'da  $1659,6 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenirken, en düşük değer de Rize'de  $1437,3 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. As için en yüksek değerin Artvin'de  $95,5 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu en düşük değerin de Giresun'da  $64,8 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu görülmektedir. Pb için ise en yüksek değer Trabzon'da  $218,7 \mu\text{g g}^{-1}$  ve en düşük değer de Rize'de  $22 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, Şekil 70'de gösterildiği gibi incelediğimiz metaller uluslararası bazı kuruluşların izin verilen değerleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre yumuşakça türlerinde izin verilen sınır değerler Mn için  $5,4 \mu\text{g g}^{-1}$  (FAO/WHO, 1984), Fe için  $227 \mu\text{g g}^{-1}$  (WHO, 2003), Ni için  $7 \mu\text{g g}^{-1}$  (WHO, 2003), Cu için  $150 \mu\text{g g}^{-1}$  (FAO/WHO, 1982), Zn için  $500 \mu\text{g g}^{-1}$  (FAO/WHO, 1982), As için  $0,015 \mu\text{g g}^{-1}$  (CAC, 2007) ve Pb için de  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  (FAO/WHO, 1982) olarak verilmiştir. Bu değerler illere göre değerlendirildiğinde, Rize ili hariç Cu ve Pb konsantrasyonları verilen sınır değerlerin üzerindedir. Fe konsantrasyonları için Giresun ili hariç diğer illerin konsantrasyonlarının sınır değeri aştığı gözlenmiştir. Ni konsantrasyonları için Trabzon ve Rize'deki konsantrasyonların sınır değeri aşmadığı, fakat Giresun ve Artvin'de sınır



değerin aşıldığı tespit edilmiştir. Zn ve As konsantrasyonları için, Giresun ve Rize'de sınır değerini aşılmadığı buna rağmen Trabzon ve Artvin'de sınır değerini aşıldığı açıkça görülmektedir. Şekil 70'de, tüm metaller için illerin genel ortalama metal konsantrasyonları Mn için 80,3; Fe için 2077,1; Ni için 10,3; Cu için 214,9; Zn için 1551,2; As için 72,5 ve Pb için 86,3  $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir ve bu ortalama konsantrasyonların tümü sınır değerleri aşmıştır. Bununla birlikte bu metal konsantrasyonları illere göre değerlendirildiğinde;

Mn için; Trabzon>Rize>Giresun>Artvin

Fe için; Trabzon>Artvin>Rize>Giresun

Ni için; Giresun>Artvin>Trabzon>Rize

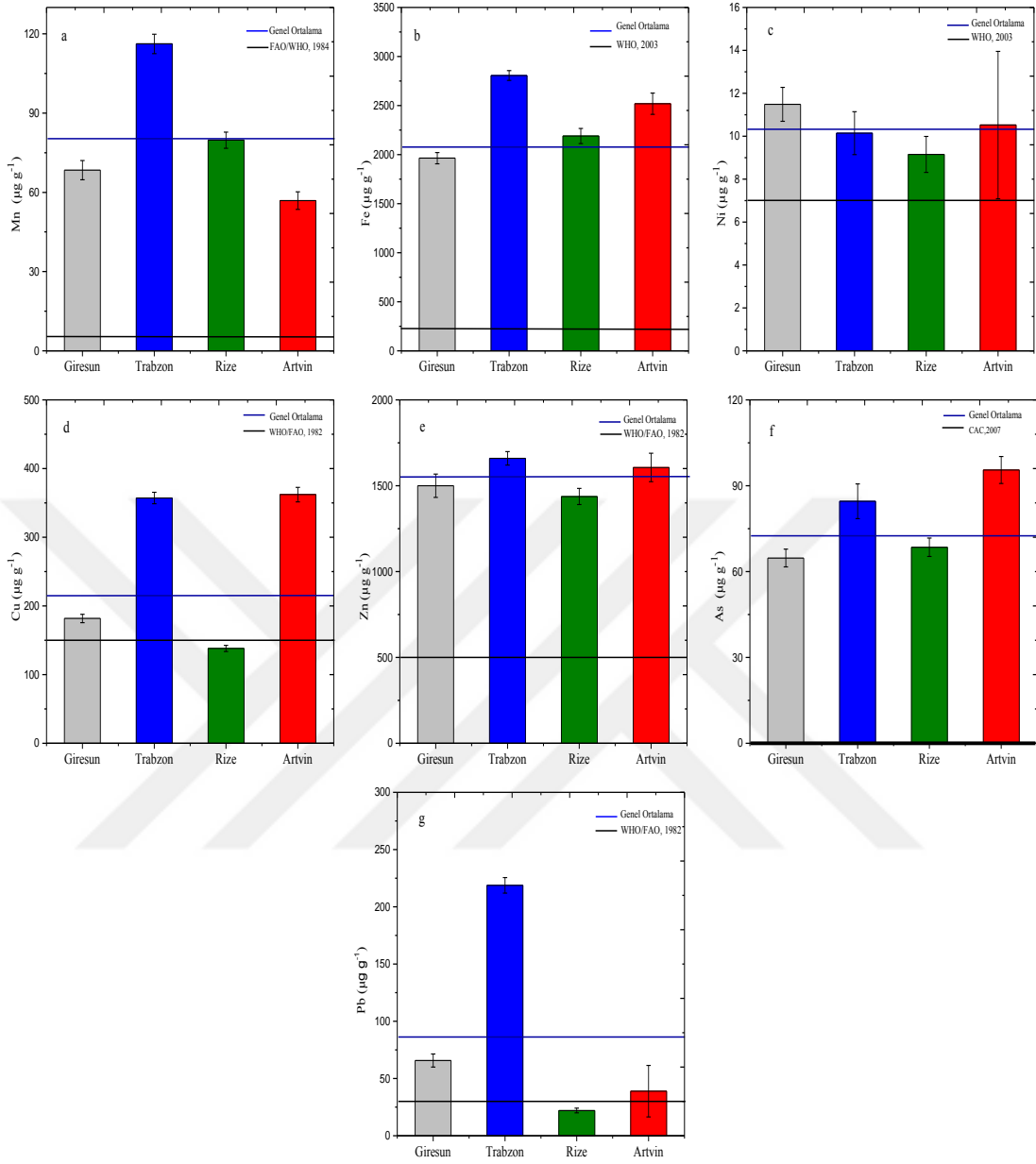
Cu için; Artvin>Trabzon>Giresun>Rize

Zn için; Trabzon>Artvin>Giresun>Rize

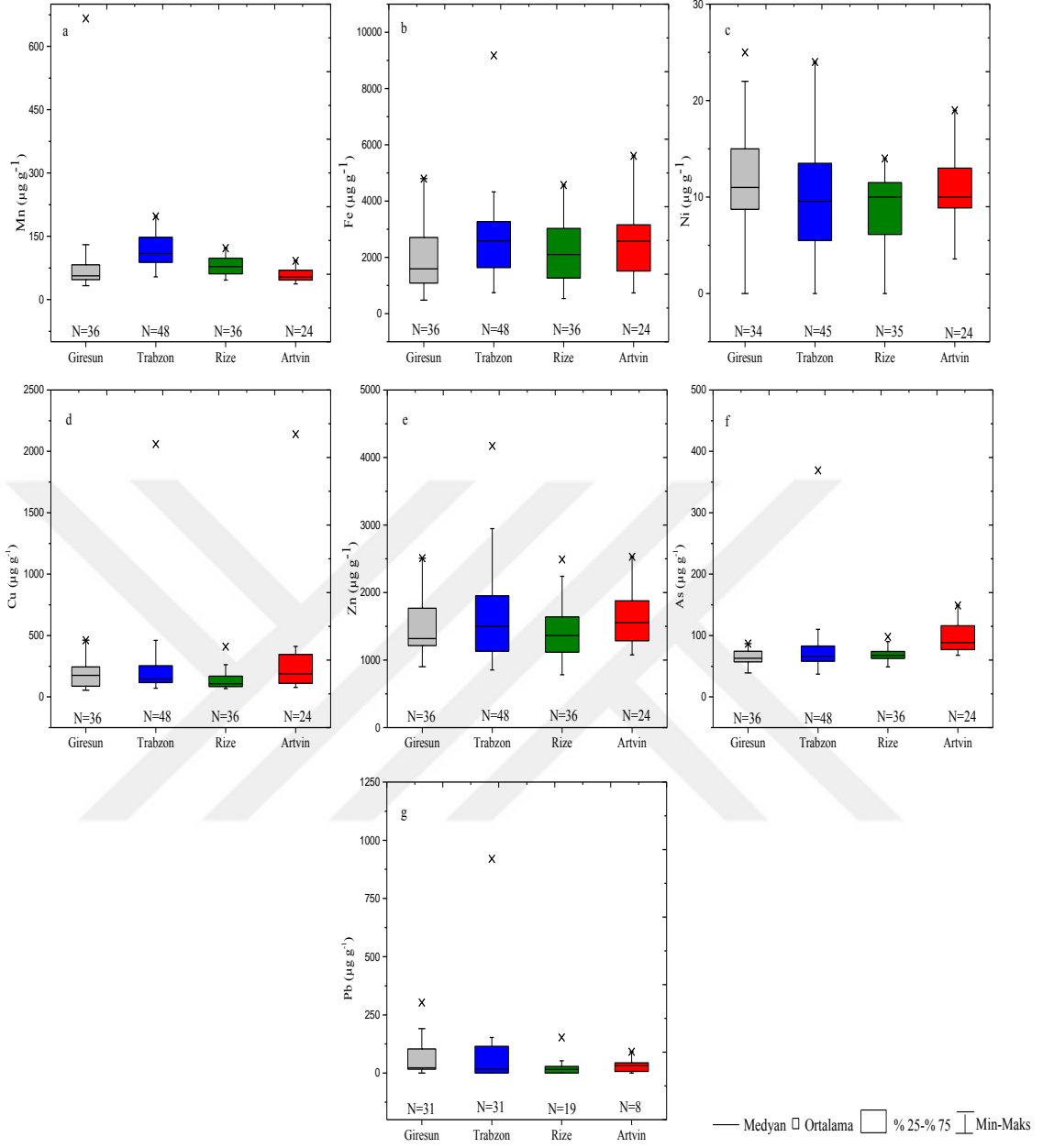
As için; Artvin>Trabzon>Rize>Giresun

Pb için; Trabzon>Giresun>Artvin>Rize

şeklinde sıralanmaktadır.



**Şekil 70.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyon ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) değerleri



**Şekil 71.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için illere göre ortalama konsantrasyonların ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) istatistiksel özeti

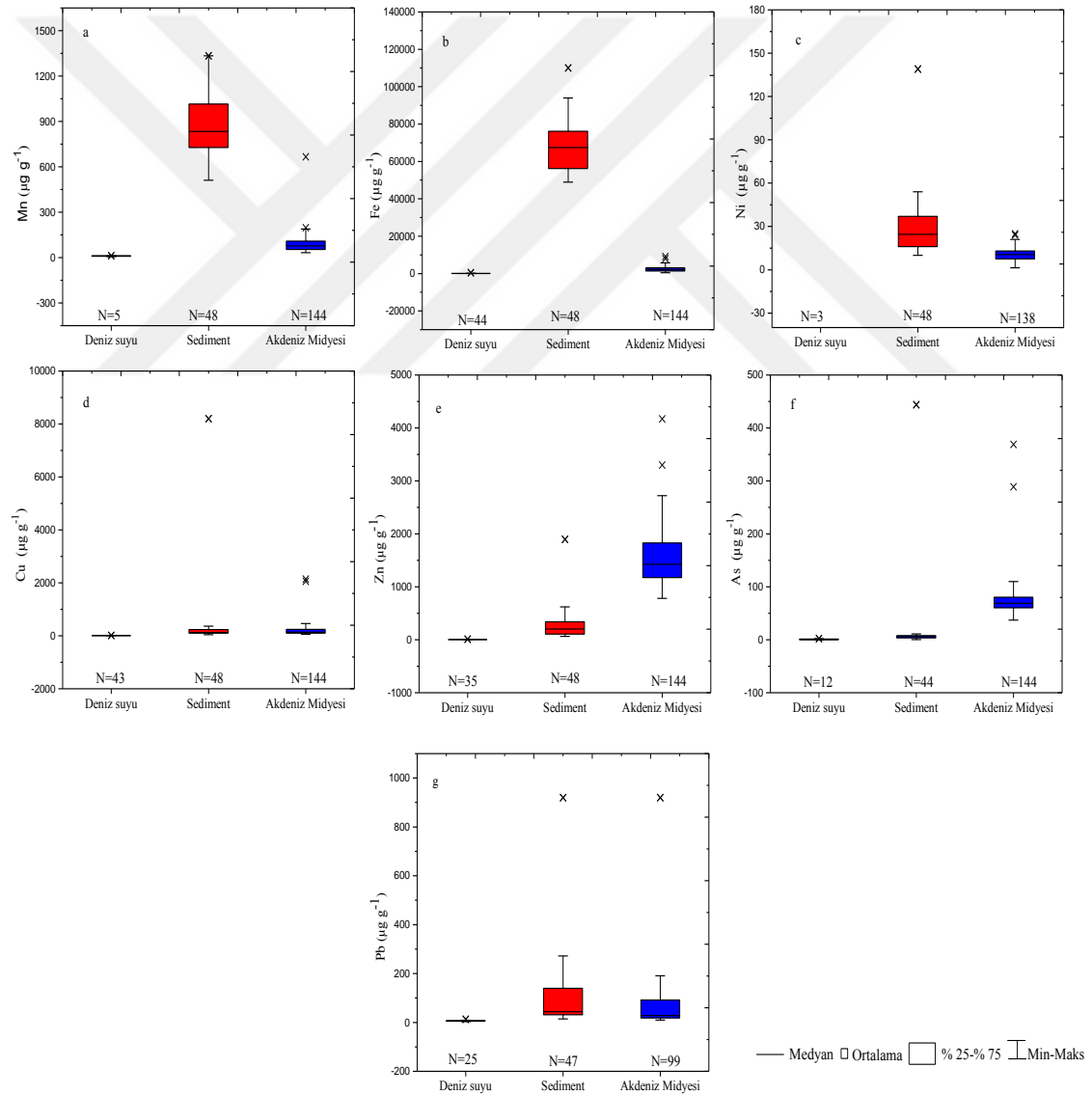
Akdeniz midyesi yumuşak doku 6rneklerinde metal konsantrasyon değerleri literat6rdeki 6alışmalarla karşılaştırılarak Tablo 61'de verilmiştir. Bu tabloya g6re bu 6alışmada elde edilen sonu6lar Karadeniz kıyılarında yapılan diğer 6alışmaların sonu6larına g6re (Tosyalı, 2005; Bakan ve 6zko6, 2007; Top6uoğlu vd., 2002; T6rk 6ulha, 2011; Bat vd., 1999; 6zt6rk, 1991; Karaalioğlu, 2006; Altug ve Guler, 2004) genelde y6ksek bulunmuştur.



**Tablo 61.** Akdeniz midyesi yumuşak doku örneklerindeki ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) metal konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla kıyaslanması

Referans	Yöntem	Çalışma Alanı	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
Çevik vd., 2008	EDXRF	Doğu Karadeniz Kıyıları	11-149	660-4700	0-17,9	90-362	140-1204	0-45,9
Tosyalı, 2005	AAS	Batı Karadeniz Kıyıları	0-0,34	0,5-4,8	0-2,2	0-0,11	-	0,03-0,50
Bakan ve Özkoç, 2007	AAS	Orta Karadeniz Kıyıları	46,9-73,0	-	-	11,7-23,2	312-396	<0,05-108,6
Topçuoğlu vd., 2002	AAS	Karadeniz Kıyıları	5,6-22,8	151-598	4,0-24,0	7,2-11,5	78,12-512	<0,05-2,6
Çulha, 2011	ICP-AES	Orta Karadeniz Kıyıları (Sinop)	-	-	-	3,1-6,8	75,9-93,4	0,6-1,7
Bat vd., 1999	AAS	Orta Karadeniz Kıyıları (Sinop)	-	-	-	0,1-1,8	1,5-7,2	0,1-1,1
Öztürk, 1991	AAS	Orta Karadeniz Kıyıları (Sinop)	-	-	-	0,09-1,44	0,8-8,9	0,04-3,65
Karaalioğlu, 2006	AAS	Orta Karadeniz Kıyıları (Sinop)	-	-	-	7,6	43,2	2,7
Altug ve Guler, 2004	AAS	Batı Karadeniz Kıyıları	-	-	-	16,4-29,3	48-54	0,04-0,08
Bu Çalışma	EDXRF	Doğu Karadeniz Kıyıları	41-163	548-7624	3,4-20	62-1740	971-3268	13-798

Şekil 72’de deniz suyu, sediment ve Akdeniz midyesi örneklerinde metallerin ortalama konsantrasyon değerlerinin istatistiksel özeti sunulmuştur. Buna göre sedimentte ölçülen ortalama metal konsantrasyonları; Zn ve As metalleri hariç, deniz suyu ve Akdeniz midyesi yumuşak dokularına kıyasla oldukça yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi olarak, sedimentin ağır metaller için önemli bir birikim yeri olması (Salomans ve ark., 1987) ve ağır metaller için depo görevi görmesi söylenebilir. Ayrıca yapılan birçok çalışmada su ve suda yaşayan canlı organizmalara kıyasla en fazla ağır metal birikiminin sedimentte olduğu rapor edilmiştir (Kır vd., 2007, Mendil ve Uluözlü 2007, Türkoğlu 2008, Yıldız ve Yener 2010, Oner ve Çelik 2011).



**Şekil 72.** Deniz suyu, sediment ve Akdeniz midyesi örneklerinde Mn (a), Fe (b), Ni (c), Cu (d), Zn (e), As (f), Pb (g) metalleri için ortalama konsantrasyonların (µg g<sup>-1</sup>) istatistiksel özeti

#### 4.2.3.2. Akdeniz Midyesi Kabuk Örneklerinin Değerlendirilmesi

Mevsim ve istasyon farkı gözlemeksizin Akdeniz midyelerinin kabuklarındaki metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde; Fe ( $135 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Mn ( $25 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Cu ( $15 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Pb ( $14 \mu\text{g g}^{-1}$ )>Zn ( $9,25 \mu\text{g g}^{-1}$ ) şeklinde, mevsimsel dağılımı ise yaz>ilkbahar>kış>sonbahar şeklinde sıralanmaktadır. Metal konsantrasyonlarına göre mevsimsel dağılım ise ( $\mu\text{g g}^{-1}$ );

Mn için; Kış>ilkbahar>yaz>sonbahar

Fe için; Kış>ilkbahar>sonbahar>yaz

Cu için; Sonbahar>kış>ilkbahar>yaz

Zn için; Kış>ilkbahar=yaz>sonbahar

Pb için; Sonbahar>yaz>ilkbahar>kış

şeklinde sıralanmaktadır.

Midye kabuklarında tıpkı yumuşak dokuda olduğu gibi metallerin birbirleri arasında mevsimsel korelasyon değerleri incelendiğinde pozitif ilişkiler gözlenmiştir (Tablo 53).

#### 4.3. Akdeniz Midyesi Örneklerinde Cu Tutma (adsorpsiyon) Kapasitesinin Değerlendirmesi

Akdeniz midyesi yumuşak dokularının Cu tutma kapasitesi deney sonuçları Tablo 55'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre midyeler için deney süresince kontrol ve birinci grupta ölüm görülmezken, ikinci grupta; büyük boy midye için %2,5 ve orta boy midye için %3,3, üçüncü grupta; büyük boy için %26,6, orta boy için %10 ve küçük boy için %7,5, dördüncü grupta; büyük boy için %33,3, orta boy için %30 ve küçük boy için %10, beşinci ve altıncı grupta %100 oranlarında ölümler gözlenmiştir. Bu olay şu sebebe dayandırılabilir: Öldürücü konsantrasyon ( $LC_{50}$ ) değeri, ölüm oranını etkiler. İkinci, üçüncü ve dördüncü gruptaki ölüm oranları %50'den daha düşüktür. Bu sonuçtan, midyelerin yumuşak dokularında ölçülen Cu konsantrasyon değerlerinin, midyeler için belirlenen  $LC_{50}$  değerlerinin altında olduğu anlaşılmaktadır. Küçük boydaki midyeler için ölüm oranının diğer boylara göre daha düşük olduğu

gözlenmiştir. Bu durum, Bat ve arkadaşları tarafından Akdeniz midyesi için ölçülen Cu LC<sub>50</sub> değerleri ile uyum içindedir (Bat vd., 2013). Bat ve arkadaşları midyelerin farklı kabuk boyları için LC<sub>50</sub> değerlerini deneysel olarak hesaplamışlar ve büyük boy midyeler için LC<sub>50</sub> değerinin küçük boy midyelere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir (LC<sub>50(büyük)</sub>= 1,18 mg L<sup>-1</sup>; LC<sub>50(küçük)</sub>=1,67 mg L<sup>-1</sup>) . Midyelerdeki bu davranış, küçük boy midyelerin fizyolojik olarak daha hareketli olmaları nedeniyle strese karşı daha az duyarlı olduklarına bağlanabilir (Daka ve Ekweozor, 2004).

Tablo 55 ve Şekil 63'te gösterildiği Cu konsantrasyonları arttıkça, Cu'ın (0,12; 0,36; 0,60 ve 1,21 µg L<sup>-1</sup>) farklı konsantrasyonlarına maruz kalan midyelerin yumuşak dokularındaki Cu alımı önemli derecede artmıştır. 5 gün boyunca Cu'a maruz kalan midyelerde, kontrol grubundaki konsantrasyon seviyesi 163,5 µg g<sup>-1</sup> iken, bu değer 1,21 µg L<sup>-1</sup> konsantrasyonunda ortalama 827,5 µg g<sup>-1</sup> olmaktadır. Midyeler 0,12; 0,36 ve 0,60 µg L<sup>-1</sup>'lik konsantrasyonlara maruz kaldıklarında ise, midyelerin yumuşak dokularındaki Cu değerleri sırasıyla 205,8; 650,5; 773,1 µg g<sup>-1</sup> olmaktadır. Ayrıca düşük konsantrasyonlarda midyelerin Cu alımının artış oranının daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Midyeler, yaşam ortamında fazla Cu metali ile karşılaştıklarında dokularına aldıkları metalin bir kısmını kullanır ve salgı yoluyla atabilir. Böylece, midyelerin yumuşak dokularına bu metal geçişi, ortamdaki Cu'nun miktarına göre değişebilir. (Vosloo vd., 2012). Midyeler, farklı Cu konsantrasyonları için farklı kapasitelere sahiptirler. Örneğin, maruz kalınan en yüksek Cu konsantrasyonunda (1,21 µg L<sup>-1</sup>), midyelerin yumuşak dokularında oluşan Cu seviyeleri, kontrol grubundaki midyelerin Cu seviyelerinden 5,06 kat daha yüksektir. Buna ilaveten, büyük boydaki midyelerin yumuşak dokularındaki Cu tutma kapasitesinin artış oranı, orta ve küçük boylu midyelerin Cu tutma kapasitesinin artış oranına kıyasla daha yüksektir. Kontrol ve ikinci gruptaki Cu konsantrasyonlarının midyelerin boyları ile negatif ilişkili olduğu (r<sub>kontrol</sub>=0,862; r<sub>ikinci</sub>= -0,851; p<0,05) gözlenmiş olup bu ilişki diğer gruplarda gözlenmemiştir (p>0,05). Literatür incelendiğinde, Saavedra ve arkadaşları (Saavedra vd., 2004) Akdeniz midyesi kabuk boyunu 52'den 87 mm'ye kadar ölçerek 4 sınıfa ayırdığında, farklı kabuk boylarında Cd, Pb, Cr, Ni, As, Cu ve Zn konsantrasyonları arasında bir farklılığın olmadığını gözlemişlerdir (p>0,05). Chong ve Wang midyeler



için yaptıkları metal alım deneylerinde midyelerde metallerin bazıları için, alım oranı ile midyelerin kabuk boyları arasında bir ilişki gözlemezken, bu ilişkiyi bazı metaller için zayıf olarak tespit etmişlerdir ( $p < 0,05$ ) (Chong ve Wang, 2001; Fatoki vd., 2012; Richir ve Gobert, 2014).

Elde edilen sonuçlara göre midyelerin cinsiyetlerine göre yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre önemli farklılıklar gözlenmemiştir ( $p > 0,05$ ;  $U=96$ ;  $Z=-0,684$ ). Ancak daha önce yapılan çalışmalarda midyelerin cinsiyetleri arasında bazı farklılıklar gözlenmiştir. Richir ve Gobert dişi ve erkek Akdeniz midyesi için ortalama iz metal konsantrasyonlarının önemli farklılıklar gösterdiğini bulmuşlardır ( $p < 0,05$ ) ve dişi midyenin yumuşak dokularındaki konsantrasyonlar erkek midye dokusuna göre daha yüksektir (Richir ve Gobert, 2014). Suarez ve arkadaşları yaptıkları deney sonuçlarında ana üreme döneminden sonra midyelerin metal alımı için cinsiyetleri arasında fark gözlememişlerdir (Suarez vd., 2005). Sonuç olarak, midyelerde cinsiyete göre Cu tutma kapasitesinin değişimini anlamak için daha detaylı araştırmalar gereklidir.

Tablo 56, farklı boy midyelerin Cu tutma kapasitesilerinin zamana göre değişimini göstermektedir. Midyeler sabit  $0,36 \mu\text{g L}^{-1}$ 'lik Cu konsantrasyonuna maruz bırakılmış ve 6 gün boyunca birinci, üçüncü, beşinci ve altıncı günlerde örnekleme yapılarak yumuşak dokularında Cu konsantrasyon değişimleri belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, midyelerin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyonları bir önceki günün konsantrasyonlarından daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca midyelerdeki Cu tutma oranı diğer günlere göre üçüncü günde en yüksek olduğu tespit edilmiştir ve üç gün sonra midyelerin yumuşak dokularında Cu konsantrasyonlarının güne göre azaldığı gözlenmiştir (Şekil 64). Midyeler, mukus salgılama, beslenmeyi kesme ve dışkılamak gibi kendini korumaya karşı önlem almayı gerektiren çeşitli fonksiyonlara sahiptir (Vosloo vd., 2012). Ayrıca Sze ve Lee (Sze ve Lee, 1995), midyelerin bünyelerinden metalleri atmaları için mukus salgılamanın önemli bir rol oynadığı ve midyelerin metal alımı süresince artan mukus salgısının, metalleri yakalayarak midyeleri toksisiteden korumaya yardım ettiği sonucuna varmışlardır. Tablo 55 ve 56 kıyaslandığında, her iki deneyde de aynı konsantrasyona ( $0,36 \mu\text{g L}^{-1}$ ) maruz kalmış midyelerin Cu alım oranları karşılaştırıldığında birinci deney aşamasında beş gün sonunda midye yumuşak dokularında belirlenen Cu konsantrasyon değerlerinin ikinci deney aşamasında güne

göre belirlenen Cu konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna neden olarak, birinci deney aşamasında akvaryumlara, hazırlanan Cu konsantrasyon çözeltisinden beş gün boyunca her gün eşit miktarda kronik olarak, ikinci deney aşamasında aynı konsantrasyona sahip Cu çözeltisinden akvaryuma ilk gün bütün çözelti akut olarak eklenmesi gösterilebilir. Tablo 56'da görüldüğü gibi akut Cu konsantrasyonu etkisi, midyeler için düşük filtrasyon etkinliği ve buna bağlı olarak daha düşük metal birikimi ile sonuçlanmıştır. Kraak ve arkadaşları midyeler için benzer deneyler yapmışlar ve deneylerinde akut metal konsantrasyonlarında yumuşak dokulardaki metal birikiminin azaldığını tespit etmişlerdir. Bu azalışın sebebi olarak, midyenin yaşam ortamında tehlike hissederek filtrasyon oranını düşürmesini göstermişlerdir (Kraak vd., 1993).

Ayrıca, Cu konsantrasyonları ile midyelerin boyları arasında negatif ilişki bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Tablo 56'dan görüldüğü gibi küçük boydaki midyelerin yumuşak dokularındaki Cu konsantrasyonları, büyük ve orta boylu midyelerin Cu konsantrasyonlarına göre daha yüksektir. Küçük ve büyük boya sahip midyeler arasındaki bazı konsantrasyon farkları pek çok yazar tarafından rapor edilmiştir. Mubiana ve arkadaşları (Mubiana vd., 2006), boylardaki büyüme ile birlikte metal konsantrasyonlarının azaldığını belirlemiştir. Daha büyük boylu bireylerdeki azalan metal konsantrasyonlarının sebebi, bu bireylerin metal yoğunluğunu bünyelerinden atma yeteneğine sahip olmasıdır (Newman, 1995). Bu durum metabolik aktivitedeki farklılıklardan ileri gelebilir. Çünkü midyelerdeki erişkinlik, psikolojideki değişiklikler ve metallerdeki biyokimyasal maddelerin ilişkisiyle ilgilidir (Swaileh ve Adelung, 1995). Bununla birlikte, White ve Rainbow (White ve Rainbow, 1987) kabukluların artan boylarıyla birlikte, bazı metallerin konsantrasyonlarındaki azalışın yüzey-adsorplanması olabileceğini rapor etmiştir. Çünkü daha küçük türler büyük türlere göre hacim oranı daha büyük yüzey alanına sahiptir.

Ortalama midye tüketimine bağlı olarak insanlar tarafından Cu metal alımı yetişkinler için hesaplanmıştır ve Tablo 57'de verilmiştir. Tablo 57'de elde edilen verilere göre Cu konsantrasyonları arttıkça insanlar tarafından günlük Cu alımı da artmıştır. Elde edilen sonuçlar JECFA (JECFA, 1982)'nın belirlemiş olduğu izin verilebilir günlük alım değeri ( $500 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ ) ile karşılaştırıldığında insanlar için

herhangi bir sağlık riski teşkil etmediği tespit edilmiştir. Üstelik, Cu temel bir iz element olmasına rağmen, bu metalin alımı yüksek seviyede olduğunda, zararlı sağlık etkilerine sebep olabilir (Gorell vd., 1997), fakat bu insanlar ve hayvanlar için kanserojen risk teşkil etmemektedir.



## 5. ÖNERİLER

- 1-Midyelerin, özellikle sanayi ve liman bölgelerinde, halk sağlığı açısından risk oluşturabileceği için insanlar tarafından sürekli olarak tüketilmemesi,
- 2-Bu tip indikatör organizmalar, belli sanayi ve deşarj bölgelerine transplante edilerek o bölgelerin metal kirliliğinin izlenilebilir olabileceği,
- 3-Özellikle Cu, Zn ve Pb girdilerinin kaynaklarının araştırılması ve gerekli önlemlerinin alınması gerektiği,
- 4-Orta ve Batı Karadeniz sahil şeridinde de ağır metal takibinin yapılmasının ve karşılaştırılmasının önemli olabileceği,
- 5- Elde edilen verilerle; sedimentler için zenginleşme faktörü (EF) değerleri, sedimentlerden midyelere geçen metallerin transfer miktarını belirleyen transfer faktörü değerleri (TF), midyelerdeki hedef risk oranı (THQ) ve biyokonsantrasyon faktörü (BCF) ve insanlar için kanserojen risk faktörü (RF) değerlerinin hesaplanarak yapılacak olan çalışmalara referans olması amacıyla bilimsel çalışma olarak sunulması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Agirbas, E., Feyzioglu, A.M. and Kopuz, U., 2014.** Seasonal Changes of Phytoplankton Chlorophyll a, Primary Production and their Relation in the Continental Shelf Area of the South Eastern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 713-726.
- Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, İ., Bakan, G. and Büyükgüngör, H., 2011.** Multivariate Statistical Techniques for the Assessment of Surface Water Quality at the Mid-Black Sea Coast of Turkey. *Water, Air and Soil Pollution*, 216, 21-37.
- Akgün, B., 2015.** Haliç Sedimentinin Kirliliği ve Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 76 s., 7.
- Altug, G. and Guler, N., 2004.** The levels of heavy metals in some organisms and seawater samples from the İstanbul strait, Dardanelles and Black Sea. *Journal of Fisheries & Aquatic Science*, 17, 47-55.
- Apaydın, G., 2006.** 65≤Z≤92 Bölgesinde Bazı Elementlerin K ve L X-ışını Floresans Parametrelerinin Ölçülmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, Türkiye, 120 s.
- Arora M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B. and Mittal, N., 2008.** Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources, *Food Chemistry*, 111, 811-815.
- Aydın Önen, S., Kucuksezgin, F. and Kocak, F., 2011.** Temporal and spatial biomonitoring of heavy metals in Eastern Aegean coastal waters using Amphibalans Amphitrite. *Marine Pollution Bulletin*, 82, 2548-2556.
- Aygün, E. ve Zengin, D.M., 1992.** Atom ve Molekül Fiziği, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü, ISBN: 975-95625-0-2.
- Bakan, G. and Özkoç, H., 2007.** An ecological risk assessment of the impact of heavy metals in surface sediment on biota from mid-Black Sea coast of Turkey. *International Journal of Environmental Studies*, 64, 45-57.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M. and Öztürk, M. 1999.** Copper, Zinc, Lead and Cadmium Concentrations in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 From the Sinop Coast of the Black Sea, *Turkish Journal of Zoology*, 23, 321-326.
- Bat, L., Üstün F., Gök Kurt Baki O. and Şahin F., 2013.** Effects of some heavy metals on the sizes of the Mediterranean mussel. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22, 1933-1938.
- Besada, V., Adrade, J.M., Schultze, F. and Gonzalez, J.J., 2011.** Comparison of the 2000 and 2005 spatial distributions of heavy metals in wild mussels from the North- Atlantic Spanish coast. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 373-381. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2010.10.002.
- Bingöl, D., Ay, Ü., Karayunlu, B. and Uzgoren, N., 2013.** Chemometric evaluation of the heavy metals distribution in waters from the Dilovası region in Kocaeli, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 63, 134-139.

- Brouwer, P., 2003.** Theory of XRF, PANanalytical B.V., Lelyweg 1,7602 EA Almelo. ISBN: 90-9016758-7.
- CAC, 2007.** Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Contaminants in Foods, 1st Session. Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins of the GSCTF. CX/CF 07/1/6. Beijing, China.
- Canadian Council of Minister of the Environment, 2001.** Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Summary tables, ISBN 1- 896997-34-1.
- CCREM, 1987.** Canadian Council of Resource and Environment Ministers (CCREM). Canadian water quality guidelines. Prepared by the Task Force on Water Quality Guidelines, March.
- Cevik, U., Damla, N., Kobya, A. I., Bulut, V.N., Duran, C., Dalgic, G. and Bozacı, R., 2008.** Assessment of metal element concentrations in mussel (*M. Galloprovincialis*) in Eastern Black Sea, Turkey Journal of Hazardous Material, 160, 396-401. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.03.010.
- Chong, K., Wang, W. X., 2001.** Comparative studies on the biokinetics of Cd, Cr, and Zn in the green mussel *Perna viridis* and the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. Environment Pollution. 115, 107-121.
- Chou, H.S.J., Rosa, C.T.D. 2003.** Case studies arsenic. J. Hyg. Env. Health. 206, 381-386.
- Çoban, B., Balkis, N., Aksu, A. 2009.** Heavy metal levels in sea water and sediments of Zonguldak, Turkey Journal Black Sea/Mediterranean Environment, 15, 23-32.
- Daka, E.R. and Ekweozor, I.K.E., 2004.** Effect of size on the Acute Toxicity of Crude Oil to the Mangrove Oyster, *Carasostrea gasar*. Journal Applied Science Environmental Management., 8(2), 19-22.
- Demirak, A., Yılmaz, F., Levent Tuna, A. and Ozdemir, N., 2006.** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere, 63, 1451-1458.
- Dumme, V., Kruatrachue, M., Trinachartvanit, W., Tanhan, P., Pokethitiyook, P. and Damrongphol, P., 2012.** Bioaccumulation of heavy metals in water, sediments, aquatic plant and histopathological effects on the golden apple snail in Beung Boraphet reservoir, Thailand. Ecotoxicology and Environmental Safety, 86, 204-212. DOI: 10.1016/j.econ. 2012. 09. 018.
- Egyptian Organization for Standardization, 1993.** Egyptian standard maximum levels for heavy metal concentrations in food. ES2360, UDC:546.19:815, Egypt
- EPA, 1984.** Radiochemistry Procedures Manual, EPA 520/5-84-006, U.S. Environmental Protection Agency, Eastern Environmental Radiation Facility, August. [Available from NTIS1 , document no. PB 84-215581].
- EPA, 2002.** Estimated Per Capita Fish Consumption in the United States, United States Environmental Protection Agency, Washington, USA, pp: 28, 29.
- EPA, 2005.** Risk Assessment Forum U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.

- Ergul, H. A., Topcuoglu, S., Olmez, E. and Kirbasoglu, C., 2008.** Heavy metals in sinking particles and bottom sediments from the eastern Turkish coast of the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 396-402.
- Esen, Ö. 2006.** İzmir Körfezindeki Kara Midye (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)'de Bulunan Toksik Maddelerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 75 s.
- FAO, 1982.** Guidelines: Land evaluation for rainfed agriculture, *FAO Soils Bulletin*, 52.
- FAO, 1983.** Manual of methods in aquatic environment research [Part 9. Analyses of metals and organochlorines in fish]. *FAO Fish Tech Pap.* 212, p. 33.
- FAO/SIDA, 1983.** Manual of methods in aquatic environment research [Part 9. Analyses of metals and organochlorines in fish]. *FAO Fish Tech Pap.* 212; p. 33.
- FAO/WHO, 1984.** FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. List of maximum levels recommended for contaminants by the joint 2 nd Edn., CAC/FAL, Rome, Italy, pp:1-8
- FAO/WHO, 1984.** List of contaminants and their maximum levels in foods [R], CAC/Vol XVII
- FAO/WHO 1993.** Evaluation of certain Food Additives and Contaminants; Technical Report Series 837, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Fatoki, O. S., Okoro, H. K., Adekola, F. A., Ximba, B. J. and Snyman, R. G., 2012.** Bioaccumulation of metals in black mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in Cape Town Harbour, South Africa. *Environmentalist*. 32, 48-57.
- Fei, X., Tianxiang, X., 2011.** Accumulation and depuration of copper and zinc in the freshwater mussel *Cristaria plicata* (leach) under laboratory conditions, in: International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental monitoring, Wuhan, China, 1023-1028.
- Ferreira, A.G., Machado, A. L. S. and Zalmon, I. R., 2005.** Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in the oyster *Ostrea equestris* on the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil, *Brazilian Journal of Biology*, 65 (1) 67-76.
- Fish, J. D., Fish, S. A., 1996.** A student's Guide to the Seashore, Second edition, Inst. of Bio. Sci, Univ. of Wales, Aberystwyth, Englan.
- Gorell, J.M., Johnson, C.C., Rybicki, B.A., Peterson, E.L., Kortsha, G.X. and Brown, G.G., 1997.** Occupational exposures to metals as risk factors for Parkinson's disease. *Neurology*. 48, 650-658.
- Güven, K., Öztürk, B., 2005.** Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler ve Analiz Yöntemleri, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı Yayınları, No 21, 161-176, İstanbul.
- Hışıl, Y., Güneş, İ., Tufan, G. ve Tarık, M., 1979.** Gıda maddelerinde kimyasal kontaminantların saptanması. Tubitak Beslenme ve Gıda Teknoloji Ünitesi Yayınları, 37s, Gebze, İstanbul.

- JECFA, 1982.** Twenty-sixth report of the Joint FAO/ WHO expert Committee on Food Additives, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Technical Report Series 683, Geneva, Switzerland.
- JECFA, 1983.** Evaluation of certain food additives and contaminants. Twentyseventh report of the Joint FAO/WHO expert Committee on Food Additives. Technical Report Series, 696, Geneva.
- Jiang, X., Teng, A., Xu, W., Liu, X., 2014.** Distribution and pollution assessment of heavy metals in surface sediments in the Yellow Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 83, 366-375. DOI: 10.1016/j.marpolbul. 2014. 03. 020.
- Jovic, M., Stankovic and S., 2014.** Human exposure to trace metals and possible public health risks via consumption of mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Adriatic coastal area, *Food and Chemical Toxicology*, 70, 241–251.
- Kanar, D., 2012.** Tuzla (İstanbul) Sahilindeki Ağır Metal Kirliliğinin Midyelerle Takibi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, 74 s.
- Kar, D., Sur, P., Mandal, S.K., Saha, T. and Kole, R.K., 2008.** Assessment of heavy metal pollution in surface water. *Journal of Environmental Science Technology*, 5 (1): 119-124.
- Karaalioglu, O., 2006.** Sinop İli Kıyı Şeridinde Deniz Ortamı Kalitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sinop, Türkiye, 109 s.
- Kaya, A., Karabıdak, M. and Kaya, S., 2016.** Gümüşhane merkez ve merkeze bağlı Bahçecik Köyü su kaynaklarının radyoaktivitesinin tayini, *GÜFBED/GUSTIJ*, 6(1), 13-22
- Kaya, S., Pirincci, I. and Bilgili, A., 1998.** Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi, Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36
- Kıdeyş, A., 1994.** Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The reason for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries. *Journal of Marine Systems*, 5, 171-181.
- Kır, İ., Tekin Ozan, S. and Tuncay, Y., 2007.** Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24(1-2), 155-158.
- Kraak, M.H.S., Lavy, D, Toussaint, M, Schoon, H, Peeters, W.H.M. and Davids, C., 1993.** Toxicity of heavy metals to the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). In: *Zebra Mussels: Biology, Impacts, and Control*. T.F. Nalepa and D.W. Schloesser, eds. Lewis Publishers. Boca Raton, U.S.A., 491-502.
- Lakshmanan, P.T. and Nambisan, P.N.K., 1989.** Bioaccumulation and depuration of some trace metals in the mussel, *Perna viridis*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 43, 131-138.
- Lemberge, P., 2000.** Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis Using Partial Least Squares and Monte Carlo Simulations. Universiteit Antwerpen, Faculteit Wetenschappen, Departement Scheikunde, Doktora Tezi.



- Lobel, P. B., Bajdik, C. D., Belkhode, S. P., Jackson, S. E., Longerich, H. P., 1991.** Improved protocol for collecting mussel watch specimens taking into account sex, size, condition, shell shape and chronological age, *Archives of Environmental Contamination Toxicology*, 21, 409-414.
- Mendil, D. and Uluözlü, Ö. D., 2007.** Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry*, 101, 739-745.
- Mikhailov, A.T., Torrado, M. and Mendez, J., 1995.** Sexual-differentiation of reproductive tissue in bivalve molluscs-identification of male associated polypeptide in the mantle of *Mytilus galloprovincialis* Lmk. *The International Journal of Developmental Biology*, 39 (3), 545-548.
- Mubiana, V. K., Vercauteren, K. and Blust, R., 2006.** The influence of body size, condition index and tidal exposure on the variability in metal bioaccumulation in *Mytilus edulis*. *Environmental Pollution*, 144, 272-279.
- Newman, M.C., 1995.** Quantitative methods in aquatic ecotoxicology. CRC press, United States of America, 94-98.
- Niencheski, L.F. and Baumgarten, M.G.Z., 2000.** Distribution of particulate trace metal in the southern part of the Patos Lagoon estuary. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 515-520.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2012.** "Screening Quick Reference Tables. National Oceanic and Atmospheric Administration".
- Oner, O. and Celik, A., 2011.** Investigation of Some Pollution Parameters in Water and Sediment Samples Collected From the Lower Gediz River Basin. *Ekoloji* 20 (78), 48-52. DOI: 10.5053/ekoloji.2011.788
- Öztürk, M. 1991.** Sinop ili iç ve dış koy ve limanlarında yayılım gösteren iki omurgasız ve iki alg türünde bazı iz elementlerin birikim düzeyleri üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye, 85 s.
- Parry, H. E. and Pipe, R. K., 2004.** Interactive effects of temperature and copper on immunocompetence and disease susceptibility in mussels (*Mytilus edulis*), *Aquatic Toxicology*, 69, 311-325.
- Persaud, D.R., Jaagumagi, R., Hayton, A., 1993.** Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediments in Ontario. Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy, Toronto, Canada, 27 pp.
- Phillips, D. J. H., 1970.** The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments, *Environmental Pollution*, 13(4), 281-317.
- Pourcel, L., 1925.** La moule comestible de la medditerranee septentreonale *Mytilus galloprovincialis*, Anes de la Societe D'istorire naturelle de Toulon, Toulon.
- Rainbow, P.S., Philips, D.J.H., 1993.** Cosmopolitan Biomonitors of Trace Metals. *Marine Pollution Bulletin*, 26, 593-601.
- Rainbow, P. S., 1995.** Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31, 183-192.

- Readman, J. W., Fillman, G., Tolosa, I., Bartocci, J., Villeneuve, J. P., Catinni, C. and Mee, L. D., 2002.** Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 48-62.
- Richir, J. and Gobert, S., 2014.** The effect of size, weight, body compartment, sex and reproductive status on the bioaccumulation of 19 trace elements in rope-grown *Mytilus galloprovincialis*. *Ecological Indicator*, 36, 33-47.
- Ryu, J., Khim, J.S., Kang, S.G., Kang, D., Lee, C., Kah, C., 2011.** The impact of heavy metal pollution gradients in sediments on benthic macrofauna at polpulation and community levels. *Experimental Pollution*, 159, 2622-2629.
- Saavedra, Y., Gonzalez, A., Fernadez, P. and Blanco, J., 2004.** The effect of size on trace metal levels in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *The Sci. of the Total Environ.* 318, 115-124.
- Salem, Z. B., Capelli, N., Lafferay, X., Elise, G., Ayadi, H. and Aleya, L., 2014.** Seosanal variation of heavy metals in water, sediment and roach tissues in a landfill draining system pond (Etueffont, France). *Ecological Engineering*, 69, 25-37, DOI: 10.1016/j. ecoleng. 2014.03.072.
- Schramm, R., 2000.** Why Using XRF for Analysis. *Spectro Analytical Instruments*.
- Schumacher, B., 2003.** Literature review and report surface sediment sampler database. Project no: G1058.3.1.03.104.02. July 24, 189 p.
- Secrieru, D. and Secrieru, A., 2002.** Heavy metal Enrichment of Man-made origin of superficial sediment on the Continental Shelf of the North-Western Black Sea. *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 54, 513-526.
- Sherrell, R.M. and Boyle, E.A., 1992.** The Trace Metal Composition of Suspended Particles in the Oceanic Water Column Near Bermuda, *Earth and Planetary Science*.
- Stankovic´, S., Jovic´, M., Stankovic´, A. R. and Katsikas, L., 2012.** Heavy metals in seafood mussels. Risks for human health, In: E. Lichtfouse, J. Schwarzbauer, D. Robert (Eds.) *Environmental Chemistry for a Sustainable World, Vol.1: Nanotechnology and Health Risk, Part II*, Springer, Netherlands, pp. 311–373
- Suarez, M.P., Alvarez, C., Molist, P. and San Juan, F., 2005.** Particular aspects of gonadal cycle and seasonal distribution of gametogenic stages of *Mytilus galloprovinialis* cultured in the estuary of Vigo. *J. Shellfish Res.*, 24(3), 531-540.
- Sunlu, U., 2006.** Trace metal levels in mussels (*Mytilus galloprovincialis* L.1758) from Turkish Aegean sea coast. *Environmental Monitoring Assessment*, 114, 273-286.
- Sur, M., Sur, H.İ., Apak, R. and Erçağ, E., 2012.** The Pollution Status of Bottom Surface Sediments Along the Turkish Coast of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 453-460.
- Swailh, K.M. and Adelung, D., 1995.** Effect of body size and season on the concentrations of Cu, Cd, Pb and Zn in *Diastylis rathkei* (Kröyer) (Crustacea: Cumacea) from Kiel Bay, Western Baltic. *Marine Pollution Bulletin.*, 31, 103-107.
- Sze, P. W. C. and Lee, S. Y., 2000.** Effects of chronic copper exposure on the green mussel *Perna viridis*, *Marine Biology*, 137 (2000) 379-392.

- Sze, P. W. C. and Lee, S., Y., 1995.** The potential role of mucus in the depuration of copper from the mussels *Perna Viridis* (L.) and *Septifer virgatus* (Wiegmann). *Marine Pollution Bulletin*, 31, 390-393.
- Şanlı, Y. and Sarıgöl, C., 1981.** Hayvansal besinlerdeki çeşitli artık maddelerinin insan sağlığına etkileri. *Fırat Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Yayınları*, 6, 83-101s.
- TGK, 2002.** Resmi Gazete, 23.09.2002, No:24885
- Tıraşoğlu, E., Çevik, U., Ertuğral, B., Apaydın, G., Baltaş, H. and Ertuğrul, M., 2005.** Determination of trace elements in cole (*Brassica oleraceae* var. acephale) at Trabzon region in Turkey. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 94, 181-187
- Topcuoğlu, S., Kırbasoğlu, C. and Güngör, N., 2002.** Heavy metal organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environment International*, 27, 521-526.
- Topcuoğlu S., Ergül, H.A., Baysal, A., Ölmez, E., Kut, D., 2003.** Determination of Radionuclide and Heavy Metal Concentrations in Biota and Sediment Samples from Pazar and Rize Stations in the Eastern Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12, 695-699.
- Tosyalı, C. 2005.** *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) Midyesi'nde pişirmenin çeşitli ağır metal düzeylerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, Türkiye, 43 s.
- Tuncer, S., 1985.** İzmir ve Çandarlı (Aliğa Limanı) Körfezlerinde Yaşayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki Ağır Metal Kirlenmesi ile İlgili Araştırmalar, Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Hidrobiyoloji ve Su Ürünleri Araştırma-Uygulama Merkezi, İzmir, Türkiye, 86 s.
- Tuncer, G., Karakaş, T., Balkas, T. I., Gökçay, C. F., Aygnn, S., Yurteri, C. and Tuncel, G., 1998.** Land-based Sources of Pollution along the Black Sea Coast of Turkey: Concentrations and Annual Loads to the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 36, 409-423.
- Türkoğlu, M., 2008.** Van Gölünden alınan su, sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Van.
- TEG (Turkish Environmental Guidelines), 1988.** Publications of Turkish Foundation of Environment.
- Türk Çulha, S. 2011.** Sinop İç Limanda (Karadeniz) batırılmış uzun halat sisteminde yetiştirilen midye (*Mytilus galloprovincialis*, L., 1819)'lerdeki iz element seviyeleri. Doktora Tezi, Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Sinop, Türkiye, 208 s.
- URL-1.** [www. http://slideplayer.biz.tr/slide/1983275/](http://slideplayer.biz.tr/slide/1983275/) (07.12.2015).
- URL-2.** [www.proses-tim.com/medya/su-kimyasi.pdf](http://www.proses-tim.com/medya/su-kimyasi.pdf) (25.01.2016).
- URL-3.** [www.mta.gov.tr/v2.0/images/turkiye\\_maden/maden\\_yataklari/b\\_h/bakir.jpg](http://www.mta.gov.tr/v2.0/images/turkiye_maden/maden_yataklari/b_h/bakir.jpg) (02.02.2016).

- USEPA, 1986.** Quality Criteria for Water. EPA-440/5-86-001, Office of Water Regulations.
- USEPA, 1994.** Drinking Water Criteria Document for Manganese. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC. September, 1993. Updated: March, 1994.
- USEPA, 2013.** Human Health Risk Assessment. Regional screening level (RSL) summarytable.
- USFDA, 1990.** National marine Fisheries service survey of trace elements in the fishery resource.
- 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. Environmental Monitoring Assessment, 144, 169-178.
- Vallius, H., 2014.** Heavy metal concentrations in sediment cores from the northern Baltic Sea: Declines over the last two decades. Marine Pollution Bulletin, 79, 359-364. DOI: 10.1016/j.marpolbul. 2013. 11. 017.
- Van Grieken, R.E. and Markowicz, A.A., 1993.** Handbook of X-Ray Spectrometry: Methods and Techniques. Published by: Marcel Dekker, Inc., New York, 704 pp., ISBN: 0-8247-8483-9.
- Vosloo, D., Sara, J. and Vosloo, A., 2012.** Acute responses of brown mussel (*Perna perna*) exposed to sub-lethal copper levels: Integration of physiological and cellular responses. Aquatic Toxicology, 106-107, 1-8.
- Vural, N., 1996.** Toksikoloji, Ankara Üni. Eczacılık Fak. Yayınları No:73, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Water Pollution Control Regulation, 1988.** The Environmental Ministry of Turkey.
- White, S.L., Rainbow, P.S., 1987.** Heavy metal concentrations and size effects in the mesopelagic decapod crustacean *Systellaspis debilis*. Marine Ecology Progress Series, 37:147-151
- WHO, 1982.** Toxicological evaluation of certain food additives. Geneva, Switzerland, ISBN: 978-92-4-120940-3, 106 p.
- WHO, 1985.** Guidelines for Drinking Water Quality (Recommendations). WHO, Geneva, Switzerland.
- WHO, 2003.** Iron in drinking-water. WHO/SDE/WSH/03.04/08, Geneva, Switzerland.4 p.
- WHO, 2003.** Nickel in drinking-water. WHO/SDE/WSH/05.05/55, Geneva, Switzerland, 22 p.
- WHO, 1967.** Technical Report Series No. 373, Geneva, Switzerland.
- Widdows, J. and Donkin, J., 1992.** Mussels and environmental contaminants: bioaccumulation and physiological aspects, In: E.M. Gosling, (Eds.), The Mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture, Elsevier, Amsterdam, pp. 383-417.

- Wilson, J.G., Komakhidze, A., Osadehaya, T., Alyomov, S., Romanov, A. and Tediashvili, M., 2008.** Evaluating ecological quality in the North-eastern Black Sea coastal zone, *Marine Pollution Bulletin*, 57, 202-207.
- Wu, J. and Luther G.W., 1994.** Size-Fractioned Iron Concentrations in the Water Column of the Western North Atlantic Ocean, *Limnology and Oceanography*, 39,5, 1119- 1129.
- Yang, H. N. and Chen, H. C., 1996.** Uptake and elimination of cadmium by Japanese eel, *Anguilla japonica*, at various temperatures, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56, 670–676.
- Yap, Y.K., Ismail, A., Tan, S. G. and Omar, H., 2003.** Accumulation, depuration and distribution of cadmium and zinc in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) under laboratory conditions. *Hydrobiologia* 498, 151-160.
- Yap, C.K., Ismail, A. and Tan, S.G., 2004.** Heavy metal (Cd, Cu, Pb and Zn) concentrations in the *green-lipped* mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of Peninsular Malaysia. *Food Chemistry*, 84, 569-575.
- Yildiz, N., Yener, G., 2010.** Dating of the Sediment Accumulation Rate, Radioactive and Heavy Metal Pollution in the Van Lake. *Ekoloji* 19 (77), 80-87. DOI: 10.5053/ekoloji.2010.7712.
- Yılmaz, E., Baltas, H., Kırıs, E., Ustabas, I., Cevik, U. and El-Khayatt, A.M., 2011.** Gamma ray and neutron shielding properties of some concrete materials. *Annals of Nuclear Energy*, 38, 2204–2212. DOI: 10.1016/j. anucene. 2011. 06. 011.
- Yücesoy, F. and Ergin, M., 1992.** Heavy-metal geochemistry of surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope. *Chemical Geology*, 99,265-287.
- Zerbe, J., Sobczyński, T., Elbanowska, H. and Siepak, J., 1999.** Speciation of Heavy Metals in Bottom Sediments of Lakes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 8 (5), 331-339.
- Zhong, H., Kraemer, L. and Evans, D., 2013.** Influence of body size on Cu bioaccumulation in zebra mussels *Dreissena polymorpha* exposed to different sources of particle-associated Cu. *Journal of Hazardous Materials*, 261, 746-752.

## ÖZGEÇMİŞ

29. 01. 1985 tarihinde Rize’de doğdu. İlköğrenimini İstanbul’da, lise öğrenimini ise Rize’de tamamladı. 2004 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünü kazandı. 2008 yılında lisansını tamamladı. Aynı yıl Rize Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2011 yılında yüksek lisansını tamamladı. Aynı yıl Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktora öğrenimine başladı. Esra YILMAZ BAYRAK halen öğrenimine devam etmektedir.

