



KARADENİZ'İN SİYERİ SAHİL BİR DENİZDEN ELDE EDİLEN BASKIN
MAKROALGLERİN VE DENİZ ÇAYIRLARININ AĞIR METALLERİN
TESPİTİNDE BİYOMONİTÖR OLARAK KULLANILMALARI
ELFARICI
DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI

T.C.
S N O P Ü N V E R S İ T E S İ
F E N B İ L İ M L E R E N S T İ T Ü S Ü

KARADENİZ'İN S N O P KIYI SAHİL ER D İ N D E N E L D E E D İ L E N B A S K İ N
M A K R O A L G L E R İ N V E D E N Z Ç A Y I R L A R İ N İ N A İ R M E T A L K İ L L E
T E S P İ T İ N D E B İ Y O M O N T Ö R O L A R A K K U L L A N I L M A L A R I

E L F A R İ C İ

D O K T O R A T E Z
S U Ü R Ü N L E R İ T E M E L B İ L İ M L E R A N A B İ L M D A L I

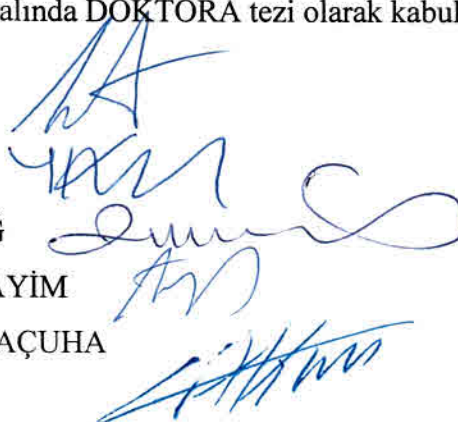
D A N I M A N
P r o f . D r . L e v e n t B A T

S N O P – 2017

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma, jürimiz tarafından 01/03/2017 tarihinde yapılan sınav ile Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Levent BAT
Üye : Prof. Dr. Yalçın KAYA
Üye : Prof. Dr. Gülşen ALTUĞ
Üye : Doç. Dr. Ayşegül MÜLAYİM
Üye : Yard. Doç. Dr. Ali KARAÇUHA



ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

01/03/2017


Doç. Dr. Turgay KORKUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

KARADENİZ'İN SINOP KİYI SAHİL BÖLGESİNDE ELDE EDİLEN BASKIN MAKROALGLER VE DENİZ ÇAYIRLARININ AĞIR METAL KİRLİLİK TESPİTİNDE BİYOMONİTÖR OLARAK KULLANILMALARI

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye Karadeniz Sinop ili kıyı bölgesinin kirlilik düzeyinin belirlenmesi amacıyla biyomonitör olarak kullanılan makroalglerin ve deniz çayırlarının ağır metal konsantrasyonları, su ve sediman örnekleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Türkiye Karadeniz sularında ilk olarak deniz çayırlarının yaprak-su ve kök-sediman örnekleri tespit edilmiştir. Çalışma, Türkeli, Ayancık, Nceburun, Akliman, Tersane, Karakum, DS ve Gerze istasyonlarında mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Baskın makroalg ve deniz çayırı türleri ile su ve sedimanlardaki ağır metal düzeyleri ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür. Makroalgler ve deniz çayırları çeşitli faktörlere bağlı olarak, farklı konsantrasyonlarda ağır metalleri absorbe ederler. Çalışma sonucunda, mevsimlere ve istasyonlara göre farklılıklar bulunmuştur. Endüstrinin gelişmesi Sinop ilinde, yoğun bir kirlilik gözlenmemektedir. Ancak devamlı olarak tarımsal ve evsel atıkların kıyılarına boşaltılması kirlilik baskısı yaratmaktadır. Kirleticiler ve etkilerini saptamak için, AB-DSÇD kapsamında makroalgler ve deniz çayırları önerilen biyolojik kalite unsurlarıdır. Bu nedenle, kirliliğin mevcut durumunu sularda sabit yaşayan organizmalarla düzenli olarak izlemek ÇD sağlanması amacıyla önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Karadeniz, Sinop, makroalg, deniz çayırı, ICP-MS, ağır metal, kirlilik

**USING DOMINANT MACROALGAE AND SEAGRASS IN SINOP
COASTLINE OF THE BLACK SEA AS BIOMONITOR FOR
DETERMINATION OF HEAVY METAL POLLUTION**

ABSTRACT

In this study, heavy metal concentrations of macroalgae and seagrasses used as biomonitor in order to determine pollution levels of the coastal line of Sinop Province in Turkey are evaluated together with water and sediment associations. In Turkey Black Sea waters, leaf-water and root-sediment associations of seagrasses were first identified. This study was performed seasonally in Türkeli, Ayancık, Inceburun, Akliman, Tersane, Karakum, DSI and Gerze stations. Heavy metal levels of dominant macroalgae and sea grasses with water and sediment have been measured by ICP-MS apparatus. Macroalgae and sea grasses absorb different concentrations of heavy metals depending on many various factors. As a result of the study, there were differences according to seasons and stations. There is no intense pollution in Sinop where industry does not develop. However, discharges of agricultural and domestic wastes continuously create pollution pressure. In order to identify pollutants and their effects, macroalgae and seagrasses are proposed as biological quality elements under EU-MSFD. For this reason, it is important to monitor the current situation of pollution regularly with living organisms in the water to provide GES.

Key words: Black Sea, Sinop, macroalgae, sea grass, ICP-MS, heavy metal, pollution

TE EKKÜR

Doktora ö renimim ve tez çalı mam boyunca her konuda yardım ve deste ini esirgemeyen danı man hocam Sayın Prof. Dr. Levent BAT'a; laboratuvar çalı malarındaki yardımlarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali KARAÇUHA'ya; arazi çalı malarındaki yardımları için doktora ö rencisi Gökhan YILDIZ'a; örnek analizlerinin yapılmasında Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Ara tırmalar Uygulama ve Ara tırma Merkezi'nde gerekli deste i sa layan personele ve örnekleme sürecinde yardımcı olan tüm hocalarıma ve okulumuzun oförlerine te ekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde her eyimi borçlu oldu um sevgili annem ennur KARAKA 'a, rahmetli babam A. Kamil KARAKA 'a, ablam Özge APAN'a, sevgili e im Ertan ARICI'ya, sevgili kayınvalideme, kayınpederime ve ablam Ay e AYDEM R'e te ekkür ederim. Tüm zamanlarımda göstermi oldukları destek, sevgi ve yardımları için sevgili hocalarım Prof. Dr. Kasım Cemal GÜVEN'e ve Prof. Dr. Gül en ALTU 'a, Sinop'un bana kazandırdı ı sevgili arkadaş larım Esin TÜMER, Ferhat ANO LU ve Gökçe ACAR'a, ayrıca bu yolda beni hiç bunaltmadı ı ve engel olmadı ı için do acak minik kızım Melis'e te ekkür ediyorum.

Bu çalı ma, Sinop Üniversitesi Bilimsel Ara tırma Projeleri yürütücü sekreterli inin SÜF-1901-15-08 numaralı projesi ile desteklenmi tir.

Ç NDEK LER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TE EKKÜR	iii
Ç NDEK LER	iv
SEMBOLLER VE KISALTMALAR L STES	vi
EK LLER ve Ç ZELGELER L STES	x
1. G R	1
2. GENEL B LG LER ve L TERATÜR ÖZET	8
2.1. A ır Metaller ve Biyomonitör Türler Hakkında Genel Bilgiler	8
2.2. Makroalgler Hakkında Genel Bilgiler	10
2.2.1. Ye il Alglerin Genel Özellikleri	14
2.2.2. Kahverengi Alglerin Genel Özellikleri	14
2.2.3. Kırmızı Alglerin Genel Özellikleri	14
2.3. Deniz Çayırarı Hakkında Genel Bilgiler	15
2.4. Makroalgler ve Deniz Çayıralarının Ba lıca Ortak Ekolojik ve Ekonomik Özellikleri	17
2.5. Makroalglerde ve Deniz Çayıralarında A ır Metaller	17
2.6. Türkiye'nin Karadeniz Kıyılarından Örneklenen Makroalglerde ve Deniz Çayıralarında A ır Metal Birikimlerine li kin Çalışmalar	20
2.7. Mikroalga Çözündürme Ünitesi	23
2.8. ICP-MS (ndüktif E le mi Plazma- Kütle Spektrometresi)	24
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. Ara tırma Bölgesinin Genel Tanımı	25
3.2. A ır Metal Analizlerinde Kullanılan Makroalg ve Deniz Çayırı Örnekleri	31
3.3. Örneklerin Toplanması, Hazırlanması ve Analizleri	39
3.4. Analitik Prosedürler	40
3.5. Biyoakümülyasyon Faktörlerinin Hesaplanması	43
3.6. statistiksel Analizler	44
4. BULGULAR	45
4.1. Deniz Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri	46

4.2. Makroalg ve Deniz Çayırlarında A ır Metal çerikleri	51
4.3. Makroalglerde A ır Metallerin Türlerine Göre Ortalama Düzeyleri	89
4.4. Deniz Sularında A ır Metal çerikleri	97
4.5. Sedimanlarda A ır Metal çerikleri	103
4.6. Sedimanların Partikül Analiz Sonuçları	108
4.7. Sedimanların Yanabilen Organik Madde Miktarının Yüzde De erleri	109
4.8. Biyoakümülyasyon Faktörleri	110
5. TARTI MA	126
6. SONUÇLAR (ve ÖNER LER)	144



SEMBOLLER ve KISALTMALAR L STES

SEMBOLLER

Ag:	Gümü
Al:	Alüminyum
As:	Arsenik
Au:	Altın
B:	Bor
Ba:	Baryum
Be:	Berilyum
Bi:	Bizmut
Br:	Brom
Ca:	Kalsiyum
Cd:	Kadmiyum
Ce:	Seryum
Co:	Kobalt
Cr:	Krom
Cs:	Sezyum
Cu:	Bakır
Dy:	Disprozyum
Er:	Erbiyum
Eu:	Evropiyum
Fe:	Demir
Ga:	Galyum
Gd:	Gadolinyum
Ge:	Germanyum
Hf:	Hafniyum
Hg:	Cıva
Ho:	Holmiyum
I:	Iyot
In:	Indiyum
Ir:	Iridyum
K:	Potasyum
La:	Lantan

Li:	Lityum
Lu:	Lutesyum
Mg:	Magnezyum
Mn:	Manganez
Mo:	Molibden
Na:	Sodyum
Nb:	Niobyum
Nd:	Neodimyum
Ni:	Nikel
Os:	Osmiyum
P:	Fosfor
Pb:	Kur un
Pd:	Paladyum
Pr:	Preaseodim
Pt:	Platin
Rb:	Rubidyum
Re:	Renyum
Rh:	Rodyum
Ru:	Rutenyum
Sb:	Antimon
Sc:	Skandiyum
Se:	Selenyum
Sm:	Samaryum
Sn:	Kalay
Sr:	Stronsiyum
Ta:	Tantal
Tb:	Terbiyum
Te:	Tellür
Th:	Toryum
Ti:	Titanyum
Tl:	Talyum
Tm:	Tulyum
U:	Uranyum
V:	Vanadyum

W: Volfram
Y: İtriyum
Yb: İterbiyum
Zn: Çinko
Zr: Zirkonyum



KISALTMALAR

AB-DSÇD:	Avrupa Birli i- Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
BCF:	Biyota Konsantrasyon Faktörü
BSAF:	Biyota – Sediman Birikimi Faktörü
Ç.O:	Çözünmü oksijen
EC:	Avrupa Komisyonu
ICP-MS:	ndüktif E le mi Plazma- Kütle Spektrometresi
ÇD:	yi Çevresel Durumu
MPI:	Metal Kirlilik ndeksi



EK LLER ve Ç ZELGELER L STES

EK LLER	Sayfa No
ekil 2.2.1. Alglerin sınıflandırılması (Ta kın ve Öztürk, 2012)	12
ekil 2.2.2. Makroalglerin sınıflandırılması (Ta kın ve Öztürk, 2012)	13
ekil 2.3.1. Fanerogamların sınıflandırılması	15
ekil 2.3.2. Alglerin ve deniz çayırlarının morfolojik kısımları	16
ekil 2.3.3. Deniz çayırlarının co rafik da ılımı	16
ekil 3.1.1. Çalı ma istasyonları	26
ekil 3.1.2. Türkeli istasyonu	26
ekil 3.1.3. Ayancık istasyonu	27
ekil 3.1.4. nceburun istasyonu	27
ekil 3.1.5. Akliman istasyonu	28
ekil 3.1.6. Tersane istasyonu	29
ekil 3.1.7. Karakum istasyonu	29
ekil 3.1.8. DS istasyonu	30
ekil 3.1.9. Gerze istasyonu	31
ekil 3.2.1. <i>Ceramium</i> spp.	33
ekil 3.2.2. <i>Cladophora</i> spp.	33
ekil 3.2.3. <i>Corallina officinalis</i>	33
ekil 3.2.4. <i>Cystoseira barbata</i>	34
ekil 3.2.5. <i>Cystoseira crinita</i>	34
ekil 3.2.6. <i>Ectocarpus</i> spp.	34
ekil 3.2.7. <i>Gelidium crinale</i>	35
ekil 3.2.8. <i>Laurencia obtusa</i>	35
ekil 3.2.9. <i>Padina pavonica</i>	35
ekil 3.2.10. <i>Polysiphonia fucoides</i>	36
ekil 3.2.11. <i>Scytosiphon lomentaria</i>	36
ekil 3.2.12. <i>Ulva flexuosa</i>	36
ekil 3.2.13. <i>Ulva intestinalis</i>	37
ekil 3.2.14. <i>Ulva lactuca</i>	37
ekil 3.2.15. <i>Ulva linza</i>	37
ekil 3.2.16. <i>Ulva rigida</i>	38

ekil 3.2.17. <i>Zostera (Zostera) marina</i>	38
ekil 3.2.18. <i>Zostera (Zosterella) noltei</i>	38
ekil 4.1.1. stasyonların ortalama sıcaklık grafi i	47
ekil 4.1.2. stasyonların ortalama tuzluluk grafi i	48
ekil 4.1.3. stasyonların ortalama pH grafi i	49
ekil 4.1.4. stasyonların ortalama çözünmü oksijen grafi i	50
ekil 4.2.1. <i>Zostera (Zostera) marina</i> türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında ortalama ağır metal düzeylerinin dağılımı	84
ekil 4.2.2. <i>Zostera (Zosterella) noltei</i> türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında ortalama ağır metal düzeylerinin dağılımı	87
ekil 4.3.1.a,b,c,d. Divizyonlarına göre ağır metallerin ortalama düzey dağılımları	89
ekil 4.3.2. Makroalglerin ortalama Al düzey dağılımları	92
ekil 4.3.3. Makroalglerin ortalama Mn düzey dağılımları	92
ekil 4.3.4. Makroalglerin ortalama Fe düzey dağılımları	93
ekil 4.3.5. Makroalglerin ortalama Co düzey dağılımları	93
ekil 4.3.6. Makroalglerin ortalama Ni düzey dağılımları	94
ekil 4.3.7. Makroalglerin ortalama Cu düzey dağılımları	94
ekil 4.3.8. Makroalglerin ortalama Zn düzey dağılımları	95
ekil 4.3.9. Makroalglerin ortalama As düzey dağılımları	95
ekil 4.3.10. Makroalglerin ortalama Cd düzey dağılımları	96
ekil 4.3.11. Makroalglerin ortalama Hg düzey dağılımları	96
ekil 4.3.12. Makroalglerin ortalama Pb düzey dağılımları	97
ekil 4.6.1. Sediman örneklerinin istasyonlara bağlı olarak tane büyüklük dağılımları	109
ekil 4.7.1. stasyonlara ait yüzde (%) yanabilen organik madde miktarları	109

EK LLER ve Ç ZELGELER L STES

Ç ZELGELER	Sayfa No
Çizelge 1.1. ÇD tanımlayıcıları	4
Çizelge 1.2. Tanımlayıcı 8	5
Çizelge 1.3. Tanımlayıcı 9	6
Çizelge 2.1.1. Metallerin sınıflandırılması	8
Çizelge 2.2.1. Yosunlarda yetki verilen a ır metallerin maksimum seviyeleri (mg/kg kuru a ırlık) (CEVA, 2014)	11
Çizelge 2.2.2. Türkiye'nin makrobentik alg florası (Ta kın ve Öztürk, 2013)	11
Çizelge 2.5.1. Deniz yosunlarında esansiyel elementlerin fonksiyonları ve bile ikleri	18
Çizelge 2.5.2. Elementlerin toksisiteleri ve mevcudiyetlerine göre sınıflandırılması (Wood, 1974)	19
Çizelge 3.2.1. Analizi yapılan makroalg ve deniz çayırı türlerinin toplandı ı istasyonlar	32
Çizelge 3.4.1. Sucul bitkilerin mikrodalga yakma yöntemi prosedürü	41
Çizelge 3.4.2. Normal mikrodalga yakma (temizleme) prosedürü	41
Çizelge 3.5.1. Biyokonsantrasyon faktörü için e ik de erleri (BCF)	44
Çizelge 4.1. A ır metal analizlerinde de erlendirilen makroalg ve deniz çayırı türleri	45
Çizelge 4.1.1. Deniz suyu sıcaklık, tuzluluk, pH ve çözünmü oksijen de erlerinin mevsimsel de i imi	46
Çizelge 4.2.1. <i>Ceramium</i> spp. mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	51
Çizelge 4.2.2. <i>Ceramium</i> spp. mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	52
Çizelge 4.2.3. <i>Ceramium</i> spp. elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	54

Çizelge 4.2.4. <i>Ceramium</i> spp. elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları	55
Çizelge 4.2.5. <i>Cladophora</i> spp. mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	55
Çizelge 4.2.6. <i>Cladophora</i> spp. elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	56
Çizelge 4.2.7. <i>Corallina officinalis</i> türünün a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	56
Çizelge 4.2.8. <i>Cystoseira barbata</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	57
Çizelge 4.2.9. <i>Cystoseira barbata</i> türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	58
Çizelge 4.2.10. <i>Cystoseira barbata</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	59
Çizelge 4.2.11. <i>Cystoseira barbata</i> türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları	59
Çizelge 4.2.12. <i>Cystoseira crinita</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	60
Çizelge 4.12.13. <i>Cystoseira crinita</i> türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	61
Çizelge 4.2.14. <i>Cystoseira crinita</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	63
Çizelge 4.2.15. <i>Cystoseira crinita</i> türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları	64
Çizelge 4.2.16. <i>Ectocarpus</i> spp. mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	64

Çizelge 4.2.17. <i>Ectocarpus</i> spp. elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	65
Çizelge 4.2.18. <i>Gelidium crinale</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	65
Çizelge 4.2.19. <i>Gelidium crinale</i> türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	66
Çizelge 4.2.20. <i>Gelidium crinale</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri <i>Gelidium crinale</i> (mg/kg)	67
Çizelge 4.2.21. <i>Laurencia obtusa</i> türünün a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	67
Çizelge 4.2.22. <i>Padina pavonica</i> türünün a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	68
Çizelge 4.2.23. <i>Padina pavonica</i> türünde elementlerin istasyonlara göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	68
Çizelge 4.2.24. <i>Polysiphonia fucoides</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	69
Çizelge 4.2.25. <i>Polysiphonia fucoides</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	69
Çizelge 4.2.26. <i>Scytosiphon lomentaria</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	70
Çizelge 4.2.27. <i>Scytosiphon lomentaria</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	70
Çizelge 4.2.28. <i>Ulva flexuosa</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	71
Çizelge 4.2.29. <i>Ulva flexuosa</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	71

Çizelge 4.2.30. <i>Ulva intestinalis</i> türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)	72
Çizelge 4.2.31. <i>Ulva intestinalis</i> türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları	73
Çizelge 4.2.32. <i>Ulva intestinalis</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)	74
Çizelge 4.2.33. <i>Ulva intestinalis</i> türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere bağlı farklılıkları	74
Çizelge 4.2.34. <i>Ulva lactuca</i> türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)	75
Çizelge 4.2.35. <i>Ulva lactuca</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)	75
Çizelge 4.2.36. <i>Ulva linza</i> türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)	76
Çizelge 4.2.37. <i>Ulva linza</i> türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları	77
Çizelge 4.2.38. <i>Ulva linza</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)	78
Çizelge 4.2.39. <i>Ulva linza</i> türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere bağlı farklılıkları	78
Çizelge 4.2.40. <i>Ulva rigida</i> türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)	79
Çizelge 4.2.41. <i>Ulva rigida</i> türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları	80
Çizelge 4.2.42. <i>Ulva rigida</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)	81

Çizelge 4.2.43. <i>Ulva rigida</i> türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları	81
Çizelge 4.2.44. <i>Zostera (Zostera) marina</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	82
Çizelge 4.2.45. <i>Zostera (Zostera) marina</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	82
Çizelge 4.2.46. <i>Zostera (Zostera) marina</i> türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	83
Çizelge 4.2.47. <i>Zostera (Zostera) marina</i> türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının mevsimlere ba lı farklılı maları	85
Çizelge 4.2.48. <i>Zostera (Zosterella) noltei</i> türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	85
Çizelge 4.2.49. <i>Zostera (Zosterella) noltei</i> türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	86
Çizelge 4.2.50. <i>Zostera (Zosterella) noltei</i> türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının mevsimlere ba lı farklılı maları	86
Çizelge 4.2.51. <i>Zostera (Zosterella) noltei</i> türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	88
Çizelge 4.3.1. Makroalglerin ortalama iz element düzeyleri (mg/kg)	89
Çizelge 4.4.1. Deniz suyu de erlerinde elementlerin istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları	98
Çizelge 4.4.2. stasyonların deniz sularında mevsimsel ortalama a ır metal konsantrasyonları (ppb)	99
Çizelge 4.4.3. Deniz sularında elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (ppb)	100
Çizelge 4.4.4. Deniz sularının mevsimsel ortalamaları (ppb), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	101

Çizelge 4.5.1. Sediman de erlerinde elementlerin istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları	103
Çizelge 4.5.2. stasyonların sedimanlarında mevsimsel ortalama a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)	104
Çizelge 4.5.3. Sedimanlarda elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)	105
Çizelge 4.5.4. Sedimanlarda mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri, %95 güven aralıkları	106
Çizelge 4.6.1. stasyonlara ait sediman örneklerinin tane büyüklüklerine göre yüzde (%) de erleri	108
Çizelge 4.8.1. Sedimanlarda metal kirlilik indeksleri (mg/kg)	110
Çizelge 4.8.2. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Ceramium</i> spp. BSAF ve BCF de erleri	111
Çizelge 4.8.3. <i>Ceramium</i> spp. ortalama BSAF ve BCF de erleri	111
Çizelge 4.8.4. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Cladophora</i> spp. BSAF ve BCF de erleri	112
Çizelge 4.8.5. <i>Cladophora</i> spp. ortalama BSAF ve BCF de erleri	112
Çizelge 4.8.6. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Corallina officinalis</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	113
Çizelge 4.8.7. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Cystoseira barbata</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	113
Çizelge 4.8.8. <i>Cystoseira barbata</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	114
Çizelge 4.8.9. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Cystoseira crinita</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	114
Çizelge 4.8.10. <i>Cystoseira crinita</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	115
Çizelge 4.8.11. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Ectocarpus</i> spp. BSAF ve BCF de erleri	115
Çizelge 4.8.12. <i>Ectocarpus</i> spp. ortalama BSAF ve BCF de erleri	115

Çizelge 4.8.13. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Gelidium crinale</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	116
Çizelge 4.8.14. <i>Gelidium crinale</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	116
Çizelge 4.8.15. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Laurencia obtusa</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	116
Çizelge 4.8.16. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Padina pavonica</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	117
Çizelge 4.8.17. <i>Padina pavonica</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	117
Çizelge 4.8.18. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Polysiphonia fucoides</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	118
Çizelge 4.8.19. <i>Polysiphonia fucoides</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	118
Çizelge 4.8.20. <i>Scytosiphon lomentaria</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	118
Çizelge 4.8.21. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Ulva flexuosa</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	119
Çizelge 4.8.22. <i>Ulva flexuosa</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	119
Çizelge 4.8.23. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Ulva intestinalis</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	120
Çizelge 4.8.24. <i>Ulva intestinalis</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	120
Çizelge 4.8.25. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Ulva lactuca</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	121
Çizelge 4.8.26. <i>Ulva lactuca</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	121
Çizelge 4.8.27. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Ulva linza</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	122
Çizelge 4.8.28. <i>Ulva linza</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	122
Çizelge 4.8.29. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Ulva rigida</i> türünün BSAF ve BCF de erleri	123
Çizelge 4.8.30. <i>Ulva rigida</i> türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri	123
Çizelge 4.8.31. <i>Zostera (Zostera) marina</i> türünün kısımlarına göre ortalama BSAF ve BCF de erleri	124

Çizelge 4.8.32. <i>Zostera (Zosterella) noltei</i> türünün kısımlarına göre ortalama BSAF ve BCF değerleri	125
Çizelge 5.1. Ulusal ve Uluslararası standartlara göre suda kabul edilebilir a ır metal konsantrasyonları (ppb)	127
Çizelge 5.2. Sedimanda kabul edilebilir a ır metal konsantrasyonları (mg/kg) (NOAA, 2009)	127
Çizelge 5.3. <i>Ceramium</i> spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	129
Çizelge 5.4. <i>Cladophora</i> spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	130
Çizelge 5.5. <i>Corallina</i> spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	132
Çizelge 5.6. <i>Cystoseira</i> spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	134
Çizelge 5.7. <i>Gelidium crinale</i> türü ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	136
Çizelge 5.8. <i>Laurencia</i> spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	136
Çizelge 5.9. <i>Padina pavonica</i> ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	137
Çizelge 5.10. <i>Polysiphonia fucoides</i> ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	138
Çizelge 5.11. <i>Scytosiphon lomentaria</i> ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	138
Çizelge 5.12. A ır metal konsantrasyonlarının kar ıla tırılması	139
Çizelge 5.13. <i>Ulva</i> spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	140
Çizelge 5.14. <i>Zostera</i> spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları	143

1. G R

nsan nüfusundaki hızlı artı , artan nüfusla birlikte ihtiyaçların de i mesi, çarpık kentle me sorunu, yo un tarımsal aktivitelerin gerçekle tirilmesi, do al alanların tahribi ve 19. yüzyılda sanayi devrimi ile birlikte endüstriyel geli im sonucu ortaya çıkan çevre kirlili inin boyutu her geçen gün artı göstermektedir.

Günümüzde yakla ık 9 milyon kimyasal madde oldu u ve bunların 76000'inin günlük hayatımızda kullanıldı ı bilinmektedir. En önemli kirleticiler evsel, tarımsal ve endüstriyel atıklardır (Bernhard, 1976; Bryan, 1976; Bat ve ark., 1998-1999). Özellikle sucul ortamlara, do al olarak veya antropojenik (insan etkisi) yollarla ula an kirleticiler, belirli bir düzeyin üzerine çıktıklarında do al dengeyi bozmaktadır. A ır metallere bu kirleticilerden en önemlilerinden biri olup, tarım ve sanayi uygulamaları sonucu su, toprak, hava, bitki ve hayvan dokularında yüksek seviyelerde bulunabilirler. A ır metal terimi do adaki tüm metalleri ve metaloitleri kapsamaktadır (Bat ve ark., 1998-1999). Bunlarla ilgili esas çevresel endi e, potansiyel toksisiteleri, do ada yol açtıkları de i iklikler, organizmalarda birikmeleri ve sonuç olarak insanlar üzerinde olumsuz etkilere yol açmaları ile ilgilidir (Bat ve ark., 1998 -1999; 2012).

Do ada a ır metallere, konsantrasyonlarını ve toksisitelerini azaltan kimyasal ve biyolojik parçalanma durumu göstermezler. Bundan dolayı denizel ortamlarda su, sediman ve organizmalarda sabit ve kalıcı olarak bulunurlar ve besin a ı veya zinciri yoluyla biyolojik birikime (biyoakümülyasyon) neden olurlar (Bat ve ark., 1998; 1999a,b; Sunlu ve Egemen, 1997). Biyoakümülyasyon, bir organizmanın dokusunda bir kimyasalın toksik bir seviyeye kadar olu ması durumudur (Ezemonye ve Enuneku, 2002). Dolayısıyla, sucul ekosistemlerdeki a ır metal konsantrasyonları su, sediman ve biyotadaki konsantrasyonların ölçülmesiyle izlenmektedir (Oguzie, 2003). Sucul gösterge türler de onları çevreleyen ortam ile denge içerisinde bulundu undan, su ortamının potansiyel kirlilik seviyesinin belirlenmesinde ve yorumlanmasında önem ta imaktadır. Bower ve ark. (1978), biyotadaki birikim derecesinin, metalin kimyasal etkilerine, belirli materyallere ba lanma e ilimine ve biyolojik dokuların lipid içeri ine ve kompozisyonuna ba lı oldu unu belirtmektedir. Sulardaki a ır metal konsantrasyonları, yıllık ve mevsimsel dalgalanmalara ba lı olarak önemli ölçüde farklılık gösterirken (Warren, 1981), sedimanlarda bulunan a ır metal konsantrasyonları ise, dipte bulunan sediman parçacıklarının oranına, boyutuna ve sedimandaki organik maddelerin bulunurlu una göre de i iklik göstermektedir. Kil ve siltçe zengin ince taneli sedimandaki a ır metal düzeyleri genellikle yüksek olup,

karbonatça zengin kaba taneli sedimanlarda ağır metal oranları düşüktür (Ergin ve ark., 2003).

Esas organik kirleticilerin biyoakümülyasyonu, bir organik kirleticinin suda çözünürlüğü ve suda yayılan organizmaların net alımı arasındaki korelyasyonda belirgin olmaktadır (Nenciu ve ark., 2016).

Sucul ortamdaki derinleşen artan iz elementler, çok düşük miktarlarda bile farklı dokularda birikebilmelerinden dolayı ciddi yan etkilere neden olan önemli toksik madde özelliğini gösterirler. Çünkü iyonlar veya bileşikler biçiminde suda çözünürler ve sudaki organizmalara kolayca absorbe edilirler (Enuneku ve ark., 2013). Toksik iz element kirliliğinden kaynaklanan ilk zehirlenme Japonya'nın Minimata körfezi ve çevresinde ortaya çıkmıştır. Japonya'da görülen 1953 yılı Minimata ve 1964 yılı Niigata facialarından sonra denizlerdeki metal kirliliğinin önem kazanmıştır ve günümüzde artan çevresel problemler bu konuya verilen önemi daha da arttırmaktadır.

Çevresel problemler tüm toplulukları ve ekosisteme kendisini hemen yansıtmaktadır. Ortamda bulunan duyarlı türlerin yaşam birlikleri bozularak sayıları giderek azalır veya yok olur. Bununla birlikte ağır metaller, hayvan ve bitkiler tarafından biyokonsantre edilebilen ve besin zincirine giren toksik elementler olduğundan, çevrede doğal olarak bulunan organizma türlerinin gösterge olarak kullanılması çevresel kirliliğinin belirlenmesinde son derece yararlıdır. Çevre kirliliğinin tespiti amacıyla kullanılan bu tür canlılara "biyomonitör canlılar" denir. Ekosistemdeki bazı kirleticilerin besin zincirine girdikten sonra zincirin en alt noktasından başlayarak en üst noktasında bulunan canlılara kadar her basamakta miktarlarının artarak birikmesi (organizmada doğal besin zincirinde birikimi) ve zararlı etkiler meydana getirmesi süreci "biyomagnifikasyon" olarak adlandırılmaktadır. Birincil üretime katkıda bulunan denizel makroalgler ve deniz çayırları, deniz suyunda çözünmüş halde bulunan metalleri bünyelerine kolay alma ve biriktirme özelliklerinden dolayı deniz suyunun metal kirliliğinin göstergesi olarak kullanılmaktadırlar. Geniş alanda da ılımları, bol bulunmaları, sabit konumda hareketsiz olmaları, boyutlarının analiz için uygun olması, kolay bulunmaları ve tanımlanmaları ve laboratuvar çalışmalarına dayanıklı olmaları bu organizmaların biyomonitör olarak kullanımlarına elverişli olmaktadır (Sıvacı ve ark., 2008; Akçalı ve Küçüksezgin, 2011). Bu biyomonitör türlerin biriktirdikleri metal düzeyleri ile buldukları çevredeki metal düzeyleri arasında basit bir bağlantı olduğu bilinmektedir, yani buldukları bölgenin özelliklerini yansıtan sonuçlar vermektedir (Phillips ve Rainbow, 1994).

Avrupa Parlamentosu 2008/56/EC Direktifi ve konseyin 17 Haziran 2008 tarihinde Deniz Çevresi Politikaları alanında yayımladığı eylem çerçevesi (Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi) Avrupa nehir a zı, kıyı ve açık denizlerdeki ekosistemi korumak, deniz çevresiyle ilintili ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirliği sa lamak için geli tirilmiştir. 2008 yılında yürürlü e giren AB-DSÇD, ekosistem tabanlı yönetim ilkesine dayanmakta, denizlere bölgesel yaklaşımla tüm baskıları dikkate almaktadır. Direktif, denizlerimizde 2020 yılına kadar tanımlayıcı ölçütler (11 niteliksel tanımlayıcı) (Çizelge 1.1.) ve standartlarla “iyi Çevresel Durumu” sa lamayı hedeflemektedir. ÇD; ekolojik olarak çe itlilik gösteren, dinamik, temiz, sa lıklı ve verimli deniz sularının sa landığı ve deniz çevresi kullanımının sürdürülebilir bir düzeyde oldu u ve böylece mevcut ve gelecek nesillerin kullanımı ve etkinlikleri için potansiyelini korudu u çevre durumudur (DSÇD, Madde 3(5)). Komisyon kararı 2010/477/EU (DSÇD), 8 ve 9 numaralı “iyi çevresel durum tanımlayıcısı: kirleticiler ve etkileri” de erlendirme kıstas ve göstergelerini ifade etmektedir (Çizelge 1.2. ve Çizelge 1.3). Bu hedefler do rultusunda, sucül besin zincirinin alt basama ında yer alan makroalgler ve deniz çayırları, ekolojik durumun de erlendirilmesinde ve çevre kirlili inin yorumlanmasında önerilen biyolojik kalite unsurlarındandır.

Karadeniz, 40°-46 N enlemleri ile 27°-41 E boylamları arasında uzanan, kuzeyde Kerç Bo azı ile Azak Denizi’ne, güneyde ise İstanbul ve Çanakkale Bo azı aracılığı ile Marmara, Ege ve Akdeniz’e bağlantısı olan yarı kapalı bir iç denizdir. Ayrıca, Kuzey Denizi’ne, Baltık Denizi’ne ve Hazar Denizi’ne nehirler aracılığıyla bağlantısı bulunmaktadır. Karadeniz’e dökülen Tuna, Dinyeper, Dinyester, Kızılırmak, Ye ılırmak ve Sakarya beraberinde milyonlarca ton organik maddeyi ve di er karasal kökenli atıkları Karadeniz havzasına ta ımaktadır. Karadeniz’in konumu gere i iç deniz olması, do al su sirkülasyonunun sınırlı olmasına neden olmakta ve kirlilik boyutlarının belirlenmesindeki önemini arttırmaktadır. Ara tırmamızı sürdürdü ümüz Karadeniz’e kıyısı bulunan Sinop ilinde yo un bir kirlilik gözlenmese de, sürekli olarak evsel atıkların kıyılarına bo altılmasına maruz kalmaktadır (Bat ve Gök Kurt Baki, 2014) ve kirlilik baskısı altındadır.

Karadeniz Sinop ilinde daha önceden denizel makroalgler üzerine yapılan çalı malar incelendi inde ye il alglerden *Ulva intestinalis*, *U. lactuca*, *U. linza*, *Cladophora sericea*; kahverengi alglerden *Cystoseira crinita*, *C. barbata* ve kırmızı alglerden *Corallina* spp., *Gelidium crinale*, *Polysiphonia* spp., *Pterocladia capillacea* ve *Ceramium* spp. türlerinin en yaygın bulunan türler oldukları bildirilmiştir (Öztürk ve

ark., 1994a,b, 1996; Topçuo lu ve ark., 2003; Güven ve ark., 2007; Türk Çulha ve ark., 2010; Karaçuha ve Ersoy Karaçuha, 2013). Ayrıca, Sinop kıyılarında Aysel ve ark. (2004) *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* ve *Z. noltii* türlerinin; Gönlügür Demirci ve Karakan (2006) ise di er türlerle birlikte ayrıca *Potamogeton pectinatus* deniz çayırı türlerinin da ılımını tespit etmişlerdir. Karaçuha ve Ersoy Karaçuha (2013), Sinop Yarımadası çevresindeki mevcut alg türlerinin kompozisyon ve biyokütlesindeki mevsimsel ve yıllık de iimleri incelemişlerdir ve 9 Chlorophyta, 8 Ochrophyta ve 13 Rhodophyta olmak üzere 30 takson saptamışlardır.

Bu çalı madaki amaç, Sinop ili kıyı eridi boyunca bulunan baskın makroalg ve deniz çayırı türlerinin su ve sediman ilikleri ile birlikte de erlendirilerek kirlilik boyutunu belirlemektir. Önemli ekolojik özellikleri olan denizel makroalglerde, deniz çayırlarında, sularda ve sedimanlarda a ır metallerin (Al-Alüminyum, As-Arsenik, Cd-Kadmiyum, Co-Kobalt, Cu-Bakır, Fe-Demir, Hg-Cıva, Mn-Manganez, Ni-Nikel, Pb-Kur un ve Zn-Çinko) mevsimlere ve istasyonlara göre deriimleri araştırılmıştır. Ayrıca, örnekleme sırasında deniz sularının sıcaklık, tuzluluk, pH ve çözünmüş oksijen miktarları ölçülmüştür. Bu çalımanın sonucu, ülkemizin de erlendirmek zorunda oldu u AB-DSÇD uygulama çalı malarına bir alt yapı olacak ve ÇD açısından katkı sa lamı olacaktır.

Çizelge 1.1. ÇD tanımlayıcıları

Tanımlayıcı 1	Biyöçe itlilik
Tanımlayıcı 2	Yabancı türler
Tanımlayıcı 3	Balıkçılık
Tanımlayıcı 4	Besin zincirleri
Tanımlayıcı 5	Ötrofikasyon
Tanımlayıcı 6	Deniz tabanı bütünlü ü
Tanımlayıcı 7	Hidrografik artlar
Tanımlayıcı 8	Kirleticiler
Tanımlayıcı 9	Deniz ürünlerindeki kirleticiler
Tanımlayıcı 10	Deniz katı atıkları
Tanımlayıcı 11	Enerji ve gürültü giri i

Çizelge 1.2. Tanımlayıcı 8

Tanımlayıcı 8. Kirletici konsantrasyonları kirlilik etkilerini arttırmaz.

Denizel ortamdaki kirletici konsantrasyonu ve bunlarının etkilerinin, ekosistem üzerine etkileri ve zararları da dikkate alınarak de erlendirilmesi gereklidir (*). ki yasal çerçevenin uygulanmasında do ru koordinasyonun sa lanması için Direktif 2000/60/EC nin karasal ve/veya kıyısulardaki ilgili artlarının dikkate alınması gereklidir. Ayrıca bölgesel deniz anla malarında bir araya getirilmi olan bilgiler ve geli tirilmi olan yakla ımlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Üye devletlerin denizel ortamla ilgili maddeler konusunda a a ıdakileri dikkate alması gereklidir:

- (i) Denizel bölge ya da alt bölgeye bitirilen kıyısularda, suda, sedimanda ya da biyotadaki, Madde 2(35) e uygun olarak ve Direktif 2000/60/EC nin Ek V inde ilgili çevresel kalite standartlarını a an maddeler; ve/veya
- (ii) Direktif 2000/60/EC nin Ek 10.unda öncelikli olarak verilen ve Direktif 2008/105/EC de düzenlenen, ilgili denizel bölgeye, alt bölgeye ya da alt bölüme de arj edilen maddeler; ve/veya
- (iii) Kontaminant olan maddeler ve bunların total salınımları (kayıplar, de arjlar veya emisyonlar) ilgili denizel bölgede, alt bölgede ya da alt bölümde önceden var olan ya da imdiki (örneğin tehlikeli ve zararlı maddeleri içeren olayların ardında akut kirlilik durumlarının sonucu da olabilir) kirlilikten kaynaklanan önemli risklere neden olabilir.

yi çevre durumuna do ru ilerleme, kirliliğin progresif olarak a amalarla bitirilip bitirilmemesine ba lı olacaktır; yani denizel ortamdaki kontaminantların varlığı ve bunların biyolojik etkileri kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulmalıdır ve böylece denizel ortamın herhangi bir riskle ya da önemli etkiyle kar ı kar ıya kalmaması sa lanmalıdır.

8.1. Kirletici konsantrasyonu

Direktif 2000/60/EC'deki de erlendirmelere uygun olarak yukarıda bahsedilen kirleticilerin ilgili matristeki (biyotada, sedimanda ya da suda) konsantrasyonu (8.1.1)

8.1.1. Kaynaklarda belirtilen kirletici konsantrasyonlarının ilgili matrislerde Direktif 2000/60/EC de erlendirmesi altında ölçülmesi

8.2.1. Kirlilik seviyelerinin ekosistem bile enleri üzerine etkileri. Bir sebep/sonuç ili kisinin tespit edilmi oldu u ve izlenmesi gereken seçilmi biyolojik prosesler ve taksonomik gruplar dikkate alındı ında kirliliğin, ilgili ekosistem bile enleri üzerindeki etki düzeyleri

8.2. Kirletici etkileri

8.2.2. Akut kirlilik olaylarının (örneğin, Petrol ve petrol ürünlerinin denize akması) ortaya çıkması, orijini (mümkünse), derecesi ve bunların, bu kirlilikten fiziksel olarak etkilenen biyota üzerindeki etkileri

Çizelge 1.3. Tanımlayıcı 9

Tanımlayıcı 9. Balık ve diğer deniz ürünlerindeki kirletici seviyeleri düzenleyici yönetmeliklerdeki belirlenen de eri ve di er ilgili standartları a amazlar (Ek 1,2,3).

Farklı bölgelerde veya alt bölgelerde, Üye Devletlerin do al ortamda yakalanan balıkların, eklembacaklıların, yumu akçaların, derisi dikenlilerin ve deniz yosunlarının yenilebilir dokularını (kas, karaci er, balık yumurtası, et, uygun yumu ak kısımlar) izlemesi gereklidir. nsan tüketimine uygun ürünler için Avrupa'da maksimum düzeylerin ulusal veya bölgesel düzeyde belirlemi oldu u maddelerin bulunma olasılıklarına bakılmalıdır.

9.1. Kirleticilerin seviyesi, sayısı ve sıklı ı

9.1.1. Tespit edilmi olan kirleticilerin gerçek seviyesi ve maksimum yasal düzeyleri a tı ı belirlenen kirleticilerin sayısı

9.1.2. Yasal sınırların a ılma sıklı ı

(*) Buna göre;

1) yi Çevre Durumu, ilgili tüm insan aktivitelerinin, denizel ortamı koruma ve muhafaza etme artına uygun olarak ve denizel mal ve hizmetlerin imdiki ve gelecekteki nesiller tarafından sürdürülebilir olarak kullanılması kavramına göre gerçekte tirilmesini gerektirir (Direktif 2008/56/EC Madde 1). yi Çevre Durumu için kriterler uygulanırken de erlendirme ve izlemenin hedeflenmesi gerekti i ve denizel ekosistem ve bile enleri üzerine etkiler ve tehlikelerin önemi dikkate alınarak faaliyetlerin buna göre öncelik sırasına alınması unutulmamalıdır. Bununla birlikte, Direktif 2008/56/EC Madde 8(1)(b)(ii) de bahsedilen denizel ekosistem üzerindeki etkilerin esas birikmi ve sinerji etkileri dikkate alınarak de erlendirme yapılması önemlidir.

2) Çevresel durumun genel olarak geni bir çizelgede izlenmesi için bazen bilgi gereksinimleri ve ilgili denizel suların co rafik kapsamı arasındaki ili ki dikkate alınarak, seçilmi bazı kriterlerin ve indikatörlerin ilk adım olarak uygulanması uygun olabilir. Böylece, çevresel özellikler ve/veya insan baskısı açısından etkilerin ve tehlikelerin önemi ile ilgili olarak daha detaylı de erlendirmelerin gerekli oldu u durumlar ya da özellikli bölgelerin belirlenmesi mümkün olacaktır.

Madde 2(35) ise çevresel kalite standardı, insan sa lı ı ve çevrenin korunması amacıyla belirli bir kirletici ya da kirletici grubunun suda, sedimanda ya da biyotadaki konsantrasyonunun a ılmaması anlamına gelmektedir.

2. GENEL B LG LER ve L TERATÜR ÖZET

2.1. A ır Metaller ve Biyomonitör Türler Hakkında Genel Bilgiler

A ır metaller, atom a ırlı ı 40'tan fazla olan ve eksenindeki elektron da ılımı benzerlik gösteren metalik elementler veya özgül a ırlı ı 5 g/cm³'ten fazla olan elementlerdir (Bat ve ark., 1998-1999). z element olarak da adlandırılan metaller A sınıfı, sınır hattı ve B sınıfı olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. A sınıfı metal iyonları (Ca, Mg, K, Na gibi makro besleyici metaller) özellikle oksijene ba lanmaktayken, B sınıfı metal iyonları (Cu⁺, Hg, Ag, Au, Pt gibi) nitrojen veya sülfür atomlarına ba lanmaktadır. Sınır hattı metal iyonları ise (Cu⁺⁺, Zn, Cd, Fe, Co, Ni, Mn, Fe, As, Pb gibi mikro besleyici elementler) ortası davranı göstermektedir (Çizelge 2.1.1.).

Çizelge 2.1.1. Metallerin sınıflandırılması

A sınıfı	Sınır Hattı	B sınıfı
Kalsiyum	Çinko	Altın
Magnezyum	Kur un	Bakır (I)
Mangan	Demir	Cıva
Potasyum	Krom	Gümü
Stronyum	Kobalt	Platin
Sodyum	Nikel	
	Bakır (II)	
	Kadmiyum	
	Arsenik	
	Vanadyum	

z element terimi genellikle, organizmalardaki dü ük konsantrasyonlar için kullanılmakta (organizma a ırlı ının %0.01'den daha az) (Förstner ve Wittmann, 1983) ve daha çok organizmaların ihtiyacı olan esansiyel metalleri ifade etmektedir. Birçok metal organizma için esansiyel olup, bunların yoklu unda hem büyüme hem üreme durmaktadır. Örne in; omurgalı ve birçok omurgasız organizmanın kanındaki alyuvarlarında bulunan solunum pigmenti hemoglobinde demir bulunmaktadır; birçok yumu akça ve yüksek kabuklu hayvanların kanında oksijen ta ıyan mavi renkli solunum pigmentleri hemosiyaninde bakır bulunmaktadır; birçok enzimde çinko bulunmaktadır; vitamin B₁₂ enziminde kobalt bulunmaktadır; tunikatların hücre solunumu için vanadyum kullanılmaktadır.

Esansiyel olan ve olmayan tüm metaller birikme özelli i gösterdiklerinden dolayı potansiyel olarak toksik kabul edilmektedir. A ır metal konsantrasyonları birçok faktörün kar ılıklı kompleks etkilerinin bir sonucudur. Herhangi bir organizmadaki a ır metal miktarı, o organizmanın metal alım miktarını, metallerin farklı doku ve

organlardaki oranlarını ve her bir dokudaki kalı sürelerini yansıtmaktadır. E er bir metal, organizmanın metabolik ihtiyacı için kullanılıyorsa o metale kar ı organizma tolerans gösterebilir ve metal vücuttan atılmayıp belli bir dokuda birikebilir. Biyolojik olarak dokularda birikme e ilimi göstermeleri ve sonucunda fizyolojik ve histopatolojik bulgular olu turmaları yönünde tehlikeli olabilirler.

Metal birikimi (akümülyasyon) dokuya giren metallerin belirli bir zaman diliminde dokuda kalması olarak tanımlanmaktadır. A ır metal konsantrasyonlarının az olması halinde bile, akuatik organizmalar pasif olarak vücutlarına a ır metal alabilirler. Böylece sucul canlıların metal alımları ve atımları ile canlıların su oranı ili kilerine ba lı olarak metalleri yüksek oranlarda biriktirme kapasiteleri bulunmaktadır. Bu ili ki, organizmaların metal düzeyleri ile çevresindeki metal mevcudiyetinin arasındaki korelasyonu hakkında bilgi vermektedir. A ır metal birikimleri, türlere, metallere ve çevre faktörlerine göre farklılıklar göstermektedir. Akuatik organizmalar metalleri biriktirme yetene ine göre biyomonitör tür olarak seçilmekte ve kirlilik çalı malarında kullanılmaktadır.

Kirlilik çalı maları, çevre ve çevrede bulunan organizmalardaki zararlı kimyasal maddelerin miktarını bulma ile gerçekleştirilmektedir. Sularda ve sedimanlardaki kimyasal madde miktarının saptanması su ve sediman kalitesi hakkında bilgi vermekte, ancak tek ba larına bir ey ifade etmemektedir. Bu nedenle ortamda bulunan sucul canlıların kimyasal madde düzeyleri de önem ta ımaktadır. Birçok ara tırcı metal kirlili i çalı malarında farklı sucul canlıları seçmi tir. Önceleri duyarlı organizma, biyoindikatör veya indikatör olarak adlandırılan bu canlılar, terimlerin belirsizli i ve anlamsızlı ından dolayı günümüzde biyomonitör olarak kullanılmaya ba lanmı tır. Biyomonitör türler, çevre kirlili inin tespitinde kullanılan canlılar olup, vücutlarında metalleri veya kirleticileri biriktiren en duyarlı ve do ru organizmalardır.

Bir türün a ır metal kirlili ini belirlemede biyomonitör olarak kullanılabilmesi için bazı temel unsurlar vardır. Bunlar (Phillips ve Rainbow, 1994; Ünsal ve ark. 1998):

1. Seçilen organizmalar a ır metallerin etkisiyle ölmemeli ve vücutlarında biriktirme özelli i olmalıdır,
2. Örneklenecekleri bölgede sabit olarak ya amalıdır,
3. Çalı ma alanında bol sayıda bulunmalı ve istenildi i zaman örneklenebilmelidir,
4. Boyutları metal analizlerinin yapılabilmesi için uygun olmalıdır,
5. Kolay yakalanabilmeli ve laboratuvar ko ullarında ya atılabilmelidir,

6. Farklı tuzluluk artlarına tolere gösterebilmelidir,
7. Mevcut metal düzeyleriyle bulunduğu çevresindeki metal düzeyleri arasında basit bir korelasyon olmalıdır,
8. Sesil veya sedenter ya da pelajik bölgede ise da ılımları sınırlı olmalıdır,
9. Biyolojileri bilinmelidir,
10. Ekonomik yönden önemi olmalıdır,
11. Farklı yaş gruplarında örnekleme yapabilmek için, bir yıldan fazla yaşamlı olmalıdır.

Ayrıca geniş da ılım gösteren, ekolojileri çok iyi bilinen ve çevresel de i ikliklere açık bir biçimde reaksiyon gösteren tür niteli i ta ımları gerekir. Sucul ekosistemlerde bu özelliklere sahip tek bir tür yoktur, ancak toplanıldı ı yerin özelli ini yansıtması ve amaca uygun olması yeterlidir.

2.2. Makroalgler Hakkında Genel Bilgiler

Denizel ekosistemin önemli bir kısmını deniz yosunları yani algler oluşturmaktadır. Alglerin sınıflandırılması ile ilgili geniş çaplı çalışmaları ilk olarak Bold ve Wynne (1985) tarafından gerçekleştirilmiştir. Makroalg kaynakları 4 farklı alg grubunu kapsamaktadır. Bunlar Cyanophyta (mavi-yeşil algler), Chlorophyta (yeşil algler), Rhodophyta (kırmızı algler) ve Ochrophyta (kahverengi algler)'dir (Lee ve Olsen, 1985). Ancak Cyanophyta grubu prokaryotik organizmalar olup, gelişimsel olarak makroalglerden ayrılmaktadır (Davis ve Wilce, 1984). Alglerin sınıflandırılması ekil 2.2.1.'de verilmiştir.

Deniz yosunlarının Çinli Shen-Nung'un "Materia Medica" adlı eserinde M.Ö. 2700 yıllarından beri kullanıldığını belirtilmektedir (Sukatar (2002)'den). Milattan sonra da tıbbi ve besin maddesi olarak Çin, Japonya ve Kore'de önem kazanmıştır. Avrupa ve Amerika'da endüstriyel faaliyetlerde ham madde olarak değerlendirilmiştir (Sukatar, 2002). Avrupa'da içerdikleri protein, karbohidrat, vitamin ve minerallerin varlığından dolayı, deniz yosunları yeni gıdalar olarak değerlendirilmektedir. 1990 yılından bu yana deniz yosunları tüketimine yetkisi bulunan Fransa, ilk olarak 2014 yılında deniz alglerinin tüketimine ilişkin ilk özel düzenleme getirmiştir. Fransa'nın getirdiği bu mevzuat ile yenilebilir deniz yosunlarının maksimum izin verilen toksik element (Pb, Cd, Sn, Hg, As) düzeyleri belirlenmiştir (CEVA, 2014) (Çizelge 2.2.1).

Çizelge 2.2.1. Yosunlarda yetki verilen ağır metallerin maksimum seviyeleri (mg/kg kuru ağırlık) (CEVA, 2014)

	Maksimum seviye
norganik Arsenik (As)	3
Kadmiyum (Cd)	0.5
Cıva (Hg)	0.1
Kurun (Pb)	5
Kalay (Sn)	5

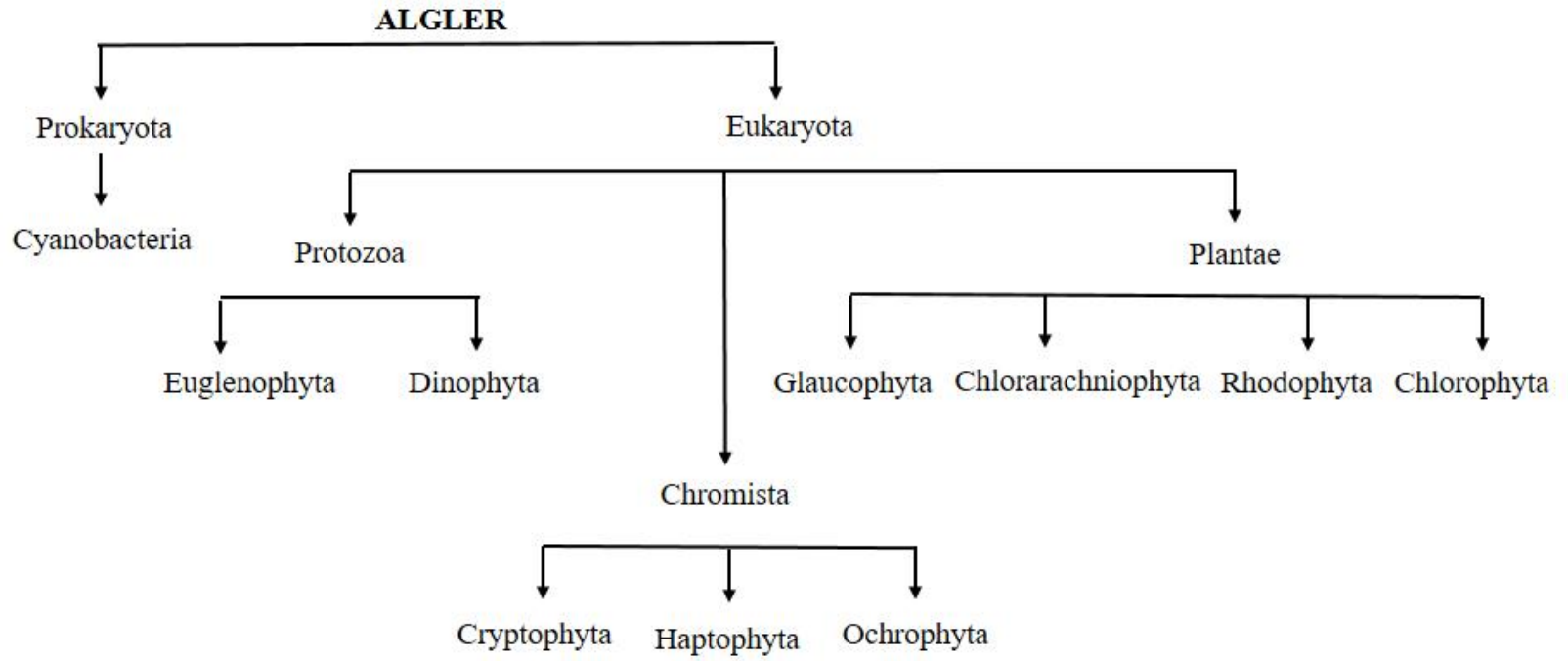
Makroalglerin ağır metal kirliliği ile ilgili yapılan ilk çalışması ise kahverengi algler üzerine olup, Black ve Mitchell (1952)'ye aittir. Türkiye'de deniz algleri ile yapılan ilk kayıtlı çalışma Forsskål (1775)'a aittir. Ayrıca Fritsch (1899) ve Handel-Mazetti (1909) Türkiye deniz algleri üzerine sistematik çalışmalar da bulunmuştur (Taşkın ve Öztürk 2013'ten).

Sucul ortamların birincil üreticileri olan algler, yapılarındaki pigmentleri ile karbondioksit ve suyu ıslak ortamda etkisiyle karbonhidratlara çevirirler. Böylece, suda besin de erinin ve çözünmüş oksijen oranının artmasını sağlarlar. Besin zincirinin ilk halkası olmaları, üretime katkı sağlamaları ve üst basamaktaki canlılarla olan ilişkileri açısından önem taşımaktadır. Ekolojik olarak alglerin sıcaklık, tuzluluk, ışık yoğunluğu ve basınç aralıkları çok geniştir.

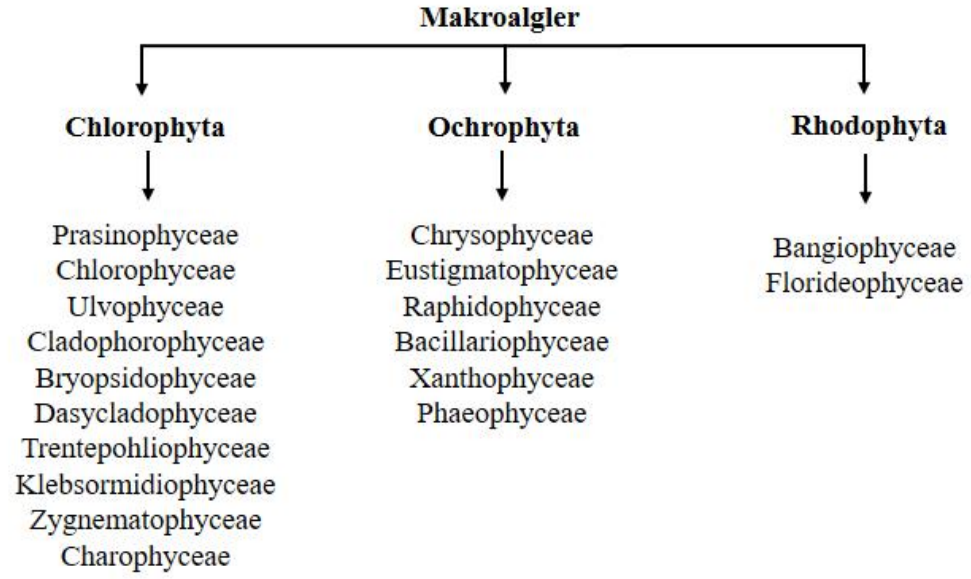
Türkiye Akdeniz sahillerinde Özvarol (2009) Chlorophyta üyelerine ait 82, Ochrophyta üyelerine ait 85 ve Rhodophyta üyelerine ait 228 taksonun dağılımı gösterdiğini bildirmektedir. Türkiye denizlerinde Aysel ve ark., (2010) 413 Rhodophyta, 144 Ochrophyta ve 139 Chlorophyta türünün dağılımı gösterdiğini bildirmiştir. Taşkın ve Öztürk (2013) ise, kahverengi, kırmızı ve yeşil makrobentik alglere ait 595 takson (tür ve tür altı seviyede) olduğunu belirtmiştir (Çizelge 2.2.2.). Chlorophyta, Ochrophyta ve Rhodophyta divizyonlarının sınıflandırılması Tablo 2.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2.2. Türkiye'nin makrobentik alg florası (Taşkın ve Öztürk, 2013)

	Akdeniz	Ege Denizi	Marmara Denizi	Karadeniz	Toplam
Chlorophyta	82	81	70	50	118
Ochrophyta	80	111	105	58	150
Rhodophyta	220	238	225	136	327
	382	430	400	246	595



ekil 2.2.1. Alglerin sınıflandırılması (Ta kın ve Öztürk, 2012)



ekil 2.2.2. Makroalglerin sınıflandırılması (Ta kın ve Öztürk, 2012)

2.2.1. Ye il Alglerin Genel Özellikleri

Su florasının büyük bir kısmını oluşturan ye il alglerin yaklaşık 500 genusa ait 8000 türü bulunmaktadır. Tatlı sularda ve denizlerin sı b?lgelerinde, ayrıca nemli topraklar ve ıslak ta lar üzerinde yayılı gösterirler. Hücre çeperleri genellikle selüloz içermektedir. Kramatofor biçimleri cins ve türlere göre farklılık göstermektedir. Ye il alglerin kramatoforları klorofil-*a* ve *b*, karotin, ksantofil ve lutein gibi pigment maddeleri ta ımaktadır. Pek ço unda pirenoyitler bulunmaktadır. Besin depo ürünleri ni astadır. Üremeleri genellikle hücre bölünmesi ekinde olup, e eyli ve e eysiz ürerler.

2.2.2. Kahverengi Alglerin Genel Özellikleri

Kahverengi alglerin yaklaşık 265 cins ve 1500-2000 türü bulunmaktadır. Ço unlu u denizel ve kıyılardaki kayalara ba lı ya amakta olup, nadir olarak birkaç türü tatlı sularda bulunmaktadır. Hücre çeperleri selüloz ve pektin içermektedir. Kramatoforları klorofil-*a* ve *c*, karoten, ksantofil ve esmer rengi veren fukoksantin içermektedir. Besin depo ürünleri ni asta yerine dekstrini andıran bir polisakkarit olan olan laminarin, mannit alkolü, fukosan ve ya maddeleridir. Vejetatif, e eysiz ve e eyli ürerler.

2.2.3. Kırmızı Alglerin Genel Özellikleri

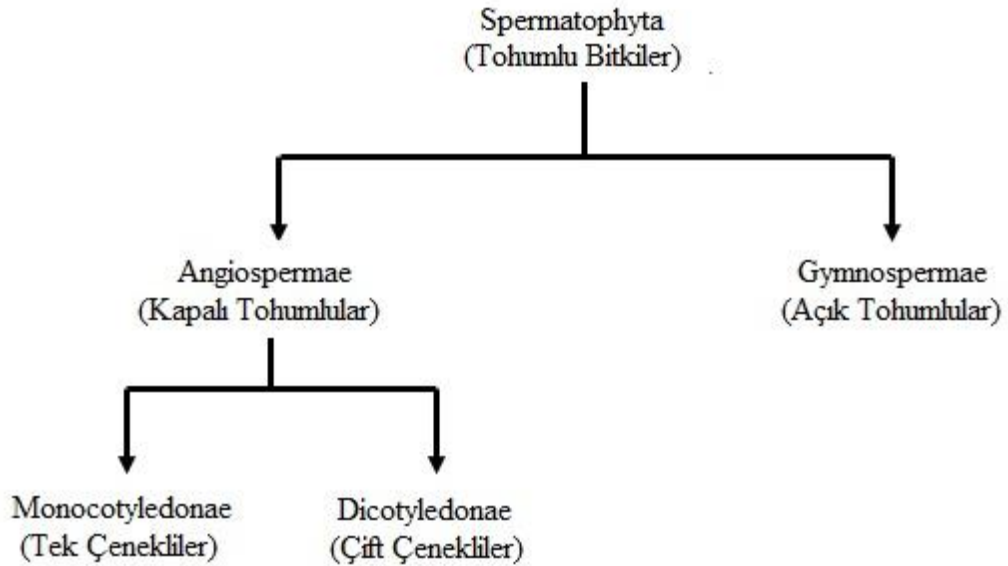
Kozmopolit bir grup olan kırmızı algler, çok so uk kutup bölgelerinden ılıman bölgelere kadar dünya denizlerinde geni da ılım göstermektedir. Büyük ço unlu u (%98) denizlerde, az bir kısmı ise tatlı sularda ya amaktadır. Hücre çeperleri selüloz ve pektit bile iklerinde olu maktadır. Kramatoforlarında klorofil-*a* ve *d* ile karatonoidlerden -karotin ve lutein, iki çe it fikobilin fikoeritrin ve fikosiyenin bulunmaktadır. Ço unlu u kırmızı menek e rengi, esmer, pembe, kırmızı kahve ve zeytin ye ili rengine görülebilirler. Besin depo ürünleri floride ni astasıdır. Hücre bölünmesi ve fragmentasyon yaparak üremeleri gibi, e eyli üreme yapan türleri de mevcuttur.

2.3. Deniz Çayırları Hakkında Genel Bilgiler

Deniz çayırları, tohumlu bitkiler (Spermatophyta) ubesine ait kapalı tohumlular (Angiospermae) sınıfının tek çenekliler (Monocotyledoneae) alt sınıfında yer almaktadır (Cormaci ve Furnari, 1979).

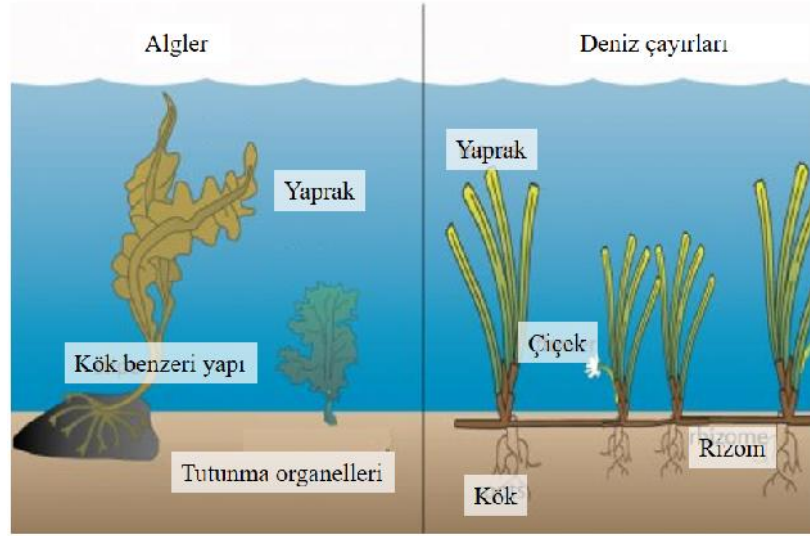
Divisio	: Spermatophyta (Tohumlu Bitkiler)
Classis	: Angiospermae (Kapalı Tohumlular)
Subclassis	: Monocotyledoneae (Tek çenekliler)

Spermatophyta ya da fanerogamlar olarak bilinen tohumlu bitkiler kök, gövde ve yaprak farklıla maları, geli mi üreme organları ile alglerden ayrılmaktadır (ekil 2.3.1.).



ekil 2.3.1. Fanerogamların sınıflandırılması

Bu bitki grubunda kök ve gövdeler tamamen indirgenmi olup, yaprakları dar ve eritsi yapıda, oldukça uzundur. Tutunmaya yarayan toprak altı organları ve asimilasyona yarayan toprak üstü organları olmak üzere iki farklı yapıya sahiptir (Güner, 1985). Bu morfolojik özellikleri ile makroalglerden farklıdır (ekil 2.3.2).



ekil 2.3.2. Alglerin ve deniz çayırlarının morfolojik kısımları (Anonim, 2017)

Deniz çayırları ile ilgili çalı malar 1787 yılında talyan Botanikçi Filippo Cavolini tarafından açık denizde ya ayan ve polenle me yöntemi ile ço alan “Zostera” isimli bitkiyi ke fetmesinden sonra ba lamı tır (Picard, 2000).

Genellikle karalarda ya amaya adapte olan bu bitkilerin, yakla ık 50 türü denizlerin çamurlu, kumlu ve kayalık substratlarında da ılım göstermektedir (Davis and Wilce, 1984). Kara bitkilerinden iletim ve destek dokularının azalması, polinizasyon ekilerinin farklılaşması, üreme organlarının de imesi gibi bazı anatomik ve morfolojik farklılıklarla ayrılmaktadır (Cirik ve Cirik, 1999). Short ve ark. (2001) tarafından yapılan ara tırmalar sonucu dünyada 70 çayır türü mevcudiyeti ve da ılım alanları ortaya konulmu tur.

Tatlı sularda, acı sularda ve denizlerde da ılım gösterirler. Geli im gösterdikleri derinlik, substrat, sıcaklık ve tuzluluk dereceleri farklılık göstermektedir. Kökleri yardımıyla çamurlu ve kumlu zeminlere tutunarak sabit ya arlar. Su akıntıları ve su ku ları yardımıyla yayılım gösterirler.

E eyli ve vejetatif üreme yaparlar. Rizoidleri yan sürgünler vererek yeni bitkiler olu tururlar.

2.4. Makroalgler ve Deniz Çayırlarının Balıca Ortak Ekolojik ve Ekonomik Özellikleri

Algler ve deniz çayırları, denizlerin geniş bir alanında da ilim göstermektedir. Bu türler fotosentez gerçekte tirmeleriyle denizel ekosistemin birincil üreticileridir. Fotosentez ile ortamda CO₂-O₂ dengesini sağlarlar. Doğrudan veya dolaylı olarak besin zincirinin daha üst basamaklarındaki canlıların beslenmesine etki ederler. Çeşitli hayvansal organizmaların beslenme, korunma ve üreme ortamını oluştururlar. Yapraklar sediman oluşumunu arttırdığı için, kökleri ve kök benzeri yapıları ile substratı tutup erozyonu azaltırlar, zemin hareketlerini düzenler, kıyı çizgisini korurlar (Kocata, 1986; Cirik ve Cirik, 1999).

Algler içerdikleri yüksek protein, karbonhidrat, vitamin ve minerallerden dolayı besin maddesi ve hayvan yemi olarak kullanılırlar. Alglerin hücre duvarında bulunan agar, karagen ve alginatların birçok endüstri dalında (kozmetik, deri, kağıt vs.) kullanılmaktadır. Kırmızı alglerin hücre duvarında bulunan agar laboratuvar koşullarında bitki hücre kültürleri için kullanılmaktadır. Kırmızı ve kahverengi alglerin duvarında bulunan karagen ise tıpta kan pıhtılayıcısı olarak kullanılmaktadır. İçerdikleri fosfor, potasyum ve bazı iz elementlerin varlığından dolayı alglerden ve deniz çayırlarından gübre olarak yararlanılmaktadır. Ayrıca alglerin ve deniz çayırlarının yapraklarından çeşitli aksesuarlar yapılmakta, liflerinden ise balık ağı yapımında, damların kaplamasında ve yakıt maddesi sağlamada yararlanılmaktadır.

2.5. Makroalglerde ve Deniz Çayırlarında Aşırı Metaller

Deniz yosunları ve deniz çayırları büyümeleri ve fotosentez gerçekte tirmeleri için inorganik karbona, suya, nitrojen ve çeşitli iyonlara; vejetatif veya eşeyli üremeleri için ise esansiyel elementleri içeren besinlere gereksinim duymaktadırlar.

Deniz yosunlarında ve çayırlarında esansiyel elementlerin fonksiyonları ve bileşimleri Çizelge 2.5.1.'de verilmektedir (Lobban ve Harrison, 1997).

Çizelge 2.5.1. Deniz yosunlarında esansiyel elementlerin fonksiyonları ve bileşikleri

Element	Olası ilevi	Bileşik örnekleri
Azot	Metabolik faaliyetler	Amino asitler, purin pirimidinler, amino şekerler, aminler
Fosfor	Yapısal, enerji taşıması	ATP, GTP gibi nükleik asitler, fosfolipid, koenzimler (koenzim A dahil), fosfoenolpiruvat
Potasyum	Osmotik düzenleme, pH kontrolü, protein konformasyonu ve stabilitesi	Muhtemelen çoğunlukla iyonik formda
Kalsiyum	Yapısal, enzim aktivasyonu, iyon taşımasında kofaktör	Kalsiyum aljinat, kalsiyum karbonat
Magnezyum	Fotosentetik pigmentler, enzim aktivasyonu, iyon taşımasında kofaktör, ribozom kararlılığı	Klorofil
Sülfür	Enzimlerde ve koenzimlerde aktif gruplar, yapısal	Metionin, sistin, glutatyon, agar, karagen, sülfolipidler, koenzim A
Demir	Porfirin moleküllerinde ve enzimlerde aktif gruplar	Ferredoksin, sitokromlar, nitrat redüktaz, nitrit redüktaz, katalaz
Manganez	Fotosistem II'de elektron taşıması, kloroplast membran yapısının onarımı	
Bakır	Fotosentezde elektron taşıması, enzimler	Plastosiyanın, amin oksidaz
Çinko	Enzimler, ribozom yapısı	Karbonik anhidraz
Molibden	Nitrat indirgeme, iyon emme	Nitrat redüktaz
Sodyum	Enzim aktivasyonu, su dengesi	Nitrat redüktaz
Klor	Fotosistem II, sekonder metabolitler	Viyolazen
Bor	Karbon kullanımı, ribozom yapısı regülasyonu	
Kobalt	B ₁₂ vitamini bileşeni	B ₁₂
Bromiyot	Antibiyotik bileşiklerin toksisitesi	Özellikle Rhodophyceae grubunun çok çeşitli halojen bileşikleri

Elementlerin bazıları (Mn, Fe, Zn) esansiyel mikro besleyiciler olup, iz element olarak tanımlanmaktadır. Bu elementlerin düşük konsantrasyonları alglerin büyümelerini sınırlandırmakta, yüksek konsantrasyonları ise toksik olabilmektedir. Cıva ve kurşun gibi diğer metaller ise, büyüme ve gelişme için gerekli olmayıp, çok düşük konsantrasyonlarda bile (0.01-0.05 mg/kg) alglere toksik olmaktadır. Esansiyel olmayan Hg, Pb, Cd ve Cr gibi elementler sucul ortamlara çoğunlukla insan aktiviteleri sonucunda ulaşmaktadır. Çevre kirliliği açısından, metaller üç gruba ayrılarak değerlendirilmektedir (Çizelge 2.5.2.).

Çizelge 2.5.2. Elementlerin toksisiteleri ve mevcudiyetlerine göre sınıflandırılması (Wood, 1974)

Kritik olmayan	Toksik ancak çok çözünmeyen veya çok nadir	Çok toksik ve nispeten elde edilen
Na, C, F, K, P, Li, Mg, Fe, Rb, Ca, S, Sr, H, Cl, Al, O, Br, Si, N	Ti, Ga, Hf, La, Zr, Os, W, Rh, Nb, Ir, Ta, Ru, Re, Ba	Be, As, Au, Co, Se, Hg, Ni, Te, Tl, Cu, Pb, Pd, Zn, Ag, Sb, Sn, Cd, Bi, Pt

Deniz kirliliğinin değerlendirilmesinde, doğal kaynaklar ve insan aktivitelerinden kaynaklananlar arasında ayırım olmalıdır. Kayaçlardaki metaller zararsızdır, ancak kayaların aşınması, toprakların ayrışması ve volkanik faaliyetler gibi yollarla sucul ortama ulaşımlarında toksik olabilmektedirler. Madencilik, fosil yakıtların yakılması, endüstriyel atıkların atılması ve ham maddelerin işlenmesi gibi birçok faaliyet ise insan kaynaklı ağır metal kirliliğine yol açmaktadır. Ayrıca, yağmur suları da, atmosferden denizel ortamlara önemli miktarda Cd, Cu, Zn ve Pb taşımaktadır. Atmosferdeki bu metallerde, fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanmaktadır.

Deniz sularındaki metallerin çözünürlüğü veya parçacıklı olan fiziksel ve kimyasal formları, birçok çevresel değişkenlere (pH, redoks potansiyeli, alkalinite, metalin öz nitelikleri vb. gibi) bağlıdır. Bu değişkenler, metallerin kimyasal formlarının dönüşümüne, akümülyasyonlarına ve toksisitelere neden olabilmektedir.

Kıyılarda, ağır metal konsantrasyonları, nehir ağızlarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Öte yandan, bazı metaller de nehir suyundaki parçacıklara önceden bağlanıp, klorür iyonlarıyla yer değiştirerek, algler tarafından alınmaları için kullanılabilir hale gelebilmektedir (Lobban ve Harrison, 1997).

Algler metalleri ya hücre duvarları ya da hücreler arası matriste yüklü polisakkaritleri tarafından adsorbe ederek pasif olarak (örneğin Pb), ya da konsantrasyon farklarına karşı aktif olarak (örneğin Zn) almaktadır (Morris ve Bale, 1975; Eide ve ark., 1980).

Deniz yosunları ve çayırları, metal iyonlarını deniz suyundan toplarlar ve tellustaki metal konsantrasyonundaki değişimler genellikle çevreleyen deniz suyunun metal konsantrasyonlarını yansıtmaktadır. Çözeltideki metal konsantrasyonlarının analitik saptama limitlerine yakın olması ve zamanla değişken olabilmesi; çözünürlük bir metalin toplam konsantrasyonunun biyolojik açıdan mevcut fraksiyonunu ayırt etmek için deneysel yöntemlerin doğal sistemler için geliştirilmemesi olması (yani deniz yosunlarının ve çayırlarının yalnızca biyolojik olarak mevcut olan metalleri

biriktirmesi) ve partikül ba lı metalleri almayarak sadece çözültideki metalleri almalarından dolayı, deniz sularında iz elementlerin indikatörleri olarak de erlendirilmektedirler (Phillips ve Rainbow, 1994; Lobban ve Harrison, 1997).

A ır metallerin akümüasyonu, alglerin ve deniz çayırlarının metabolizmalarına toksik etkiler vermektedir. Metal toksisiteleri türlere göre de i im göstermektedir.

Cıva, en toksik metal olup, enzim sistemleri ile etkile ime girerek, fonksiyonlarını sınırlandırmaktadır. Cıvanın akuatik bitkiler üzerindeki toksik etkileri; 1) a ırı durumlarda büyümenin durması; 2) fotosentezin inhibisyonu; 3) klorofil içeri inin azalması ve 4) hücre geçirgenli inin artması ve hücreden potasyum iyonlarının kaybıdır.

Bakır, esansiyel mikro besleyici olmasına ra men ikinci en toksik metaldir ve bakır sülfat tatlı sularda rahatsızlık veren alglerin kontrolünde kullanılmaktadır. Bakır toksisitesi toplam bakır konsantrasyonuna de il, iyonik aktivitelere (Cu^{2+}) ba lıdır. Bununla birlikte bazı organik bakır kompleksleri de (özellikle ya da çözünenler) iyonik Cu'ya göre daha toksiktir. Çünkü ya da çözünen kompleksler do rudan membrandan hücre içine yayılmaktadır. Antifouling boylarda kullanılan Cu, cıva gibi bitkilerin büyümeleri ve geli melerinde olumsuz etkilere sahiptir.

Subletal konsantrasyonlarda kadmiyum fotosentez ve büyüme hızlarında keskin azalmalara neden olmaktadır.

Kur un ve çinko ise, alglerde di er metallere göre daha az toksiktir. Yüksek konsantrasyonları büyümenin yava lamasına neden olmaktadır (Lobban ve Harrison, 1997).

2.6. Türkiye'nin Karadeniz Kıyılarından Örneklenen Makroalglerde ve Deniz Çayırlarında A ır Metal Birikimlerine li kin Çalı malar

Türkiye sularında 150 kahverengi alg, 327 kırmızı alg ve 118 ye il alg türü olup, Karadeniz'deki toplam alglerin %23.6'sı Ochrophyta, %55.3'ü Rhodophyta ve %20.3'ü Chlorophyta divizyonuna aittir (Ta kın ve Öztürk, 2013).

Karadeniz kıyılarından örneklenen makroalg ve deniz çayırları türlerinde a ır metal çalı maları, sistematik çalı maları kadar çok yo un de ildir. Yapılan çalı malar kronolojik sıraya göre a a ıda verilmi tir:

Güven ve ark. (1992), 1979-1988 yılları arasında Karadeniz Türkiye kıyılarından elde ettikleri alglerin a ır metal alımlarını incelemi lerdir. Çalı ma

sonucunda alglerin sistematiklerinin, metal birikimleri ile ilişkili olmadığını belirtmişlerdir.

Öztürk ve ark. (1994a), Sinop kıyılarının üst intralittoral bölgesinde dağlık alanlar gösteren *Ulva lactuca* örneklerinde ağır metal düzeylerini çalışmışlardır. Ortalama iz element düzeylerini Fe>Pb>Zn>Ni>Cu>Mn>Cd sıralamasında bulunmuşlardır.

Öztürk ve ark. (1994b), Sinop bölgesinde Karakum, Çeşme limanı, Düzce limanı ve Akliman istasyonlarından elde ettikleri biyoindikatör türler *Enteromorpha (Ulva) linza* ve *Cymodocea nodosa* türlerinde ağır metal birikim düzeylerini araştırmışlardır. Çevreyi ve insan sağlığını tehdit edici boyutlarda ağır metal düzeylerine rastlanmamıştır.

Öztürk ve ark. (1996), Sinop kıyılarından elde ettikleri *Ulva lactuca* ve *Cystoseira barbata* örneklerinde iki farklı yöntemle ağır metal birikim düzeylerini karşılaştırmışlardır. Karakum, Akliman ve Çeşme limanı'ndan elde edilen örnekler, yıkanmış ve yıkanmamış olarak analiz edilmişlerdir. Çalışma sonucunda, yıkanmamış örneklerdeki ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bat ve Öztürk (1997), Sinop sahillerinden toplanan yıkanmış ve yıkanmamış *Cymodocea nodosa* türünde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Ağır metal düzeylerini yıkanmış *C. nodosa* türünde Fe>Mn>Zn>Ni>Cu>Pb>Cd ve yıkanmamış *C. nodosa* türünde Fe>Mn>Zn>Ni>Pb>Cu>Cd sıralamasında bulunmuştur.

Güven ve ark. (1998), 1991-1993 yıllarında Sinop ve çevre'den topladıkları alglerde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Karadeniz'de kirlilik boyutunun arttığını bu çalışma ile yorumlamışlardır.

Topçuoğlu ve ark. (1998a), 1979-1988 yılları ve 1991-1993 yılları arasında Karadeniz'in Türkiye kıyılarında makroalgler ve deniz çayırları ile ilgili yapılmış çalışmaları derlemişlerdir. Çalışmaların sonucunda, Karadeniz'in özellikle Tuna Nehri yoluyla ve hava kaynaklı kirlendiği ifade edilmiştir.

Topçuoğlu ve ark. (1998b), Kilyos'tan elde ettikleri *Enteromorpha (Ulva) linza*, *Cystoseira barbata* ve *Ceramium rubrum* türlerinde iz element düzeylerini incelemişlerdir. Çalışmada, Kilyos bölgesinin kirlilik seviyesinin özellikle Tuna Nehri'nden de arız olan atıklardan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Topçuoğlu ve ark. (1998c), Küçükçekmece Gölü'nden topladıkları *Enteromorpha (Ulva) linza* türlerinde iz element düzeylerini incelemişlerdir. Cr ve Co miktarlarının yüksek olduğu görülmüştür.

Kut ve ark. (2000), İstanbul Boğazı'ndaki alg ve sediman örneklerinde As, Cr, Fe, Zn, Co, Sb, Pb, Cd ve Cu konsantrasyonlarını çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda

metal birikimlerinin alg türleri ile doğrudan bir ilişki olmadığı, ayrıca *C. barbata* türünün arsenik akümüle ettiği görülmüştür.

Topçuoğlu ve ark. (2002), 1997-1998 yılları arasında Samsun, Kilyos, Sinop ve Perembe istasyonlarından elde edilen *U. lactuca* ve *C. barbata* türlerindeki ağır metal konsantrasyonlarını çalışmışlardır.

Topçuoğlu ve ark. (2003), Pazar ve Rize istasyonlarından elde edilen *U. lactuca* ve *C. barbata* türlerinde ağır metal konsantrasyonlarını belirlemiştir. Çalışma sonucunda, insan sağlığı ve ekolojik açıdan herhangi büyük bir etki gözlenmemiş, devamlı çalışmalar yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Bat ve ark. (2009), Karadeniz'in Türkiye kıyılarında, kara kökenli kirleticilerin değerlendirilmesinde monitör olarak kullanılan alglerin ve deniz çayırlarının ağır metal konsantrasyonlarını derlemiştir.

Topçuoğlu ve ark. (2010), Karadeniz bölgesini içerisine alarak Türkiye denizlerinde elde ettiği alg türlerinin ağır metal konsantrasyonlarının sonuçlarını derlemiştir.

Türk Çulha ve ark. (2013), 2009 yılında, Karadeniz, Marmara ve Akdeniz'den toplanan makroalglerde ağır metal seviyelerini belirlemiştir. Bütün istasyonlarda Fe>Cu>Zn>Co sıralaması gözlenmiştir.

Öztekin (2015), yüksek lisans tez çalışmasında Sinop Akliman bölgesinden örneklediği *Zostera* spp. deniz çayırı örneklerinde yapılan ölçümlerde Fe: 521.7 mg/kg; Al: 171.7 mg/kg; Zn: 14.5 mg/kg; Cu: 1.7 mg/kg; As: 0.97 mg/kg; Pb: 0.9 mg/kg; Cd: 0.18 mg/kg ve Hg: < 0.05 mg/kg bulunmuştur.

Bat ve ark. (2015), 2013 yılında Sinop Akliman kıyılarından toplanan *Zostera noltii* deniz çayırı türünün ağır metal seviyelerini belirlemiştir. Karadeniz'de ilk defa deniz çayırlarının ağır metal birikimleri ile ilgili yapılan ön çalışmadır. Çalışmanın sonucunda, ağır metal konsantrasyonları Fe>Al>Zn>Cu>As>Pb>Cd>Hg sıralamasında bulunmuştur.

Bat ve Arıcı (2016), Sinop kıyılarından 2010 yılında toplanan yeşil alglerden *Chaetomorpha* spp., *Cladophora* spp., *Ulva linza*, *U. intestinalis*, *U. lactuca* ve *U. rigida*; kırmızı alglerden *Ceramium* spp. ve *Corallina panizzoi*; kahverengi alglerden ise *Cystoseira barbata* türlerinde ağır metal konsantrasyonlarını belirlemiştir. Çalışma, dördüncü liman, Gerze ve Ayancık olmak üzere 4 farklı istasyondan toplanan türlerde konsantrasyonlar (µg/g kuru ağırlık): Fe 98.0-2328.0, Zn 1.6-76.0, Ni 0.18-18.40, Cu 1.10-14.00, Mn 1.78-67.00, Pb 0.40-28.00, Cd 0.04-3.10 ve Co 0.09-3.10 µg/g

bulunmu tur.

Arıcı ve Bat (2016a), a ır metal kirlili inin belirlenmesinde Samsun kıyılarından toplanan kırmızı alg grubuna ait *Porphyra umbilicalis*, *Corallina panizzoi*, *Antithamnion cruciatum* ve *Ceramium rubrum* türlerini biyoindikatör olarak de erlendirmi lerdir. 2013 yazında toplanan bu türlerder Fe, Zn, Ni, Cu, Mn, Co, Pb ve Cd konsantrasyonlarını ölçmü ler. *A. cruciatum* türünde Fe, Cd ve Co; *C. panizzoi* türünde Zn, Cu ve Mn, *C. virgatum* türünde Ni ve *P. umbilicalis* türünde Pb de erleri yüksek bulunmu tur.

Arıcı ve Bat (2016b), 2013 yılında Karadeniz sahillerinde neada, nebolu, Sinop ve Samsun'dan topladıkları *Ulva lactuca*, *U. linza* ve *Cystoseira barbata* türlerinde esansiyel olan ve olmayan metallerin konsantrasyonları incelemi lerdir. Çalı manın sonucunda göreceli metal bolluklarını Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Pb>Co>Cd sıralamasında bulmu lardır.

2.7. Mikrodalga Çözündürme Ünitesi

Mikrodalga yakma i lemi, biyolojik örneklerin ICP-MS analizinde iz ve ana element tayinine uygun olarak katı numunelerin çok kısa sürede asit çözeltileri ile çözündürülmesidir.

Geleneksel olarak kullanılan ya ve kuru örnek hazırlama yöntemlerinde büyük hacimli reaktifler kullanılmaktadır ve zaman kaybı fazladır. Ayrıca açık kaplarda ve yüksek miktarlarda reaktifler kullanılmasından dolayı kirlenme riski de vardır. Bu çalı malar sırasında meydana gelen dumanlar, analizi yapan ki iye ve çevreye zarar vermektedir. Bu nedenle mikrodalga çözümlerle tiriciler temiz kimya prensibiyle geleneksel sistemlerin yerini almı tır.

Çalı ması, numunelerin yüksek sıcaklık ve basınçta, yüksek saflıkta asitler (nitrik asit, hidroklorik asit, hidroflorik asit, sülfürik asit, perklorik asit vs.) kullanılarak teflon kaplar içerisinde çözündürülmesi prensibine dayanan mikrodalga yönteminin Çevre, Gıda, laç, Tarım, Klinik vb. gibi birçok de i ik uygulama alanı bulunmaktadır. Kapalı teflon kapların kullanılması, zararlı buharların yayılmasını ve örneklerin kirlenmesini engellemektedir.

2.8. ICP-MS (İndüktif E le mi Plazma- Kütle Spektrometresi)

ICP (İndüktif E le mi Plazma) en çok kullanılan plazma türüdür. Plazma, bileşiklerin veya moleküllerin uyarılması atom veya iyonlara dönüşmesini sağlayan yüksek enerjili bir gazdır. Kolay iyonlaştırılabilirliği ve inert olması (kimyasal olarak aktif olmayan) nedeniyle ICP tekniinde plazma genellikle argon gazı (Ar^+) ile oluşturulmaktadır. Periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma enerjileri argonun iyonlaşma enerjisinden (17.56 eV) küçük olduğu için elementler plazma içerisinde pozitif iyonlara dönüşmektedir.

ICP-MS, bir yüksek sıcaklık kaynağı (ICP) ile bir kütle spektrometresini (MS) bir arada bulundurmaktadır. Tercihen elektrik yüklü partiküller üretmek için, daha yüksek sıcaklıklarda, indüktif olarak çiftleşmiş bir plazma tarafından analiz elementlerine iletilmektedir. Yüksek sıcaklık etkisiyle, elementler iyonize olmakta ve pozitif yüklü iyonlar meydana gelmektedir. Bu iyonlar, her bir izotopu için bilgi vermeyi sağlayan, elektrik kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçülmektedir. Bundan dolayı, örneklerin izotop seyreltme analiz prensibine göre incelenmesini sağlamaktadır.

Kalitatif, kantitatif ve yarı kantitatif olarak hızlı, yüksek hassasiyetli ve doğrudan ölçüm sağlayan ICP-MS teknolojisi MS çevre (içme suyu, deniz suyu, atık su, katı atıklar, toprak, çamur), Gıda, Klinik (doku, kan, saç, idrar), Jeoloji (toprak, kaya), Sanayi (madde karakterizasyonu) alanlarında uygulanmaktadır.

ICP-MS yöntemiyle, bazı metal olmayan numunelerin yanı sıra, tüm metaller ve geçiş metallerinin aynı anda hızlı bir şekilde analiz edilmeleri diğer yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır. Analizi yapılabilen elementler Se, Fe, B, Ca, Mn, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Sb, Na, Co, Mg, Y, Hg, Al, Sn, Au, Ag, As, Ba, Bi, Cs, Ga, Hf, Mo, Nb, Rb, Sc, Sr, Ta, Ti, V, W, Zr, La, P, Tl, K, Li, Be, Ge, Br, Ru, Rh, Pd, In, Te, I, Re, Os, Ir, Pt, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, U, Th'dır. Periyodik cetveldeki bütün elementlerin 2-3 dakika kadar hızlı bir sürede tayin edilmesi mümkündür.

Diğer avantajlarından biri ise gözlemlenebilir sınırlarının daha iyi olmasıdır. Çok düşük gözlemlenebilir sınırlılığı bulunmaktadır. Çeşitli elementler için katrilyonda 1 ve birçok element için ise trilyonda 1'dir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tez çalıması Sinop kıyı erisinde mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Örneklemeler Eylül 2015,ubat 2016, Mayıs 2016 ve Temmuz 2016 tarihlerinde yapılmıştır. Belirlenen istasyonlardan iz element analizlerinin yapılması için makroalg, deniz çayı, su ve sediman örnekleri toplanmıştır. Ayrıca, örnekleme bölgelerinde, multi parametre ölçüm cihazı ile suyun sıcaklık, tuzluluk, pH ve oksidasyon indirgenme potansiyeli de erleri belirlenmiştir.

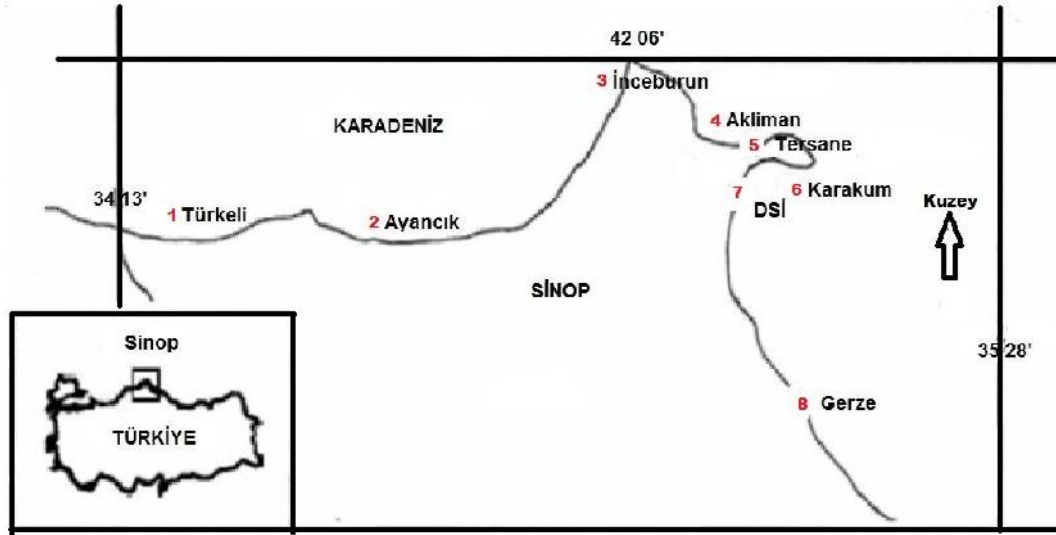
Tüm örneklerin analiz hazırlıkları Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimleri Planktoloji laboratuvarında yapılmıştır. Analizler ise, Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Uygulama ve Araştırma Merkezi (SUB TAM)'da gerçekleştirilmiştir.

3.1. Araştırma Bölgesinin Genel Tanımı

Sinop, coğrafik olarak Batı ve Doğu Karadeniz bölgeleri arasında, geçi bölgesinde 41° 12' ve 42° 06' kuzey enlemleri ile 34° 14' ve 35° 26' doğu boylamları arasında yer alan doğal liman özelliğine sahip bir şehir olup, Karadeniz kıyı erisinin kuzeydoğrusivri ile uzayan Boztepe Yarımadası üzerinde kurulmuştur. Toplam 175 km olan kıyı eridi, Boztepe'de sivri uçlu, diğer bölgelerde ise düzdür.

Ekonomisi genellikle balıkçılık ve turizm aktivitelerine dayanan Sinop ilinin sahillerinde yapılan deniz ortamı kirlilik çalışmalarında, önemli düzeyde kirleticilere rastlanılmamaktadır. Ancak son yıllarda kentsel nitelikli atık suların arıtılmadan denizlere ve kıyıs alanlara sürekli olarak boşaltılması kirlilik baskısı altında olduğunu göstermektedir (Bat ve Gök Kurt Baki, 2014).

Tüm Sinop kıyı erisini kapsayan bu çalışmada; Türkeli, Ayancık, Nceburun, Akliman, Tersane, Karakum, DS ve Gerze çalışmaları istasyonları olarak belirlenmiştir (ekil 3.1.1.).



ekil 3.1.1. Çalı ma istasyonları

Türkeli

Sinop merkeze 93,4 m uzaklıkta olan Türkeli, kırsal nüfus oranının yüksek oldu u bir ilçe olup, bu ilçede genellikle tarımsal faaliyetlerden kaynaklı kirlilikler gözlenmektedir. Türkeli limanının sa ve sol kıyılarından örnekler alınmıştır. Limanın sa tarafı (Türkeli 1) kayalık zemin yapısına sahipken, balıkçı teknelerinin bulunduğu bölge (Türkeli 2) bataklıktır.

Türkeli 2 istasyonu bataklık olup, sonbahar örneklemesinde deniz çayırı elde edilmiştir. İkbahar örneklemesinde ise *U. flexuosa* türünün baskın olduğu u, az miktarda yine deniz çayırına rastlandı ı görülmü tür. Diğer kayalık bölgede ise *Ceramium* spp., *C. crinita*, *U. flexuosa*, *U. intestinalis*, *U. lactuca*, *U. linza* ve *U. rigida* türleri elde edilmiştir (ekil 3.1.2.).



ekil 3.1.2. Türkeli istasyonu

Ayancık

Ayancık il merkezine yaklaşık 54 km uzaklıkta, balıkçılığın ve tarımın önemli olduğu bir ilçedir. Zemin yapısı taşlık ve kayalık olan bu istasyondan *Ceramium* spp., *Ectocarpus* spp., *G. crinale*, *U. intestinalis* ve *U. linza* türleri elde edilmiştir. Deniz çayırı örneğine rastlanmamıştır (ekil 3.1.3.)



ekil 3.1.3. Ayancık istasyonu

nceburun

nceburun, Boztepe Yarımadası'nın ve aynı zamanda Türkiye'nin en kuzey noktasıdır. Dik falezli kıyılarla çevrilidir. Dalga boylarının ve akıntının fazla olduğu bu kayalık bölgede *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., *C. crinita*, *U. intestinalis* ve *U. rigida* türleri örneklenmiştir. Deniz çayırı örneğine rastlanmamıştır (ekil 3.1.4.).



ekil 3.1.4. nceburun istasyonu

Akliman

Sinop merkezine yaklaşık 10 km uzaklıkta, rüzgara ve dalgaya kapalı bir bölgedir. Bu bölgede küçük balıkçı teknelerinin sınıtine sularının bo altılması, Karasu Çayı ve Sırakaraa açlar Deresi atıkların ulaşması, bahar ve yaz aylarında piknik alanı ve plaj olarak kullanılması önemli kirlilik unsurlarıdır.

Akliman istasyonunun üç farklı lokasyonundan örnekler alınmıştır. Ta lık, çakıllık ve kayalık zeminlerden *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., *Cystoseira barbata*, *C. crinita*, *Gelidium crinale*, *Padina pavonica* ve *Ulva rigida* türleri; kumlu zeminde ise deniz çayırı türlerinden *Zostera (Zosterella) noltei* türü örneklenmiştir (ekil 3.1.5.).



ekil 3.1.5. Akliman istasyonu

Tersane

Yerleşimin olduğu bir bölge olup, yerleşimin giderek artması ve yaz aylarında artan turizm aktiviteleri özellikle evsel atık kirliliğine neden olmaktadır. Limanda sürekli olarak tekne, kayık ve gemilerin bulunması ile bu deniz taşıtlarının bakım, onarım ve boyama işlemlerinin yapılması bu bölgeyi yoğun olarak kirletmektedir. Dalga ve akıntılarla bazen bulanık görünen suyun zemin yapısı çamurla kaplı olup yer yer kayalıklar bulunmaktadır (ekil 3.1.6.).



ekil 3.1.6. Tersane istasyonu

Makroalg örnekleri kayalık zeminden toplanmıştır. Örnekleme boyuncu *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., *Cystoseira barbata*, *C. crinita*, *Gelidium crinale*, *Ulva rigida* ve *U. lactuca* türleri elde edilmiştir.

Karakum

Merkeze 2 km uzaklıkta, Sinop Yarımadası'nı çevreleyen yol üzerindedir. Doğal plaj olarak kullanılan bu istasyonda, kamu ve özel kişilere ait otel, tatil köyü, kafe, restoran ve çadır yerlerinin olması nedeniyle özellikle yaz aylarında artan bir kirlilik gözlenmektedir (ekil 3.1.7.).



ekil 3.1.7. Karakum istasyonu

Ta lık ve akillik zeminden *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., *Corallina officinalis*, *Cystoseira crinita*, *Laurencia obtusa*, *Scytosiphon lomentaria*, *Ulva intestinalis* ve *U. linza* türleri toplanmı tır.

DS (Korucuk)

Korucuk Denizler Mevkiinde bulunan, turizmin en yo un oldu u istasyonlardandır. Turizm aktivitelerinden kaynaklı kirlilikle birlikte, Sinop sanayi bölgesinin ve çevresinde bulunan yerleimin kanalizasyonunun denize do rudan bo altılmasından kaynaklı kirlilik de gözlenmektedir. Zemin yapısı kumlu ve kayalık olup, *Ceramium* spp., *Cystoseira barbata*, *C. crinita*, *Gelidium crinale*, *Padina pavonica*, *Polysiphonia fucoides*, *Ulva flexuosa*, *U. linza*, *U. rigida* türleri elde edilmi tir (ekil 3.1.8.).



ekil 3.1.8. DS istasyonu

Gerze

Sinop'a yaklaık 39 km uzaklıkta bulunan doal bir plaj bölgesidir. Küçük çaplı sanayi ve tarımsal aktivitelerin yapıldıı bir yerle im yeri olup, yaz aylarında nüfus ile birlikte turizm aktiviteleri de artı göstermektedir. Balıkçı teknelerinden bo altılan yağlar ve kirli sular ile liman bölgesi kirli ve bulanıktır. Zemin yapısı çakıl, ta ve kayadan olmaktadır. Örneklemelede *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., *Cystoseira barbata*, *C. crinita*, *Gelidium crinale* ve *Ulva linza* türleri elde edilmiştir.



ekil 3.1.9. Gerze istasyonu

3.2. Aır Metal Analizlerinde Kullanılan Makroalg ve Deniz Çayırı Örnekleri

Belirlenen istasyonlarda, ye il, kırmızı ve kahverengi alg divizyonlarına ait toplam 18 türün metal analizi yapılmıştır. Bu türler analizleri yapılacak yerlerde gözlemlendiği için seçilmiştir. Aır metal analizleri yapılan makroalglerin ve deniz çayırı örneklerinin toplandıı istasyonlar divizyonlarına göre ayrılarak Çizelge 3.2.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2.1. Analizi yapılan makroalg ve deniz çayır türlerinin toplandı ı istasyonlar

ube (Filum)	Türler	stasyonlar							
		Türkeli	Ayancık	nceburun	Akliman	Tersane	Karakum	DS	Gerze
Chlorophyta	<i>Cladophora</i> spp.			X	X	X	X		X
	<i>Ulva flexuosa</i>	X						X	
	<i>Ulva intestinalis</i>	X	X	X			X		
	<i>Ulva lactuca</i>	X				X			
	<i>Ulva linza</i>	X				X	X	X	X
	<i>Ulva rigida</i>	X	X	X	X			X	
Ochrophyta	<i>Cystoseira barbata</i>				X	X		X	X
	<i>Cystoseira crinita</i>	X		X	X	X	X	X	X
	<i>Ectocarpus</i> spp.		X						
	<i>Padina pavonica</i>				X			X	
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>						X		
Rhodophyta	<i>Ceramium</i> spp.	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Corallina officinalis</i>						X		
	<i>Gelidium crinale</i>		X		X	X		X	X
	<i>Laurencia obtusa</i>						X		
	<i>Polysiphonia fucoides</i>							X	
Tracheophyta	<i>Zostera (Zostera) marina</i>	X							
	<i>Zostera (Zosterella) noltei</i>				X				

Analizi yapılan türlerin taksonomileri alfabetik sıraya göre verilmiştir ve ekolojik özelliklerinden kısaca bahsedilmiştir (Anonim, 2016) (<http://algaebase.org/>)

***Ceramium* spp. Roth, 1797**

Alem (Kingdom): Plantae
Filo (Phylum): Rhodophyta
Sınıf (Class): Florideophyceae
Takım (Order): Ceramiales
Aile (Family): Ceramiaceae
Cins (Genus): *Ceramium* spp.

Geni tür topluluklarına sahiptirler (915 tür). Gelgit bölgelerinden derin sulara kadar neredeyse her ekolojik durumda görülürler. Dünyanın çoğu kıyı sularında yaşarlar.

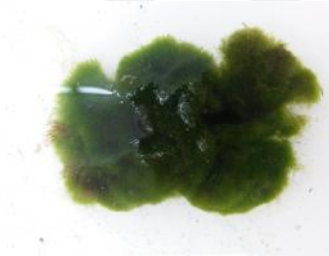


ekil 3.2.1. *Ceramium* spp.

***Cladophora* spp. Kützing, 1843**

Alem (Kingdom): Plantae
Filo (Phylum): Chlorophyta
Sınıf (Class): Ulvophyceae
Takım (Order): Cladophorales
Aile (Family): Cladophoraceae
Cins (Genus): *Cladophora* spp.

Ilıman ve tropikal bölgelerde kozmopolit bir türdür. Tatlısulara, acı sulara ve deniz sularında görülürler. Sert substratlara tutunurlar.



ekil 3.2.2. *Cladophora* spp.

***Corallina officinalis* Linnaeus, 1758**

Alem (Kingdom): Plantae
Filo (Phylum): Rhodophyta
Sınıf (Class): Florideophyceae
Takım (Order): Corallinales
Aile (Family): Corallinaceae
Cins (Genus): *Corallina*
Tür (Species): *Corallina officinalis*

Denizel bir türdür. Kayalıklarda, gelgit alanlarında, sırsulara yaygın ve bol bulunurlar.



ekil 3.2.3. *Corallina officinalis*

***Cystoseira barbata* (Stackhouse)
C.Agardh, 1820**

Alem (Kingdom): Chromista

ube (Phylum): Ochrophyta

Sınıf (Class): Phaeophyceae

Takım (Order): Fucales

Aile (Family): Sargassaceae

Cins (Genus): *Cystoseira*

Tür (Species): *Cystoseira barbata*

Denizel bir türdür. Üst sublittoral bölgede, 0-2 m derinliklerde, kayalık kıyılarda, yarı kapalı alanlarda ve kıyısal lagünlerde bulunurlar.



ekil 3.2.4. *Cystoseira barbata*

***Cystoseira crinita* Duby, 1830**

Alem (Kingdom): Chromista

ube (Phylum): Ochrophyta

Sınıf (Class): Phaeophyceae

Takım (Order): Fucales

Aile (Family): Sargassaceae

Cins (Genus): *Cystoseira*

Tür (Species): *Cystoseira crinita*

Denizel bir türdür. Üst sublittoral bölgede, 0-5 m derinliklerde, yüzeye yakın, kayalık kıyılarda bulunurlar.



ekil 3.2.5. *Cystoseira crinita*

***Ectocarpus* spp.**

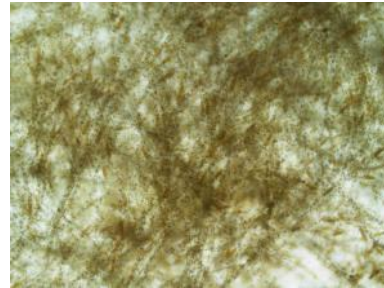
Alem (Kingdom): Chromista

ube (Phylum): Ochrophyta

Sınıf (Class): Phaeophyceae

Takım (Order): Ectocarpus

Ochrophyta grubunda algerin en ilkelidir. Epifitiktir. Ilıman deniz ve nehir a ızlarında bulunurlar.



ekil 3.2.6. *Ectocarpus* spp.

***Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon, 1828**

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Rhodophyta
Sınıf (Class): Florideophyceae
Takım (Order): Gelidiales
Aile (Family): Gelidiaceae
Cins (Genus): *Gelidium*
Tür (Species): *Gelidium crinale*

Denizel bir türdür. Buldukları alanda yoğun çayırılık olurlar. Çoğunlukla kumlu bölgelerde bulunurlar.



ekil 3.2.7. *Gelidium crinale*

***Laurencia obtusa* (Hudson) J.V.Lamouroux, 1813**

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Rhodophyta
Sınıf (Class): Florideophyceae
Takım (Order): Ceramiales
Aile (Family): Rhodomelaceae
Cins (Genus): *Laurencia*
Tür (Species): *Laurencia obtusa*

Denizel bir türdür. Sıcak ve ılıman sularda yaygındır. Epifitiktir. Sıkkıyılarında bol bulunurlar.



ekil 3.2.8. *Laurencia obtusa*

***Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy, 1960**

Alem (Kingdom): Chromista
ube (Phylum): Ochrophyta
Sınıf (Class): Phaeophyceae
Takım (Order): Dictyotales
Aile (Family): Dictyotaceae
Cins (Genus): *Padina*
Tür (Species): *Padina pavonica*

Denizel bir türdür. Ilıman ve sıcak bölgelerin, kıyılarındaki taşlar ve kayalar üzerinde bulunurlar.



ekil 3.2.9. *Padina pavonica*

***Polysiphonia fucoides* (Hudson)**

Greville, 1824

Alem (Kingdom): Plantae

ube (Phylum): Rhodophyta

Sınıf (Class): Florideophyceae

Takım (Order): Ceramiales

Aile (Family): Rhodomelaceae

Cins (Genus): *Polysiphonia*

Tür (Species): *Polysiphonia fucoides*

Denizel bir türdür. Kayalarda epifitik olarak bulunurlar. Gelgit seviyeleri arasında, sı sulara da yaygın da ılım gösterirler.



ekil 3.2.10. *Polysiphonia fucoides*

***Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye)**

Link, 1833

Alem (Kingdom): Chromista

ube (Phylum): Ochrophyta

Sınıf (Class): Phaeophyceae

Takım (Order): Scytosiphonales

Aile (Family): Scytosiphonaceae

Cins (Genus): *Scytosiphon*

Tür (Species): *Scytosiphon lomentaria*

Denizel bir türdür. Gelgit bölgesindeki çakılların üzerinde bulunurlar. Ölü kabukların üzerinde ve nadiren çakılların üzerinde geli irler.



ekil 3.2.11. *Scytosiphon lomentaria*

***Ulva flexuosa* Wulfen, 1803**

Alem (Kingdom): Plantae

ube (Phylum): Chlorophyta

Sınıf (Class): Ulvophyceae

Takım (Order): Ulvales

Aile (Family): Ulvaceae

Cins (Genus): *Ulva*

Tür (Species): *Ulva flexuosa*

Denizel bir türdür. Ancak tatlı sulara da tolereleri vardır. Kozmopolit olup, dünya genelinde yaygın da ılımları bulunmaktadır.

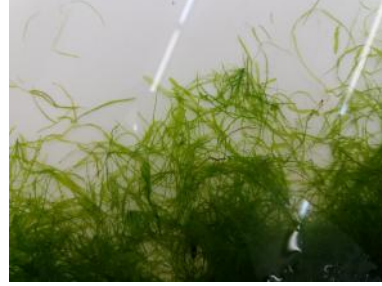


ekil 3.2.12. *Ulva flexuosa*

***Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753**

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Chlorophyta
Sınıf (Class): Ulvophyceae
Takım (Order): Ulvales
Aile (Family): Ulvaceae
Cins (Genus): *Ulva*
Tür (Species): *Ulva intestinalis*

Denizel bir türdür. Aynı zamanda tatlı sularda ve acı sularda da yaşarlar. Kayalar üzerinde, çamurlu ve kumlu bölgelerde bulunurlar. Diğer alglere ve kabuklara bağlı epifitik yaşarlar.



ekil 3.2.13. *Ulva intestinalis*

***Ulva lactuca* Linnaeus, 1753**

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Chlorophyta
Sınıf (Class): Ulvophyceae
Takım (Order): Ulvales
Aile (Family): Ulvaceae
Cins (Genus): *Ulva*
Tür (Species): *Ulva lactuca*

Denizel bir türdür. Gelgit bölgelerinde kayalara tutunarak (epifitik) yaşarlar.



ekil 3.2.14. *Ulva lactuca*

***Ulva linza* Linnaeus, 1753**

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Chlorophyta
Sınıf (Class): Ulvophyceae
Takım (Order): Ulvales
Aile (Family): Ulvaceae
Cins (Genus): *Ulva*
Tür (Species): *Ulva linza*

Denizel bir türdür. Gelgit alanlarında, akıntı bölgelerinde, kayalara tutunarak (epifitik) yaşarlar.



ekil 3.2.15. *Ulva linza*

***Ulva rigida* C.Agardh, 1823**

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Chlorophyta
Sınıf (Class): Ulvophyceae
Takım (Order): Ulvales
Aile (Family): Ulvaceae
Cins (Genus): *Ulva*
Tür (Species): *Ulva rigida*

Denizel bir türdür. Kayalara tutunarak (epilitik) yaşarlar. Genelde fosfat, amonyum ve fitoplanktonca zengin sularda bulunurlar.



ekil 3.2.16. *Ulva rigida*

Zostera (Zostera) marina

Linnaeus, 1753

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Tracheophyta
Sınıf (Class): Magnoliopsida
Takım (Order): Alismatales
Aile (Family): Zosteraceae
Cins (Genus): *Zostera*
Tür (Species): *Zostera (Zostera) marina*

Denizel bir türdür. Kumlu ve çamurlu bölgelerde bulunurlar. Çok yıllık çayırlar olup, ekolojik i levleri bakımından önemliler. Yaprakları 4-6 mm geni li inindedir.



ekil 3.2.17. *Zostera (Zostera) marina*

***Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann**

Alem (Kingdom): Plantae
ube (Phylum): Tracheophyta
Sınıf (Class): Magnoliopsida
Takım (Order): Alismatales
Aile (Family): Zosteraceae
Cins (Genus): *Zostera*
Tür (Species): *Zostera (Zosterella) noltei*

Denizel bir türdür. Kumlu ve çamurlu bölgelerde bulunurlar. Çok yıllık çayırlar olup, ekolojik i levleri bakımından önemliler. Yaprakları en fazla 2 mm geni li inindedir.



ekil 3.2.18. *Zostera (Zosterella) noltei*

3.3. Örneklerin Toplanması, Hazırlanması ve Analizleri

Tez çalışması Eylül 2015 ve Temmuz 2016 tarihleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Aır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla Sinop Yarımadası ve civarında farklı özellikteki sekiz istasyondan makroalg, deniz çayırları, su ve sediman örnekleri alınmıştır.

Ön çalışma ile makroalg ve deniz çayırlarının gözlemlendiği ve yoğun olarak bulunduğu yerler belirlenmiştir. Örneklerin toplanmasına karar verilen istasyonlarda, multi parametre ölçüm cihazı (HI 9829) ile suyun sıcaklık, tuzluluk, pH ve oksidasyon indirgenme potansiyeli değerleri alınmıştır.

Makroalg ve Deniz Çayırı Örnekleme

Makroalg ve deniz çayırı örnekleri 0-3 metre derinliklerden elle toplanmıştır. Deniz suyu içerisinde epifitlerden, sedimandan ve diğer organik maddelerden temizlenmesi amacıyla birkaç defa yıkanmıştır. Daha sonra, polietilen poçetler içerisinde etiketlenerek Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Planktoloji laboratuvarına taşınmış, derin dondurucuda (-20°C) muhafaza edilmiştir. Laboratuvarda derin dondurucudan çıkartılan örnekler, buzları çözüldükten sonra önce çeşme suyu ile sonra bidistile su ile yıkanmıştır. Örnekler türlerine ayrıldıktan sonra kurutma kabınlarında suları alınmıştır. Deniz çayırları farklı olarak kök ve gövde kısımlarına ayrılarak değerlendirilmiştir. Tüm örnekler 70°C'de 24 saat etüvde (BINDER etüv) kurutulduktan sonra gıda ambalaj paketlerine konulup, masa üstü vakum cihazında (Abant Group) havaları alınmıştır ve mikrodalga yakma ünitesine götürülene kadar oda sıcaklığında saklanmıştır. ICP-MS cihazı ile aır metal konsantrasyon ölçümleri yapılmıştır.

Deniz suyu örnekleme

Su örnekleri, makroalglerin ve deniz çayırlarının toplandığı yerden alınmıştır. Polietilen 250 cc tıpalı kaplar içerisine konulup, üzerlerine 1 ml HNO₃ (nitrik asit) ilave edilmiştir. ICP-MS cihazında ölçümleri yapılana dek oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Sedimanların örnekleme

Zemin yapıları farklı olan istasyonlardan sediman örnekleri alınmıştır. Sediman örnekleri bazı bölgelerde sediman core ile bazı bölgelerde ise kürek yardımıyla

yüzeiden (0-5 cm) alınıp, 250 cc polietilen kaplara etiketlenerek konulmu ve analize kadar laboratuvarıda derin dondurucuda -20°C'de analize kadar saklanmı tır.

Sedimanların partikül analizleri için, örnekler 105°C'de 24 saat kurutulmu tur. Kurutulmu sediman örnekleri farklı göz açıklığı na sahip motorlu elek sallama cihazından geçirilmi tir (Buchanan, 1984). Tane boyutu 63 µm ve daha küçük (silt ve kil özelli inde olan) partiküllerin iz element konsantrasyonlarının belirlenmesinde etkili oldu u ve uzun mesafeler boyunca taınabildi i saptandı ı için (Förstner ve Wittmann 1983), bu çalı mada da 0.063 mm boyutundaki sediman örnekleri a ır metal analize dahil edilmi tir. A ır metal analizleri mikrodalga yakma ünitesinde yakıldıktan sonra, ICP-MS cihazında gerçekte tirilmi tir.

Yanabilen organik madde tayini için ise, 63 µm göz açıklığı na sahip elekten geçirilen sediman örnekleri kullanılmı tır. Kül fırınında kullanılacak olan krozeler 105°C'de 1 saat etüvde bekletilerek nemleri alınmı tır. Desikatörde so utulup sabit a ırlı a getirildikten sonra krozelerin ve sediman örneklerinin a ırlı ı 0.001 hassasiyet ile alınmı tır. 5±0.10 g tartılan sediman örnekleri 600°C'de 4 saat yakılmı tır. Yakma fırınından desikatöre alınan ve oda sıcaklığı na gelmesi beklenen örnekler tekrar tartılmı tır. Yüzde (%) yanabilen organik madde miktarı = $(M-M_1) \times 100 / M$ formülü ile hesaplanmı tır (Buchanan, 1984; Bat ve Raffaelli, 1998).

M: Sediman örnek a ırlı ı

M₁: Kül fırınından çıkarılan sediman örnek a ırlı ı

3.4. Analitik Prosedürler

Mikrodalga Çözündürme Ünitesi (Milestone Sytems, Start D 260)

Tez çalı ması için SÜB TAM'da örneklerimizin çözünme i lemleri 10 teflon tüp kullanılan Milestone Systems marka, Start D 260 model mikrodalga cihazında yapılmı tır. 11 farklı alanda 372 tip yakma içeren cihazda makroalg ve deniz çayırı örnekleri için, Milestone uygulama kitabına göre sucul bitkiler (Aquatic plant HPR-FO-08) metodu seçilmi tir. Bu yöntemle göre, 0.5±0.050 g kuru örnek teflon kaplara alınmı tır. Üzerlerine 8 ml Suprapur HNO₃ (nitrik asit) ilave edilmi tir. Mikrodalgada, örnekler birinci adımda 10 dakika içerisinde 180°C'ye ula tırılır. İkinci adımda 180°C'de 15 dakika bekletilmi ve ardından mikrodalga enerjisi otomatik olarak kesilmi tir. Üçüncü adımda 100°C'ye inilmi tir (Çizelge 3.4.1.). Mikrodalga fırınında 25 dakikalık çözünürle tirme i lemi (birinci ve ikinci adım toplamı), ardından 20 dakika ventilasyon altında fırın içerisinde 40°C'ye dü mesi beklenilmi tir. Fırından çıkarılan

teflon kaplar 20 dakika daha çeker ocakta bekletilip oda sıcaklığına getirildikten sonra, örnekler filtre kağıtlarından (45µ) süzdürülmüştür. Süzüntüler, ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Bu durumda seyrelti miktarı 50 ml/0.5 g= 100 olmuştur*.

Çizelge 3.4.1. Sucul bitkilerin mikrodalga yakma yöntemi prosedürü

Basamak	Zaman (dakika)	T1 (°C)	T2 (°C)	Basınç (bar)	Güç (W)	
1	Sıcaklık artışı süresi	10	180	100	45	1000
2	Bekletme süresi	15	180	100	45	1000

Sediman örnekleri için, deniz sedimanı HPR-EN-33 metodu ile çözündürme işlemi uygulanmıştır. Deniz sedimanı HPR-EN-33 metodunda 0.25 gram örnek alınıp, üzerine 1 ml %65'lik HClO₄, %65'lik 6 ml HNO₃ %65 ve %30'luk 1 ml H₂O₂ konulmuştur.

Örnekler ICP-MS cihazında iz ve ana element konsantrasyonlarının belirlenmesi için hazırlanmıştır. Çalınması sonunda teflon kapların temizliği için her kaba 5 ml ultra saf su ve 5 ml emsure HNO₃ (%65) eklenmiştir. Normal yakma prosedürü uygulandıktan sonra (Çizelge 3.4.2.) kaplar oda sıcaklığına gelince ultra saf su ile yıkanmıştır.

Çizelge 3.4.2. Normal mikrodalga yakma (temizleme) prosedürü

Basamak	Zaman (dakika)	T1 (°C)	T2 (°C)	Basınç (bar)	Güç (W)	
1	Sıcaklık artışı süresi	15	180	110	45	1000
2	Bekletme süresi	5	180	110	45	1000

*Seyreltme, yüksek konsantrasyondaki asidin ICP-MS sistemine zarar vermemesi ve asit çözündürme işleminden geçen numunelerin ICP ölçümü öncesi, çözünmüş toplam katı madde (TDS) değerinin %1'i geçmemesi için yapılmıştır.

ICP-MS Cihazı (Agilent Technologies, 7700X ICP-MS Systems)

Makroalg, deniz çayırı, su ve sediman örneklerinin iz element konsantrasyon ölçümleri, SÜB TAM ICP-MS Laboratuvarında Agilent Technologies marka, 7700X ICP-MS Systems model ICP-MS cihazında üç tekerrür olarak yapılmı , ortalama sonuçlar alınmı tır.

ICP-MS'de çalı ma prensibine uygun olarak, elektromanyetik indüksiyonla 10000°K sıcaklı a ula tırılan örnek argon (%99.999 saflık) plazması tarafından iyonize edilmi tir. yonize elementler kütle spektrometresi tarafından kütle/yük oranına göre ayrı tırılmı tır ve element derimleri elektron çoklayıcısı sonrasında bir dedektör tarafından ölçülmü tür. Katı (makroalg, deniz çayırı ve sediman) ve sıvı (su) örneklerde elementlerin hassas ve do ru biçimde ppb (mikrogram/kilogram) düzeyinde nitel ve nicel ölçümleri yapılmı tır.

Toplam 28 adet element (Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, U, V ve Zn) ölçen cihazda, 11 elementin ölçümü (Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn) yapılmı tır. Do ada en yaygın ve bol bulunan, a ır metal çalı malarında sıkça kullanılan bu elementler di er çalı malarla kar ıla tırma yapılabilmesi için ön plana alınmı tır.

ICP-MS kantitatif uygulamasında, SEM Laboratuvar tarafından hazırlanan numuneler referans olarak alınmı tır. Elementel analizlerin kar ıla tırma çalı malarında SUB TAM'ın hazırladı ı numuneler SEM numunelerine uygunluk göstermi tir (SEM Sonuç Raporu, 2016). Ayrıca, 6 noktalı kalibrasyon e ri grafiklerinin hazırlanması için kalibrasyon standartları hazırlanmı tır. Örnekler yeterince seyreltik oldukları için basit sulu standartlar uygun olmu tur. Cıva (Hg) sto u di er elementlerle zamanla etkile im yapaca ından dolayı ayrı hazırlanmı tır ve element grubunun içerisine ölçüm öncesinde karı tırılmı tır.

Standartların hazırlanması

Bir kör örnek (blank sample) ve 6 standart tüpün her birine, 10 ml az asidik ultra saf su (% 1 HNO₃ + % 0.5 HCl) konulmu tur. Standart tüplerinden 5 µl, 10 µl, 50 µl, 100 µl, 500 µl, 1000 µl tüplerden çekilip atılmı tır. Hazırlanan ara stoktan 5 µl, 10 µl, 50 µl, 100 µl, 500 µl, 1000 µl konulmu tur. Bu durumda her bir standart tüpünde 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 ppb karı ım element ve 0.05, 0.1, 0.5, 1,5, 10 ppb Hg olmu tur.

Ara stok hazırlamak için, bir tüpe 10 ppm karı ım standartı ve ba ka bir tüpe 10 ppm Hg standartı konulmu tur. Ara stok tüpüne 10 ppm (10 µg/ml) standart karı ım ana

stoktan 1 ml konulmu tur, 10 ppm (10 µg/ml) cıva standardından ise 0.1 ml konulmu tur. $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ formülüne göre 1 ppm standart karı ım ve 0.1 ppm (100 ppb) Hg olmu tur.

3.5. Biyoakümülyasyon Faktörlerinin Hesaplanması

Nenciu ve ark. (2016), bir organik kirleticinin suda çözünürlü ü ile suda ya ayan organizmaların bu kirleticiyi bünyesine alması ile belirgin oldu unu belirtmi lerdir. Buna ba lı olarak, elementlerin bölgesel ve mevsimsel kar ıla tırılmalarının yapılması için biyoakümülyasyon faktörleri (MPI, BSAF ve BCF) hesaplanmı tur.

Metal Kirlilik ndeksi (MPI), herhangi bir referans ya da kılavuz ile kar ıla tırılmayan basit bir kar ıla tırma formülüdür. Alt ve üst sınırlar olmadan en kirli ve en temiz bölgeyi ve en çok metali absorbe eden metali belirleyen geometrik bir ortalamadır. $MPI = (M_1 \times M_2 \times M_3 \times \dots \times M_n)^{1/n}$ formülüne göre hesaplanmaktadır (Usero ve ark., 1996; Abdallah ve Abdallah, 2008). M_1 birinci metalin konsantrasyonu, M_2 ikinci metalin konsantrasyonu, M_3 üçüncü metalin konsantrasyonu ve M_n n. metalin konsantrasyonunu vermektedir.

Biyota - Sediman Birikimi Faktörü (BSAF), organik bile iklerin ve ya metallerin sedimanlarla ili kili canlıların dokularına biyolojik olarak birikmesini tanımlayan bir parametredir (Kleinov ve ark., 2008). $BSAF = [C]_{biyota} \text{ (mg/kg kuru a ırlık)} / [C]_{sediman} \text{ (mg/kg kuru a ırlık)}$ formülüne göre hesaplanmaktadır. $BSAF > 2$ makro konsantratör, $1 < BSAF < 2$ mikro konsantratör ve $BSAF < 1$ dekonsantratör oldu unu belirtmektedir. Yani 1'den küçük BSAF de erleri metalin biyoakümüle olmadı nı göstermektedir. Sonuçlar ulusal ve uluslararası kalite yönergelerinin belirtti i konsantrasyonlar ile kar ıla tırılmı tur (Nenciu ve ark., 2016).

Biyota Konsantrasyon Faktörü (BCF), metallerin sudan direkt alını mın bir sonucudur (Geyer ve ark., 2000). $BCF = [C]_{biyota} \text{ (mg/kg kuru a ırlık)} / [C]_{su} \text{ (mg/kg)}$ formülüne göre hesaplanmaktadır. BCF ile ilgili 1907/2006 (REACH) Yönetmeli i ve US EPA Zehirli Maddeler Kontrol Yasası (TSCA) uyarınca BCF 1000 ile 5000 arasında de i irse, a ır metaller "biyoakümülatif" olarak sınıflandırılmaktadır. E er BCF 5000'den büyük ise de "çok biyoakümülatif" olarak adlandırılmaktadır (Çizelge 3.5.1) (Nenciu ve ark., 2016).

Çizelge 3.5.1. Biyokonsantrasyon faktörü için e ik de erleri (BCF)

Yasal düzenleme	E ik de erleri
REACH (1907/2006 EC) Yönetmeli i	2000 = biyoakümülatif 5000 = çok biyoakümülatif
US EPA Zehirli Maddeler Kontrol Yasası (TSCA)	1000 = biyoakümülatif 5000 = çok biyoakümülatif

Biyokümüülasyon faktörleri su, sedimanlar ve makroalgler arasındaki a ır metallerin da ılım davranı ı, incelenen biyotada ve deniz çevresindeki metallerin toksisitesi ve biyoakümüülasyonu hakkında bilgi sa lamaktadır.

3.6. statistiksel Analizler

Makroalgler, deniz çayırları, su ve sedimanlardaki a ır metal birikimlerinin mevsimler ve istasyonlar arası farklılıklarının önemli olup olmadı ını belirlemek için Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmı tır. Mevsimler ve istasyonlar arası farklar için t-testi uygulanmı tır. Ortalamaların kar ıla tırılmasında p 0.05 de eri anlamlı olarak de erlendirilmı tir (Zar, 1984).

Tüm veriler SPSS 21 istatistik paket programı ve Excel Veri Çözümleme Araçları kullanılarak analiz edilmi tir. Grafik çizimleri Excel 2013 programında çizilmı tir.

4. BULGULAR

Sinop Yarımadası ve çevresinde örnekleme istasyonlarında Chlorophyta, Ochrophyta ve Rhodophyta gruplarına ait 18 makroalg türünün, Zosteraceae familyasına ait 2 deniz çayırı türünün, örnekleme istasyonlarının su ve sedimanlarında ağır metal içerikleri, deniz suyuna ait bazı fiziko kimyasal parametreler ve sediman örneklerinin tane boyu analizleri ile organik madde tayinleri de gerçekleştirilmiştir.

Sonbahar örnekleme Eylül 2015, kış örneklemeubat 2016, ilkbahar örnekleme Mayıs 2016 ve yaz örnekleme Temmuz 2016 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

Sinop kıyı şeridini kapsayan 8 farklı istasyonun kıyı suları olarak gözlenen makroalg ve deniz çayırı türleri toplanmıştır. Ağır metal konsantrasyonu ölçülen türleri her mevsim elde etmek mümkün olmamıştır.

Yeşil alglerden 6 türün, kahverengi alglerden 5 türün, kırmızı alglerden 5 türün ve deniz çayırlarından 2 tür olmak üzere toplam 125 örneğin, ayrıca 71 su örneğinin ve 27 sediman örneğinin ağır metal analiz sonuçları da gerçekleştirilmiştir. Ağır metal analizi yapılan türler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağır metal analizlerinde de gerçekleştirilen makroalg ve deniz çayırı türleri

Chlorophyta	Ochrophyta	Rhodophyta	Tracheophyta
<i>Cladophora</i> spp.	<i>Cystoseira barbata</i>	<i>Ceramium</i> spp.	<i>Zostera (Zostera) marina</i>
<i>Ulva flexuosa</i>	<i>Cystoseira crinita</i>	<i>Corallina officinalis</i>	<i>Zostera (Zosterella) noltei</i>
<i>Ulva intestinalis</i>	<i>Ectocarpus</i> spp.	<i>Gelidium crinale</i>	
<i>Ulva lactuca</i>	<i>Padina pavonica</i>	<i>Laurencia obtusa</i>	
<i>Ulva linza</i>	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	<i>Polysiphonia fucooides</i>	
<i>Ulva rigida</i>			

4.1. Deniz Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri

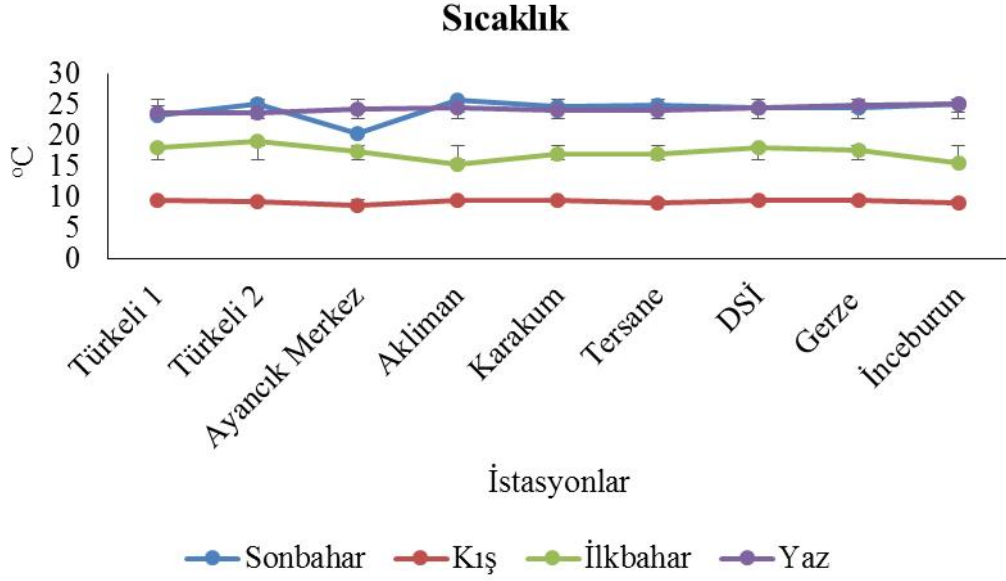
Çalı ılan istasyonlarda örneklerin toplandı ı noktalardan alınan deniz sularının mevsimsel ortalama sıcaklık (°C), tuzluluk (‰), pH ve çözünmü oksijen (mg/L) de erleri Çizelge 4.1.1.'de verilmi tir.

Çizelge 4.1.1. Deniz suyu sıcaklık, tuzluluk, pH ve çözünmü oksijen de erlerinin mevsimsel de i imi

Parametre	stasyon Bölgesi	Sonbahar	Kı	İkbahar	Yaz
Sıcaklık (°C)	Türkeli 1	23.22	9.43	17.9	23.68
	Türkeli 2	25.03	9.16	19.06	23.6
	Ayancık Merkez	20.31	8.63	17.29	24.25
	Akliman	25.73	9.31	15.36	24.37
	Karakum	24.57	9.38	17	23.94
	Tersane	24.89	9.03	16.98	23.99
	DS	24.38	9.4	17.88	24.46
	Gerze	24.51	9.51	17.58	24.85
	nceburun	25.01	8.94	15.38	24.99
Tuzluluk (‰)	Türkeli 1	16.99	15.6	16.67	17.9
	Türkeli 2	16.99	16.21	17.26	18.46
	Ayancık Merkez	17.31	16.03	18.68	18.4
	Akliman	16.92	17.1	18.07	18.62
	Karakum	18.15	17.28	18.59	18.59
	Tersane	15.52	17.35	18.82	19.38
	DS	17.69	16.57	18.09	18.41
	Gerze	17.95	17.56	18.16	18.12
	nceburun	18.31	17.79	18.48	18.67
pH	Türkeli 1	8.55	8.73	8.82	8.52
	Türkeli 2	8.74	8.54	8.57	8.55
	Ayancık Merkez	8.35	8.64	8.59	8.61
	Akliman	8.4	8.66	8.57	8.65
	Karakum	8.43	8.67	8.61	8.62
	Tersane	8.41	8.69	8.52	8.63
	DS	8.39	8.6	8.49	8.74
	Gerze	8.4	8.65	8.38	8.86
	nceburun	8.48	8.62	8.57	8.83
Çözünmü oksijen (mg/l)	Türkeli 1	13.96	21.85	0.97	0.88
	Türkeli 2	6.01	16.05	1	0.97
	Ayancık Merkez	11.87	23.19	7.69	4.72
	Akliman	5.74	15.79	7.72	4.46
	Karakum	11.76	27.95	3.59	3.74
	Tersane	7.94	17.68	3.63	2.51
	DS	7.86	14.79	3.95	4.84
	Gerze	8.24	19.42	1.14	4.16
	nceburun	5.57	5.38	7.46	3.88

*Türkeli 1: Limanın sa tarafi, Türkeli 2: limanın sol tarafi

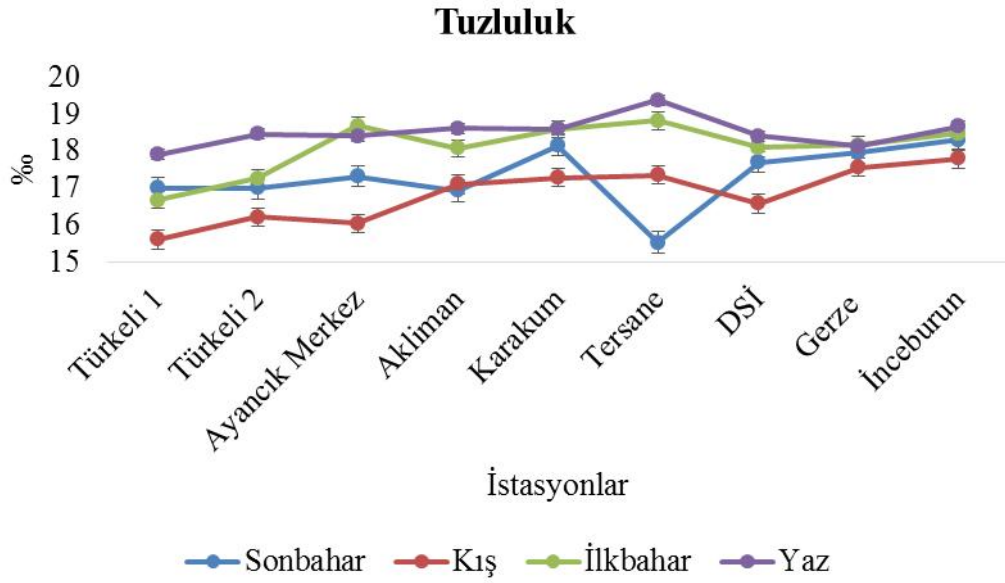
Sıcaklık



ekil 4.1.1. stasyonların ortalama sıcaklık grafi i

En düşük ortalama deniz suyu sıcaklıkları sonbahar mevsiminde 20.31 °C Ayancık'ta, kış mevsiminde 8.63 °C Ayancık'ta, ilkbahar mevsiminde 15.36 °C Akliman'da ve yaz mevsiminde 23.6 °C Türkeli 2 istasyonunda ölçülmü tür. En yüksek ortalama deniz suyu sıcaklığı ise 25.73 °C ile Akliman istasyonunda sonbahar mevsiminde ölçülmü tür. Tüm ilçelerdeki ortalama sonbahar sıcaklığı 24.18 °C, kış sıcaklığı 9.19 °C, ilkbahar sıcaklığı 17.15 °C ve yaz sıcaklığı 24.23 °C'dir. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) uygulamasına göre, mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmaktadır ($p < 0.05$), ama istasyonlar arasında farklılık yoktur ($p > 0.05$). Sonbahar ve yaz mevsiminin sıcaklık değerleri arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır (Pearson, $r = 0.24$, $p = 0.11$).

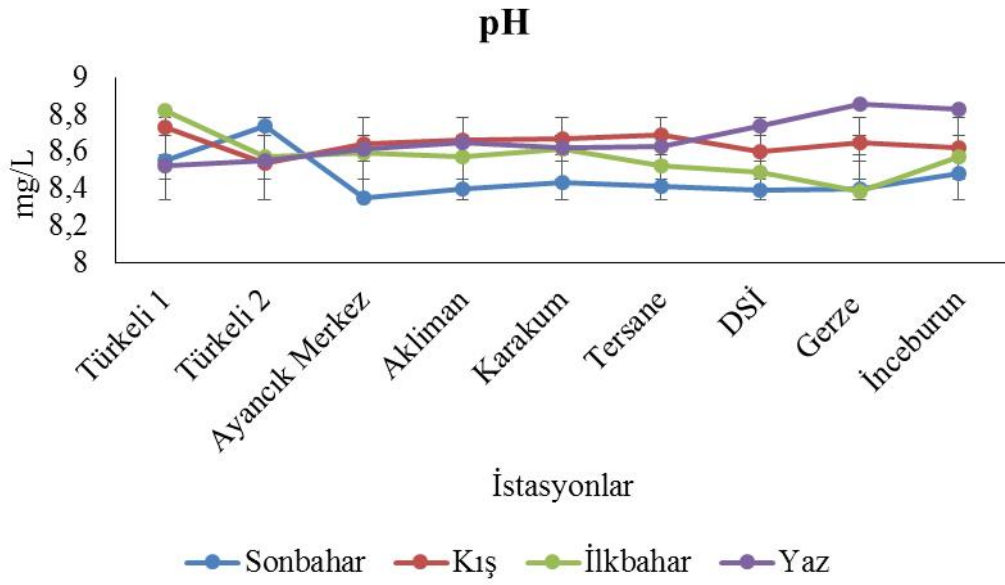
Tuzluluk



ekil 4.1.2. stasyonların ortalama tuzluluk grafi i

En dü ük ortalama deniz suyu tuzluluk de erleri sonbahar mevsiminde Aklıman istasyonunda, di er mevsimlerde ise Türkeli 1 istasyonunda bulunmu tur. En dü ük tuzluluk de erleri sonbaharda %16.92, kışın %15.6, ilkbaharda %16.67 ve yazın %17,9'dur. En yüksek ortalama deniz suyu tuzluluk de eri yüzey buharla masının çok oldu u yaz mevsiminde %19,38 ile Tersane istasyonunda gözlenmi tir. Di er yüksek de erler sonbaharda %18.52 ile Tersane istasyonunda, kışın %18.31 ile nceburun istasyonunda ve ilkbaharda ise %18.82 ile Tersane istasyonunda ölçülmü tür. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) sonucuna göre, istasyonlar arası tuzluluk de erlerinin istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılı ı yokken ($p>0.05$), mevsimler arasında vardır ($p<0.05$).

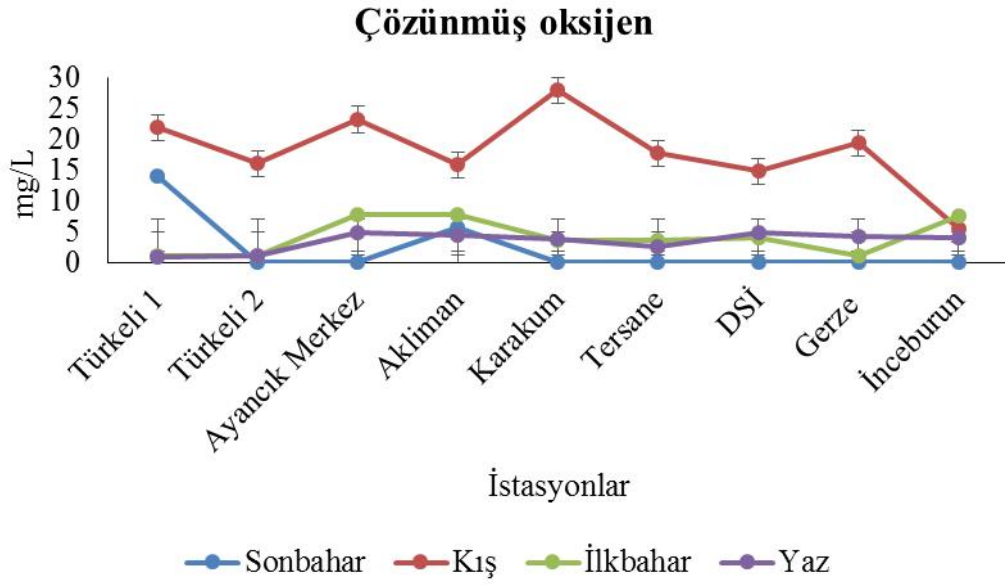
pH



ekil 4.1.3. stasyonların ortalama pH grafi i

Biyokimyasal olaylar ve sıcaklı a ba lı olarak de i en pH de erleri 8.35 ile 8.86 arasındadır. Sonbaharda 8.35-8.48, kı ın 8.6-8.69, ilkbaharda 8.38-8.61 ve yazın 8.61-8.86 arasında de erler göstermi tir. En dü ük ortalama pH de eri Ayancık istasyonunda, en yüksek ortalama pH de eri ise Gerze istasyonunda görülmü tür. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) sonucuna göre, istasyonlar arasında pH de erlerinin istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılı ı yoktur ($p>0.05$).

Çözünmüş Oksijen (Ç.O)



ekil 4.1.4. stasyonların ortalama çözünmüş oksijen grafi i

Sıcaklık ve biyolojik olaylara ba lı olarak de i im gösteren Ç.O. miktarı, örnekleme alanlarında 0.88 mg/l ile 27.95 mg/L arasında bulunmu tur. Ç.O. de eri, sucul bitkilerin fotosentez yapması, yüzey sularının oksijence zengin olması, akıntı ve rüzgarların etkisiyle artı gösterirken, bitki ve sucul organizmaların solunumları, biyolojik ve kimyasal oksidasyon ve oksijen kaybıyla azabilir. En dü ük Ç.O de eri yaz mevsiminde Türkeli 1 istasyonunda 0.88 mg/L bulunmu tur. En yüksek Ç.O. de eri ise kış mevsiminde Karakum istasyonunda gözlenmi tir. De erler arasındaki dalgalanmaların farklılı ı istatistiksel olarak da görülmektedir. ANOVA tek yönlü uygulamasına göre, istasyonlar arasında çözünmüş oksijen de erlerinin istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılı ı vardır ($p<0.05$). Su sıcaklı ının dü mesi ile çözünmüş oksijen miktarı artmaktadır ve kış mevsimi çözünmüş oksijen miktarı di er mevsimlerden daha yüksek olup, istatistiksel olarak da anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

4.2. Makroalg ve Deniz Çayırlarında A ır Metal erikleri

Çalı ma istasyonlarından toplanan *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., *C. officinalis*, *C. barbata*, *C. crinita*, *Ectocarpus* spp., *G. crinale*, *L. obtusa*, *P. pavonica*, *P. fucooides*, *S. lomentaria*, *U. flexuosa*, *U. intestinalis*, *U. lactuca*, *U. linza*, *U. rigida*, *Z. marina* ve *Z. noltei* türlerinin a ır metal içerikleri belirlenmi tir. Ancak incelenen bazı türleri her mevsim aynı istasyonlardan elde etmek mümkün olmamı tir.

Türlerin a ır metal içerikleri alfabetik sıraya göre verilmi tir:

Ceramium spp.

Ceramium spp. rneklerinin element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri ve istatistiksel kar ıla tırmaları:

Çizelge 4.2.1. *Ceramium* spp. mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

stasyonlar	A ır metaller										
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Ayancık	5265.2	226.3	4180.9	3.0	12.6	8.5	79.1	3.1	0.6	0.02	2.8
Karakum	6582.8	110.6	5809.9	4.0	6.8	20.9	181.6	9.3	0.3	0.18	5.6
DS	4564.8	104.9	4129.1	2.0	7.6	6.7	63.5	4.6	0.3	0.01	3.0
Gerze	4091.7	103.4	2717.2	1.7	8.0	9.3	169.7	2.5	0.3	0.01	3.3
nceburun	524.4	13.1	397.4	0.4	6.7	7.9	129.8	1.7	0.7	0.01	0.7
KI 2016											
Akliman	7599.2	156.4	6250.7	2.2	11.6	8.7	82.5	4.3	0.5	0.02	7.7
Tersane	3578.3	28.5	2227.6	0.7	4.3	14.6	127.5	3.2	0.3	0.02	3.3
DS	6285.4	45.3	3862.2	1.4	8.9	6.3	111.5	3.0	0.6	0.02	2.3
LKBAHAR 2016											
Türkeli 1	1647.4	15.4	1278.5	0.4	4.6	5.3	78.5	2.5	0.2	0.01	1.3
Tersane	877.7	9.2	883.3	0.3	2.3	26.2	203.3	2.3	0.1	0.01	5.4
DS	1906.5	27.7	1610.7	0.5	4.2	4.0	98.4	2.2	0.2	0.01	1.2
Gerze	1747.8	143.2	1294.0	1.1	5.0	3.4	31.7	1.7	0.1	0.01	1.8
nceburun	300.1	4.7	292.9	0.1	1.0	1.6	33.2	0.7	0.1	0.01	0.2
YAZ 2016											
Türkeli 1	3197.6	98.0	2422.3	1.2	6.9	6.8	78.2	2.4	0.5	0.02	1.7
Ayancık	5281.3	148.7	6049.4	2.4	17.5	5.6	26.2	2.3	0.4	0.02	2.3
Akliman	1855.9	71.3	2314.2	0.8	4.7	5.0	29.9	2.5	0.4	0.02	6.9
Karakum	264.9	14.7	334.6	0.1	1.1	2.4	36.2	0.7	0.2	0.01	0.4
Gerze	4828.3	219.8	3985.6	2.5	10.2	8.0	36.6	2.7	0.4	0.02	4.6
nceburun	1350.7	16.5	1105.9	0.4	4.0	5.3	86.5	1.3	0.6	0.01	0.7

Çizelge 4.2.2. *Ceramium* spp. mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TÜRKEK 1											
Ortalama (mg/kg)	2422	56	1850	0.8	5.8	6	78.4	2.5	0.4	0.019	1.5
Min-Mak	1647-3197	15-98	1276-2422	0.4-1.2	5-7	5.3-6.8	78.2-78.5	2.4-2.5	0.2-0.5	0.014-0.024	1.3-1.7
%95 Güven Aralı ı	903-3942	0-137	730-2971	0-1.5	4-8	4.5-7.5	78.1-78.6	2.3-2.6	0.1-0.7	0.009-0.029	1.1-1.9
AYANCIK											
Ortalama (mg/kg)	5273	187.5	5115	2.4	15	7	52.7	2.7	0.5	0.02	2.5
Min-Mak	5265-5281	149-226	4180-6049	2.4-3.0	13-18	5.6-8.5	26.2-79.1	2.3-3.1	0.4-0.6	0.01-0.02	2.3-2.8
%95 Güven Aralı ı	5258-5289	112-264	3284-6946	2-3.4	10-20	4.1-9.9	0.8-104.5	1.8-3.5	0.4-0.6	0.01-0.03	2-3
AKL MAN											
Ortalama (mg/kg)	4728	113.9	4283	1.5	8.1	6.9	56.2	3.4	0.4	0.021	7.3
Min-Mak	1856-7600	71-156	2314-6250	0.9-2.2	5-12	5.0-8.7	29.9-82.5	2.5-4.3	0.4-0.5	0.017-0.024	6.9-7.7
%95 Güven Aralı ı	0-10355	31-197	425-8140	0.1-2.9	1-15	3.2-105	4.6-107.8	1.6-5.2	0.3-0.5	0.014-0.027	6.5-8.0
KARAKUM											
Ortalama (mg/kg)	3424	62.6	3072	2.1	3.9	11.7	108.9	5	0.3	0.093	3
Min-Mak	265-6583	15-111	334-5810	0.1-4.0	1-7	2.4-20.9	36.2-181.6	0.7-9.3	0.2-0.3	0.008-0.18	0.4-5.6
%95 Güven Aralı ı	0-9615	0-157	0-8438	0-5.9	0-9.5	0-29.8	0-251.4	0-13.5	0.1-0.4	0-0.26	0-8.1
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	228	19	1556	0.5	3.3	20.4	165.4	2.7	0.2	0.016	4.4
Min-Mak	888-3578	9-29	883-2228	0.3-0.7	2.3-4.3	14.6-26.2	127.5-203.3	2.3-3.2	0.1-0.3	0.012-0.020	3.3-5.4
%95 Güven Aralı ı	0-4875	0-38	238-2872	0.2-0.8	1.4-5.3	9.0-31.7	91.1-239.7	2-3.5	0.1-0.3	0.009-0.023	2.3-6.5

(Devamı arkada)

4.2.2. Devamı

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
DS											
Ortalama (mg/kg)	4252	59.3	3201	1.3	6.9	5.7	91.1	3.3	0.4	0.014	2.1
Min-Mak	1907-6285	27.7-104.9	1610-4130	0.5-2.0	4.2-8.9	4.0-6.7	63.5-111.5	2.2-4.6	0.2-0.6	0.011-0.018	1.2-3.0
%95 Güven Aralı ı	1756-6749	13.5-105.0	1635-4766	0.5-2.1	4.1-9.6	4.1-7.3	63.0-119.3	1.9-4.6	0.2-0.6	0.009-0.018	1.1-3.2
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	3556	155.5	2666	1.8	7.8	6.9	79.3	2.3	0.3	0.015	3.3
Min-Mak	1748-7828	103.4-219.8	1294-3986	1.1-2.5	5.0-10.2	3.4-9.3	31.7-169.7	1.7-2.7	0.1-0.4	0.010-0.021	1.8-4.6
%95 Güven Aralı ı	1736-5376	88.5-222.4	1142-4190	1.0-2.6	4.8-10.7	3.4-10.4	0-177.3	1.7-2.9	0.1-0.5	0.009-0.022	1.6-4.9
NCEBURUN											
Ortalama (mg/kg)	725	11.4	599	0.3	3.9	4.9	83.1	1.2	0.5	0.008	0.5
Min-Mak	300-1350	4.7-16.5	293-1106	0.1-0.4	1.0-6.7	1.6-7.9	33.2-129.8	0.7-1.7	0.1-0.7	0.005-0.010	0.2-0.7
%95 Güven Aralı ı	99-1351	4.5-18.3	98.2-1100	0.1-0.5	0.7-7.1	1.3-8.5	28.4-137.9	0.6-1.8	0.1-0.8	0.005-0.011	0.2-0.9

Çizelge 4.2.3. *Ceranium* spp. elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	264.9	Karakum	Yaz	7599.2	Akliman	K1
Mn	4.7	nceburun	lkbahar	226.3	Ayancık	Sonbahar
Fe	292.9	nceburun	lkbahar	6250.7	Akliman	K1
Co	0.06	nceburun	lkbahar	4.0	Karakum	Sonbahar
Ni	1.0	nceburun	lkbahar	17.5	Ayancık	Yaz
Cu	1.6	nceburun	lkbahar	26.2	Tersane	lkbahar
Zn	26.2	Ayancık	Yaz	203.3	Tersane	lkbahar
As	0.68	nceburun	lkbahar	9.3	Karakum	Sonbahar
Cd	0.073	Gerze	lkbahar	0.7	nceburun	Sonbahar
Hg	0.005	nceburun	lkbahar	0.179	Karakum	Sonbahar
Pb	0.2	nceburun	lkbahar	7.7	Akliman	K1

stasyonlara göre *Ceranium* spp. ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Türkeli 1: Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al

Ayancık: Hg<Cd<Pb<As=Co<Cu<Ni<Zn<Mn<Fe<Al

Akliman: Hg<Cd<Co<As<Cu<Pb<Ni<Zn<Mn<Fe<Al

Karakum: Hg<Cd<Co<Pb<Ni<As<Cu<Mn<Zn<Fe<Al

Tersane: Hg<Cd<Co<As<Ni<Pb<Mn<Cu<Zn<Fe<Al

DS : Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Mn<Zn<Fe<Al

Gerze: Hg<Cd<Co<As<Pb<Cu<Ni<Zn<Mn<Fe<Al

nceburun: Hg<Co<Cd=Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama de erlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<As<Pb<Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al eklindedir.

Ceranium spp. a ır metal konsantrasyonları mevsimlere ve istasyonlara göre kar ıla tırılmı tır. Elementlerin istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklıla maları t-test ve Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile de erlendirilmi ve Çizelge 4.2.4.'de verilmi tir. Ortalamaların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadı nı belirlemek için : 0.05 önemlilik düzeyi kabul edilmi tir.

Çizelge 4.2.4. *Ceramium* spp. elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları

Elementler	stasyonlara ba lı	Mevsimlere ba lı
Al	p = 0.77	p = 0.03*
Mn	p = 0.07	p = 0.07
Fe	p = 0.36	p = 0.35
Co	p = 0.54	p = 0.18
Ni	p = 0.20	p = 0.58
Cu	p = 0.27	p = 0.08
Zn	p = 0.05*	p = 0.21
As	p = 0.21	p = 0.12
Cd	p = 0.96	p = 0.22
Hg	p = 0.43	p = 0.47
Pb	p = 0.14	p = 0.56

*p < 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, t-test ve ANOVA)

Bu sonuçlara göre, *Ceramium* spp. örneklerinde sadece Al konsantrasyonu ilkbaharda dü ük çıkmı tır ve Al düzeyi üzerine mevsimin etkisi istatistiksel olarak da önemli bulunmu tur (p < 0.05). stasyonlara ba lı element düzeyleri arasında ise sadece Zn elementin de istatistiksel fark bulunmu tur (p < 0.05), Tersane istasyonunda Zn konsantrasyonu oldukça yüksek çıkmı tır. Türkeli 2 istasyonunda makroalg örne ine rastlanmadı ı için hesaplamaya dahil edilmemi tir.

***Cladophora* spp.**

Cladophora spp. sadece sonbahar ve kı mevsimlerinde analiz edilecek miktarda elde edilmi lerdir. Element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri ve istasyonlara göre iz element düzeyleri:

Çizelge 4.2.5. *Cladophora* spp. mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

stasyonlar	A ır metaller										
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Aklıman	275.2	13.4	272.4	0.2	03.4	3.8	211.4	3.4	0.8	0.003	1.4
DS	1137.8	7.0	820.7	0.3	4.2	3.8	179.3	1.6	0.4	0.009	1.6
Gerze	2952.3	80.2	2173.5	1.2	5.3	7.7	258.8	6.2	1.7	0.014	3.0
nceburun	1164.7	28.2	1005.7	0.6	6.5	9.8	394.6	4.7	1.6	0.007	2.3
KI 2016											
Karakum	5480.4	29.9	4670.0	1.4	6.5	11.7	412.1	12.1	1.5	0.05	3.9

Çizelge 4.2.6. *Cladophora* spp. metallerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	275.2	Akliman	Sonbahar	5480.4	Karakum	K ₁
Mn	7.0	DS	Sonbahar	80.2	Gerze	Sonbahar
Fe	272.4	Akliman	Sonbahar	4670.0	Karakum	K ₁
Co	0.2	Akliman	Sonbahar	1.4	Karakum	K ₁
Ni	3.4	Akliman	Sonbahar	6.5	nceburun ve Karakum	Sonbahar ve K ₁
Cu	3.8	Akliman	Sonbahar	11.7	Karakum	K ₁
Zn	179.3	DS	Sonbahar	412.1	Karakum	K ₁
As	1.6	DS	Sonbahar	12.1	Karakum	K ₁
Cd	0.4	DS	Sonbahar	1.7	Gerze	Sonbahar
Hg	0.003	Akliman	Sonbahar	0.046	Karakum	K ₁
Pb	1.4	Akliman	Sonbahar	3.9	Karakum	K ₁

stasyonlara göre *Cladophora* spp. ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Akliman: Hg<Co<Cd<Pb<As=Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al

Karakum: Hg<Co<Cd<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Fe<Al

DS : Hg<Co<Cd<As=Pb<Cu<Ni<Mn<Zn<Fe<Al

Gerze: Hg<Co<Cd<Pb<Ni<As<Cu<Mn<Zn<Fe<Al

nceburun: Hg<Co=Cd<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama de erlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Co<Cd<Pb<Ni<As<Cu<Mn<Zn<Fe<Al eklindedir.

Corallina officinalis

C. officinalis türü tek mevsim elde edilmi tir. lkbahar Mayıs 2016 örneklemesinde Karakum'dan toplanan bu türün ortalamaları ve iz element düzeyleri:

Çizelge 4.2.7. *Corallina officinalis* türünün a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

A ır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
LKBAHAR 2016											
Karakum	404.3	72.9	466.2	0.3	5.1	3.4	34.8	1.8	0.2	0.006	1.4

Karakum istasyonunda *C. officinalis* türünün ortama iz element düzeyleri incelendi inde; Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Zn<Mn<Al<Fe sıralamasındadır.

Cystoseira barbata

C. barbata türünün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve istatistiksel kararla tırmaları:

Çizelge 4.2.8. *Cystoseira barbata* türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Akliman	219.4	18.3	171.0	0.4	2.8	3.0	108.7	14.5	0.2	0.008	1.5
DS	368.0	32.5	292.7	1.1	6.8	3.9	38.0	10.5	0.2	0.013	1.0
KI 2016											
Akliman	555.2	22.8	736.9	0.5	5.0	12.2	65.3	16.2	0.3	0.016	1.7
Tersane	546.0	15.6	601.6	0.2	2.6	13.9	56.7	24.3	0.1	0.017	1.8
Gerze	284.4	10.3	293.0	0.5	4.4	6.5	53.5	37.2	0.3	0.011	0.5
LKBAHAR 2016											
Tersane	79.8	10.5	111.8	0.01	0.9	7.7	32.0	17.2	0	0.007	0.8
YAZ 2016											
Tersane	162.8	38.8	1162.9	0.8	8.6	24.1	62.5	7.3	0.3	0.013	2.8

Çizelge 4.2.9. *Cystoseira barbata* türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
AKL MAN											
Ortalama (mg/kg)	387.3	20.5	453.9	0.5	3.9	7.6	87	15.4	0.2	0.012	1.6
Min-Mak	219.4-555.2	18.3-22.8	171-737	0.4-0.5	2.8-5.0	3.0-12.2	65.3-108.7	14.5-16.2	0.2-0.3	0.008-0.016	1.5-1.7
%95 Güven Aralığı	58.2-716.4	16.1-24.9	0-1009	0.4-0.5	1.7-6.0	0-16.7	44.4-129.6	13.7-17.1	0.2-0.3	0.005-0.019	1.4-1.8
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	262.9	21.6	625.4	0.4	4	15.2	50.4	16.3	0.2	0.012	1.8
Min-Mak	79.8-546.0	10.5-38.8	112-1163	0.1-0.8	0.9-8.6	7.7-24.1	32.0-62.5	7.3-24.3	0.04-0.3	0.007-0.017	0.8-2.8
%95 Güven Aralığı	0-544.3	4.6-38.7	30.2-1220	0-0.8	0-8.6	5.8-24.6	32.1-68.7	6.7-26.0	0.01-0.3	0.007-0.018	0.7-2.9
DS											
Ortalama (mg/kg)	368	325	292.7	1.1	6.8	3.9	38	10.5	0.2	0.013	1
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	284.4	10.3	293	0.5	4.4	6.5	53.5	37.2	0.3	0.011	0.5
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2.10. *Cystoseira barbata* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	79.8	Tersane	İkbahar	555.2	Akliman	K1
Mn	10.3	Gerze	K1	38.8	Tersane	Yaz
Fe	111.8	Tersane	İkbahar	1162.9	Tersane	Yaz
Co	0.01	Tersane	İkbahar	0.8	Tersane	Yaz
Ni	0.9	Tersane	İkbahar	8.6	Tersane	Yaz
Cu	3.0	Akliman	Sonbahar	24.1	Tersane	Yaz
Zn	32.0	Tersane	İkbahar	108.7	Akliman	Sonbahar
As	7.3	Tersane	Yaz	37.2	Gerze	K1
Cd	0.04	Tersane	İkbahar	0.3	Tersane	Yaz
Hg	0.007	Tersane	İkbahar	0.017	Tersane	K1
Pb	0.5	Gerze	K1	2.8	Tersane	Yaz

stasyonlara göre *C. barbata* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Akliman: Hg<Cd<Co<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Al<Fe

Tersane: Hg<Cd<Co<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Al<Fe

DS : Hg<Cd<Pb<Co<Cu<Ni<As<Mn<Zn<Fe<Al

Gerze: Hg<Cd<Co=Pb<Ni<Cu<Mn<As<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Al<Fe eklindedir.

C. barbata türünün ağır metal konsantrasyonları mevsimlere ve istasyonlara göre karışıklıdır (ANOVA). Ortalama konsantrasyonlar üzerinde istasyonlara ve mevsimlere bağlı istatistiksel farklılıklar görülmemiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.2.11. *Cystoseira barbata* türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere bağlı farklılıkları

Elementler	stasyonlara bağlı	Mevsimlere bağlı
Al	p = 0.90	p = 0.61
Mn	p = 0.96	p = 0.18
Fe	p = 0.96	p = 0.33
Co	p = 0.99	p = 0.21
Ni	p = 0.99	p = 0.26
Cu	p = 0.92	p = 0.40
Zn	p = 0.94	p = 0.11
As	p = 0.65	p = 0.47
Cd	p = 0.92	p = 0.54
Hg	p = 0.96	p = 0.69
Pb	p = 0.88	p = 0.56

(α : 0.05, ANOVA)

Cystoseira crinita

C. crinita türünün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve istatistiksel karşılaştırmaları:

Çizelge 4.2.12. *Cystoseira crinita* türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Türkeli 1	899.5	84.7	641.0	1.1	9.5	5.1	81.9	13.3	0.2	0.014	0.9
Aklıman	102.3	26.8	109.4	0.5	5.6	3.6	55.1	27.8	0.3	0.011	0.6
Karakum	86.3	21.1	118.2	0.4	3.9	2.8	46.0	12.1	0.3	0.014	0.5
Tersane	444.4	18.5	464.2	0.5	4.5	16.1	68.8	6.2	0.2	0.007	2.5
DS	347.4	35.8	282.9	1.1	5.0	3.9	52.3	9.8	0.3	0.013	0.9
Gerze	238.1	27.6	217.1	0.8	7.5	3.4	47.9	30.9	0.2	0.009	0.7
niceburun	25.6	12.5	39.5	0.5	3.3	3.3	48.1	25.2	0.4	0.006	0.3
KI 2016											
Karakum	118.9	12.9	224.9	0.3	2.0	4.5	106.7	28.9	0.5	0.009	0.5
Tersane	710.4	15.9	641.8	0.5	4.2	8.8	43.7	44.2	0.2	0.033	0.7
DS	193.2	7.3	210.3	0.2	1.5	2.5	42.6	9.3	0.3	0.014	0.3
Gerze	315.7	15.0	379.3	0.6	8.6	3.8	82.5	79.7	0.3	0.012	0.9
LKBAHAR 2016											
Türkeli 1	90.3	15.1	106.9	0.1	1.0	1.1	39.3	21.7	0.1	0.012	0.2
Karakum	263.1	10.5	302.7	0.2	2.4	1.9	23.6	12.0	0.1	0.015	0.5
Tersane	138.2	9.4	214.3	0.1	1.7	14.6	51.8	6.6	0.1	0.009	1.6
DS	215.4	12.1	183.7	0.3	2.3	1.9	35.2	29.0	0.1	0.011	0.8
Gerze	474.1	112.4	351.1	0.7	2.4	1.6	30.9	24.1	0.1	0.011	0.3
niceburun	169.6	8.9	171.3	0.4	2.4	1.3	29.4	13.5	0.3	0.007	0.3
YAZ 2016											
Türkeli 1	221.5	37.4	246.7	1.0	4.5	3.8	39.3	9.6	0.3	0.018	0.6
Aklıman	910.0	78.6	919.3	0.6	5.1	3.0	27.3	7.0	0.2	0.016	3.7
Karakum	189.7	38.0	230.6	0.3	2.7	2.5	43.9	6.4	0.2	0.015	0.5
DS	375.0	95.8	452.8	1.2	4.6	2.7	56.5	6.4	0.2	0.018	1.0
Gerze	823.5	75.1	753.1	1.3	7.9	4.0	20.1	9.9	0.2	0.030	1.4
niceburun	177.1	12.8	155.4	0.5	2.1	2.0	28.5	5.5	0.3	0.008	0.3

Çizelge 4.12.13. *Cystoseira crinita* türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TÜRKEK 1											
Ortalama (mg/kg)	403.8	45.7	331.5	0.7	5	3.4	53.5	14.9	0.2	0.014	0.6
Min-Mak	90.3-900	15.1-84.7	106.9-641.0	0.1-1.1	1-9.5	1.1-5.1	39.3-81.9	9.6-21.7	0.1-0.3	0.012-0.018	0.2-0.9
%95 Güven Aralı ı	0-895	5.5-86.0	18.1-645.0	0.1-1.4	0.2-9.8	1.0-5.7	25.7-81.3	7.9-21.9	0.1-0.4	0.011-0.018	0.2-0.9
AKL MAN											
Ortalama (mg/kg)	506.1	52.7	514.3	0.6	5.3	3.3	41.2	17.4	0.3	0.013	2.1
Min-Mak	102-910	26.8-78.6	109.4-919.3	0.5-0.6	5.1-5.6	3-3.6	27.3-55.1	7.0-27.8	0.2-0.3	0.011-0.016	0.6-3.7
%95 Güven Aralı ı	0-1300	1.9-103.5	0-1590	0.5-0.7	4.9-5.8	2.7-3.9	13.9-68.5	0-37.8	0.1-0.4	0.008-0.019	0-5.3
KARAKUM											
Ortalama (mg/kg)	164.5	20.6	21.91	0.3	2.7	2.9	55.1	14.9	0.3	0.013	0.5
Min-Mak	86.3-263.1	10.5-38.0	118.2-302.7	0.2-0.4	2-3.9	1.9-4.5	23.6-106.7	6.4-28.9	0.1-0.5	0.009-0.015	0.5
%95 Güven Aralı ı	87.4-241.6	8.4-32.8	144.6-293.6	0.2-0.4	2-3.5	1.8-4	19.9-90.2	5.3-24.4	0.1-0.4	0.011-0.016	0.5
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	431	14.6	440.1	0.4	3.5	13.2	54.8	19	0.1	0.016	1.6
Min-Mak	138.2-710.4	9.4-18.5	214.3-641.8	0.1-0.5	1.7-4.5	8.8-16.1	43.7-68.8	6.2-44.2	0.1-0.2	0.007-0.033	0.7-2.5
%95 Güven Aralı ı	107-755	9.3-19.9	197.1-683.1	0.1-0.6	1.8-5.2	8.8-17.6	40.3-69.3	0-43.7	0.1-0.2	0-0.033	0.6-2.6
DS											
Ortalama (mg/kg)	282.7	37.8	282.4	0.7	3.4	2.8	46.6	13.6	0.2	0.014	0.8
Min-Mak	193.2-375.0	7.3-95.8	183.7-452.8	0.2-1.2	1.5-5	1.9-3.9	35.2-56.5	6.4-29.0	0.1-0.3	0.011-0.018	0.3-1.0
%95 Güven Aralı ı	192.8-372.6	0-77.6	163.8-401.1	0.2-1.2	1.7-5	1.9-3.6	37.2-56.1	3.5-23.8	0.2-0.3	0.011-0.017	0.4-1.1

(Devamı arkada)

Çizelge 4.12.13. Devamı

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	462.8	57.5	425.1	0.8	6.6	3.2	45.3	36.1	0.2	0.015	0.8
Min-Mak	238.1-823.5	15.0-112.4	217.1-753.1	0.6-1.3	2.4-8.6	1.6-4	20.1-82.5	9.9-79.7	0.1-0.3	0.011-0.030	0.3-1.4
%95 Güven Aralı ı	208.3-717.4	13.6-101.4	199.9-650.3	0.5-1.2	3.9-9.3	2.1-4.3	18.6-72.1	6.4-65.8	0.1-0.3	0.006-0.025	0.4-1.3
NCEBURUN											
Ortalama (mg/kg)	124.1	11.4	122.1	0.4	2.6	2.2	35.3	14.7	0.3	0.007	0.3
Min-Mak	25.6-177.1	8.9-12.8	39.5-171.3	0.4-0.5	2.1-3.3	1.3-3.3	28.5-48.1	5.5-252	0.3-0.4	0.006-0.008	0.3
%95 Güven Aralı ı	27.4-220.7	8.9-13.9	40.7-203.5	0.4-0.5	1.9-3.3	1.0-3.3	22.8-47.8	3.5-260	0.3-0.4	0.006-0.008	0.3

Çizelge 4.2.14. *Cystoseira crinita* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	25.6	nceburun	Sonbahar	910	Akliman	Yaz
Mn	7.3	DS	Kı	112.4	Gerze	İkbahar
Fe	39.5	nceburun	Sonbahar	919.3	Akliman	Yaz
Co	0.1	Türkeli 1 ve DS	Sonbahar	1.3	Gerze	Yaz
Ni	1.0	Türkeli 1	İkbahar	9.5	Türkeli	Sonbahar
Cu	1.1	Türkeli 1	İkbahar	16.1	Tersane	Sonbahar
Zn	20.1	Gerze	Yaz	106.7	Karakum	Kı
As	5.5	nceburun	Yaz	79.7	Gerze	Kı
Cd	0.1	Türkeli 1, Karakum, Tersane, DS, Gerze	İkbahar	0.5	Karakum	Kı
Hg	0.006	nceburun	Sonbahar	0.033	Tersane	Kı
Pb	0.2	Türkeli 1	İkbahar	3.7	Akliman	Yaz

stasyonlara göre *C. crinita* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Türkeli 1: Hg<Cd<Pb<Co< Cu< Ni< As< Mn< Zn< Fe< Al

Akliman: Hg<Cd<Co<Pb<Cu<Ni<As<Zn<Mn<Al<Fe

Karakum: Hg<Cd=Co<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Al<Fe

Tersane: Hg<Cd<Co<Pb<Ni<Cu<Mn<As<Zn<Al<Fe

DS : Hg<Cd<Co<Pb<Cu<Ni<As<Mn<Zn<Fe<Al

Gerze: Hg<Cd<Pb<Co<Cu<Ni<As<Zn<Mn<Fe<Al

nceburun: Hg<Pb=Cd<Co<Cu<Ni<Mn<As<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Fe<Al eklindedir.

Aır metal konsantrasyonlarının mevsimlere ve istasyonlara baılı farklılıklarında, nceburun istasyonunda ölçülen Fe ve Tersane istasyonunda ölçülen Cu değerleri istasyonlar arası farklılık göstermekte, Zn, As ve Cd ise mevsimler arası farklılık göstermektedir (p 0.05).

Çizelge 4.2.15. *Cystoseira crinita* türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları

Elementler	stasyonlara ba lı	Mevsimlere ba lı
Al	p = 0.77	p = 0.25
Mn	p = 0.40	p = 0.11
Fe	p = 0.04*	p = 0.13
Co	p = 0.63	p = 0.12
Ni	p = 0.29	p = 0.17
Cu	p = 0.003*	p = 0.77
Zn	p = 0.90	p = 0.02*
As	p = 0.74	p = 0.02*
Cd	p = 0.90	p = 0.02*
Hg	p = 0.74	p = 0.18
Pb	p = 0.45	p = 0.85

*p < 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, ANOVA)

Ectocarpus spp.

Ectocarpus spp. türü epifit olup, ilkbahar mevsiminde Ayancık istasyonundan ve yaz mevsiminde Tersane istasyonundan analiz edilecek yo unlukta elde edilmi lerdir.

Çizelge 4.2.16. *Ectocarpus* spp. mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

stasyonlar	A ır metaller										
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
LKBAHAR 2016											
Ayancık	414.4	22.5	587.5	0.3	3.9	14.7	49.1	1.6	0.1	0.012	4.2
YAZ 2016											
Tersane	1674.8	27.2	1909.6	0.7	12.2	3.9	60	13	0.7	0.044	1.5

stasyonlara göre *Ectocarpus* spp. ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Ayancık: Hg<Cd<Co<As<Ni<Pb<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

Tersane: Hg<Co=Cd<Pb<Cu<Ni<As<Mn<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama de erlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe eklindedir.

Çizelge 4.2.17. *Ectocarpus* spp. elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	414.4	Ayancık	İkbahar	1674.8	Tersane	Yaz
Mn	22.5	Ayancık	İkbahar	27.2	Tersane	Yaz
Fe	587.5	Ayancık	İkbahar	1909.6	Tersane	Yaz
Co	0.3	Ayancık	İkbahar	0.7	Tersane	Yaz
Ni	3.9	Ayancık	İkbahar	12.2	Tersane	Yaz
Cu	3.9	Tersane	Yaz	14.7	Ayancık	İkbahar
Zn	49.1	Ayancık	İkbahar	60	Tersane	Yaz
As	1.6	Ayancık	İkbahar	13	Tersane	Yaz
Cd	0.1	Ayancık	İkbahar	0.7	Tersane	Yaz
Hg	0.012	Ayancık	İkbahar	0.044	Tersane	Yaz
Pb	1.5	Tersane	Yaz	4.2	Ayancık	İkbahar

ki mevsim arasındaki element konsantrasyonları arasında dikkate değer bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Gelidium crinale

G. crinale türünün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve istatistiksel karşılaştırmaları:

Çizelge 4.2.18. *Gelidium crinale* türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Ayancık	1917.6	552.8	1466.4	5.2	18.1	11.5	109.1	2.6	0.1	0.01	2.3
Tersane	205.5	10.9	285.3	0.1	2.2	12.9	86.4	2.3	0.1	0.01	0.8
DS	1431.0	37.8	1024.0	1	9.2	5.8	83.4	2.1	0.1	0.01	1.1
Gerze	870.5	53.2	762.4	1	14.7	8.4	125.1	5.9	0.1	0.02	1.8
YAZ 2016											
Tersane	299.4	35.5	528.3	0.4	6.1	19.7	103.2	2	0.1	0.01	4.2
DS	372	19.3	381.1	0.2	3.3	2.4	70.9	1.1	0.2	0.01	0.8

Çizelge 4.2.19. *Gelidium crinale* türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
AYANCIK											
Ortalama (mg/kg)	1917.6	552.8	1466.4	5.2	18.1	11.5	109.1	2.6	0.1	0.01	2.3
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	252.4	23.2	406.8	0.3	4.1	16.3	94.8	2.2	0.1	0.01	2.5
Min-Mak	205.5-299.4	10.9-35.5	285.3-528.3	0.1-0.4	2.2-6.1	12.9-19.7	86.4-103.2	2-2.3	0.1	0.01	0.8-4.2
%95 Güven Aralığı	160.4-344.4	0-47.3	168.7-644.9	0-0.6	0.3-8	9.6-23	78.4-111.3	1.8-2.5	0.1	0.01	0-5.7
DS											
Ortalama (mg/kg)	901.5	28.6	702.5	0.6	6.3	4.1	77.2	1.6	0.1	0.01	0.9
Min-Mak	372-1431	19.3-37.8	381.1-1024	0.2-1	3.3-9.2	2.4-5.8	70.9-83.4	1.1-2.1	0.1-0.2	0.01	0.8-1.1
%95 Güven Aralığı	0-1940	10.3-46.8	72.5-1332.5	0-1.3	0.5-12	0.7-7.5	65-89.4	0.7-2.5	0.1-0.2	0.01	0.6-1.3
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	870.5	53.2	762.4	1	14.7	8.4	125.1	5.9	0.1	0.02	1.8
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2.20. *Gelidium crinale* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	205.5	Tersane	Sonbahar	1917.6	Ayancık	Sonbahar
Mn	10.9	Tersane	Sonbahar	552.8	Ayancık	Sonbahar
Fe	285.3	Tersane	Sonbahar	1466.4	Ayancık	Sonbahar
Co	0.1	Tersane	Sonbahar	5.2	Ayancık	Sonbahar
Ni	2.2	Tersane	Sonbahar	18.1	Ayancık	Sonbahar
Cu	2.4	DS	Yaz	19.7	Tersane	Yaz
Zn	70.9	DS	Yaz	125.1	Gerze	Sonbahar
As	1.1	DS	Yaz	5.9	Gerze	Sonbahar
Cd	0.056	Tersane	Sonbahar	0.163	DS	Yaz
Hg	0.008	DS	Sonbahar	0.021	Gerze	Sonbahar
Pb	0.8	DS	Yaz	4.2	Tersane	Yaz

stasyonlara göre *G. crinale* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Ayancık: Hg<Cd<Pb<As<Co<Cu<Ni<Zn<Mn<Fe<Al

Tersane: Hg<Cd<Co<As<Pb<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

DS : Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Mn<Zn<Fe<Al

Gerze: Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Mn<Zn<Fe<Al sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al eklindedir.

Laurencia obtusa

L. obtusa türü Mayıs ayında Karakum istasyonundan elde edilmiştir. Bu türün ortalamaları ve iz element düzeyleri:

Çizelge 4.2.21. *Laurencia obtusa* türünün ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
LKBAHAR 2016											
Karakum	346.7	11	402.4	0.1	2.9	5.8	41.1	1.6	0.2	0.011	0.9

Karakum istasyonunda *L. obtusa* türünün ortama iz element düzeyleri incelendi inde; Hg<Co<Cd<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Padina pavonica

P. pavonica türü yaz örneklemesinde Akliman, Karakum ve DSi istasyonlarından alınmıştır.

Çizelge 4.2.22. *Padina pavonica* türünün ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
YAZ 2016											
Akliman	734.9	125.8	938.3	0.5	2.7	2.3	38.6	2.5	0.3	0.007	4.7
Karakum	1180.9	46.5	1541.8	0.8	3	4.1	47.2	3.2	0.5	0.017	1
DS	3481	160.7	3247.8	1.6	6.4	4.8	60.8	3.8	0.3	0.026	2.6

Çizelge 4.2.23. *Padina pavonica* türünde elementlerin istasyonlara göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Maksimum	stasyon
Al	734.9	Akliman	3481	DS
Mn	46.5	Karakum	160.7	DS
Fe	938.3	Akliman	3247.8	DS
Co	0.5	Akliman	1.6	DS
Ni	2.7	Akliman	6.4	DS
Cu	2.3	Akliman	4.8	DS
Zn	38.6	Akliman	60.8	DS
As	2.5	Akliman	3.8	DS
Cd	0.32	DS	0.5	Karakum
Hg	0.007	Akliman	0.026	DS
Pb	1	Karakum	4.7	Karakum

stasyonlara göre *P. pavonica* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Karakum: Hg<Cd<Co<Pb<Ni<As<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

DS : Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Zn<Mn<Fe<Al

Akliman: Hg<Cd<Co<Cu<As<Ni<Pb<Zn<Mn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Zn<Mn<Al<Fe şeklindedir.

Elementlerin ortalama değerlerinin istasyonlar arasında istatistiksel farkı yoktur (p>0.05).

Polysiphonia fucooides

P. fucooides türü sadece kış ve yaz mevsimlerinde analiz edilecek miktarda elde edilmiştir.

Element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve istasyonlara göre iz element düzeyleri:

Çizelge 4.2.24. *Polysiphonia fucooides* türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Kİ 2016											
DS	5043.9	53.7	3106.5	1.2	7	9.7	190.6	3.1	0.4	0.019	2.3
YAZ 2016											
Akliman	1248	203.9	1092.4	0.9	6.5	9	82.3	2.7	0.8	0.028	5.5
DS	798.6	37.7	701.6	0.5	3.6	3.9	116	2.1	0.4	0.014	1.2

Çizelge 4.2.25. *Polysiphonia fucooides* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	798.6	DS	Yaz	5043.9	DS	K1
Mn	37.7	DS	Yaz	203.9	Akliman	Yaz
Fe	701.6	DS	Yaz	3106.5	DS	K1
Co	0.5	DS	Yaz	1.2	DS	K1
Ni	3.6	DS	Yaz	7	DS	K1
Cu	3.9	DS	Yaz	9.7	DS	K1
Zn	82.3	Akliman	Yaz	190.6	DS	K1
As	2.1	DS	Yaz	3.1	DS	K1
Cd	0,37	DS	K1	0.8	Akliman	Yaz
Hg	0.014	DS	Yaz	0.028	Akliman	Yaz
Pb	1.2	DS	Yaz	5.5	Akliman	Yaz

stasyonlara göre *P. fucooides* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Akliman: Hg<Cd<Co<As<Pb<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al

DS : Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise;

Hg<Cd<Co<As<Pb<Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al şeklindedir.

DS istasyonunda metal konsantrasyonlarının mevsimler üzerinde istatistiksel bir farkı bulunmamaktadır ($p > 0.05$).

Scytosiphon lomentaria

S. lomentaria Karakum istasyonundan k1 ve ilkbahar aylarında örneklenmiştir.

Element konsantrasyonlarının mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve iz element düzeyleri:

Çizelge 4.2.26. *Scytosiphon lomentaria* türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
KI 2016											
Karakum	1286.6	24	2457.7	0.8	4.1	5.1	221	7.1	0.3	0.007	1.4
LKBAHAR 2016											
Karakum	499.3	9.6	1064.7	0.3	5.5	7	348	7.3	0.5	0.013	1.3

Çizelge 4.2.27. *Scytosiphon lomentaria* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	Mevsim	Maksimum	Mevsim
Al	499.3	lkbahar	1286.6	K1
Mn	9.6	lkbahar	24	K1
Fe	1064.7	lkbahar	2457.7	K1
Co	0.3	lkbahar	0.8	K1
Ni	4.1	K1	5.5	lkbahar
Cu	5.1	K1	7	lkbahar
Zn	221	K1	348	lkbahar
As	7.1	K1	7.3	lkbahar
Cd	0.3	K1	0.5	lkbahar
Hg	0.007	K1	0.013	lkbahar
Pb	1.3	lkbahar	1.4	K1

Elementlerin Karakum istasyonundaki konsantrasyonları mevsimsel olarak istatistiksel bir farklılık göstermemektedir ($p > 0.05$).

S. lomentaria türünün ortalama iz element düzeyleri incelendiğinde; Hg<Cd<Co<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Ulva flexuosa

U. flexuosa türü Türkeli 2, Akliman ve DS istasyonlarından toplanmıştır. *U. flexuosa* türünün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve istatistiksel karşılaştırmaları:

Çizelge 4.2.28. *Ulva flexuosa* türünün mevsimsel ortalama metal konsantrasyonları (mg/kg)

A ır metalller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
KI 2016											
Akliman	687.7	5.7	500.5	0.1	1.2	1	49.7	0.6	0.02	0.007	12.7
LKBAHAR 2016											
Türkeli 2	1726.3	937.9	2013.8	2.1	6.4	10.1	125.6	2.8	0.04	0.029	1.8
DS	582.4	11.9	637.3	0.2	1.2	1.	25.5	1	0.03	0.010	0.6
YAZ 2016											
Akliman	1605.7	30.2	1218.5	0.5	2.8	2.9	71	1.6	0.05	0.014	9.1

Çizelge 4.2.29. *Ulva flexuosa* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	582.4	DS	lkbahar	1726.3	Türkeli 2	lkbahar
Mn	5.7	Akliman	K1	937.9	Türkeli 2	lkbahar
Fe	500.5	Akliman	K1	2013.8	Türkeli 2	lkbahar
Co	0.1	Akliman	K1	2.1	Türkeli 2	lkbahar
Ni	1.19	Akliman	K1	6.4	Türkeli 2	lkbahar
Cu	0.96	DS	lkbahar	10.1	Türkeli 2	lkbahar
Zn	25.5	DS	lkbahar	125.6	Türkeli 2	lkbahar
As	0.6	Akliman	K1	2.8	Türkeli 2	lkbahar
Cd	0.02	Akliman	K1	0.05	Türkeli 2	lkbahar
Hg	0.007	Akliman	K1	0.029	Türkeli 2	lkbahar
Pb	0.6	DS	lkbahar	12.7	Akliman	K1

stasyonlara göre *U. flexuosa* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Türkeli 2: Hg<Cd<Pb<Co<As<Ni<Cu<Zn<Mn<Al<Fe

Akliman: Hg<Cd<Co<As<Cu<Ni<Pb<Mn<Zn<Fe<Al

DS : Hg<Cd<Co<Pb<Cu<As<Ni<Mn<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<As<Ni<Cu<Pb<Zn<Mn<Fe<Al eklindedir.

stasyonlar arasındaki metal konsantrasyonlarının istatistiksel farklılığı bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Ulva intestinalis

U. intestinalis türünün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve istatistiksel farklılıkları:

Çizelge 4.2.30. *Ulva intestinalis* türünün mevsimsel olarak metal konsantrasyonları (mg/kg)

stasyonlar	Ağır metaller										
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
KI 2016											
Karakum	858.5	14.5	1289.0	0.3	2.9	4.2	268.6	2.4	0.3	0.010	1.7
LKBAHAR 2016											
Türkeli 1	618.7	18.1	572.3	0.2	1.5	3.1	53.9	1.9	0.04	0.012	0.5
Ayancık	950.5	23.7	1223	0.4	4.2	2.5	62.9	2.7	0.1	0.031	0.6
niceburun	1267	28.6	1408.5	0.5	3.1	1.6	16.6	1.2	0.1	0.012	0.7
YAZ 2016											
Türkeli 1	1414	71.7	1592.4	0.7	3.6	3.7	41.7	2.2	0.2	0.015	1.1
Aklıman	490.5	38.9	526.6	0.2	1.7	2.4	98.6	2.1	0.1	0.022	2
Karakum	2080	48.7	2679.3	0.9	2.8	5.1	55.8	2.3	0.2	0.019	1.3
niceburun	2027	66.8	2751.8	1.1	5.7	3.4	24.9	1.9	0.1	0.015	1.4

Çizelge 4.2.31. *Ulva intestinalis* türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TÜRKEKEL 1											
Ortalama (mg/kg)	1016	44.9	1082.4	0.4	2.6	3.4	47.8	2.1	0.1	0.014	0.8
Min-Mak	618-1414	18.1-71.7	572-1592	0.2-0.7	1.5-3.6	3.1-3.7	41.7-53.9	1.9-2.2	0.04-0.2	0.012-0.015	0.5-1.1
%95 Güven Aralığı	237.2-1795	0-97.5	83-2082	0-1	0.5-4.6	2.9-4	35.8-59.8	1.8-2.3	0-0.2	0.011-0.016	0.2-1.4
AYANCIK											
Ortalama (mg/kg)	950.5	23.7	1223	0.4	4.2	2.5	62.9	2.7	0.1	0.031	0.6
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AKL MAN											
Ortalama (mg/kg)	490.5	38.9	526.6	0.2	1.7	2.4	98.6	2.1	0.1	0.022	2
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KARAKUM											
Ortalama (mg/kg)	1469	31.6	1984	0.6	2.9	4.6	162.2	2.4	0.2	0.014	1.5
Min-Mak	859-2080	14.5-48.7	1289-2679	0.3-0.9	2.8-2.9	4.1-5.1	55.8-268.6	2.3-2.4	0.2-0.3	0.010-0.019	1.3-1.7
%95 Güven Aralığı	272.4-2666	0-67.1	622-3347	0-1.2	2.7-3	3.8-5.5	0-417.1	2.3-2.4	0.1-0.3	0.006-0.023	1.1-1.9
NCEBURUN											
Ortalama (mg/kg)	1647	47.7	2080.2	0.8	4.4	2.5	20.8	1.6	0.1	0.014	1
Min-Mak	1267-2027	28.6-66.8	1409-2752	0.5-1.1	3.1-5.7	1.6-3.4	16.6-24.9	1.2-1.9	0.1	0.012-0.015	0.7-1.4
%95 Güven Aralığı	902.7-2392	10.3-85.1	764-3397	0.1-1.4	1.8-6.9	0.8-4.2	12.6-28.9	0.8-2.3	0.1	0.011-0.016	0.3-1.7

Çizelge 4.2.32. *Ulva intestinalis* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	490.5	Akliman	Yaz	2080	Karakum	Yaz
Mn	14.5	Karakum	Kı	71.7	Türkeli 1	Yaz
Fe	526.6	Akliman	Yaz	2751.8	nceburun	Yaz
Co	0.2	Türkeli 1 ve Akliman	İkbahar ve Yaz	1.1	nceburun	Yaz
Ni	1.5	Türkeli 1	İkbahar	5.7	nceburun	Yaz
Cu	1.6	nceburun	İkbahar	5.1	Karakum	Yaz
Zn	16.6	nceburun	İkbahar	268.6	Karakum	Kı
As	1.2	nceburun	İkbahar	2.7	Ayancık	İkbahar
Cd	0.04	Türkeli 1	İkbahar	0.3	Karakum	Kı
Hg	0.01	Karakum	Kı	0.031	Ayancık	İkbahar
Pb	0.5	Türkeli 1	İkbahar	2	Akliman	Yaz

stasyonlara göre *U. intestinalis* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Türkeli 1: Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

Ayancık: Hg<Cd<Co<Pb<Cu<As<Ni<Mn<Zn<Al<Fe

Akliman: Hg<Cd<Co<Ni<Pb<As<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

Karakum: Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

nceburun: Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Zn<Mn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe şeklindedir.

Çizelge 4.2.33. *Ulva intestinalis* türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere bağlı farklılıkları

Elementler	stasyonlara bağı	Mevsimlere bağı
Al	p = 0.66	p = 0.45
Mn	p = 0.09	p = 0.46
Fe	p = 0.060	p = 0.49
Co	p = 0.76	p = 0.32
Ni	p = 0.53	p = 0.89
Cu	p = 0.27	p = 0.47
Zn	p = 0.61	p = 0.01*
As	p = 0.21	p = 0.89
Cd	p = 0.42	p = 0.10
Hg	p = 0.13	p = 0.84
Pb	p = 0.26	p = 0.09

*p < 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, ANOVA)

U. intestinalis türünde mevsimlere ba lı olarak k ı mevsiminde Karakum istasyonundan ölçülen Zn konsantrasyonu istatistiksel olarak fark göstermektedir (p 0.05).

Ulva lactuca

U. lactuca türü Tersane ve Türkeli 1 istasyonlarında sonbahar ve k ı mevsimlerinde elde edilmi tir. Bu türün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri ve istatistiksel kar ıla tırmaları:

Çizelge 4.2.34. *Ulva lactuca* türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

A ır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Tersane	50.3	2.7	101.7	Belirlenemedi*	0.2	1.9	20.2	0.4	0.02	0.002	0.4
KI 2016											
Türkeli 1	376.5	44.7	465.3	0.5	3.5	3	44.8	0.8	0.05	0.008	0.6

*Saptama sınırının altında bulunmu tur.

Çizelge 4.2.35. *Ulva lactuca* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	50.3	Tersane	Sonbahar	376.5	Türkeli	Kı
Mn	2.7	Tersane	Sonbahar	44.7	Türkeli	Kı
Fe	101.7	Tersane	Sonbahar	465.3	Türkeli	Kı
Co	<0.000	Tersane	Sonbahar	0.5	Türkeli	Kı
Ni	0.2	Tersane	Sonbahar	3.5	Türkeli	Kı
Cu	1.9	Tersane	Sonbahar	3	Türkeli	Kı
Zn	20.2	Tersane	Sonbahar	44.8	Türkeli	Kı
As	0.4	Tersane	Sonbahar	0.8	Türkeli	Kı
Cd	0.02	Tersane	Sonbahar	0.05	Türkeli	Kı
Hg	0.002	Tersane	Sonbahar	0.008	Türkeli	Kı
Pb	0.4	Tersane	Sonbahar	0.6	Türkeli	Kı

ki istasyonun element konsantrasyonları kar ıla tırdı nda Al, Mn, Fe ve Zn düzeyleri arasında istatistiksel fark gözlenmi tir (p<0.05).

U. lactuca türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde; Hg=Cd<Co=Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Ulva linza

U. linza türünün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri ve istatistiksel karılaştırmaları:

Çizelge 4.2.36. *Ulva linza* türünün mevsimsel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Ayancık	310.7	12.4	319.2	0.1	1.7	3.5	68.2	0.6	0.046	0.009	0.5
KI 2016											
Ayancık	950.6	8.8	831.3	0.3	3	3.9	165.1	4.8	0.148	0.027	0.6
Tersane	885.5	6.4	996.9	0.2	1.7	5	80.7	3.6	0.42	0.006	1.7
DS	1114	13.7	933.9	0.4	2.5	3.4	167.1	2.7	0.540	0.009	0.9
LKBAHAR 2016											
Karakum	1886	28.4	2091.8	0.7	1.6	2.9	35.4	3	0.93	0.48	0.8
Tersane	344.8	7.3	328.4	0.00	0.8	7.6	68.3	1.8	0.037	0.007	1.4
DSi	649.6	13.2	593.1	0.2	1.7	2.3	42.8	2.1	0.044	0.013	1.8
Gerze	1757	162.0	1882.7	0.9	5	2.6	55.3	2.2	0.061	0.021	1.7
nceburun	455.8	12.5	597.9	0.2	1.5	1.2	33.8	0.7	0.043	0.012	0.4
YAZ 2016											
Ayancık	2466	74.4	3039.3	1.4	9.4	3.6	42.9	1.4	0.108	0.030	1.5
DS	779.9	38.5	871.4	0.3	2.1	2.4	85.9	1.4	0.083	0.016	1.1
Gerze	1176	59.8	1198.9	0.8	2.8	3	44.8	1.5	0.113	0.023	2.5

Çizelge 4.2.37. *Ulva linza* türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
AYANCIK											
Ortalama (mg/kg)	1242.3	31.9	1397	0.6	4.7	3.6	92.1	2.3	0.1	0.022	0.9
Min-Mak	311-2466	8.8-74.4	319.2-3040	0.1-1.4	1.7-9.4	3.5-3.9	42.9-165.1	0.6-4.8	0.05-0.1	0.009-0.030	0.5-1.5
%95 Güven Aralığı	0-2495	0-73.6	0-3030	0-1.4	0-9.4	3.4-3.8	19.1-165.1	0-4.8	0.04-0.2	0.009-0.035	0.2-1.5
KARAKUM											
Ortalama (mg/kg)	1886.4	28.4	2091.8	0.67	1.6	2.9	35.4	3	0.093	0.048	0.8
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	615	6.8	663	0.1	0.1	1.3	6.3	74.5	2.7	0.04	1.6
Min-Mak	345-886	6.4-7.3	328-1000	0.04-0.2	0.04-0.2	0.8-1.7	5-7.6	68.3-80.7	1.8-3.6	0.037-0.042	1.4-1.7
%95 Güven Aralığı	85.3-1145	5.9-7.8	7.6-1318	0-0.27	0-0.27	0.4-2.1	3.7-8.9	62.3-86.7	0.9-4.5	0.035-0.044	1.3-1.9
DS											
Ortalama (mg/kg)	848	21.8	800	0.3	2.1	2.7	98.6	2.1	0.2	0.01	1.3
Min-Mak	650-1114	13.2-38.5	593-934	0.2-0.4	1.7-2.5	2.3-3.4	42.8-167.1	1.4-2.7	0.04-0.5	0.01-0.02	0.9-1.8
%95 Güven Aralığı	577-1119	5.4-38.1	594-1005	0.2-0.4	1.6-2.6	2-3.4	27.2-170	1.3-2.8	0-0.5	0.01-0.02	0.8-1.8
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	1467	110.9	1541	0.9	3.9	2.8	50.1	1.9	0.09	0.022	2.1
Min-Mak	1176-1757	59.8-162.0	1199-1883	0.8-0.9	2.8-5	2.6-3	44.8-55.3	1.5-2.2	0.06-0.11	0.021-0.023	1.7-2.5
%95 Güven Aralığı	898-2035	10.8-211.1	871-2211	0.7-1	1.7-6.1	2.4-3.2	39.8-60.3	1.1-2.6	0.04-0.14	0.020-0.024	1.3-2.8
NCEBURUN											
Ortalama (mg/kg)	455.8	12.5	597.9	0.2	1.5	1.2	33.8	0.7	0.043	0.012	0.4
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2.38. *Ulva linza* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	310.7	Ayancık	Sonbahar	2465.6	Ayancık	Yaz
Mn	6.4	Tersane	K1	162	Gerze	lkbahar
Fe	319.2	Ayancık	Sonbahar	3039.3	Ayancık	Yaz
Co	0.04	Tersane	lkbahar	1.36	Ayancık	Yaz
Ni	1.7	DS	lkbahar	2.8	Gerze	Yaz
Cu	1.2	nceburun	lkbahar	7.6	Tersane	lkbahar
Zn	33.8	nceburun	lkbahar	167.1	DS	K1
As	0.6	Ayancık	Sonbahar	4.8	Ayancık	K1
Cd	0.037	Tersane	lkbahar	0.54	DS	K1
Hg	0.006	Tersane	K1	0.048	Karakum	lkbahar
Pb	0.4	nceburun	lkbahar	2.5	Gerze	Yaz

stasyonlara göre *U. linza* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Ayancık: Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Mn<Zn<Al<Fe

Karakum: Hg<Cd<Co<Pb<Ni<Cu<As<Mn<Zn<Al<Fe

Tersane: Hg=Cd<Co<Ni<Pb<As<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

DS : Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Fe<Al

Gerze: Hg<Cd<Co<As<Pb<Cu<Ni<Zn<Mn<Al<Fe

nceburun: Hg=Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Mn<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise;

Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe eklindedir.

Çizelge 4.2.39. *Ulva linza* türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere bağlı farklılıkları

Elementler	stasyonlara ba lı	Mevsimlere ba lı
Al	p = 0.56	p = 0.54
Mn	p = 0.20	p = 0.71
Fe	p = 0.67	p = 0.49
Co	p = 0.47	p = 0.29
Ni	p = 0.62	p = 0.46
Cu	p = 0.01*	p = 0.90
Zn	p = 0.75	p = 0.01*
As	p = 0.86	p = 0.01*
Cd	p = 0.82	p = 0.31
Hg	p = 0.03*	p = 0.72
Pb	p = 0.16	p = 0.36

*p 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, ANOVA)

U. linza türünde mevsimlere ba lı olarak ilkbahar mevsiminde Zn ve As konsantrasyonları istatistiksel olarak farklılık göstermi tir. Cu ise istasyonlar arasında farklılık göstermi tir (p 0.05).

Ulva rigida

U. rigida türünün element konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum de erleri ve istatistiksel kar ıla tırmaları:

Çizelge 4.2.40. *Ulva rigida* türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

A ır metalller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Türkeli 1	26.1	10.4	70.9	0.2	2.4	4.1	114.4	0.7	0.1	0.004	0.5
Akliman	7.3	1.4	12.4	Belirlenemedi*	0.9	1.8	18.1	0.7	0.1	0.002	0.1
Gerze	1110.9	35.0	1156.2	0.4	3.8	3.9	167.2	1.7	0.4	0.009	1.7
KI 2016											
Tersane	282.9	17.3	309.8	0.2	2.1	5.3	104.8	2	0.1	0.012	5.9
DS	379.7	11.5	366.9	0.2	2.2	3.2	66.0	2.1	0.1	0.007	0.4
LKBAHAR 2016											
DSi	110.2	7.7	185.0	0.04	0.9	2.7	36.2	1.5	0.1	0.004	0.3
YAZ 2016											
Tersane	197.5	18.2	447.2	0.2	2.1	12.3	100.3	1.6	0.1	0.012	1.8
DS	218.7	23.0	313.2	0.2	1.8	2.9	85.8	1	0.1	0.009	0.5
nceburun	58.5	2.6	108.9	Belirlenemedi*	0.7	1.3	36.6	0.5	0.1	0.003	0.2

*Saptama sınırının altında bulunmu tur.

Çizelge 4.2.41. *Ulva rigida* türünün mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TÜRKEKEL 1											
Ortalama (mg/kg)	26.1	10.4	70.9	0.2	2.4	4.1	114.4	0.7	0.1	0.004	0.5
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AKL MAN											
Ortalama (mg/kg)	7.3	1.4	12.4	<0.000	0.9	1.8	18.1	0.7	0.1	0.002	0.1
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	240.2	17.7	378.5	0.2	2.1	8.8	102.5	1.8	0.1	0.012	3.8
Min-Mak	198-283	17.3-18.2	309.8-447.2	0.2	2.1	5.3-12.3	100.3-104.8	1.6-2	0.1	0.012	1.8-5.9
%95 Güven Aralığı	157-324	16.8-18.6	243.9-513.1	0.1-0.2	2-2.2	1.9-15.7	98.1-107	1.5-2.2	0.1	0.11-0.012	0-7.9
DS											
Ortalama (mg/kg)	236.2	14.1	288.4	0.1	1.6	3	62.7	1.5	0.1	0.007	0.4
Min-Mak	110-379	7.7-23	185-367	0.04-0.2	0.9-2.2	2.7-3.2	36.2-85.8	1-2.1	0.1	0.004-0.009	0.3-0.5
%95 Güven Aralığı	82.8-389	5-23.1	183-394	0-0.2	0.9-2.4	2.6-3.3	34.4-90.9	0.9-2.1	0.1	0.004-0.010	0.3-0.5
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	1111	35	1156	0.4	3.8	3.9	167.2	1.7	0.4	0.009	1.7
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NCEBURUN											
Ortalama (mg/kg)	58.5	2.6	108.9	<0.000	0.7	1.3	36.6	0.5	0.1	0.003	0.2
Min-Mak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%95 Güven Aralığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2.42. *Ulva rigida* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	7.3	Akliman	Sonbahar	1111	Gerze	Sonbahar
Mn	1.4	Akliman	Sonbahar	35	Gerze	Sonbahar
Fe	12.4	Akliman	Sonbahar	1156	Gerze	Sonbahar
Co	<0.00	Akliman	Sonbahar	0.4	Gerze	Sonbahar
Ni	0.7	nceburun	Yaz	3.8	Gerze	Sonbahar
Cu	1.3	nceburun	Yaz	5.3	Tersane	K1
Zn	18.1	Akliman	Sonbahar	167.2	Gerze	Sonbahar
As	0.5	nceburun	Yaz	2.1	DS	K1
Cd	0.061	Akliman ve DS	Sonbahar ve Yaz	0.370	Gerze	Sonbahar
Hg	0.002	Akliman	Sonbahar	0.012	Tersane	K1
Pb	0.1	Akliman	Sonbahar	5.9	Tersane	K1

stasyonlara göre *U. rigida* türünün ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Türkeli 1: Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Al<Fe<Zn

Akliman: Co<Hg<Cd<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Al<Fe<Zn

Tersane: Hg<Cd<Co<As<Ni<Pb<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

DS : Hg<Cd=Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

Gerze: Hg<Cd<Co<Pb = As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe

nceburun: Co<Hg<Cd<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe sıralamasındadır.

Tüm istasyonların ortalama değerlere göre metallerin düzeyleri ise; Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Mn<Zn<Al<Fe eklindedir.

Çizelge 4.2.43. *Ulva rigida* türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere bağıllı farklılıkları

Elementler	stasyonlara bağıllı	Mevsimlere bağıllı
Al	p = 0.02*	p = 0.87
Mn	p = 0.15	p = 0.95
Fe	p = 0.02*	p = 0.96
Co	p = 0.09	p = 0.71
Ni	p = 0.21	p = 0.39
Cu	p = 0.39	p = 0.87
Zn	p = 0.06	p = 0.77
As	p = 0.29	p = 0.23
Cd	p = 0.04	p = 0.81
Hg	p = 0.12	p = 0.57
Pb	p = 0.42	p = 0.51

*p < 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, ANOVA)

U. rigida türünde istasyonlara ba lı olarak Al ve Fe de erleri istatistiksel olarak farklılık göstermi tir. Gerze istasyonunun de erleri oldukça yüksek çıkmı tır (p 0.05).

Zostera (Zostera) marina

Z. marina türüne sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde bataklık zemin yapısı olan Türkeli 2 istasyonunda rastlanılmı tır.

Element konsantrasyonlarının yaprak ve kök+rizom kısımlarına göre ortalamaları (mg/kg) ve mevsimlere göre farklılıkları:

Çizelge 4.2.44. *Zostera (Zostera) marina* türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

A ır metaller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Yaprak	2383.5	1265.2	1911.8	3	9.5	19.3	90.8	2.1	0.27	0.012	2.5
Kök+Rizom	5623.5	748.8	4236.2	3.6	14.4	24.8	107.2	3.7	0.19	0.022	4.3
LKBAHAR 2016											
Yaprak	1311.4	258.4	1527.5	1	5	8	138.7	1.9	0.03	0.022	1.2
Kök+Rizom	4291.4	140	4067.5	1.5	8.7	3.3	123.3	3.7	0.01	0.035	3.1

Çizelge 4.2.45. *Zostera (Zostera) marina* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)

Element	Minimum	Kısım	Mevsim	Maksimum	Kısım	Mevsim
Al	1311.4	Yaprak	lkbahar	5623.5	Kök+rizom	Sonbahar
Mn	140	Kök+rizom	lkbahar	1265.2	Yaprak	Sonbahar
Fe	1527.5	Yaprak	lkbahar	4236.2	Kök+rizom	Sonbahar
Co	1	Yaprak	lkbahar	3.6	Kök+rizom	Sonbahar
Ni	5	Yaprak	lkbahar	14.4	Kök+rizom	Sonbahar
Cu	3.3	Kök+rizom	lkbahar	24.8	Kök+rizom	Sonbahar
Zn	90.8	Yaprak	Sonbahar	138.7	Yaprak	lkbahar
As	1.9	Yaprak	lkbahar	3.7	Kök+rizom	Sonbahar/ lkbahar
Cd	0.01	Kök+rizom	lkbahar	0.27	Yaprak	Sonbahar
Hg	0.012	Yaprak	Sonbahar	0.035	Kök+rizom	lkbahar
Pb	1.2	Yaprak	lkbahar	4.3	Kök+rizom	Sonbahar

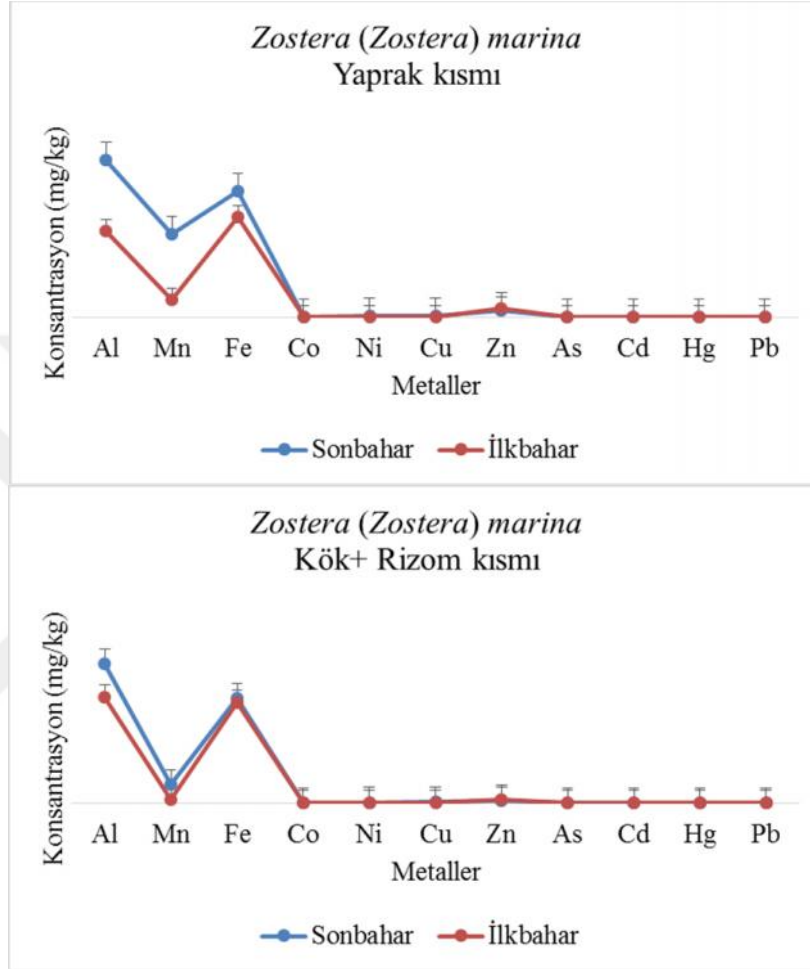
Çizelge 4.2.46. *Zostera (Zostera) marina* türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

Ağır metaller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Yaprak kısmı											
Ortalama (mg/kg)	1847.4	761.8	1719.7	2	7.3	13.6	114.8	2	0.1	0.017	1.9
Min-Mak	1311.4-2383.5	258.4-1265.2	1527.5-1911.8	1-3	5-9.5	8-19.3	90.8-138.7	1.9-2.1	0.03-0.3	0.012-0.022	1.2-2.5
%95 Güven Aralığı	797-2898	0-1748.4	1343.1-2096.3	0-4	2.8-11.7	2.5-24.7	67.8-161.7	1.8-2.2	0-0.4	0.007-0.027	0.6-3.1
Kök+Rizom kısmı											
Ortalama (mg/kg)	4957.4	444	4151	2	11.5	14	115.2	3.7	0.1	0.029	3.7
Min-Mak	4291-5624	140-749	4068-4236	1.5-3.6	8.7-14.4	3.3-24.8	107.2-123.3	3.7	0.01-0.19	0.022-0.035	3.1-4.3
%95 Güven Aralığı	3652-6263	0-1011	3987-4317	0.5-4.6	6-17.1	0-35.1	99.4-131.1	3.7-3.8	0.3	0.016-0.042	2.6-4.8

Z. marina türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarının ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Yaprak : Hg<Cd<Pb<As<Co<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al

Kök+rizom: Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al sıralamasındadır.



ekil 4.2.1. *Zostera (Zostera) marina* türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında ortalama a ır metal düzeylerinin da ılımı

Çizelge 4.2.47. *Zostera (Zostera) marina* türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının mevsimlere ba lı farklılı maları

Elementler	Mevsimlere ba lı
Al	p = 0.31
Mn	p = 0.04*
Fe	p = 0.44
Co	p = 0.01*
Ni	p = 0.11
Cu	p = 0.02*
Zn	p = 0.05*
As	p = 0.45
Cd	p = 0.01*
Hg	p = 0.14
Pb	p = 0.22

*p < 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, t-test)

Z. marina türünde, Mn, Co, Cu, Zn ve Cd konsantrasyonlarında mevsimlerin istatistiksel olarak etkisi bulunmaktadır (p < 0.05).

Zostera (Zosterella) noltei

Z. noltei türüne sonbahar, kış ve yaz mevsimlerinde kumlu zemin yapısı olan Akliman istasyonunda rastlanılmı tır.

Element konsantrasyonlarının yaprak ve kök+rizom kısımlarına göre ortalamaları (mg/kg) ve mevsimlere göre farklılıkları:

Çizelge 4.2.48. *Zostera (Zosterella) noltei* türünün mevsimsel a ır metal konsantrasyonları (mg/kg)

A ır metaller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Yaprak	996.7	790.2	759.4	2.5	3.5	4.8	98.4	0.9	0.5	0.006	2.7
Kök+Rizom	1527.1	677.4	1133.4	2.4	4.1	4.3	80.1	1.3	0.4	0.005	3.1
KI 2016											
Yaprak	7391.6	386.8	4218.0	1.8	7.4	7.6	82.3	2.5	0.7	0.020	4.1
Kök+Rizom	2157.9	100.6	5251.0	1.5	4.5	6	119.4	2.9	0.3	0.003	3.7
YAZ 2016											
Yaprak	1412.5	201.4	1734.5	0.9	2.9	3.3	53.2	1.3	0.3	0.010	2.8
Kök+Rizom	2479.4	240	3258.7	1.2	4	5.2	58	2.4	0.2	0.012	5.2

Çizelge 4.2.49. *Zostera (Zosterella) noltei* türünde elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (mg/kg)

Element	Minimum	Kısım	Mevsim	Maksimum	Kısım	Mevsim
Al	996.7	Yaprak	Sonbahar	7391.6	Yaprak	K ₁
Mn	100.6	Kök+Rizom	K ₁	790.2	Yaprak	Sonbahar
Fe	759.4	Yaprak	Sonbahar	5251	Kök+Rizom	K ₁
Co	0.9	Yaprak	Yaz	2.5	Yaprak	Sonbahar
Ni	2.9	Yaprak	Yaz	7.4	Yaprak	K ₁
Cu	3.3	Yaprak	Yaz	7.6	Yaprak	K ₁
Zn	53.2	Yaprak	Yaz	119.4	Kök+Rizom	K ₁
As	0.9	Yaprak	Sonbahar	2.9	Kök+Rizom	K ₁
Cd	0.2	Kök+Rizom	Yaz	0.7	Yaprak	K ₁
Hg	0.003	Kök+Rizom	K ₁	0.02	Yaprak	K ₁
Pb	2.7	Yaprak	Sonbahar	5.2	Kök+Rizom	Yaz

Çizelge 4.2.50. *Zostera (Zosterella) noltei* türünde elementlerin ortalama konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı farklılıkları

Elementler	Mevsimlere bağlı
Al	p = 0.29
Mn	p = 0.32
Fe	p = 0.28
Co	p = 0.47
Ni	p = 0.39
Cu	p = 0.48
Zn	p = 0.37
As	p = 0.20
Cd	p = 0.09
Hg	p = 0.17
Pb	p = 0.17

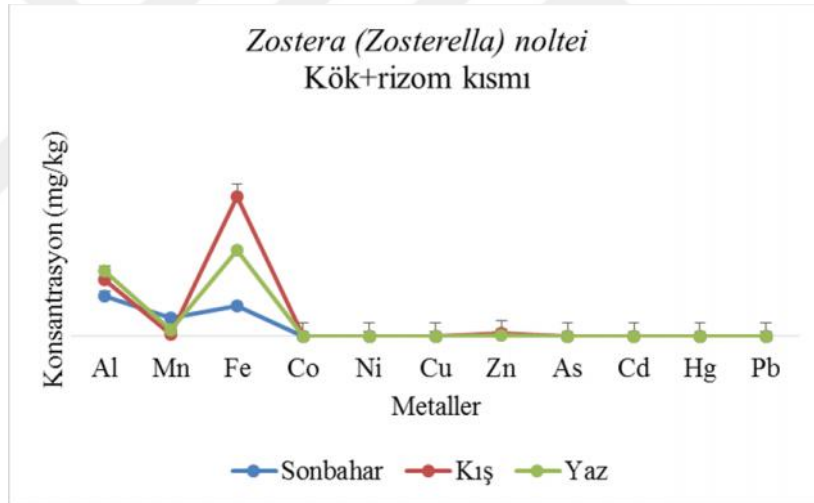
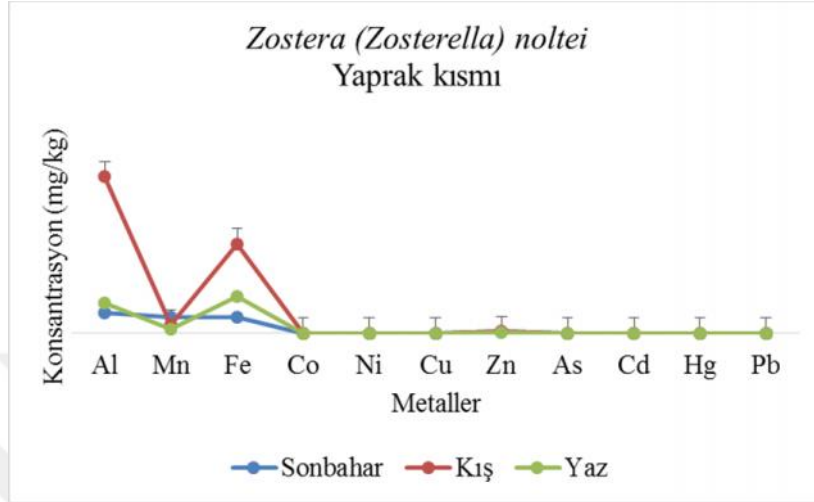
*p < 0,05 (Grup ortalamaları farklıdır) (α : 0,05, t-test)

Z. noltei türünde, elementlerin mevsimsel olarak istatistiksel farklılıkları yoktur (p<0.05).

Z. noltei türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarının ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Yaprak : Hg<Cd<As<Co<Pb<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al

Kök+rizom: Hg<Cd<Co<As<Pb<Ni<Cu<Zn<Mn<Al<Fe sıralamasındadır.



ekil 4.2.2. *Zostera (Zosterella) noltei* türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında ortalama a ır metal düzeylerinin da ılımı

Çizelge 4.2.51. *Zostera (Zosterella) noltei* türünün yaprak ve kök+rizom kısımlarında mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

Ağır metaller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Yaprak kısmı											
Ortalama (mg/kg)	3266.9	459.5	2237.3	1.7	4.6	5.2	78.0	1.6	0.5	0.012	3.2
Min-Mak	997-7392	201.4-790.2	759-4218	0.9-2.5	2.9-7.4	3.3-7.6	53.2-98.4	0.9-2.5	0.3-0.7	0.006-0.020	2.7-4.1
%95 Güven Aralığı	0-7316	118.8-800.1	219-4255	0.8-2.6	1.9-7.3	2.7-7.7	52-103.9	0.6-2.5	0.3-0.7	0.004-0.020	2.3-4.1
Kök+Rizom kısmı											
Ortalama (mg/kg)	2055	339.3	3214	1.7	4.2	5.2	85.8	2.2	0.3	0.007	4
Min-Mak	1527-2480	100.6-677.4	1133-5251	1.2-2.4	4-4.5	4.3-6	58-119.4	1.3-2.9	0.2-0.4	0.003-0.012	3.1-5.2
%95 Güven Aralığı	1507-2603	0-679.9	884-5544	1-2.4	3.9-4.5	4.2-6.1	50.6-121.1	1.3-3.1	0.2-0.4	0.002-0.012	2.7-5.3

4.3. Makroalglerde A ır Metallerin Türlere Göre Ortalama Düzeyleri

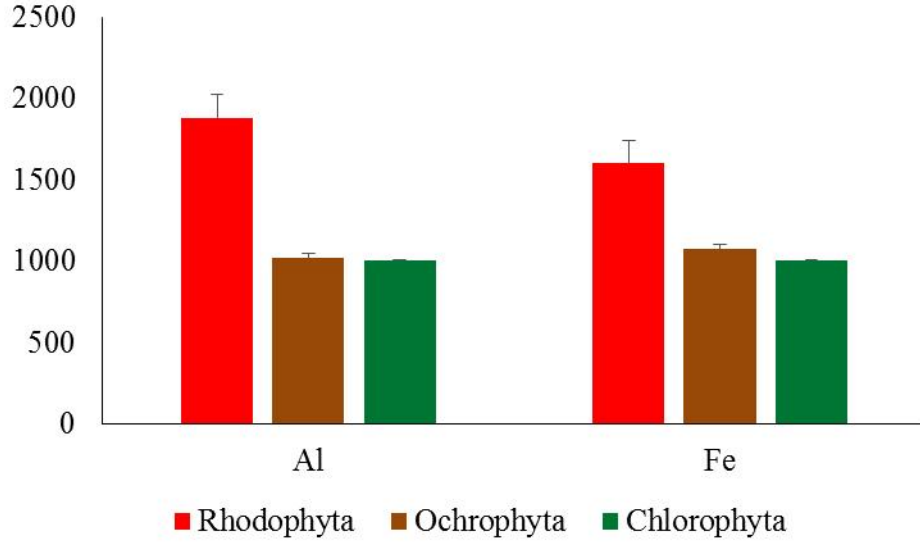
Çalı ma boyunca toplanan makroalglerin ortalama iz element düzeyleri Çizelge 4.3.1.'de verilmektedir.

Çizelge 4.3.1. Makroalglerin ortalama iz element düzeyleri (mg/kg)

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
<i>Ceramium spp.</i>	3362	86	2741	1.4	6.9	8.6	90	2.8	0.37	0.02	2.9
<i>Cladophora spp.</i>	2202	32	1788	0.7	5.2	7.4	291.3	5.6	1.19	0.02	2.4
<i>C. officinalis</i>	404	73	466	0.3	5.1	3.4	34.8	1.8	0.16	0.01	1.4
<i>C. barbata</i>	414	21	506	0.5	4.4	9.1	62.1	17.9	0.23	0.01	1.4
<i>C. crinita</i>	341	35	338	0.6	4.1	4.2	47	18.3	0.24	0.01	1
<i>Ectocarpus spp.</i>	1045	25	1249	0.5	8.1	9.3	54.5	7.3	0.41	0.03	2.9
<i>G. crinale</i>	932	107	782	1.3	9	9.5	94.5	2.6	0.11	0.01	1.7
<i>L. obtusa</i>	347	11	402	0.1	2.9	5.8	41.1	1.6	0.22	0.01	0.9
<i>P. pavonica</i>	1799	111	1909	1	4	3.7	48.9	3.2	0.38	0.02	2.8
<i>P. fucooides</i>	2363	98	1633	0.8	5.7	7.5	129.6	2.6	0.54	0.02	3
<i>S. lomentaria</i>	893	17	1761	0.5	4.8	6.1	284.5	7.2	0.42	0.01	1.3
<i>U. flexuosa</i>	1151	246	1093	0.7	2.9	3.7	68.0	1.5	0.03	0.02	6
<i>U. intestinalis</i>	1147	37	1402	0.5	3	3.3	75.2	2.1	0.11	0.02	1.1
<i>U. lactuca</i>	213	24	284	0.5	1.9	2.4	32.5	0.6	0.03	0.01	0.5
<i>U. linza</i>	1065	36	1140	0.5	2.8	3.4	74.2	2.2	0.11	0.02	1.3
<i>U. rigida</i>	266	14	330	0.2	1.9	4.2	81	1.3	0.12	0.01	1.2

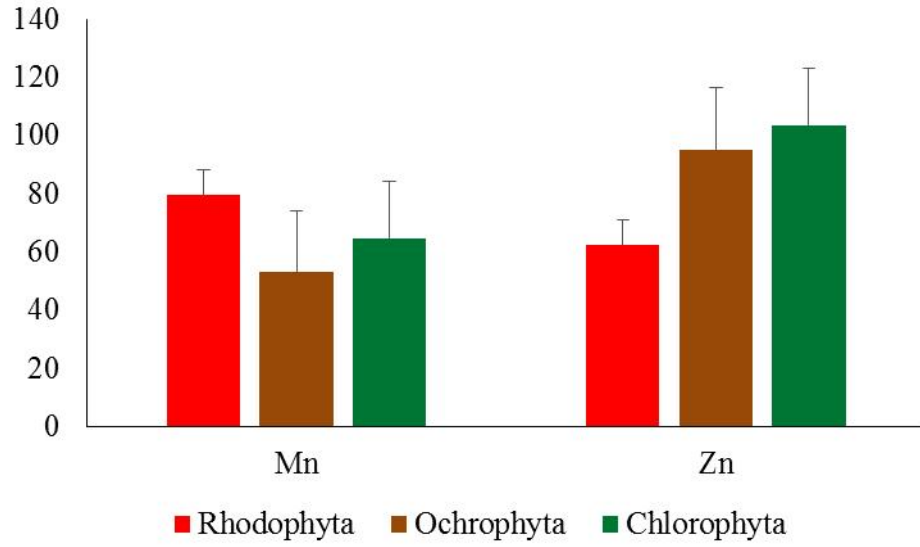
Makroalglerin divizyonlarına göre a ır metal konsantrasyonları Rhodophyta > Ochrophyta > Chlorophyta sıralamasındadır. Divizyonlarına göre a ır metal düzeyleri ekil 4.3.1.a,b,c,d gösterilmi tir.

Al	Rhodophyta > Ochrophyta > Chlorophyta
Fe	Rhodophyta > Ochrophyta > Chlorophyta
Mn	Rhodophyta > Chlorophyta > Ochrophyta
Zn	Chlorophyta > Ochrophyta > Rhodophyta
Ni	Rhodophyta > Ochrophyta > Chlorophyta
Cu	Ochrophyta > Rhodophyta > Chlorophyta
As	Ochrophyta > Rhodophyta > Chlorophyta
Pb	Rhodophyta > Chlorophyta > Ochrophyta
Co	Rhodophyta > Ochrophyta > Chlorophyta
Cd	Ochrophyta > Rhodophyta = Chlorophyta
Hg	Rhodophyta = Ochrophyta = Chlorophyta



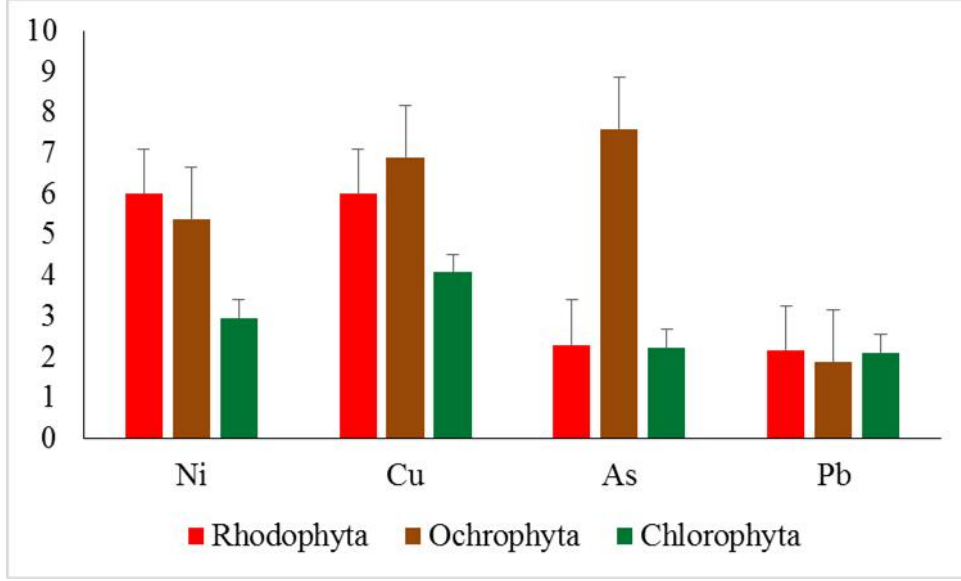
(a)

ekil 4.3.1.a. Divizyonlarına göre ağır metallerin ortalama düzey dağılımları



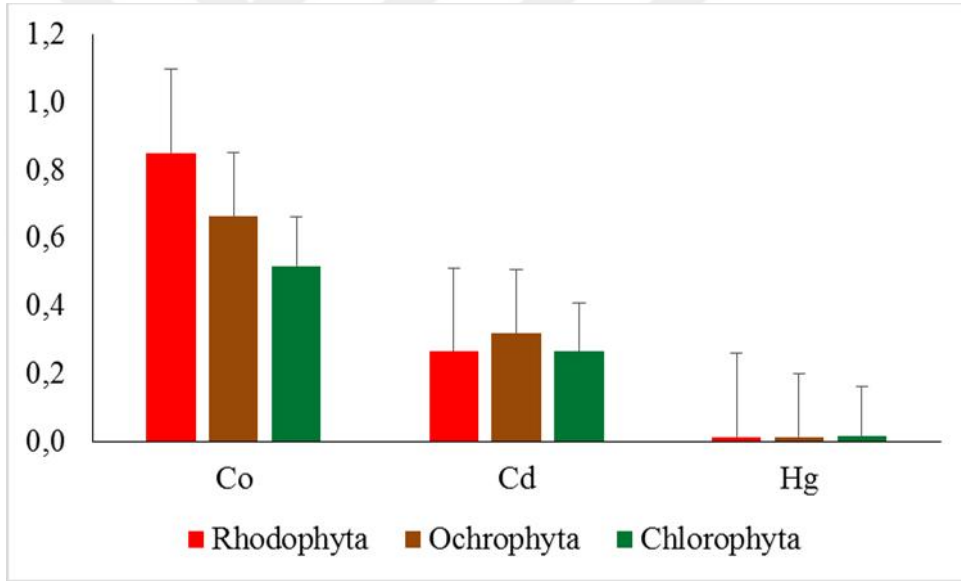
(b)

ekil 4.3.1.b. Divizyonlarına göre ağır metallerin ortalama düzey dağılımları



(c)

ekil 4.3.1.c. Divizyonlarına göre ağır metallerin ortalama düzey dağılımları

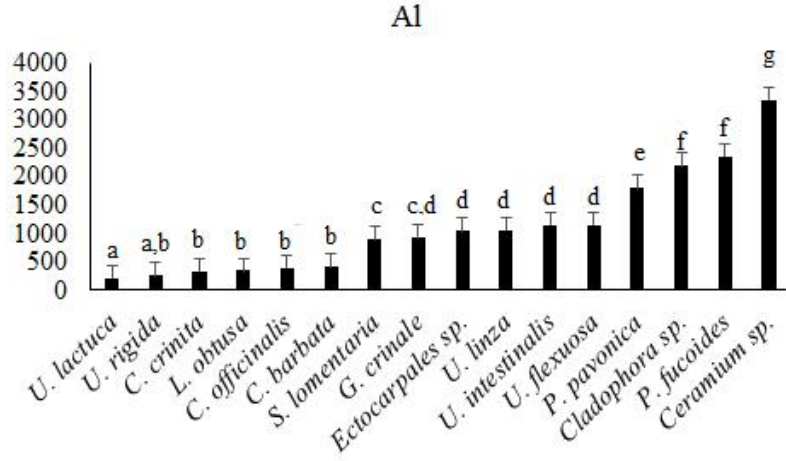


(d)

ekil 4.3.1.d. Divizyonlarına göre ağır metallerin ortalama düzey dağılımları

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalamaları alınıp, makroalgler tarafından absorbe edilen iz element düzeylerinin dağılım grafikleri minimumdan maksimuma doğru çizilmiştir.

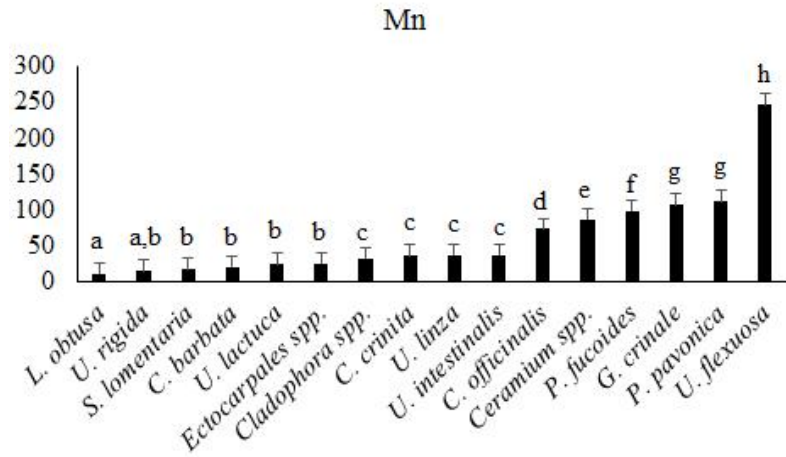
Alüminyum (Al)



ekil 4.3.2. Makroalglerin ortalama Al düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Al de erlerine göre, en az Al birikimi yapan 213 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla Al birikimi yapan ise 3362 mg/kg ile *Ceramium spp.*'dir.

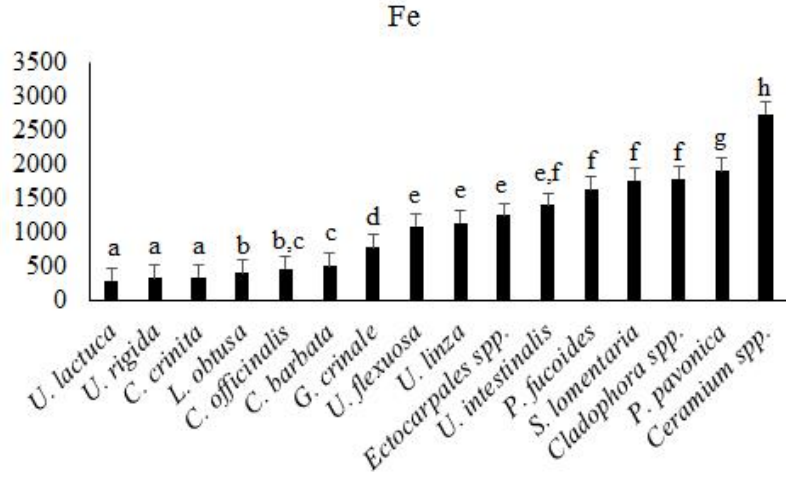
Manganez (Mn)



ekil 4.3.3. Makroalglerin ortalama Mn düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Mn de erlerine göre, en az Mn birikimi yapan 11 mg/kg ile *L. obtusa* türü, en fazla Mn birikimi yapan ise 246 mg/kg ile *U. flexuosa* türüdür.

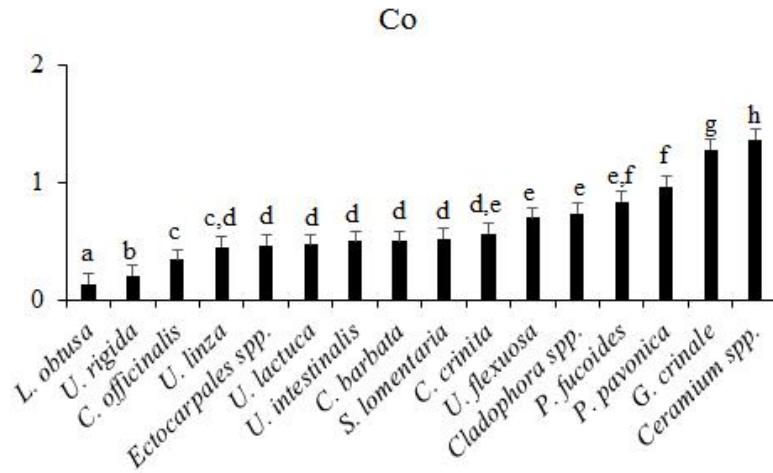
Demir (Fe)



ekil 4.3.4. Makroalglerin ortalama Fe düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Fe de erlerine göre, en az Fe birikimi yapan 284 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla Fe birikimi yapan ise 2741 mg/kg ile *Ceramium spp.*'dir.

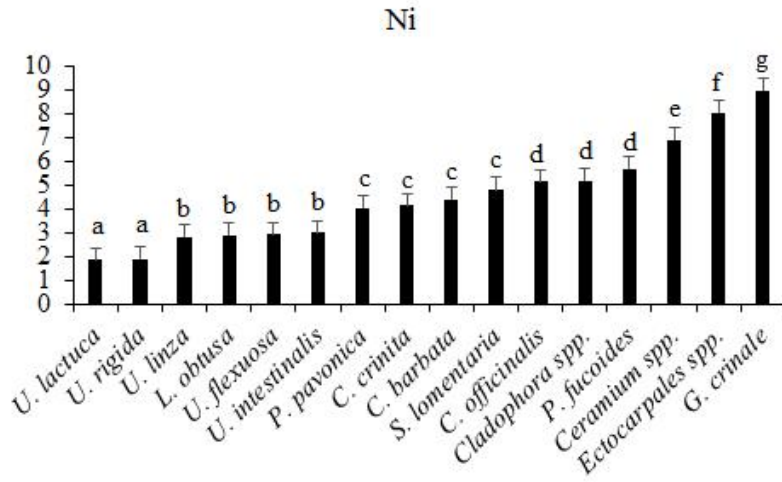
Kobalt (Co)



ekil 4.3.5. Makroalglerin ortalama Co düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Co de erlerine göre, en az Co birikimi yapan 0.1 mg/kg ile *L. obtusa* türü, en fazla Co birikimi yapan ise 1.4 mg/kg ile *Ceramium spp.*'dir.

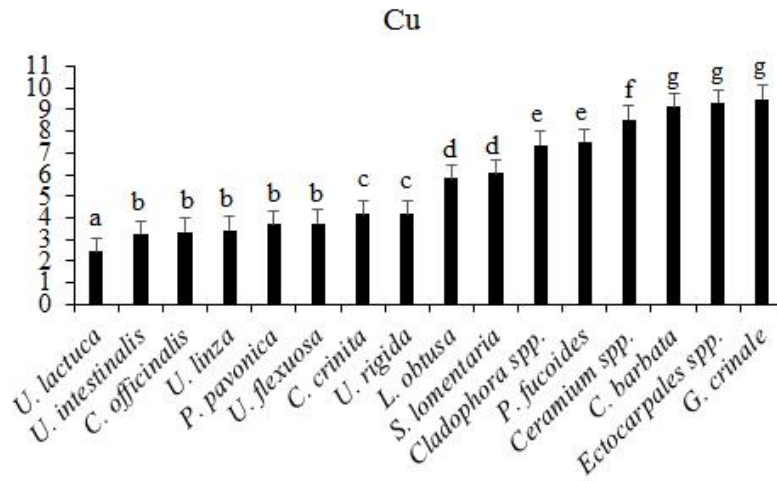
Nikel (Ni)



ekil 4.3.6. Makroalglerin ortalama Ni düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Ni de erlerine göre, en az Ni birikimi yapan 1.9 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla Ni birikimi yapan ise 9 mg/kg ile *G. crinale* türüdür.

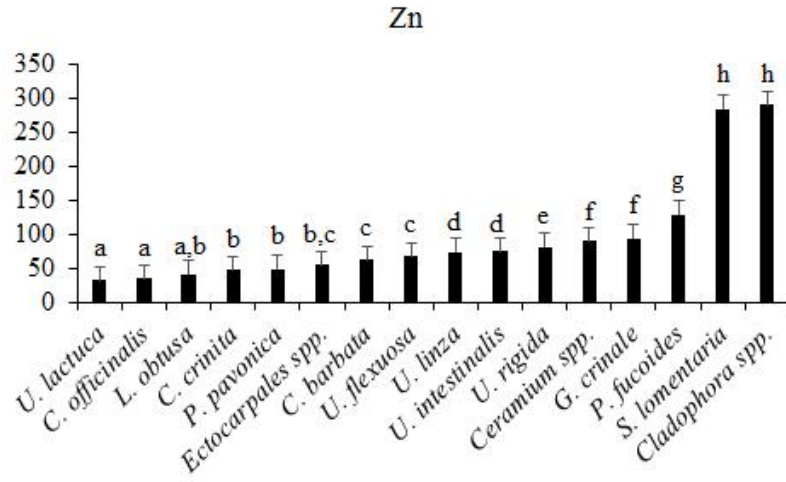
Bakır (Cu)



ekil 4.3.7. Makroalglerin ortalama Cu düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Cu de erlerine göre, en az Cu birikimi yapan 2.4 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla Cu birikimi yapan ise 9.5 mg/kg ile *G. crinale* türüdür.

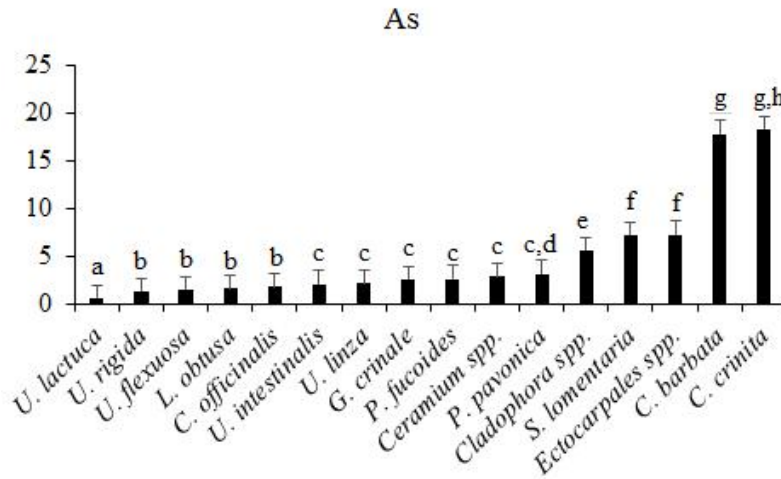
Çinko (Zn)



ekil 4.3.8. Makroalglerin ortalama Zn düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Zn de erlerine göre, en az Zn birikimi yapan 32.5 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla Zn birikimi yapan ise 291.3 mg/kg ile *Cladophora spp.*'dir.

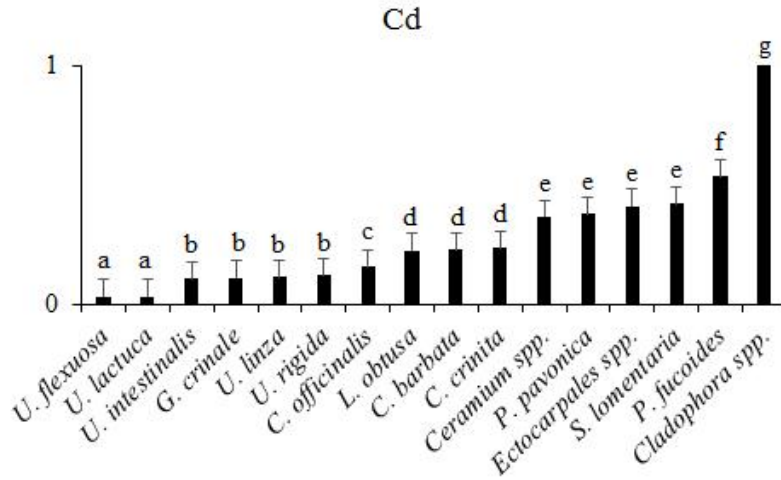
Arsenik (As)



ekil 4.3.9. Makroalglerin ortalama As düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama As de erlerine göre, en az As birikimi yapan 0.6 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla As birikimi yapan ise 18.3 mg/kg ile *C. crinita* türüdür.

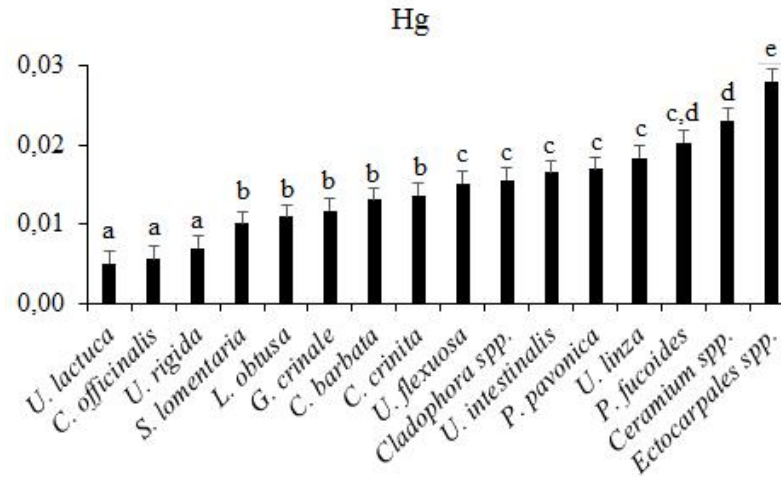
Kadmiyum (Cd)



ekil 4.3.10. Makroalglerin ortalama Cd düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Cd de erlerine göre, en az Cd birikimi yapan 0.03 mg/kg ile *U. flexuosa* türü, en fazla Cd birikimi yapan ise 1.19 mg/kg ile *Cladophora spp.*'dir.

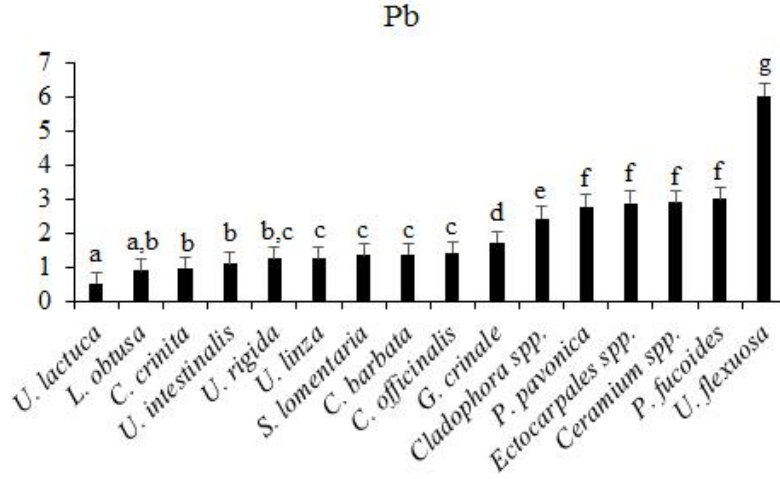
Cıva (Hg)



ekil 4.3.11. Makroalglerin ortalama Hg düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Hg de erlerine göre, en az Hg birikimi yapan 0.01 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla Hg birikimi yapan ise 0.03 mg/kg ile *Ectocarpus spp.*'dir.

Kur un (Pb)



ekil 4.3.12. Makroalglerin ortalama Pb düzey da ılımları
(Dikey çubukların üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak farklı olduklarını göstermektedir.)

Tüm istasyonların ve mevsimlerin ortalama Pb de erlerine göre, en az Pb birikimi yapan 2.15 mg/kg ile *U. lactuca* türü, en fazla Pb birikimi yapan ise 6 mg/kg ile *U. flexuosa* türüdür.

4.4. Deniz Sularında A ır Metal  erikleri

Deniz suyunun a ır metal de erleri mevsimsel olarak de erlendirilmi tir. Analiz sonuçlarına göre Al 0.004-0.354 mg/L; Mn 0.0004-0.022 mg/L; 0.008-0.517 mg/L; Co 0.0005-0.003 mg/L; 0.0001-0.0013 mg/L; Cu 0.0001-0.006 mg/L; Zn 0.015-0.133 mg/L; As 0.0001-0.001 mg/L; Cd 0.000008-0.0001 mg/L; Hg 0.0000005-0.00009 mg/L ve Pb 0.00009-0.002 mg/L arasında de i ti i bulunmu tur.

Deniz suyu de erlerinde elementlerin istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile de erlendirilmi ve Çizelge 4.4.1'de verilmi tir. Ortalamaların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadı nı belirlemek için : 0.05 önemlilik düzeyi kabul edilmi tir.

Çizelge 4.4.1. Deniz suyu de erlerinde elementlerin istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklılı maları

Elementler	stasyonlara ba lı	Mevsimlere ba lı
Al	p = 0.50	p = 0.38
Mn	p = 0.51	p = 0.44
Fe	p = 0.48	p = 0.41
Co	p = 0.71	p = 0.05*
Ni	p = 0.77	p = 0.01*
Cu	p = 0.79	p = 0.35
Zn	p = 0.09	p = 0.13
As	p = 0.47	p = 0.41
Cd	p = 0.98	p = 0.07
Hg	p = 0.30	p = 0.37
Pb	p = 0.55	p = 0.01*

*p < 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, ANOVA)

Bu sonuçlara göre, deniz suyu örneklerinde Co, Ni ve Pb düzeyleri üzerine mevsimin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmu tur (p < 0.05). stasyonlara ba lı element düzeyleri arasında fark yoktur (p>0.05). Gerze liman içi deniz suyu örne i tek mevsim alındı ı için hesaplamaya dahil edilmemi tir.

stasyonların deniz sularındaki tüm mevsimsel de erlendirmeleri, sonuçların ortalaması, minimum ve maksimum de erleri ve %95 güvenirlikleri Çizelge 4.4.2, Çizelge 4.4.3. ve Çizelge 4.4.4.'de verilmi tir.

Çizelge 4.4.2. stasyonların deniz sularında mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları (ppb)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Türkeli 1	445.06	36.67	525.47	1.42	4.15	7.59	288.44	1.75	0.39	0.027	5.40
Türkeli 2	307.60	34.30	264.06	0.65	2.71	8.08	357.12	1.87	0.18	0.005	4.22
Ayancık	893.52	17.38	304.34	1.29	3.37	1.68	170.75	1.68	0.32	0.057	2.05
Akliman	414.95	17.85	442.93	1.28	3.29	4.22	448.91	1.51	0.44	0.039	14.99
Karakum	348.55	7.024	111.67	1.13	2.08	1.20	162.97	1.40	0.31	0.029	1.72
Tersane	557.02	18.65	208.83	1.27	3.82	60.94	1328.48	1.38	1.15	0.024	21.59
DS	590.68	14.63	354.53	1.27	2.46	1.29	575.46	1.51	0.34	0.019	6.89
Gerze	482.30	17.50	284.82	0.66	1.92	0.23	197.43	1.26	0.08	0.006	2.34
Gerze liman içi	536.48	22.38	608.46	1.36	4.42	14.20	526.29	1.76	0.36	0.017	71.55
nceburun	356.47	6.14	82.00	1.11	1.79	1.26	181.40	1.22	0.29	0.015	2.04
KI 2016											
Türkeli 1	47.70	7.26	202.57	0.55	1.68	0.79	178.20	1.15	0.08	0.037	1.46
Türkeli 2	83.00	26.44	235.71	0.63	2.47	1.97	152.95	1.37	0.13	0.054	1.56
Ayancık	132.82	8.31	235.05	1.23	2.89	1.15	180.70	1.50	0.31	0.058	1.20
Akliman	135.69	11.72	233.36	1.18	4.07	1.63	306.01	1.42	0.35	0.062	2.30
Karakum	225.21	12.72	300.59	1.25	3.12	1.81	181.27	1.63	0.30	0.111	1.76
Tersane	92.77	11.78	188.69	1.39	5.12	3.52	311.69	1.67	0.42	0.081	3.03
DS	3540.43	220.33	5170.93	3.57	9.91	3.92	241.50	9.40	0.35	0.135	4.66
Gerze	657.31	37.28	932.67	1.54	4.99	3.12	258.03	1.84	0.35	0.046	2.60
nceburun	95.40	8.78	149.86	1.17	2.69	2.60	209.46	1.80	0.31	0.077	1.66
LKBAHAR 2016											
Türkeli 1	69.08	13.50	243.40	2.04	13.81	2.70	239.75	1.73	0.53	0.025	1.53
Türkeli 2	181.21	36.15	383.36	1.95	8.12	2.55	213.47	1.80	0.51	0.039	0.93
Ayancık	99.20	10.47	205.33	1.77	3.51	2.33	242.90	1.55	0.52	0.042	1.30
Akliman	231.68	15.72	358.80	1.90	4.95	4.58	414.82	1.78	0.55	0.031	6.36
Karakum	43.07	7.99	100.69	1.70	2.29	1.12	214.57	1.62	0.52	0.011	1.16
Tersane	336.31	18.05	524.37	1.93	6.34	4.74	245.19	1.79	0.50	0.032	1.66
DS	100.49	9.07	320.31	1.79	5.17	1.67	335.79	1.57	0.57	0.913	1.51
Gerze	114.09	13.19	164.28	1.84	4.73	1.58	236.84	1.65	0.52	0.039	0.98
nceburun	159.90	9.41	258.58	1.76	4.31	1.21	296.06	1.76	0.50	0.050	1.67
YAZ 2016											
Türkeli 1	445.72	34.98	858.88	2.13	7.74	1.92	390.92	1.80	0.51	0.027	2.46
Türkeli 2	255.48	37.14	512.35	1.99	7.02	2.27	173.45	2.23	0.48	0.014	0.55
Ayancık	658.95	44.11	1300.59	2.29	9.44	1.67	173.10	1.87	0.49	0.057	1.09
Akliman	51.87	6.34	105.42	1.76	4.60	1.08	304.58	1.54	0.51	0.009	1.16
Karakum	69.37	6.47	208.08	1.84	5.39	1.42	166.00	1.36	0.50	0.018	0.27
Tersane	49.65	4.39	118.85	1.73	3.47	1.06	149.49	1.37	0.48	0.011	0.14
DS	239.35	15.02	385.36	1.94	4.95	1.29	225.08	1.74	0.53	0.033	0.79
Gerze	259.73	27.20	508.53	1.98	5.72	1.40	206.18	1.83	0.52	0.030	1.01
nceburun	44.28	4.98	114.31	1.82	5.83	1.25	184.78	1.39	0.51	0.005	0.53

Çizelge 4.4.3. Deniz sularında elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum değerleri (ppb)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	43.07	Karakum	İkbahar	3540.4	DS	K1
Mn	4.39	Tersane	Yaz	220.3	DS	K1
Fe	82.00	nceburun	Sonbahar	5171	DS	K1
Co	0.55	Türkeli 1	K1	3.57	DS	K1
Ni	1.68	Türkeli 1	K1	13.81	Türkeli 1	İkbahar
Cu	0.23	Gerze	Sonbahar	60.94	Tersane	Sonbahar
Zn	149.49	Tersane	Yaz	1328.5	Tersane	Sonbahar
As	1.15	Türkeli 1	K1	9.40	DS	K1
Cd	0.08	Türkeli 1	K1	1.15	Tersane	Sonbahar
Hg	0.005	nceburun ve Türkeli 2	Yaz ve Sonbahar	0.91	DS	İkbahar
Pb	1.66	Tersane	İkbahar	21.59	Tersane	Sonbahar

stasyonlara göre deniz sularının ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Türkeli 1: Hg<Cd<Co<As<Pb<Cu<Ni<Mn<Al<Zn<Fe
Türkeli 2: Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Mn<Al<Zn<Fe
Ayancık: Hg<Cd<Pb<Co=As<Cu<Ni<Mn<Zn<Al<Fe
Akliman: Hg<Cd<Co<As<Cu<Ni<Pb<Mn<Al<Fe<Zn
Karakum: Hg<Cd<Pb<Cu<Co<As<Ni<Mn<Al<Fe<Zn
Tersane: Hg<Cd<As<Co<Ni<Pb<Mn<Cu<Al<Fe<Zn
DS : Hg<Cd<Cu<Co<Pb<As<Ni<Mn<Zn<Al<Fe
Gerze: Hg<Cd<Co<Cu<As<Pb<Ni<Mn<Zn<Al<Fe
nceburun: Hg<Cd<Co<Pb<As<Cu<Ni<Mn<Fe<Al<Zn
sıralamasında görülmektedir.

Çizelge 4.4.4. Deniz sularının mevsimsel ortalamaları (ppb), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TÜRKEK 1											
Ortalama (mg/kg)	251.88	23.11	457.58	1.53	6.84	3.25	274.33	1.61	0.38	0.03	2.71
Min-Mak	47.67-445.72	7.26-36.68	202.57-858.88	0.55-2.13	1.68-13.81	0.79-7.60	178.20-390.92	1.15-1.80	0.08-0.53	0.025-0.037	1.44-5.40
%95 Güven Aralı ı	0.003-0.047	0.001-0.004	0.016-0.076	0.00	0-0.001	0-0.001	0.019-0.036	0.00	0.00	0.00	0.00
TÜRKEK 2											
Ortalama (mg/kg)	206.82	33.52	348.87	1.31	5.08	3.72	224.25	1.82	0.32	0.03	1.81
Min-Mak	82.98-307.62	26.44-37.14	235.71-512.35	0.63-1.99	2.47-8.12	1.97-8.08	152.95-357.12	1.37-2.23	0.13-0.51	0.01-0.05	0.55-4.22
%95 Güven Aralı ı	0.011-0.030	0.003-0.004	0.023-0.047	0.00	0.00	0.00	0.01-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
AYANCIK											
Ortalama (mg/kg)	446.12	20.06	511.33	1.65	4.80	1.71	191.86	1.65	0.41	0.05	1.41
Min-Mak	99.20-893.52	8.31-44.11	205.33-1300.59	1.23-2.29	2.89-9.44	1.15-2.33	170.75-242.90	1.50-1.87	0.31-0.52	0.04-0.06	1.09-2.05
%95 Güven Aralı ı	0.01-0.08	0.00	0-0.10	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
AKL MAN											
Ortalama (mg/kg)	208.55	12.91	285.13	1.53	4.23	2.88	368.58	1.56	0.46	0.04	6.20
Min-Mak	51.87-414.94	6.34-17.85	105.42-442.93	1.18-1.90	3.29-4.95	1.08-4.58	304.58-448.91	1.42-1.78	0.35-0.55	0.01-0.05	1.16-14.99
%95 Güven Aralı ı	0.01-0.04	0.00	0.01-0.04	0.00	0.00	0.00	0.03-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
KARAKUM											
Ortalama (mg/kg)	171.55	8.55	180.26	1.48	3.22	1.39	181.20	1.50	0.41	0.04	1.23
Min-Mak	43.07-348.55	6.47-12.72	100.69-300.59	1.13-1.84	2.08-5.39	1.12-1.81	162.97-214.57	1.36-1.62	0.30-0.52	0.01-0.11	0.27-1.76
%95 Güven Aralı ı	0-0.03	0.00	0.01-0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00

(Devamı arkada)

Çizelge 4.4.4. Devamı

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	258.94	13.22	260.19	1.58	4.69	17.56	508.71	1.55	0.64	0.04	6.61
Min-Mak	49.7-557	4.39-18.65	118.9-524.4	1.27-1.93	3.47-6.34	1.06-60.94	149.5-1328.5	1.37-1.79	0.42-1.15	0.01-0.08	0.14-21.60
%95 Güven Aralı ı	0-0.05	0	0.01-0.04	0	0	0	0-0.10	0	0	0	0
DS											
Ortalama (mg/kg)	1117.74	64.76	1557.78	2.14	5.62	2.04	344.46	3.56	0.44	0.27	3.46
Min-Mak	100.5-3540.4	9.07-220.3	320.3-5170.9	1.27-3.57	2.46-9.91	1.29-3.92	225.1-575.5	1.51-9.40	0.34-0.54	0.02-0.91	0.79-6.90
%95 Güven Aralı ı	0-0.27	0-0.02	0-0.39	0	0	0	0.02-0.05	0	0	0	0
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	378.35	23.79	472.58	1.5	4.34	1.58	224.62	1.64	0.37	0.03	1.73
Min-Mak	114.1-657.3	13.19-37.28	164.3-932.7	0.66-1.98	1.92-5.72	0.23-3.12	197.4-258	1.26-1.83	0.09-0.52	0.01-0.05	0.98-2.60
%95 Güven Aralı ı	0.01-0.06	0	0.01-0.08	0	0	0	0.02-0.03	0	0	0	0
NCEBURUN											
Ortalama (mg/kg)	164.01	7.33	151.19	1.47	3.66	1.58	217.92	1.54	0.4	0.04	1.48
Min-Mak	44.28-356.48	4.98-9.41	82-258.6	1.11-1.82	1.79-5.83	1.21-2.60	181.40-296.06	1.22-1.80	0.29-0.51	0.01-0.08	0.53-2.04
%95 Güven Aralı ı	0-0.03	0	0.01-0.02	0	0	0	0.02-0.03	0	0	0	0

4.5. Sedimanlarda A ır Metal erikleri

Analiz sonuçlarına göre Al 576.8-8680 mg/kg; Mn 65.69-516.21 mg/kg; Fe 1544.2-14286.5 mg/kg; Co 0.61-5.80 mg/kg; Ni 1.81-33.35 mg/kg; Cu 1.17-23.55 mg/kg; Zn 2.91-37.89 mg/kg; mg/kg; As 1.85-7.36; Cd 0.02-0.11 mg/kg; Hg 0.01-0.1 mg/kg; Pb 1.12-104.89 mg/kg arasında de i ti i bulunmu tur.

Elementlerin istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklıla maları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile de erlendirilmi ve izelge 4.5.1.'de verilmi tir. Ortalamaların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadı nı belirlemek için : 0.05 önemlilik düzeyi kabul edilmi tir.

Çizelge 4.5.1. Sediman de erlerinde elementlerin istasyonlara ve mevsimlere ba lı farklıla maları

Elementler	stasyonlara ba lı	Mevsimlere ba lı
Al	p = 0.44	p = 0.77
Mn	p = 0.05*	p = 0.96
Fe	p = 0.40	p = 0.78
Co	p = 0.31	p = 0.90
Ni	p = 0.13	p = 0.90
Cu	p = 0.50	p = 0.58
Zn	p = 0.46	p = 0.93
As	p = 0.39	p = 0.90
Cd	p = 0.0008*	p = 0.99
Hg	p = 0.0001*	p = 0.64
Pb	p = 0.55	p = 0.74

*p 0.05 (Grup ortalamaları farklıdır) (: 0.05, ANOVA)

Türkeli 1 ve Ayancık istasyonlarının zemin yapısı ta lık ve kayalık oldu u için bölgeyi temsilen ba ka lokasyondan örnek alınmı tır ve istatistiksel de erlendirmeye dahil edilmemi lerdir. Sonuçlara göre, sediman örneklerinde Mn, Cd ve Hg düzeyleri üzerine istasyonlara ba lı istatistiksel farklar bulunmu tur (p 0.05).

Sedimanların a ır metal de erleri mevsimsel olarak de erlendirilmi tir. Tüm mevsimsel de erlendirmeleri, sonuçların ortalaması, minimum ve maksimum de erleri ve %95 güvenirlikleri ppm biriminde izelge 4.5.2., izelge 4.5.3 ve izelge 4.5.4.'de verilmi tir.

Çizelge 4.5.2. stasyonların sedimanlarında mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır metaller											
stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
SONBAHAR 2015											
Türkeli 1	5724.3	516.2	10393.3	4.48	16.90	4.58	17.12	7.36	0.08	0.03	3.66
Türkeli 2	6640.7	471.9	11662.3	5.54	33.35	23.55	32.73	5.23	0.08	0.03	5.38
Ayancık	5204.6	420.45	10617.4	4.56	16.46	4.43	18.79	7.08	0.05	0.02	3.70
Akliman	3296.2	278.2	6378.0	2.04	6.58	5.11	15.79	4.70	0.10	0.01	9.34
Karakum	4563.1	146.3	6863.5	2.60	3.74	6.95	8.84	5.13	0.03	0.01	2.32
Tersane	576.8	65.7	1544.2	0.61	1.81	1.19	2.91	1.85	0.02	0.01	1.12
DS	1482.2	148.5	3385.3	1.58	4.09	1.22	5.44	4.20	0.03	0.01	2.18
Gerze	8680	350.6	14286.6	5.80	23.43	9.97	21.91	5.04	0.05	0.03	1.85
KI 2016											
Türkeli 2	4494.8	394.6	6356.3	3.90	16.99	5.86	15.67	5.23	0.06	0.02	2.89
Akliman	4611	416.8	10984.9	3.59	10.66	6.61	37.89	6.79	0.11	0.02	104.89
Karakum	3437.1	98.4	5412.0	1.89	3.04	3.90	7.01	3.34	0.03	0.10	1.59
Tersane	1721.2	76.4	2851.3	1.12	3.36	2.28	6.71	2.52	0.03	0.01	2.61
DS	3821.3	77.2	5269.7	3.29	11.36	2.31	6.43	3.20	0.03	0.02	2.19
Gerze	1339.5	111.5	2313.5	0.91	2.66	1.60	4.62	2.32	0.03	0.01	1.73
LKBAHAR 2016											
Türkeli 2	3729.3	219.4	5102.4	2.23	10.55	3.33	9.13	3.12	0.04	0.02	1.9
YAZ 2016											
Türkeli 2	2418	213.4	5042.4	2.41	12.25	3.44	9.29	3.02	0.04	0.02	2.00
Akliman	2843.8	303.7	4417.4	2.59	5.50	2.18	9.69	3.87	0.11	0.01	3.89
Tersane	1745	115.8	3205	1.22	3.58	2.49	8.50	2.75	0.03	0.01	2.92
DS	1168	66.2	2696.4	1.23	4.29	1.17	4.40	3.69	0.02	0.01	1.42

Türkeli 1 istasyonu kayalıktır. Örneklerin toplanmadığı ancak yakın bir lokasyondan tek mevsim sediman örneği alınmıştır.

Ayancık zemin yapısı taneli ve kayalıktır. Sediman örneği toplanamamıştır. Ancak Tarakçı bölgesinden tek mevsim kum örnekleri alınmıştır ve değerlendirilmiştir.

Karakum taneli ve çakıllıktır. Sediman örnekleri plaj olarak değerlendirilen yerden bölgeyi temsilen iki mevsim alınıp değerlendirilmiştir.

Gerze çakıllı, taneli ve kayalıktır. Sediman örnekleri liman içinden bölgeyi temsil etmesi açısından tek mevsim alınmıştır.

Çizelge 4.5.3. Sedimanlarda elementlerin istasyon ve mevsimlere göre minimum ve maksimum de erleri (mg/kg)

Element	Minimum	stasyon	Mevsim	Maksimum	stasyon	Mevsim
Al	576.8	Tersane	Sonbahar	8680	Gerze	Sonbahar
Mn	65.7	Tersane	Sonbahar	516.2	Türkeli 1	Sonbahar
Fe	1544.2	Tersane	Sonbahar	14286.6	Gerze	Sonbahar
Co	0.6	Tersane	Sonbahar	5.8	Gerze	Sonbahar
Ni	1.8	Tersane	Sonbahar	33.4	Türkeli 2	Sonbahar
Cu	1.2	DS	Yaz	23.4	Gerze	Sonbahar
Zn	2.9	Tersane	Sonbahar	37.9	Akliman	Kı
As	1.9	Tersane	Sonbahar	7.4	Türkeli 1	Sonbahar
Cd	0.02	DS	Yaz	0.11	Akliman	Kı
Hg	0.01	Tersane	Sonbahar	0.10	Karakum	Kı
Pb	1.1	Tersane	Sonbahar	104.9	Akliman	Kı

stasyonlara göre sedimanların ortalama iz element düzeyleri incelendi inde;

Türkeli 1: Hg<Cd<Pb<Co<Cu<As<Ni<Zn<Mn<Al<Fe

Türkeli 2: Hg<Cd<Pb<Co<As<Cu<Zn<Ni<Mn <Al<Fe

Ayancık: Hg<Cd<Pb<Cu<Co<As<Ni<Zn<Mn<Al<Fe

Akliman: Hg<Cd<Co<Cu<As<Ni<Zn<Pb<Mn<Al<Fe

Karakum: Cd<Hg<Pb<Co<Ni<As<Cu<Zn<Mn<Al<Fe

Tersane: Hg<Cd<Co<Cu<Pb<As<Ni<Zn<Mn<Al<Fe

DS : Hg<Cd<Cu<Pb<Co<As<Zn<Ni<Mn<Al<Fe

Gerze: Hg<Cd<Pb<Co<As<Cu<Ni<Zn<Mn<Al<Fe sıralaması görülmektedir.

Çizelge 4.5.4. Sedimanlarda mevsimsel ortalamaları (mg/kg), minimum ve maksimum değerleri, %95 güven aralıkları

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TÜRKEKEL 1											
Ortalama (mg/kg)	5724	516	10393	4.5	16.9	4.6	17.1	7.4	0.08	0.03	3.7
Min-Mak											
%95 Güven Aralığı											
Tek mevsim değerlendirilmiştir.											
TÜRKEKEL 2											
Ortalama (mg/kg)	4321	325	7041	3.5	18.2	9	16.7	4.1	0.05	0.02	3
Min-Mak	2418-6641	213-472	5042-11662	2.2-5.5	10.6-33.3	3.3-23.5	9.1-32.7	3-5.2	0.04-0.08	0.02-0.03	1.9-5.3
%95 Güven Aralığı	2588-6054	198-451	3964-10118	2-5	8-28.4	0	5.8-27.5	2.9-5.3	0.03-0.07	0.01-0.03	1.4-4.6
AYANCIK											
Ortalama (mg/kg)	5205	420	10617	4.5	16.4	4.4	18.7	7	0.05	0.02	3.7
Min-Mak											
%95 Güven Aralığı											
Tek mevsim değerlendirilmiştir.											
AKL MAN											
Ortalama (mg/kg)	3584	333	7260	2.7	7.5	4.6	21.1	5.1	0.1	0.01	39.3
Min-Mak	2844-4611	278-417	4417-10985	2-3.6	5.5-10.7	2.2-6.6	9.7-37.9	3.9-6.8	0.10-0.11	0.01	3.8-104.8
%95 Güven Aralığı	2540-4620	249-416	3445-11075	1.8-3.6	4.4-10.6	2-7.1	4.3-37.9	3.4-6.8	0.10-0.11	0.01-0.02	0
KARAKUM											
Ortalama (mg/kg)	400	12.2	613.7	0.22	0.33	0.54	0.79	0.42	0.003	0.005	0.19
Min-Mak	343.7-456.3	9.84-14.62	541.2-686.4	0.18-0.25	0.30-0.37	0.39-0.69	0.70-0.88	0.33-0.51	0.003	0.001-0.010	0.15-0.23
%95 Güven Aralığı	2897-5104	75.4-169.2	4715-7560	1.5-2.9	2.7-4	2.4-8.4	6.1-9.7	2.4-5.9	0.03	0	1.2-2.6

(Devamı arkada)

Çizelge 4.5.4. Devamı

	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
TERSANE											
Ortalama (mg/kg)	1348	85.9	2533	0.9	2.9	1.9	6	2.3	0.02	0.01	2.2
Min-Mak	576.7-1745	65.6-115.8	1544-3205	0.6-1.2	1.8-3.5	1.1-2.4	2.9-8.5	1.8-2.7	0.02-0.03	0-0.01	1.1-2.9
%95 Güven Aralı ı	592-2103.2	56-115.8	1544-3523	0.6-1.3	1.8-4	1.1-2.7	2.8-9.2	1.8-2.9	0.02-0.03	0-0.02	1.1-3.3
DS											
Ortalama (mg/kg)	2157	97.2	3783.8	2	6.5	1.5	5.4	3.6	0.02	0.01	1.9
Min-Mak	1168-3821	66.1-148.4	2696.4-5269.7	1.2-3.2	4-11.3	1.1-2.3	4.3-6.4	3.1-4.1	0.02-0.03	0-0.02	1.4-2.1
%95 Güven Aralı ı	517-3798	46.7-147.8	2276.3-5291.2	0.7-3.2	1.8-11.2	0.8-2.3	4.2-6.5	3.1-4.2	0.02-0.03	0-0.02	1.4-2.4
GERZE											
Ortalama (mg/kg)	5010	231	8300	3.3	13	5.7	13.2	3.6	0.04	0.01	1.7
Min-Mak	1339-8680	111.4-350.6	2313.4-14280	0.9-5.7	2.6-23.4	1.5-9.9	4.6-21.9	2.3-5	0.02-0.05	0-0.02	1.7-1.8
%95 Güven Aralı ı	0-12200	0-465.3	0-20030	0-8.1	0-33.4	0-13.9	0-30.2	1-6.3	0.02-0.06	0-0.04	1.6-1.9

4.6. Sedimanların Partikül Analiz Sonuçları

Boyut da ılımı belirlemek için sediman örnekleri elek açıklıkları birbirinden farklı eleklerden geçirilmiştir.

Türkeli 1 ve 2, Ayancık, Akliman, Karakum, Tersane, DS ve Gerze istasyonlarından alınan sediman örnekleri tane büyüklüklerine göre sınıflandırılmıştır.

Sekiz istasyondan alınan sediman örneklerinin partikül analizleri mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Tane büyüklüklerinin yüzde (%) değerleri Çizelge 4.6.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.6.1. stasyonlara ait sediman örneklerinin tane büyüklüklerine göre yüzde (%) de erleri

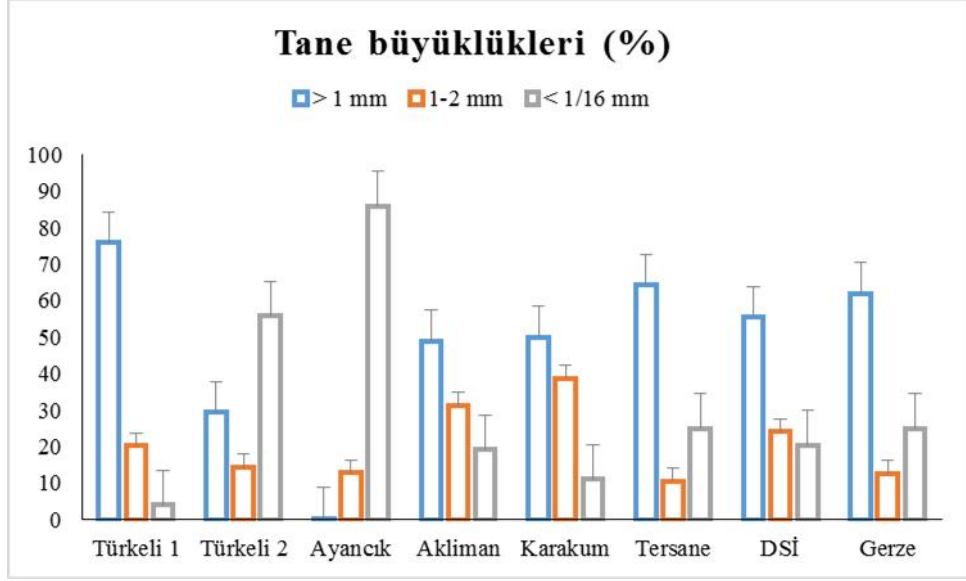
stasyonlar	Sonbahar (%)			Kı (%)			İlkbahar (%)			Yaz (%)		
	>1 mm	1-1/2 mm	< 1/16 mm	>1 mm	1-1/2 mm	< 1/16 mm	>1 mm	1-1/2 mm	< 1/16 mm	>1 mm	1-1/2 mm	< 1/16 mm
Türkeli 1	75.80	20.16	4.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Türkeli 2	54.87	7.40	37.67	13.93	16.16	67.80	27.86	9.53	62.57	20.95	23.95	55
Ayancık	0.33	12.73	85.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Akliman	62.73	22.60	12.75	46.62	24.65	28.89	-	-	-	37.58	46.42	15.83
Karakum	68.98	26.67	4.04	31.13	50.78	18.08	-	-	-	-	-	-
Tersane	62.42	12.33	25.16	61.55	8.86	29.58	-	-	-	69.17	10.53	20.25
DS	41.08	29.29	29.46	51.31	21.45	27.23	-	-	-	74.31	21.43	4.25
Gerze	51.30	13.64	34.51	72.65	11.71	15.50	-	-	-	-	-	-

> 1 mm: Çok kaba kum

1-1/2 mm: Kaba kum

< 1/16 mm: Silt olarak değerlendirilen sınıflandırmada;

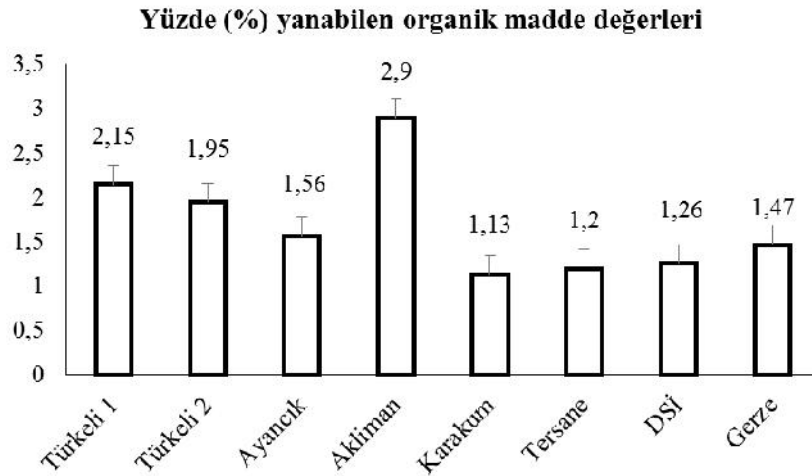
Türkeli 1 istasyonu %75.80 oranında çok kaba kum; Türkeli 2 istasyonu %67.80 oranında silt; Ayancık %85.94 oranında silt; Akliman %62.73 oranında çok kaba kum; Karakum %68.98 oranında çok kaba kum; Tersane %69.17 oranında çok kaba kum; DS %74.31 oranında çok kaba kum ve Gerze %72.65 oranında çok kaba kum sınıfına dahil olmaktadır (ekil 4.6.1).



ekil 4.6.1. Sediman örneklerinin istasyonlara ba lı olarak tane büyüklük de erleri

4.7. Sedimanların Yanabilen Organik Madde Miktarının Yüzde De erleri

Sedimanlarda yüzde (%) yanabilen organik madde miktarı hesaplamasında ($M - M$) $\times 100/M$ formülünden yararlanılmı tır (Buchanan 1984, Bat ve Raffaelli 1998). Organik madde birikim sonuçları Aklıman > Türkeli 1 > Türkeli 2 > Ayancık > Gerze > Karakum = Tersane = DS sıralamasında bulunmu tur. stasyonlara ba lı olarak ortalama yanabilen organik madde miktarları sırasıyla; Türkeli 1: 0.11 g; Türkeli 2: 0.10 \pm 0.03 g; Ayancık: 0.08 g; Aklıman: 0.15 \pm 0.05 g; Karakum: 0.06 \pm 0.01 g; Tersane: 0.06 \pm 0.01 g; DS : 0.06 \pm 0.01 g ve Gerze: 0.07 \pm 0.04 g olarak bulunmu tur. ekil 4.7.1'de istasyonlara ait yüzde (%) yanabilen organik madde miktarları verilmi tir.



ekil 4.7.1. stasyonlara ait yüzde (%) yanabilen organik madde miktarları

4.8. Biyoakümülyasyon Faktörleri

Metal Kirlilik İndeksi (MPI) Sonuçları

$\sqrt[n]{M_1 \times M_2 \times M_3 \times \dots \times M_n}$ formülü ile sediman örneklerinin Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları hesaplanmıştır (Çizelge 4.8.1).

Çizelge 4.8.1. Sedimanlarda metal kirlilik indeksleri (mg/kg)

stasyonlar	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	MPI
Türkeli 1	5724.3	516.2	10393.3	4.5	16.9	4.6	17.1	7.4	0.08	0.03	3.7	15.6
Türkeli 2	4320.7	324.9	7040.8	3.5	18.3	9	16.7	4.2	0.06	0.02	3	12.8
Ayancık	5204.5	420.4	10617.4	4.6	16.5	4.4	18.8	7.1	0.05	0.02	3.7	14.0
Aklıman	3583.7	332.9	7260.1	2.7	7.6	4.6	21.1	5.1	0.10	0.01	39.4	14.3
Karakum	4000.1	122.3	6137.8	2.2	3.4	5.4	7.9	4.2	0.03	0.06	2	8.4
Tersane	1347.7	86	2533.5	1	2.9	2.0	6.0	2.4	0.03	0.01	2.2	4.5
DS	2157.1	97.3	3783.8	2	6.6	1.6	5.4	3.7	0.03	0.01	1.9	5.7
Gerze	5009.7	231	8300.0	3.4	13.0	5.8	13.3	3.7	0.04	0.02	1.8	10.3

Sedimanlarda metal kirlilik indeksleri; Tersane<DS <Karakum<Gerze<Türkeli 2<Ayancık<Aklıman<Türkeli 1 sıralamasında bulunmuştur.

Biyota- Sediman Birikimi Faktörü (BSAF) ve Biyota Konsantrasyon Faktörü (BCF) Sonuçları

$BSAF = [C]_{biyota} \text{ (mg/kg kuru a ırlık)} / [C]_{sediman} \text{ (mg/kg kuru a ırlık)}$ formülü ile sedimana ba lı biyotanın metalleri alma oranı belirlenmiştir.

$BCF = [C]_{biyota} \text{ (mg/kg kuru a ırlık)} / [C]_{su} \text{ (mg/l)}$ formülü ile do rudan sudaki biyotanın çözünmüş metal konsantrasyonunu alma oranı belirlenmiştir.

$BSAF > 1$ organizmalar tarafından sedimandaki metallerin biyoakümüledildiğini belirtmektedir. $BSAF > 2$ Makro konsantratör; $1 < BSAF < 2$ Mikro konsantratör ve $BSAF < 1$ Dekonsantratör olarak değerlendirilmektedir.

BCF 1000 (US EPA), BCF 2000 (EC No 1907/2006 REACH Tüzü ü) sudaki metallerin biyoakümüledildiğini belirtmektedir. BCF 5000 organizmaların çok biyoakümülatif olduğu sonucunu vermektedir.

Çalı ma istasyonlarından toplanan makroalg ve deniz çayırları: *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., *C. officinalis*, *C. barbata*, *C. crinita*, *Ectocarpus* spp., *G. crinale*, *L. obtusa*, *P. pavonica*, *P. fucoides*, *S. lomentaria*, *U. flexuosa*, *U. intestinalis*, *U. lactuca*, *U. linza*, *U. rigida*, *Z. marina* ve *Z. noltei* türleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ceranium spp.

Ceranium spp. örneklerinin toplandı 1 istasyonların BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.2.'de verilmi tir. nceburun istasyonundan sediman örne i alınamamı tır.

Çizelge 4.8.2. Örnekleme istasyonlarındaki *Ceranium spp.* BSAF ve BCF de erleri

		A ır metalller										
		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.4	0.1	0.2	0.2	0.3	1.3	4.6	0.3	5	0.6	0.4
	BCF	9688	2800	4111.1	533.3	852.9	1875	285.8	1562.5	1000	633.3	555.6
2	BSAF	1.0	0.4	0.5	0.5	0.9	1.6	2.8	0.4	10	1	0.7
	BCF	11984.1	9375.0	10029.4	1481.3	3125.0	4117.6	274.6	1687.5	1250	200	1785.7
3	BSAF	1.3	0.3	0.6	0.5	1.1	1.5	2.7	0.7	4.0	2.1	0.2
	BCF	23640	11390.0	15296.4	1000	1928.6	2379.3	152.5	2125	800	525	1177.4
4	BSAF	0.9	0.5	0.5	0.9	1.2	2.2	13.7	1.2	10	1.6	1.5
	BCF	20141.2	7825	17066.7	1400	1218.8	8357.1	601	3333.3	750	2325	2500
5	BSAF	0.2	0.2	0.6	0.5	1.1	10.3	27.4	1.1	6.7	1.6	2
	BCF	912	1880	5984.6	312.5	702.1	1159.1	325.1	1687.5	333.3	377.5	666.7
6	BSAF	2	0.6	0.8	0.6	1	3.6	16.8	0.9	13.3	1.4	1.1
	BCF	3830.6	988.3	2065.2	650	1232.1	2850	264.4	916.7	1000	46.7	600
7	BSAF	0.7	0.7	0.3	0.5	0.6	1.2	6	0.6	7.5	0.8	1.8
	BCF	8673.2	7775	5440.8	1800	1772.7	1682.9	278.2	1352.9	750	443.3	210.2
8	BSAF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BCF	4531.3	1628.6	3993.3	300	1054.1	3062.5	381.4	800	1250	218	333.3

1)Türkeli; 2) Ayancık; 3) Akliman; 4)Karakum; 5)Tersane; 6) DS ; 7) Gerze; 8) nceburun

Çizelge 4.8.3. *Ceranium spp.* ortalama BSAF ve BCF de erleri

		A ır metalller										
		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
BSAF		0.9	0.4	0.5	0.6	0.9	3.1	10.6	0.8	8.1	1.3	1.1
BCF		10425	5451.7	7998.4	934.6	1485.8	3185.5	320.4	1683.2	891.7	596.1	978.6

(BSAF >1 ve BCF >2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Mn<Fe<Co<As<Ni=Al<Pb<Hg<Cu<Cd<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Zn<Hg<Cd<Co<Pb<Ni<As<Cu<Mn<Fe<Al sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.3.).

Sedimana ba lı ya ayan *Ceranium spp.* Pb, Hg, Cu, Cd ve Zn elementleri için iyi bir gösterge türdür (BSAF>1). Yani *Ceranium spp.* türü bu elementleri sedimandan almaktadır. Mn, Fe ve Al elementlerinin BCF de erlerinin 5000'den büyük olması *Ceranium spp.* bu elementler için oldukça biyoakümülatif oldu unu ve bu esansiyel

elementleri sudan aldığı nı göstermektedir. Bu tür, Cu elementini ise hem sudan hem sedimandan almaktadır.

***Cladophora* spp.**

Cladophora spp. toplandı ı istasyonların BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.4.'de verilmi tir. nceburun istasyonundan sediman örne i alınamamı tir.

Çizelge 4.8.4. Örnekleme istasyonlarındaki *Cladophora* spp. BSAF ve BCF de erleri

		A ır metalller										
		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.1	0	0	0.1	0.4	0.8	10	0.7	8	0.3	0
	BCF	1376	1340	972.9	133.3	809.5	1310.3	573.5	2125	1600	75	225.8
2	BSAF	1.4	0.2	0.8	0.6	1.9	2.2	52	2.9	50	0.8	2
	BCF	32237.6	3737.5	25944.4	933.3	2031.3	8357.1	2274.3	8066.7	3750	1250	3250
3	BSAF	0.5	0.1	0.2	0.1	0.6	2.4	33.1	0.4	13.3	0.9	0.8
	BCF	1025	116.7	529.5	150	750	1900	520.5	444.4	1000	30	457.1
4	BSAF	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4	1.3	19.5	1.7	42.5	0.7	1.7
	BCF	7200.7	4010	4435.7	1200	1204.5	1878	908.1	3647.1	4250	413.7	191.1
5	BSAF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BCF	7279.4	4028.6	6704.7	600	1756.8	6125	1810.9	3133.3	4000	190.7	1533.3

1)Aklıman; 2) Karakum; 3)DS ; 4) Gerze; 5) nceburun

Çizelge 4.8.5. *Cladophora* spp. ortalama BSAF ve BCF de erleri

		A ır metalller										
		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
BSAF		0.6	0.2	0.3	0.3	0.9	1.7	28.6	1.4	28.5	0.7	1.1
BCF		9823.8	2646.5	7717.4	603.3	1310.4	3914.1	1217.5	3483.3	2920	391.9	1131.5

(BSAF >1 ve BCF >2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Mn<Co=Fe<Al<Hg<Ni<Pb<As<Cu<Cd<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Hg<Co<Pb<Zn<Ni<Mn<Cd<As<Cu<Fe<Al sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.5). *Cladophora* spp. Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb elementlerini sedimandan almaktadır. Zn ve Cd için makrokonsantratör; Al ve Fe elementleri için çok akümülatiftir. *Cladophora* spp. As, Cu ve Cd elementlerini ise hem sudan hem sedimandan almaktadır.

Corallina officinalis

C. officinalis türü Karakum istasyonundan toplanmış ve elementlerin BSAF ve BCF değerleri Çizelge 4.8.6.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8.6. Örnekleme istasyonlarındaki *Corallina officinalis* türünün BSAF ve BCF değerleri

Ağır metaller												
stasyonlar		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Karakum	BSAF	0.1	0.6	0.1	0.1	1.5	0.6	4.4	0.4	6.7	0.1	0.7
	BCF	2378.2	9112.5	2590	200	1593.8	2428.6	192.1	1200	500	150	1166.7

(BSAF>1 ve BCF>2000 değerleri kalın harfle gösterilmiştir).

Ortalama BSAF değerleri Fe=Hg=Al=Co<As<Mn<Cu<Pb<Ni<Zn<Cd sıralaması; ortalama BCF değerleri ise Hg<Zn<Co<Cd<Pb<As<Ni<Al<Cu<Fe<Mn sıralaması göstermektedir. Ni, Zn ve Cd elementlerini sedimandan alan bu tür, Al, Mn, Fe ve Cu elementlerini ise sudan almaktadır. Zn ve Cd elementleri için makrokonsantratördür.

Cystoseira barbata

C. barbata türü Akliman, Tersane, DS ve Gerze istasyonlarından toplanmış ve Çizelge 4.8.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8.7. Örnekleme istasyonlarındaki *Cystoseira barbata* türünün BSAF ve BCF değerleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	1.6	4.1	3	2	1.2	0
	BCF	1936.5	2050	1621.1	333.3	928.6	2620.7	236	9625	400	300	258.1
2	BSAF	0.2	0.3	0.2	0.4	1.4	7.7	8.3	6.9	6.7	1.2	0.8
	BCF	1051.6	2160	2405.4	250	851.1	863.6	99.1	10187.5	333.3	283.1	272.7
3	BSAF	0.2	0.3	0.1	0.5	1	2.5	7	2.8	6.7	1.3	0.5
	BCF	331.5	541.7	188.8	550	1214.3	1950	110.3	2916.7	500	43.3	285.7
4	BSAF	0.1	0	0	0.1	0.3	1.1	4	10.1	7.5	0.6	0.3
	BCF	693.7	515	598	500	1000	1585.4	187.7	21882.4	750	325.1	31.8

1)Akliman; 2) Tersane; 3) DS ; 4) Gerze

Çizelge 4.8.8. *Cystoseira barbata* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

	A ır metalller										
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
BSAF	0.1	0.2	0.1	0.3	0.8	3.2	5.9	5.7	5.7	1.1	0.4
BCF	1003.3	1316.7	1203.3	408.3	998.5	1754.9	158.3	11152.9	495.8	237.9	212.1

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Fe=Hg=Al=Co<As<Mn<Cu<Pb<Ni<Zn<Cd sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Zn<Pb<Hg<Co<Cd<Ni<Al<Fe<Mn<Cu<As sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.8.). *C. barbata* türü Cu, Zn, As, Cd, Hg ve Pb elementlerini sedimandan; As elementini ise sudan almaktadır ve çok akümülatiftir.

Cystoseira crinita

C. crinita türünün toplandı 1 istasyonlardaki BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.9.'da verilmi tir.

Çizelge 4.8.9. Örnekleme istasyonlarındaki *Cystoseira crinita* türünün BSAF ve BCF de erleri

stasyonlar		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Türkeli 1	BSAF	0.1	0.1	0	0.2	0.3	0.7	3.1	2	2.5	0.5	0.2
	BCF	1615.2	2285	736.7	466.7	735.3	1062.5	195	9312.5	500	466.7	222.2
Aklıman	BSAF	0.1	0.2	0.1	0.2	0.7	0.7	2	3.4	3	1.3	0.1
	BCF	2530.5	5270	1836.8	400	1261.9	1137.9	111.8	10875	600	325	338.7
Karakum	BSAF	0	0.2	0	0.1	0.8	0.5	6.9	3.5	10	0.2	0.3
	BCF	967.6	2575	1217.2	200	843.8	2071.4	304.1	9933.3	750	325	416.7
Tersane	BSAF	0.3	0.2	0.2	0.4	1.2	6.7	9.1	8	3.3	1.6	0.7
	BCF	1724	1460	1692.7	250	744.7	750	107.7	11875	166.7	377.5	242.4
DS	BSAF	0.1	0.4	0.1	0.3	0.5	1.8	8.6	3.7	6.7	1.4	0.4
	BCF	254.7	630	182.2	350	607.1	1400	135.3	3777.8	500	46.7	228.6
Gerze	BSAF	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.6	3.4	9.8	5	0.8	0.4
	BCF	1128.8	2875	867.6	800	1500	780.5	158.9	21235.3	500	443.3	51
nceburun	BSAF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BCF	775.6	1628.6	814	400	702.7	1375	162	9800	750	190.7	200

1)Türkeli1; 2) Aklıman; 3) Karakum; 4) Tersane; 5) DS ; 6) Gerze; 7) nceburun

Ortalama BSAF de erleri Fe=Al<Mn<Co<Pb<Ni<Hg<Cu<As<Cd<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Zn<Pb<Hg<Co<Cd<Ni<Fe<Cu<Al<Mn<As sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.10).

Çizelge 4.8.10. *Cystoseira crinita* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

A ır metalller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
BSAF	0.1	0.2	0.1	0.3	0.7	1.8	5.5	5.1	5.1	1	0.3
BCF	1285.2	2389.1	1049.6	409.5	913.6	1225.3	167.8	10972.7	538.1	310.7	242.8

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

C. crinita türü Cu, Zn, Cd ve Hg elementlerini sedimandan; As elementini ise hem sudan hem sedimandan almaktadır.

Ectocarpus spp.

Ectocarpus spp. Ayancık ve Tersane istasyonlarından toplanmı tir ve BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.11.'de verilmi tir.

Çizelge 4.8.11. Örnekleme istasyonlarındaki *Ectocarpus* spp. BSAF ve BCF de erleri

stasyonlar		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Ayancık	BSAF	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	3.3	2.6	0.2	2	0.6	1.1
	BCF	941.8	1125	1152	187.5	812.5	8647.1	255.9	1000	250	120	3000
Tersane	BSAF	1.2	0.3	0.8	0.7	4.2	2	9.9	5.5	23.3	4.4	0.7
	BCF	6699.2	2720	7344.6	437.5	2595.7	221.6	117.9	8125	1166.7	1038.2	227.3

1)Ayancık; 2) Tersane

Çizelge 4.8.12. *Ectocarpus* spp. ortalama BSAF ve BCF de erleri

A ır metalller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
BSAF	0.7	0.2	0.4	0.4	2.2	2.6	6.3	2.9	12.7	2.5	0.9
BCF	3820.5	1922.5	4248.3	312.5	1704.1	4434.3	186.9	4562.5	708.3	579.1	1613.6

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Mn<Co=Fe<Al<Pb<Ni<Hg<Cu<As<Zn<Cd sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Zn<Co<Hg<Cd<Pb<Ni<Mn<Al<Fe<Cu<As sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.12.). Bu türde Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Hg elementleri sedimandan; Al, Fe, Cu ve As elementleri ise sudan alınmaktadır.

Gelidium crinale

Ayancık, Tersane, DS ve Gerze istasyonlarından toplanan *G. crinale* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.13.'de verilmektedir.

Çizelge 4.8.13. Örnekleme istasyonlarındaki *Gelidium crinale* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.4	1.3	0.1	1.1	1.1	2.6	5.8	0.4	2	0.5	0.6
	BCF	4358.2	27640	2875.3	3250	3770.8	6764.7	568.5	1625	250	100	1642.9
2	BSAF	0.2	0.3	0.2	0.3	1.4	8.2	15.7	0.9	3.3	1	1.1
	BCF	1009.6	2320	1564.6	187.5	872.3	926.1	186.4	1375	166.7	236	378.8
3	BSAF	0.4	0.3	0.2	0.3	1	2.6	14.2	0.4	3.3	1	0.5
	BCF	812.2	476.7	453.2	300	1125	2050	224.1	444.4	250	33.3	257.1
4	BSAF	0.2	0.2	0.1	0.3	1.1	1.5	9.4	1.6	2.5	1	1
	BCF	2123.2	2660	1555.9	1000	3340.9	2048.8	438.9	3470.6	250	591	114.6

1)Ayancık; 2) Tersane; 3) DS ; 4) Gerze

Çizelge 4.8.14. *Gelidium crinale* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

	A ır metalller										
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
BSAF	0.3	0.5	0.1	0.5	1.1	3.7	11.3	0.8	2.8	0.9	0.8
BCF	2075.8	8274.2	1612.3	1184.4	2277.3	2947.4	354.5	1728.8	229.2	240.1	598.4

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Fe<Al<Co<Mn<Pb=As<Hg<Ni<Cd<Cu<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Cd<Hg<Zn<Pb<Co<Fe<As<Al<Ni<Cu<Mn sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.14.). *G. crinale* türü Ni ve Cu elementlerini hem sudan hem sedimandan almaktadır. Zn elementini ise sedimandan alan makrokonsantratör bir türdür.

Laurencia obtusa

Karakum istasyonundan toplanan *L. obtusa* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.15.'da verilmi tir.

Çizelge 4.8.15. Örnekleme istasyonlarındaki *Laurencia obtusa* türünün BSAF ve BCF de erleri

stasyonlar		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Karakum	BSAF	0.1	0.1	0.1	0	0.9	1.1	5.2	0.4	6.7	0.2	0.5
	BCF	2039.4	1375	2235.6	66.7	906.3	4142.9	226.8	1066.7	500	275	750

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Co<Fe=Al=Mn<Hg<As<Pb<Ni<Cu<Zn<Cd sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Co<Zn<Hg<Cd<Pb<Ni<As<Mn<Al<Fe<Cu sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.17.). Cu, Zn ve Cd elementlerini sedimandan alan bu tür, Al, Fe ve Cu elementlerini ise sudan almaktadır.

Padina pavonica

Karakum, Akliman ve DS istasyonlarından toplanan *P. pavonica* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.16.'de verilmi tir.

Çizelge 4.8.16. Örnekleme istasyonlarındaki *Padina pavonica* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.3	0.4	0.3	0.4	0.9	0.8	6	0.8	16.7	0.3	0.5
	BCF	6946.5	5812.5	8565.6	533.3	937.5	2928.6	260.5	2133.3	1250	425	833.3
2	BSAF	0.2	0.4	0.1	0.2	0.4	0.5	1.8	0.5	3	0.7	0.1
	BCF	3674.5	12580	3351.1	333.3	642.9	793.1	104.7	1562.5	600	175	758.1
3	BSAF	1.6	1.7	0.9	0.8	1	3.1	11.2	1	10	2.6	1.3
	BCF	3136	2678.3	2095.4	800	1142.9	2400	176.5	1055.6	750	86.7	742.9

1)Karakum; 2) Akliman; 3) DS

Çizelge 4.8.17. *Padina pavonica* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

A ır metalller												
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
BSAF	0.7	0.8	0.4	0.4	0.7	1.4	6.3	0.8	9.9	1.2	0.7	
BCF	4585.7	7023.6	4670.7	55.6	907.7	2040.6	180.6	1583.8	866.7	228.9	778.1	

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Fe=Co<Pb=Al=Ni<As=Mn<Hg<Cu<Zn<Cd sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Zn<Hg<Co<Pb<Cd<Ni<As<Cu<Al<Fe<Mn sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.17.). Bu tür, Cu, Zn, Cd ve Hg elementlerini sedimandan; Al, Mn, Fe ve Cu elementlerini sudan almaktadır.

Polysiphonia fucooides

P. fucooides türü Akliman ve DS istasyonlarından toplanmıştır, istasyonların BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.18.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8.18. Örnekleme istasyonlarındaki *Polysiphonia fucooides* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.3	0.6	0.2	0.3	0.9	1.9	3.9	0.5	8	2.8	0.1
	BCF	6240	20390	3901.4	600	1547.6	3103.4	223.3	1687.5	1600	700	887.1
2	BSAF	1.4	0.5	0.5	0.4	0.8	4.3	28.3	0.7	13.3	1.7	0.9
	BCF	2631.8	761.7	1228.4	425	946.4	3400	445	722.2	1000	55	500

1)Akliman; 2) DS

Çizelge 4.8.19. *Polysiphonia fucooides* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

	A ır metalller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
BSAF	0.9	0.5	0.3	0.4	0.8	3.1	16.1	0.6	10.7	2.2	0.5	
BCF	4435.9	10575.8	2564.9	512.5	1247	3251.7	334.1	1204.9	1300	377.5	693.5	

(BSAF >1 ve BCF >2000 de erleri kalın harfle gösterilmiştir).

Ortalama BSAF de erleri Fe<Co<Pb=Mn<As<Ni<Al<Hg<Cu<Cd<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Zn<Hg<Co<Pb<As<Ni<Cd<Fe<Cu<Al<Mn sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.19.). Bu tür Cu, Zn, Cd ve Hg elementleri sedimandan; Al, Mn, Fe ve Cu elementlerini ise sudan almaktadır.

Scytosiphon lomentaria

Karakum istasyonundan toplanan *S. lomentaria* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.20.'de verilmi tir.

Çizelge 4.8.20. *Scytosiphon lomentaria* türünün BSAF ve BCF de erleri

stasyonlar		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Karakum	BSAF	0.2	0.1	0.3	0.2	1.4	1.1	35.9	1.7	13.3	0.2	0.7
	BCF	5252.6	2100	9784.4	366.7	1500	4321.4	1570.1	4800	1000	250	1125

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Mn<Hg=Al=Co<Fe<Pb<Cu<Ni<As<Cd<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Hg<Co<Cd<Pb<Ni<Zn<Mn<Cu<As<Al<Fe sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.20.). Ni, Cu, Zn, As ve Cd elementlerini sedimandan alan bu tür, Al, Mn, Fe, Cu ve As elementlerini ise sudan almaktadır.

Ulva flexuosa

Türkeli 2, Akliman ve DS istasyonlarından toplanan *U. flexuosa* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.21.'te verilmektedir.

Çizelge 4.8.21. Örnekleme istasyonlarındaki *Ulva flexuosa* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.4	2.9	0.3	0.6	0.4	1.1	7.5	0.7	0.7	1.5	0.6
	BCF	8194.6	27136.9	5273.6	1374.6	1082.6	3076.7	587	1485.9	105.2	1040.9	1236.8
2	BSAF	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	2.9	0.2	0.4	1.1	0.3
	BCF	5733.5	1795	3069.6	200	476.2	672.4	163.7	687.5	70	262.5	1758.1
3	BSAF	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.6	4.7	0.3	1	1	0.3
	BCF	524.7	198.3	411.2	100	214.3	500	74	277.8	75	33.3	171.4

1)Türkeli 2, 2) Akliman; 3) DS

Çizelge 4.8.22. *Ulva flexuosa* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

A ır metalller												
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
BSAF	0.3	1	0.2	0.3	0.3	0.7	5	0.4	0.7	1.2	0.4	
BCF	4817.6	9710.1	2918.1	558.2	591	1416.4	274.9	817.1	83.4	445.6	1055.4	

(BSAF >1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Fe<Ni=Co=Al<As<Pb<Cd<Cu<Mn<Hg<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Cd<Zn<Hg<Co<Ni<As<Pb<Cu<Fe<Al<Mn sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.22.). Bu tür, Mn, Zn ve Hg elementlerini sedimandan; Al, Mn ve Fe elementlerini ise sudan almaktadır. Bu tür Mn elementi için çok biyoakümülatiftir.

Ulva intestinalis

Türkeli 1, Ayancık, Aklıman, Karakum ve nceburun istasyonlarından toplanan *U. intestinalis* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.23.'te verilmektedir.

Çizelge 4.8.23. Örnekleme istasyonlarındaki *Ulva intestinalis* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.7	2.8	0.3	1.3	0.5	0.2
	BCF	4064	2245	2405.3	266.7	382.4	1062.5	174.3	1312.5	250	466.7	296.3
2	BSAF	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	3.3	0.4	2	1.6	0.2
	BCF	2160.2	1185	2398	250	875	1470.6	327.8	1687.5	250	310	428.6
3	BSAF	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	4.7	0.4	1	2.2	0.1
	BCF	2452.5	3890	1880.7	133.3	404.8	827.6	267.5	1312.5	200	550	322.6
4	BSAF	0.4	0.3	0.3	0.3	0.9	0.8	20.5	0.6	6.7	0.2	0.8
	BCF	8641.2	3950	11022.2	400	906.3	3285.7	895.1	1600	500	350	1250
5	BSAF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BCF	10293.8	6814.3	13868	800	1189.2	1562.5	95.5	1066.7	250	381.5	666.7

1)Türkeli 1; 2) Ayancık; 3) Aklıman; 4) Karakum; 5) nceburun

Çizelge 4.8.24. *Ulva intestinalis* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

A ır metalller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
BSAF	0.2	0.1	0.2	0.1	0.4	0.7	7.8	0.4	2.7	1.1	0.3
BCF	5522.3	3616.9	6314.9	370	751.5	1641.8	352	1395.8	290	411.6	592.8

(BSAF >1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Co=Mn<Fe=Al<Pb<Ni<As<Cu<Hg<Cd sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Cd<Zn<Co<Hg<Pb<Ni<As<Cu<Mn<Al<Fe sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.24.). *Ulva intestinalis* türü Zn, Cd ve Hg elementlerini sedimandan; Al, Mn ve Fe elementlerini ise sudan almaktadır.

Ulva lactuca

Türkeli 1 ve Tersane istasyonlarından toplanan *U. lactuca* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.25.'te verilmektedir.

Çizelge 4.8.25. Örnekleme istasyonlarındaki *Ulva lactuca* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.1	0.1	0	0.1	0.2	0.7	2.6	0.1	0.6	0.3	0.2
	BCF	1506	2235	1034	333.3	514.7	937.5	163.3	500	125	266.7	222.2
2	BSAF	0	0	0	Belirlenemedi	0.1	1	3.3	0.2	0.7	0.2	0.2
	BCF	201.2	270	391.2	Belirlenemedi	42.6	108	39.7	250	33.3	47.2	60.6

1)Türkeli 1; 2) Tersane

Çizelge 4.8.26. *Ulva lactuca* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

A ır metalller												
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
BSAF	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.8	3	0.1	0.6	0.2	0.2	
BCF	853.6	1252.5	712.6	333.3	278.6	522.7	101.5	375	79.2	156.9	141.4	

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Fe<Al=Mn=Co=Ni=As<Pb=Hg<Cd<Cu<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Cd<Zn<Pb<Hg<Ni<Co<As<Cu<Fe<Al<Mn sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.26.). Sedimandan sadece Zn elementini alan bu tür, sudaki konsantrasyonlar için akümülatif de ildir.

Ulva linza

Ayancık, Karakum, Tersane, DS ve Gerze istasyonlarından toplanan *U. linza* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.27.'de verilmektedir.

Çizelge 4.8.27. Örnekleme istasyonlarındaki *Ulva linza* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.8	4.9	0.3	2	1.1	0.2
	BCF	2823.4	1595	2739.2	375	979.2	2117.6	479.9	1437.5	250	220	642.9
2	BSAF	0.5	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	4.5	0.7	3.1	0.8	0.4
	BCF	11096.5	3550	11621.1	446.7	500	2071.4	195.4	2000	232.5	1200	666.7
3	BSAF	0.5	0.1	0.3	0.1	0	0.7	1	31.4	90	4	0.7
	BCF	2460	680	2550	62.5	21.3	73.9	12.4	46562.5	4500	943.8	242.4
4	BSAF	0.4	0.2	0.2	0.1	0.3	1.7	18.2	0.6	6.7	1	0.7
	BCF	764	363.3	516.1	150	375	1350	286.2	583.3	500	33.3	371.4
5	BSAF	0.3	0.5	0.2	0.3	0.3	0.5	3.8	0.5	2.3	1.1	1.2
	BCF	3578	5545	3144.9	900	886.4	682.9	175.8	1117.6	225	650.1	133.8
6	BSAF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BCF	2848.8	1785.7	3986	200	405.4	750	155.1	466.7	107.5	327	266.7

1)Ayancık; 2) Karakum; 3) Tersane; 4) DS ; 5) Gerze; 6) nceburun

Çizelge 4.8.28. *Ulva linza* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

	A ır metalller											
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
BSAF	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.8	6.5	6.7	20.8	1.6	0.6	
BCF	3928.4	2253.2	4092.9	355.7	527.9	1174.3	217.5	8694.6	969.2	562.4	387.3	

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Co=Mn=Fe<Ni<Al<Pb<Cu<Hg<Zn<As<Cd sıralaması; ortalama BCF de erleri ise Zn<Co<Pb<Ni<Hg<Cd<Cu<Mn<Al<Fe<As sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.28.). Sedimandan Zn, Cd, Hg elementlerini alana bu tür; sudan Al, Mn ve Fe elementlerini almaktadır. As elementini ise hem sedimandan hem sudan yo un miktarda almaktadır.

Ulva rigida

Türkeli 1, Aklıman, Tersane, DS , Gerze ve nceburun istasyonlarından toplanan *U. rigida* türünün BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.29.'de verilmektedir.

Çizelge 4.8.29. Örnekleme istasyonlarındaki *Ulva rigida* türünün BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0	0	0	0	0.1	0.9	6.7	0.1	1.3	0.1	0.1
	BCF	104.4	520	157.6	133.3	352.9	1281.3	417.1	437.5	250	133.3	185.2
2	BSAF	0	0	0	Belirlenemedi	0.1	0.4	0.9	0.1	1	0.2	0
	BCF	36.5	140	44.3	Belirlenemedi	214.3	620.7	49.1	437.5	200	50	16.1
3	BSAF	0.2	0.2	0.1	0.2	0.7	4.4	17	0.8	3.3	1.2	1.7
	BCF	960.8	1770	1455.8	125	446.8	500	201.5	1125	166.7	283.1	575.8
4	BSAF	0.1	0.1	0.1	0	0.2	1.9	11.6	0.4	3.3	0.7	0.2
	BCF	212.8	235	186.1	50	285.7	1500	182	416.7	250	23.3	114.3
5	BSAF	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.7	12.6	0.5	10	0.5	0.9
	BCF	2709.8	1750	2359.2	400	863.6	951.2	586.7	1000	1000	266	108.3
6	BSAF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BCF	365.6	371.4	726	Belirlenemedi	189.2	812.5	168	333.3	250	81.7	133.3

1)Türkeli 1; 2) Aklıman; 3) Tersane; 4) DS ; 5) Gerze; 6) nceburun

Çizelge 4.8.30. *Ulva rigida* türünün ortalama BSAF ve BCF de erleri

A ır metalller												
	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
BSAF	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	1.7	9.7	0.4	3.8	0.5	0.6	
BCF	731.6	797.7	821.5	177.1	392.1	944.3	267.4	625	352.8	139.6	188.8	

(BSAF >1 ve BCF >2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Ortalama BSAF de erleri Fe=Al=Co=Mn<Ni<As<Hg<Pb<Cu<Cd<Zn sıralaması; ortalama BCF de erleri Hg<Co<Pb<Zn<Cd<Ni<As<Al<Mn<Fe<Cu sıralaması göstermektedir (Çizelge 4.8.30.). Sedimandan Cu, Zn ve Cd elementlerini alan *U. rigida* türü, sudaki elementlere akümülatif de ildir.

Zostera (Zostera) marina

Türkeli 2 istasyonundan toplanan *Z. marina* türünün yapraklarındaki ve rizom+kök kısımlarındaki BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.31’de verilmi tir. Deniz çayırlarının yaprakları ile BCF de erlerinin, kök+rizomları ile BSAF de erlerinin ili kileri istatistiksel olarak de erlendirilmi tir.

Çizelge 4.8.31. *Zostera (Zostera) marina* türünün kısımlarına göre ortalama BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.4	2.3	0.2	0.6	0.4	1.5	6.9	0.5	2.5	0.9	0.6
	BCF	8769.6	22042.5	4503.4	1304.5	1226.9	4149.8	536.3	1056.3	390.5	611	1283.7
2	BSAF	1.1	1.4	0.6	0.7	0.6	1.5	6.9	0.9	1.7	1.4	1.2
	BCF	23532.6	12858.2	10872.7	1646.7	1950	4268.6	538.6	1971.9	268.1	1029.3	2547.7

1)Yaprak; 2) Kök+rizom

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Z. marina deniz çayırlarının yapraklarındaki BCF de erlerinin sıralaması; Cd<Zn<Hg<As<Ni<Pb<Co<Cu<Fe<Al<Mn olarak belirlenmi tir. Yapraklardaki a ır metal konsantrasyonları ise Hg<Cd<Pb<As<Co<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al sıralamasındadır. statistiksel olarak yapraklardaki a ır metal konsantrasyonları ile BCF de erleri arasında farklılık yoktur (p=0.08). Yapraklardaki Mn, Cu, Zn ve Cd sedimandan; Al, Mn, Fe ve Cu ise sudan akümüle olmaktadır. Al ve Mn elementleri için *Z. marina* türü çok akümülatiftir.

Kök+rizomlarındaki BSAF de erlerinin sıralaması; Fe<Al=Ni<As<Co<Pb<Hg<Cu<Mn<Cd<Zn’dir. *Zostera marina* türünün kök+rizomlarındaki a ır metal konsantrasyonları ise Hg<Cd<Co<Pb<As<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al sıralamasında bulunmu tur. Aralarındaki istatistiksel ili kiye bakıldı nda, kök+rizomlardaki metal konsantrasyonları ile BSAF de erleri arasında farklılık yoktur (p=0.13). Kök ve rizomlar Al, Mn, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb elementlerini sedimandan; Al, Mn, Fe, Cu ve Pb elementlerini ise sudan almaktadır. Kök ve rizom kısımları Zn elementi için makro konsantratördür.

Zostera (Zosterella) noltei

Akliman istasyonundan toplanan *Zostera (Zosterella) noltei* türünün yapraklarındaki ve rizom+kök kısımlarındaki BSAF ve BCF de erleri Çizelge 4.8.32’te verilmi tir. Deniz çayırlarının yaprakları ile BCF de erlerinin, kök+rizomları ile BSAF de erlerinin ili kileri istatistiksel olarak de erlendirilmi tir.

Çizelge 4.8.32. *Zostera (Zosterella) noltei* türünün kısımlarına göre ortalama BSAF ve BCF de erleri

		Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	BSAF	0.91	1.38	0.31	0.63	0.61	1.13	3.69	0.31	5.16	1.16	0.08
	BCF	16334.7	45948.4	7990.4	1151.1	1094.8	1803.4	211.6	976.4	1031.5	290.3	517.6
2	BSAF	0.6	1	0.4	0.6	0.6	1.1	4.1	0.4	3.1	0.7	0.1
	BCF	10274.1	33931.3	11479.8	1142.6	996.1	1777.7	232.9	1359.2	610.8	174.4	644.5

(BSAF>1 ve BCF>2000 de erleri kalın harfle gösterilmi tir).

Zostera (Zosterella) noltei deniz çayırlarının yapraklarındaki BCF de erlerinin sıralaması; Zn<Hg<Pb<As<Cd<Ni<Co<Cu<Fe<Al<Mn olarak belirlenmi tir. Yapraklardaki a ır metal konsantrasyonları ise Hg<Cd<As<Co<Pb<Ni<Cu<Zn<Mn<Fe<Al sıralamasındadır. istatistiksel olarak yapraklardaki a ır metal konsantrasyonları ile BCF de erleri arasında farklılık yoktur (p=0.12).

Kök+rizomlarındaki BSAF de erlerinin sıralaması Pb<As<Fe<Ni<Al<Co<Hg<Mn<Cu<Cd<Zn’dir. *Z. noltei* türünün kök+rizomlarındaki a ır metal konsantrasyonları ise Hg<Cd<Co<As<Pb<Ni<Cu<Zn<Mn<Al<Fe sıralamasında bulunmu tur. Aralarındaki istatistiksel ili kiye bakıldı ında, kök+rizomlardaki metal konsantrasyonları ile BSAF de erleri arasında farklılık yoktur (p=0.13).

5. TARTI MA

Ara tırma Bölgesi'nin ço unlukla karasal kökenli ve insan aktiviteleri sonucunda meydana gelen organik madde de arjlarının etkisi altında olması kirlilik çalı malarının önemini arttırmaktadır. Ayrıca, 2008 yılında yürürlü e giren AB-DSÇD, denizlere bölgesel yakla arak 2020 yılına kadar ÇD sa lanmasını hedeflemektedir. Bu amaç ile denizlerimizin AB Çerçeve Direktiflerine uyumlu olarak izlenmesinde, de erlendirilmesinde ve yönetimi için gerekli bilgi ve araçların geli tirilmesinde makroalgler ve deniz çayırları biyolojik kalite unsurları olarak önerilmi tir. Bu organizmaların buldukları çevrenin özelliklerini yansıtmaları, biyomonitör olarak kullanılmalarına imkan vermektedir. Bu nedenle, sucul ortamlarda besin zincirinin alt basama nda yer alan makroalgler ve deniz çayırları, ekolojik durumun de erlendirilmesinde ve çevre kirlili inin yorumlanmasında önem ta ıtmaktadırlar.

Bu hedefler do rultusunda, Sinop ili kıyı eridi boyunca farklı özellikteki sekiz istasyondan Eylül 2015 ve Temmuz 2016 tarihleri arasında makroalg, deniz çayırları, su ve sediman örnekleri alınmı ve tüm örneklerin Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları ICP-MS metodu ile saptanmı tir.

Bu metal düzeylerinin mevsimlere ve istasyonlara ba lı de iimleri ara tırılmı tir. Ayrıca deniz suyunun sıcaklık, tuzluluk, pH ve çözünmü oksijen de erleri ile sedimanlardaki tane boyutları belirlenip, organik madde miktarları hesaplanmı tir.

Karadeniz'in nehirler aracılı ı ile yo un organik atıkları bünyesine alması ve iç deniz olmasından dolayı do al sirkülasyonunun sınırlı olması, kirlilik boyutlarının belirlenmesinde ve sürdürülebilirli i için oldukça önemlidir. Deniz suyunda a ır metal kirlili inin tespiti için Ulusal ve Uluslararası standartlardan yararlanılmaktadır (Çizelge 5.1.). Çalı mamızda, istasyonlardaki deniz sularının a ır metal düzeyleri (ppb) Cd: 0.08-1.15; Zn: 149.49-1328.5; Cu: 0.23-60.94; Fe: 82.00-5171; Mn: 4.39-220.3 ve Pb: 1.66-21.59 bulunmu tur. Sonuçlara göre, Zn, Fe, Mn esansiyel elementlerin maksimum de erlerinin yüksek çıktığı görülmektedir. Mn, kış mevsiminde DS istasyonunda, Zn ise sonbahar mevsiminde Tersane istasyonunda yüksek oranda tespit edilmi lerdir. Konsantrasyonların yüksek olması, her iki bölgenin de kentsel atıklara yo un ekilde maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Fe ise açık denizle ba lantılı olan Karakum ve nceburun istasyonlarında minimum de erde bulunmu tur.

Sediman örneklerinde ise NOAA (2009), sedimentlerde kabul edilebilir ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) vermektedir (Çizelge 5.2.). Çalıılan istasyonlardaki sedimanların ağır metal düzeyleri (mg/kg): Cd: 0.02-0.11; Zn: 2.91-37.89; Cu: 1.17-23.55; Fe: 2313.5-14286.6; Mn: 65.7-516.2 ve Pb: 1.12- 104.89 bulunmu tur. Denizel sediman kalitesi tüzü ünde belirlenen sonuçlara göre, Cd, Zn, Cu, Fe, Mn düzeyleri en dü ük etkili konsantrasyon aralı ında bulundu u görülmektedir. Ancak kı mevsiminde Akliman istasyonundan alınan sediman örne inin Pb konsantrasyonu muhtemel etki konsantrasyonu sınıfında bulunmu tur. Akliman bölgesinde kentsel atıklar ve de arılar yo undur. Balıkçı teknelerinin sintine sularını bo altması, Karasu ve Sırakaraa açlar Deresi atıklarının bu bölgeye ula ması, ayrıca bu bölgenin bahar ve yaz aylarında piknik alanı ve plaj olarak kullanılması, do aya kolaylıkla bırakılan Pb konsantrasyonlarını arttırdı ına neden olabilece i dü ünülmektedir. Karakum istasyon sedimanında Cd düzeyi cıvadan daha dü ük çıkmı tır.

Çizelge 5.1. Ulusal ve Uluslararası standartlara göre suda kabul edilebilir ağır metal konsantrasyonları (ppb)

	Cd	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Kaynak
WHO	10	-	2000	-	-	50	WHO, 1993
EC	50	-	20	200	-	10	EC, 1998
EPA	10	300	1300	300	-	50	EPA, 2002
TS-266	5	-	2000	200	50	10	Türk Standartları, 2005

Çizelge 5.2. Sedimanda kabul edilebilir ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (NOAA, 2009)

	Cd	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb
En Dü ük Etkili Konsantrasyon	0.60	120	16	20000	460	31
E ik Konsantrasyonu	0.99	121	31.6	-	-	35.8
Muhtemel Etki Konsantrasyonu	4.9	459	149	-	-	128
Yüksek Etkili Konsantrasyon	10	820	110	40000	1100	250

MPI de erlerine göre, metal kirlilik indeksleri en yüksek Türkeli 1 sedimanında, daha sonra Akliman sedimanında bulunmu tur. Türkeli ilçesinde parke ve cam fabrikası, kereste biçim ve mobilya atölyeleri, marangozhaneler, tekstil ve tel fabrikaları mevcuttur. Sediman örneklerinde metal deri imlerinin yüksek olmasının sebebi de bu fabrikaların atıkları ile tarımsal atıklar ve di er karasal girdiler yoluyla suya ula an metallerin çökerek dipte birikiminden kaynaklandı ı dü ünülmektedir.

Sediman partikül analizlerinde, makroalg örneklerinin ta lık, çakıllık ve kayalık zeminlerden toplanmasından dolayı, örnekleme istasyonlarının sedimanları çok kaba

kum sınıfına dahil olmu lardır. Deniz çayırları ise kumlu, bataklık bölgelerde geli me gösterdiklerinden dolayı ise Türkeli 2 istasyonu silt sınıfındadır. Akliman bölgesinden toplanan deniz çayırları türleri de kumlu zeminden alınmı tır. Ancak Akliman istasyonu da %62.73 çok kaba kum sınıfına dahil olmu tur. Türk Çulha (2007), Akliman istasyonunu %78.23 ince kum olarak de erlendirmi tir. Bu sonucun farklılı ı, tek noktadan örnek alınmasından, bizim ise aynı bölgenin üç ayrı noktasından örnek alıp, sonuçlarımızı ortalama de erlendirmememizden kaynaklanmı tır. Karakum istasyonu ise %68.98 çok kaba kum sınıfına dahil edilmi tir. Karaalio lu (2006) ise Karakum zemin yapısının %50 çakıl, %40 kum ve %10 ta tan olu tu unu saptamı tır.

Çalı mamızda sedimanların yanabilen organik madde miktarları %1.13-2.9 arasında olup, sonuçlar Sinop kıyılarında yapılan Çulha ve ark., (2000); Türk Çulha (2007) ve Gökkurt (2007) çalı maları ile benzerlik göstermektedir. Organik madde konsantrasyonu ve a ır metal konsantrasyonu küçülen tane boyutu ile artmaktadır (Förstner ve Wittmann, 1983; Bat ve Raffaelli 1998). Türkeli 2 istasyonunun bataklık zemin yapısı olması bu istasyondaki *Ulva flexuosa* türünün metal düzeylerinin di erlerine göre yüksek olmasıyla do rulanmaktadır.

Ara tırmada, makroalglerin gerçek kök, gövde ve yaprakları olmadı ı için bütün olarak de erlendirilmi lerdir. Deniz çayırlarının ise yaprakları ayrı, kök ve rizomları ayrı olarak de erlendirilmi tir. Makroalgler metallerin ortamda bulunurlu unu yansıtırlar. Ancak deniz çayırları hem yüzey suyu konsantrasyonlarını, hem de sediman durumunu yansıtmaktadır (Howley, 2001). Su kalitesi de i imlerine hassas olan, aynı zamanda sediman kirlili inin izlenmesinde indikatör olarak kullanılan deniz çayırlarının yaprak kısımları su ile, kök ve rizom kısımları sediman ile ili kilendirilmi tir.

Çalı ma sonucunda, makroalgler ve deniz çayırı türleri mevsimlere ve örnekleme alanlarına göre a ır metal düzeylerinde farklılıklar göstermi tir. Bu farklılıklar, gelgit seviyesi, sıcaklık, tuzluluk, pH, çözünmü besleyiciler, bitkinin ya ı, morfolojisi, bölgenin jeolojik yapısı vb. gibi birçok nedene ba lı olmaktadır (Abdallah ve Abdallah, 2008).

Sonuçlar, di er çalı malar ile kıyaslanarak tür sırasına göre de erlendirilmi tir.

Ceranium spp.

Ceranium, geni tür topluluklarına sahip kırmızı alg genusudur. Ara tırma boyunca, Türkeli 2 dı ndaki istasyonların hepsinde bu türe rastlanılmı tır.

A ır metal konsantrasyonları incelendi inde tüm istasyonlarda en yüksek de er Al, en dü ük de er Hg düzeyleri olmu tur. Fe ve Al elementleri organizmalar için esansiyeldir. Bitkilerin büyümesi, geli mesi ve fotosentez faaliyetleri için gerekli ve faydalı mikro besinlerdir. Genellikle antropojenik aktiviteler sonucunda sularda ve sedimanlarda konsantrasyonları artmaktadır. En yüksek Al konsantrasyonu Akliman bölgesinde bulunmu tur. Bunun nedeni, daha önceden de de inildi i gibi, kentsel atıkların yo un olarak bu bölgeye nehirler aracılı ı ile veya insan aktiviteleri sonucunda ulaşmasıdır. Bu sonuç BCF ve BSAF hesaplamaları ile de e le mektedir. Mevsimin etkisi istatistiksel olarak da önemli bulunan Al düzeyi, ilkbahar mevsiminde dü ük çıkmı tır.

En dü ük konsantrasyon ise nceburun istasyonunda Hg olmu tur. nceburun, Anadolu'nun en kuzey noktası olup, gezi ve mesire yeridir. Ancak, ulaşımın zor olması, yerleşim yeri olarak kullanılmaması, herhangi sanayi tesisinin olmaması vb. etkenler bu bölgenin diğer bölgelere nazaran daha az kirlilik baskısı altında olduğunu göstermektedir. Yüksek cıva düzeyi, algler üzerinde büyümenin durmasına, fotosentezin engellenmesine, klorofil içeriğinin azalmasına ve hücre geçirgenliğinin artmasına ve hücreden potasyum iyonu kaybına neden olmaktadır (Lobban ve Harrison, 1997). Tüm istasyonlarda Hg gibi diğer esansiyel olmayan element miktarlarının dü ük limit değerlerinde çıkması akümüülasyonları açısından tehlikeli bir durum olmadığını ortaya koymaktadır.

Karadeniz Türkiye kıyılarından, Karadeniz'e kıyısı olan ülke sularından ve denizlerimizden örnekleme çalışmaları sonuçları (Çizelge 5.3.) uyum göstermektedir. Sadece esansiyel elementlerden Fe ve Zn konsantrasyonları diğer örnekleme örneklerinden daha yüksek bulunmu tur.

Trifan ve ark., (2015) *Ceranium spp.*'nin ağır metal kapasitesinin yüksek olduğunu belirtmektedir. Çalışmamızda da Al, Fe, Co, Ni, Hg ve Pb değerlerinin en fazla *Ceranium spp.*'de biyoakümüle olması bu sonucu doğrulamaktadır. Her zaman kolaylıkla bulunması ve ağır metal akümüle kapasiteleri yüksek olduğu için iyi bir gösterge türüdür.

Çizelge 5.3. *Ceramium* spp. ile ilgili yapılan ağır metal çalımları

Bölge	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	Kaynak
İstanbul Boğazı		767.5		7.73	52.45	0.86		8.6	Kut ve ark., 2000
İzmir	72.65	1231		3.56	74.5				Çetingül ve ark., 2000
Yunanistan	151.7		13.1	9	62.3	1.3			Sawidis ve ark., 2001
İle	59	1600			62	0.8		11	Topçuoğlu ve ark., 2001
Bulgaristan	120			7.6	22	0.9		2.2	Strezov and Nonova, 2005
Sinop		1970		20	60	1.05		1.8	Altun ve ark., 2005
Romanya				6.58	6.72	0.23		5.04	Lupsor ve ark., 2009
Sinop		691	3.10	2.65	0.28			<0.01	Türk Çulha ve ark., 2010
Romanya	22.94		5.39	13.85	104.66	0.05	3.65	1.81	Trifan ve ark., 2015
Sinop	19.63	1360.5	1.35	3.62	24.65	1.03		1.25	Bat ve Arıcı, 2016
Samsun	22	1389	3	9		<0.02		<0.05	Arıcı ve Bat, 2016a
Sinop	115.5	3271.8	9.25	13.9	114.75	0.39	0.092	3.95	Bu çalışma

Cladophora spp.

Cladophora ağırsı yapıda olup, sedimanlarda bir arada yoğun olarak gözlenmektedir. Ege ve Akdeniz sularında, bu türün ağır metal çalımları ile ilgili çalımlar azdır (Çetingül ve ark. 2000; Gündoğan ve ark., 2015). Gündoğan ve ark., (2015) büyük sanayi kurullarının bulunduğu Kırıkkale bölgesinden toplanan *Cladophora glomerata* örneklerinde en yüksek yüzde birikim oranını (%22.31) Pb’de bulmuşlardır.

Filamentli algler, yüksek yüzey alanları ve hacim oranları ile genellikle yüksek besleyicileri bünyelerine alırlar (Littler ve ark., 1983). Çalımamızda da, makroalglerin metabolik faaliyetlerinde gerekli olan Al, Fe ve Zn konsantrasyonlarının ortalama değerlerinin yüksek olması bu sonucu desteklemektedir. Ortalama değerler en yüksek kış mevsiminde Karakum istasyonunda gözlenmiştir. Karakum, açık denizle bağlantısı olan ve kıyı akıntılarının fazla olduğu bir istasyondur. Karakum’da kış aylarında Zn miktarının yüksek olmasının bir nedeni, çevredeki evler ile otel, restoran, kafe yerlerinin kömür yakıtlarını tüketmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. BSAF sonuçlarında da en yüksek Zn derişiminin çıkmasının nedeni suda doğal olarak bulunan veya zamanla suya ulaşan Zn’nin sedimana çökmesi olarak değerlendirilebilir.

Karadeniz Türkiye kıyılarından, Karadeniz’e kıyısı olan ülke sularından ve denizlerimizden örneklenen çalımla sonuçları Çizelge 5.4’te verilmektedir. Bu sonuçlara göre, çalımamızda Fe ve Cd değerleri diğer sulara göre daha yüksek

bulunmu tur. Kadmiyumun yüksek çıkması fotosentezin ve büyüme hızlarının azalmasına neden olabilir (Lobban ve Harrison, 1997).

Çizelge 5.4. *Cladophora* spp. ile ilgili yapılan ağır metal çalışmaları

Bölge	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
İzmir	49.66	1258		5.93	136.61			Çetingül ve ark., 2000
Yunanistan	211.7		16.77	12.77	39	0.76	12.57	Sawidis ve ark., 2001
Bulgaristan	170	1500		6	19	1	3.5	Strezov and Nonova, 2005
Sinop		392		4,6	34	<0,02	<0,01	Altun ve ark., 2005
Sinop		1190	1.01	2.09	63.11		<0.01	Türk Çulha ve ark., 2013
Romanya	79.8		3.26	<0.001	119.02	0.05	1.42	Trifan ve ark., 2015
Sinop	5.95	192.25	2.2	2.25	22.75	0.67	2.7	Bat ve Arıcı, 2016
Sinop	43.6	2471.2	4.95	7.75	29.57	1.05	2.65	Bu çalışma

Corallina officinalis

Korallin algler, yüksek oranda kalsiyum karbonat içerip, düşük oranda ise metabolik dokuya ve hıza sahiptirler (Littler ve ark., 1983). Tipik olarak, uzun ömürlü su yosunlarının metabolik hızları daha hızlı büyüyenlere nazaran daha düşüktür ve metalleri daha yavaş bir şekilde biriktirmektedirler (Wallentinus, 1984).

Yalnızca Karakum istasyonundan elde edilen bu türün ağır metal düzeylerinde en düşük Hg, en yüksek Fe konsantrasyonu görülmüştür. Toksik özellik gösteren element konsantrasyonlarının (Hg, Cd, Pb, As) bu istasyonda düşük olması, Karakum'da önemli bir kirlilik kaynağı olmadığını göstermektedir. Karakum'da endüstriyel atık kaynaklı kirlilik yoktur, ancak sedimana bağlı olarak bu korallin alg türü, bünyesine Cd konsantrasyonunu sedimandan oldukça fazla almaktadır (BSAF>1). Bu da, sucul ortama giren kadmiyumun canlı organizmalara göre, sedimanda daha hızlı birikmesinden kaynaklanmaktadır (Fowler ve Knauer, 1986). Altun ve ark. (2005) çalışmasında da, *Corallina* türünün maksimum seviyede Cd absorbe ettiği ve bu element için biyomonitör olabileceği belirtilmiştir.

Corallina spp. ile ilgili, Karadeniz Türkiye kıyılarından, Karadeniz'e kıyısı olan ülke sularından ve denizlerimizden örneklenen çalışma sonuçları Çizelge 5.5'te verilmektedir. Manganez, deniz canlıları için fotosentez ve radikal tutucu enzimlerin kullanılmasında önemli bir mikro besin maddesidir (Mendez ve ark., 2010). Bizim çalışmamızda Karakum istasyonundan alınan *Corallina* örneklerinde Mn değerleri, diğer örneklemelere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu bölgenin kirliliğinin az olmasının diğer bir göstergesidir. Ayrıca, Candan ve Taş (2009), Fe ve Zn miktarının az

olmasının Mn alımını arttırdı ını belirtmi lerdir. Son yapılan Arıcı ve Bat (2016a) ile bu çalı mayı kıyasladı ımızda, bu sonucun desteklendi i söylenebilir.

Çizelge 5.5. *Corallina* spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
^a ile	35	443	1.8	0.28	3.3	33.2	6.3	20.8	Güven ve ark., 1992
^a ile	16.6	206	1.3	8.29	4	59.3	6.5	22.6	Güven ve ark., 1992
^a Sinop	42	592	2.3		8	36.8	6.1	24.6	Güven ve ark., 1992
^a ile	71.5	1395	2.6		3.6	55.2	5.9	22.1	Güven ve ark., 1992
^a Sinop	69	2203	3.1		3.3	43.2	5.1	18.4	Güven ve ark., 1992
^a Sinop		2100	1.4		5.5	25.5	1	4.8	Güven ve ark., 1998
^a ile	17.9	231	1.92	4.1	0.77	8.9	0.08	2.2	Topçuo lu ve ark., 2003
^b ile	64.7	595	<0.05	<0.1	3.1	43.4	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2003
^b ile	22.2	173	<0.05	<0.1	<0.03	22.5	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2003
^b Sinop	48.5	626	<0.05	<0.1	4	39.3	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2003
^b Sinop	56.7	1508	<0.05	<0.1	3.9	19.1	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2003
^c Sinop	26.5	553	0.65	3.83	2.22	29.75	2.3	17.25	Bat ve Arıcı, 2016
^d Foça					0.12	0.61		0.23	Koçba ve ark., 2011
ile		520	1.3		2.78	21.9	1.1	5.8	Güven ve ark., 1998
istanbul Bo azı		475	3.16		3.36	17.2	0.49	3.85	Kut ve ark., 2000
Yunanistan	42			18.3	0.85	37.5	2.9	0.02	Sawidis ve ark., 2001
Bulgaristan	55				15	13	0.7	1.4	Strezov and Nonova, 2005
Sinop		1221			18,2	62,2	1,07	2,5	Altu ve ark., 2005
Mu la	43.40	70.07	<0.05	2.50	4.25		<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2010
Antalya	47.93	698.6	<0.05	1.31	2.76		<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2010
Yalova		1495.7	2.05	8.59	3.81	39.17	<0.01	<0.01	Türk Çulha ve ark., 2013
Sinop		139	<0.01	2.02	1.77	20.79		1.39	Türk Çulha ve ark., 2013
Sinop		326	0.1	3.76	0.06	55.78		4.84	Türk Çulha ve ark., 2013
Samsun	31	675	0.3	1.7	10	41	0.03	0.05	Arıcı ve Bat, 2016a
Sinop	72.9	466.2	0.3	5.1	3.4	34.8	0.2	1.4	Bu çalı ma

^a*Corallina granifera* (*Jania virgata*), ^b*Corallina mediterranea*, ^c*Corallina panizzoi*, ^d *Corallina elongata*, di erleri *Corallina officinalis*

Cystoseira spp.

Karadeniz sahillerinde geni da ılım gösteren bu tür, AB Su Çerçeve Direktifinde (2000/60/EC) a ır metal kirlili inin iyi bir indikatörü olarak kullanılmaktadır. Farklı derinliklerde ya am alanı olu turan bu tür topluluklarının, Akdeniz'de kirleticilerden özellikle a ır metal kirlili inden dolayı yok olmaya ba ladıkları dü ünülmektedir (Arévalo ve ark., 2007).

Çalı mamızda *C. barbata* ve *C. crinita* türleri çalı ılımı olup, *C. crinita* türüne Sinop kıyılarında daha fazla rastlanılmı tur. Karaçuha ve Ersoy Karaçuha (2013) Hamsilos ve Karakum'da *C. crinita*'nın (toplam biyomasın %81 ve %82'si); Akliman'da ise *C. barbata* türünün (toplam biyomasın %66'sı) baskın oldu unu tespit etmi lerdir.

Her iki tür için As de erleri kı mevsiminde Gerze'de yüksek bulunmu tur. Gerze'de faal durumda çalı an un fabrikası, balık ve balık ürünleri tesisi, tarım araçları üretim fabrikası, tekstil ürünleri i letmesi ve toz deterjan fabrikası bulunmaktadır. Bu tesislerin ve fabrikaların denetimsiz atıklarının, As düzeyi üzerinde etkisi görülebilir. Ancak tehlike yaratacak boyutta de ildir. Arsenik için *Cystoseira* spp.'ler iyi bir indikatör olup, hem sudan hem de sedimandan bu elementi bünyelerine almaktadırlar (BSAF>1 ve BCF>2000).

Makroalglerde a ır metal konsantrasyonlarının farklılı ı, örnekleme bölgesine, mevsimlere, alglerin ya ma, fizikokimyasal faktörlere ve di er alglerle etkile imlerine ba lı olarak de i ebildi i için *Cystoseira* spp. sonuçları da farklılık göstermektedir (Sawidis ve ark., 2001). Bu de i iklikler, *Cystoseira* spp. ile ilgili Karadeniz Türkiye kıyılarından, Karadeniz'e kıyısı olan ülke sularından ve denizlerimizden örneklene çalı ma sonuçlarını veren Çizelge 5.6.'da görülmektedir.

Genel olarak akümülayon sıralaması Cd<Pb<Cu<Zn eklindedir. Hücre metabolizması için gerekli olan Al, Fe ve Zn konsantrasyonları da di er elementlerden daha yüksektir. Storelli ve ark. (2001), bentik makroalglerde Zn konsantrasyonun 100 mg/kg'ı a ması halinde antropojenik kirlenme oldu unu belirtmektedir. Çalı mamızda ölçülen de erler 70.4 mg/kg ve 63.4 mg/kg oldu u için, Sinop bölgesinin genel olarak kirlilik seviyesinin altında oldu u görülmektedir.

Cystoseira genusuna ait türler, yıl boyunca kıyılarda bulunmasından, kolay temin edilmesinden dolayı biyolojik izlemelerde kullanılmaktadır.

Çizelge 5.6. *Cystoseira* spp. ile ilgili yapılan ağır metal çalımları

Bölge	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
^a ile	17.4	348		4.2	55.1	1.2	5.8	Güven ve ark., 1992
^a Sinop	73.3	3414		7.9	85.8	2.4	12.8	Güven ve ark., 1992
^a ile	81.6	474		8.79	69.1	2	8.7	Güven ve ark., 1992
^a Sinop	21.7	654		5.7	64.4	1.4	6.8	Güven ve ark., 1992
^a ile	14.4	317		3.2	36.9	2.2	5.3	Güven ve ark., 1992
^a Sinop		446	25	4.2	12.1	1.3	5.3	Güven ve ark., 1998
^a ile		124	35	11.8	18.1	1	5.5	Güven ve ark., 1998
^a neada	21.45	<100			<7			Güven ve ark., 1998
^a zmir		7644		30.6	90.6	1.35	15	Çetingül ve Aysel, 1998
^a Kilyos		164			49.1			Topçuo lu ve ark., 1998b
^a Yunanistan	69.5		17.1	1.85	32.6	1.55	0.64	Sawidis ve ark., 2001
^a ile	32.1	427	9.1	5.7	35.1	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2003
^a Marmara	83.7	812.5	6.23	84.75	77.7	<0.02	1.9	Topçuo lu ve ark., 2004
^a Bulgaristan	42			4	1.6	0.3	18	Strezov and Nonova, 2005
^a Sinop		560		16.4	48	1.02	2,1	Altu ve ark., 2005
^a neada	57.2			6.9	8.3	0.13	<0.2	Güven ve ark., 2007
^a M. Ere lisi	23.8	114	<0.1	164.3	41.8	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2010
^a arköy	143.6	1511	12.36	5.2	113.5	<0.02	3.7	Topçuo lu ve ark., 2010
^a Çanakkale				0.11	0.64	0.02	0.09	Üstünada ve ark., 2011
^a Sinop		536	5,03	4,02	10,28		<0.01	Türk Çulha ve ark., 2013
^a Bulgaristan	4.77	33.43	0.11	0.77	1.43	0.12	0.06	Panayotova ve Stancheva, 2013
^a Sinop	29.6	865	5.71	4.05	39.75	0.86	6.5	Bat ve Arıcı, 2016
^a neada	33	878	1	10	21	0.11	1.2	Arıcı ve Bat, 2016b
^a nebolu	55	1151	2.1	37	58	0.23	1.4	Arıcı ve Bat, 2016b
^a Sinop	11	327	0.8	5	44	0.13	1	Arıcı ve Bat, 2016b
^a Samsun	43	1250	0.9	25	65	0.32	1.3	Arıcı ve Bat, 2016b
^b Sinop		540		5.7	46	1,03	2,3	Altu ve ark., 2005
^b Marmaris		406.4		10.9	65.4	0.19	0.001	Akçalı ve Küçüksezgin, 2011
^b Bulgaristan	1.60	6.10	0.04	0.24	1.63	0.34	0.02	Panayotova ve Stancheva, 2013
^c Çanakkale	35.71	239.2		3.23	41.02	0.05	0.005	Akçalı ve Küçüksezgin, 2009
^c zmir	13.18	154.9		3.02	19	0.10	0.006	Akçalı ve Küçüksezgin, 2009
^c Marmaris	95.32	462.3		8.12	49.1	0.63	0.003	Akçalı ve Küçüksezgin, 2009
^c Çanakkale		244.5		4.93	56.2	0.19	0.004	Akçalı ve Küçüksezgin, 2011
^c zmir		121.5		6.54	52.4	0.16	0.003	Akçalı ve Küçüksezgin, 2011
^d skenderun		186.3		2.23		0.42	6.64	Piner Olguno lu ve Polat, 2007
^a Sinop	24.6	637.4	4.75	13.6	70.4	0.17	1.7	Bu çalı ma
^b Sinop	59.9	479.4	5.25	8.6	63.4	0.3	1.95	Bu çalı ma

^a*Cystoseira barbata*; ^b*Cystoseira crinita*; ^c*Cystoseira* spp.; ^d*Cystoseira corniculata*

Gelidium crinale

Gelidium crinale türünün a ır metal analiz çalı malarına Ege ve Akdeniz kıyılarında rastlanılmamı tir. Karadeniz Türkiye kıyılarında da yalnızca Türk ulha ve ark. (2010 ve 2013) alı maları bulunmaktadır.

Yapılan floristik çalı malarında Sinop'ta ve stanbul Bo azı kıyılarında tespit edilmi lerdir (Aysel ve ark., 2004; Turna ve Ertan, 2005).

Çalı mamızda iki ayrı mevsimde elde etti imiz bu tür, sonbahar ayında daha yo un gözlemlenmi tir. Karaçuha ve Ersoy Karaçuha (2013) gerçekle tirdikleri makroalg biomasındaki de i imlerinde de *G. crinale* türünün sonbahar mevsiminde daha yo un oldu unu saptamı lardır.

Sinop bölgesinde yapılan çalı malarda sonuçlar farklılık göstermektedir. Tüm element konsantrasyonları önceki çalı malardan yüksek bulunmu tur. Bu sonuç, lokal girdilerin zamana ba lı de i imlerinden ve günden güne artan populasyondan kaynaklanabilir.

G. crinale türünün Ni konsantasyonunu hem sudan hem de sedimandan aldı ı görölmektedir. Nikelin BSAF de erinin yüksek olması, canlının do rudan petrol kirlili ine maruz kaldı ını göstermektedir (Dadolahi-Sohrab ve ark., 2011). Tersane bölgesinde BSAF de eri sonbahar mevsiminde yüksek bulunmu tur. Bu sonuç, Eylül ayından itibaren balıkçılı ın yo un olmasından ve balıkçı gemilerinin tersanede bulunmasından kaynaklanmaktadır. Piner Olguno lu ve Polat (2007) de, yüksek gemi trafi inin Cu ve Ni miktarlarını arttırdı ını belirtmi lerdir. Yatay ve dikey da ılım gösteren bakır miktarı gemilere ba lı olmakla birlikte, aynı zamanda insan aktiviteleri ile de ili kilidir. Dolayısıyla, Tersane bölgesinin yerle im yerinde olması, yaz aylarına do ru nüfusun yakla ık 3 katına çıkması, kentsel atıkların o alması bakır konsantrasyonunu arttırmaktadır. Önce su kolonunda ve yüzeye yakın bölgede bulunan bakır, zamanla sülfürle birle erek dibe çöker. Bu nedenle hem sedimandan hem de sudan bu elementi biyoakümüle edildi i açıklanabilir.

Çizelge 5.7.'de *Gelidium crinale* türü ile yapılan çalı malar verilmektedir.

Çizelge 5.7. *Gelidium crinale* türü ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	Kaynak
Sinop		184	<0.01	9.25	4.42	13.22			<0.01	Türk Çulha ve ark., 2010
Bulgaristan	19.03	89.27	0.09		0.91	3.80	0.04	0.03	0.07	Panayotova ve Stancheva, 2013
Sinop		421	<0.01	9.53	16.8	0.28			<0.01	Türk Çulha ve ark., 2013
Mısır		410.94		4.07	9.40	43.44	0.54		18.63	Khaled ve ark., 2014
Sinop	281.9	875.9	2.65	10.15	11.05	98	0.11	0.01	2.5	Bu çalı ma

Laurencia obtusa

Genellikle Akdeniz'de yaygın olan bu türün, di er sularımızda gerçekleştirilen a ır metal çalı malarına rastlanılmamıştır. Türkiye sularında, skenderun Körfezi'nden örneklenen *Laurencia papillosa* türüne ait veriler mevcuttur (Piner Olguno lu ve Polat, 2007). Ayrıca, Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerden Ukrayna (Kırım)'da ve Yunanistan'da ortalama a ır metal konsantrasyonları belirlenmiştir (Zolotukhina ve Radzhinskaya, 1995; Sawidis ve ark., 2001).

Yapılan önceki çalı malara göre, Karakum'dan toplanan örneklerimizde çinko konsantrasyonu yüksek bulunmuştur. *L. obtusa* türünün Cu, Zn ve Cd konsantrasyonlarını sedimandan aldığı belirlenmiştir (BSAF>1). Daha önce belirtildiği gibi, çinko ve kadmiyum miktarları kömür yakıtlarının tüketilmesine bağlı olarak artmaktadır. Ayrıca sularda doğal olarak bulunan çinko zamanla sedimana çökerken, kadmiyum daha hızlı sedimanda birikmektedir (Fowler ve Knauer, 1986). Bakırın BSAF değerinin yüksek olması ise, Dadolahi-Sohrab ve ark. (2011) tarafından bu elementin fotosentez boyunca mikro besleyici olarak kullanılması olarak açıklanmıştır.

Çizelge 5.8. *Laurencia* spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
Ukrayna	25.6			3.7	9.6	34.7	0.6	4.9	Zolotukhina ve Radzhinskaya, 1995
Yunanistan	70.81			10.95	5.35	30.05	1	0.02	Sawidis ve ark., 2001
^a skenderun		314.35			2.55		0.44	7.07	Piner Olguno lu ve Polat, 2007
Sinop	11	402.4	0.1	2.9	5.8	41.1	0.2	0.9	Bu çalı ma

^a*Laurencia papillosa*

Padina pavonica

Padina pavonica türü birçok organizmanın substratını oluşturan fotofilik bir alg türüdür. Genellikle kirliliğin az olduğu, kayalık bölgelerde bulunurlar. Çalılık mamızda yaz mevsiminde Akliman, Karakum ve DS istasyonlarından örneklenmiştir. DS istasyonunda ortalama Al miktarı yüksek bulunmuştur. Sinop yaz nüfusunun 10 yıl önce 60000'lerde olması, ancak günümüzde 150,000'lere ulaşması çinko miktarının da orantılı olarak artmasına neden olmaktadır. DS Korucuk Mevkii, yaz aylarında yoğun bir plaj olmaktadır. Dolayısıyla, hem turistik tesislerin atıkları, hem de insan kaynaklı kirleticiler yaz aylarında bu plajın kirlilik yükünü arttırmaktadır. Sudaki alüminyum miktarı da kentsel atıklar ve antropojenik etkiler sonucunda artışı göstermektedir. BCF>2000 olması da bu türün sudan yoğun konsantrasyonu bünyesine aldığını göstermektedir. Kadmiyum ve cıva miktarlarının da DS istasyonunda sedimanda yoğun olduğu bulunmuştur. Kadmiyumun sedimanda hızlı birikmesinin yanında, bu bölgede yaz aylarında popülasyonun artması ve kentsel atıklardaki kadmiyum oranı konsantrasyonu etkilemektedir. Ancak sonuçlar sınır konsantrasyon limitlerinin altındadır.

P. pavonica ile ilgili, Karadeniz Türkiye kıyılarından, Karadeniz'e kıyısı olan ülke sularından ve denizlerimizden örneklenen çalılık ma sonuçları Çizelge 5.9'da verilmektedir.

Çizelge 5.9. *Padina pavonica* ile ilgili yapılan ağır metal çalılık maları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	Kaynak
Yenifoça	175.1	2526.2		9.09	2.35	229.9	3.02		22	Can ve ark., 2007
Yunanistan		1541			4.6	44.1	7.3		13.2	Malea ve ark., 1995
Yunanistan	191.5			25.3	3.35	22.8	1.4		1.06	Sawidis ve ark., 2001
Suriye					5.15	32.66	0.50		0.77	Al-Masri ve ark., 2003
Sinop		410			5.4	32	<0.02		<0.01	Altu ve ark., 2005
skenderun		383.4			2.63	30.04	0.91		8.60	Piner Olguno lu, 2008
zmir		323.5			4.96	116.4	0.12	0.08	0.004	Akçalı, 2009
Alanya	21.50	520.3	<0.05	2.38	2.50	31.34	0.57		<0.1	Topçuo lu ve ark., 2010
Foça					0.08	<0.001-1.90			0.09	Koçba ve ark., 2011
Sinop	103.6	2093.1	1.05	4.55	3.55	49.7	0.41	0.02	2.85	Bu çalılık ma

Polysiphonia fucooides

Türkiye sularında ve Karadeniz'e kıyısı olan ülke sularında bu tür ile ilgili yapılan ağır metal çalımlarına rastlanılmamıştır.

Polysiphonia genusu filamentli bir alg olup, morfolojik yapısı itibariyle yüksek oranda ağır metal akümüle etmektedir (Malea ve ark., 1995). Çalımamızda, kış mevsiminde DS istasyonundan, yaz mevsiminde ise Akliman ve DS istasyonlarından topladığımız *P. fucooides* türünde Al, Zn, Cd, Hg ve Pb konsantrasyonlarının bünyelerine yüksek oranda aldığını görülmektedir. Özellikle DS istasyonunda yaz mevsiminde sedimanda çinko konsantrasyonu çok yüksek bulunmuştur. DS plajının yaz mevsiminde yoğun olması ve turistik tesislerin atıkları çinko miktarının artmasına neden olmaktadır.

Çizelge 5.10.'da *Polysiphonia fucooides* türü ile yaptığımız çalımanın ortalama sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.10. *Polysiphonia fucooides* ile ilgili yapılan ağır metal çalımları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	Kaynak
Sinop	120.8	1904.5	2.38	5.3	6.8	136.5	0.59	0.021	3.35	Bu çalıma

Scytosiphon lomentaria

Türkiye sularında ve Karadeniz'e kıyısı olan ülke sularında bu tür ile ilgili yapılan ağır metal çalımlarına rastlanılmamıştır. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde Karakum istasyonundan toplanan *S. lomentaria* türünün sedimandan aldıkları Zn ve Cd metalleri için iyi indikatör olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.11. *Scytosiphon lomentaria* ile ilgili yapılan ağır metal çalımları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	Kaynak
Sinop	16.8	1761.2	0.55	4.8	6.05	284.5	0.4	0.01	1.35	Bu çalıma

Ulva spp.

Deniz alglerinden *Ulva spp.* çevre kirliliğinin de değerlendirilmesinde özellikle ağır metal kirliliğinde iyi bir indikatör olduğu, organik kirlenmenin olduğu bölgelerde daha iyi geliştiği rapor edilmektedir (Topçuoğlu ve ark., 2001). Bu sebeple, *Ulva* türleri ağır metal kirliliğinin de değerlendirilmesinde en çok tercih edilen tür olmaktadır.

Yapılarındaki yüksek protein, vitamin, aminoasit ve mineral maddeler ile düşük miktarları ile dünyanın birçok bölgesinde özellikle Asya ülkelerinde (Japonya, Kore, Çin, Vietnam, Endonezya ve Tayland) *Ulva spp.* (deniz marulu ve aonori) besin olarak ve ya tatlandırıcı olarak tüketilmektedir. Avrupa'da ise deniz yosunları yeni gıda olarak değerlendirilmektedir (CEVA, 2014).

Çalışmamızda *Ulva* türlerine ait elde edilen ağır metal sonuçları Anonymous (1995), FAO (1983), WHO/FAO (1999,2004) ve CEVA (2014) belirledikleri sınır değerlerinin ile kıyaslanmıştır (Çizelge 5.12.). Ülkemizde algler tüketim için pek tercih edilmese de, *U. lactuca* türünün mevcut ağır metal durumu ortaya konulmuştur. Ortalama As düzeyleri 1,54; Cd düzeyleri 0,08; Hg düzeyleri 0,02; Pb düzeyleri 2,02; Zn düzeyleri 66,2; Cu düzeyleri 3,4 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Zn değerinin ortalama değeri yüksektir, ancak tüketilebilen *U. lactuca* türü değerlendirildiğinde Zn değerinin 32.5 mg/kg ile sınır değerlerinin arasında saptandığı görülmektedir.

Çizelge 5.12. Ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması

	Ağır metaller						Kaynak	
	As	Cd	Hg	Pb	Zn	Cu		
	3	0.5	0.1	5	2	7	2	CEVA, 2014
				1	50	20	20	WHO/FAO 1999, 2004
				0.5	30	30	30	Anonymous, 1995
								FAO, 1983
<i>U. flexuosa</i>	1.5	0.03	0.02	6	68	3.7	3.7	Bu çalışmada
<i>U. intestinalis</i>	2.1	0.11	0.02	1.1	75.2	3.3	3.3	Bu çalışmada
<i>U. lactuca</i>	0.6	0.03	0.01	0.5	32.5	2.4	2.4	Bu çalışmada
<i>U. linza</i>	2.2	0.11	0.02	1.3	74.2	3.4	3.4	Bu çalışmada
<i>U. rigida</i>	1.3	0.12	0.01	1.2	81	4.2	4.2	Bu çalışmada

Sınır değerlerin üzerindeki kalın harfle gösterilmiştir.

Türkiye kıyılarında besleyici elementlerin bol olduğu yerlerde kozmopolit yayılım gösteren bu türler, tuzluluğa ve kirliliğe karşı toleranslıdır (Cirik ve Cirik 1999, Topçuoğlu ve ark., 2001). Bu nedenle Türkiye sularında *Ulva* türlerine sıklıkla rastlanmaktadır. Kıyılarımızda ve kıyı ülke sularımızda yapılan ağır metal çalışmaları Çizelge 5.13.'de verilmektedir.

Çizelge 5.13. *Ulva* spp. ile ilgili yapılan ağır metal çalışmaları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
^a Sinop				107	47.5	45.5	0.51	99.5	Öztürk ve ark., 1994b
^a Sinop	126	514.5		86.1	31.5	49.1	0.53	100	Öztürk ve ark., 1994b
^a neada		12640	4.8			35.8			Güven ve ark., 1998
^a ile		580	0.2		9.6	10.1	1	9.3	Güven ve ark., 1998
^a stanbul		1064	1.11		8.4	12.9	1.08	5.3	Kut ve ark., 2000
^a Sinop		945			13.2	19.0	0.06	7.4	Altu ve ark., 2005
^a Sinop		1048	0.93	3.55	5.31	22.6		<0.01	Türk Çulha ve ark., 2013
^a Sinop	42.75	1126.3	0.95	2.29	4.88	24.5	1.07	5.5	Bat ve Arıcı, 2016
^b zmir		309.2			3.31	20.2	0.81	4.35	Tuncer, 1985
^b Sinop	27.1	1159.5		9	5.08	9.0	2.16	7.38	Cevher, 1991
^b Sinop		669				34.2		6.5	Güven ve ark., 1998
^b stanbul		175	0.32		3.58	8.5	1.13	6	Kut ve ark., 2000
^b stanbul		475	0.68		8.83	<7	1.1	6.5	Kut ve ark., 2000
^b stanbul		154	0.24		4	8.3	0.38	2.1	Kut ve ark., 2000
^b ile	31.25	324.4	0.78	5.98	15	29.7	0.5	11.8	Topçuo lu ve ark., 2001
^b neada	45.96	1929	<0.05	7.85	10.47	76.6	<0.2	<0.5	Topçuo lu ve ark., 2002
^b Kilyos	54.03	499	3.97	8.76	8.93	122.9	<0.2	<0.5	Topçuo lu ve ark., 2002
^b Sinop	82.18	1127	<0.05	8.97	9.93	72.8	<0.2	<0.5	Topçuo lu ve ark., 2002
^b Marmara Denizi	59.4	1156.5		8.51	18.7	182.7	0.56	7.75	Topçuo lu ve ark., 2004
^b Kızıl Deniz					11.08	32.4	1.09	13.58	El-Moselhy ve Gabal, 2004
^b Sinop		2350			13	40.0	<0.02	<0.01	Altu ve ark., 2005
^b Ordu	0.56	4.23			0.49	1.4			Candan ve Ta , 2009
^b Dil iskelesi (Marmara)	164.2	3384.2				156.3		1.5	Ergül ve ark., 2010
^b Foça					0.41	0.8		0.39	Koçba ve ark., 2011
^b Sinop		342	0.54	3.74	5.96	30.5		<0.01	Türk Çulha ve ark., 2013
Sinop	11.9	480.25	0.8	2.4	7.23	23.8	0.71	4.8	Bat ve Arıcı, 2016
^b Sinop	20	301.5		57	49.5	71.0	0.98	57	Öztürk ve ark., 1994a
^b Fethiye	39.13	474.9	<0.05	7.54	8.06	62.88	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2010
^b Alanya	68.02	3195.1	1.69	5.33	7.93	76.37	<0.02	<0.1	Topçuo lu ve ark., 2010
^b nebolu	64	1754	0.9	2.4	28	35.0	0.66	1.8	Arıcı ve Bat, 2016b
^b Samsun	57	1578	0.8	1.8	21	37.0	0.41	1.9	Arıcı ve Bat, 2016b
^b Sinop	9.5	573	0.5	1.1	7	19.0	0.09	1.9	Arıcı ve Bat, 2016b
^b neada	39	1055	0.7	1.6	15	27.0	0.38	1.6	Arıcı ve Bat, 2016b
^c Sinop				147	47.5	46.5	0.51	108.5	Öztürk, 1991
^c Sinop				43	33.5	37.0	0.4	78	Öztürk, 1994
^c Sinop	135			86.06	31.5	44.4	0.53	100.2	Öztürk ve ark., 1994a
^c K. çekmece			0.8	<25		53.5			Topçuo lu ve ark., 1998c
^c Kilyos		6390				107.1	3.92		Topçuo lu ve ark., 1998b
^c stanbul		241	0.16		6	15.8	0.38	2	Kut ve ark., 2000
^c stanbul		281	0.38		7.98	16.9	0.8	7.8	Kut ve ark., 2000
^c Sinop		1020			15.4	21.0	0.08	8.2	Altu ve ark., 2005
^c ile	49.66	440.7	<0.05	6.95	7.63	9.0	0.85	3.4	Topçuo lu ve ark., 2001

Çizelge 5.13. Devamı

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
^a Foça					0.008	0.5		0.14	Koçba ve ark., 2011
^c Sinop		944	2.34	8.38	4.05	24.9		<0.01	Türk Çulha ve ark., 2013
^c neada	28	975	0.6	1.4	12	13.0	0.21	1.4	Arıcı ve Bat, 2016b
^c nebolu	47	1412	0.8	1.9	24	28.0	0.45	1.7	Arıcı ve Bat, 2016b
^c Samsun	19	1342	0.7	1.2	17	21.0	0.32	1.8	Arıcı ve Bat, 2016b
^c Sinop	11.5	972.8	0.91	7.4	4.85	10.8	0.05	5.6	Bat ve Arıcı, 2016
^c Sinop	2	850	0.4	0.9	9	7.0	0.04	1.1	Arıcı ve Bat, 2016b
^d Sinop	25.8	1021	2.6		5.7	6.0	2.2	8.8	Güven ve ark., 1992
^d Sinop	28.4	1298	2.3		4.5	11.9	2.1	6	Güven ve ark., 1992
^d ile		122	0.3		3.2	<7	0.5	<0.5	Güven ve ark., 1998
^d Yunanistan		100			2.2	57.3	1	14.7	Haritonidis ve Malea, 1999
^d Sinop		2002			11	32.0	<0.02	<0.01	Altu ve ark., 2005
^d Bulgaristan	3.2	24.53	0.05		0.82	1.3	0.03	0.04	Panayotova ve Stancheva, 2013
^d Çanakkale		5.68			0.35	3.7		0.07	Özden ve Tunçer, 2015
^d Sinop	17	1624.5	1.45	1.93	5.6	20.0	1.9	4.95	Bat ve Arıcı, 2016
^e zmir		879			53	56	0.81	81.5	Türkan ve ark., 1989
^e Ege Kıyıları	18.8	777			8.32	19.3	1.71	1.81	Uysal, 1992
^e zmir					1.82	8.0	0.13	3.31	Küçüksezgin ve Balcı, 1994
^e Yunanistan					10.75	44.5	0.67	1.41	Sawidis ve ark., 2001
^e Bulgaristan	43.5				6.3	19.0	0.8	2.05	Strezov and Nonova, 2005
^e Mersin	57.34	2313.5		56.75	12.54	15.3	0.1	1.99	Alp ve ark., 2012
^a Sinop	43.1	1639.2	0.7	3.6	3.35	142.6	0.17	1.25	Bu çalı ma
^b Sinop	23.7	283.5	0.25	1.85	2.45	32.5	0.04	0.5	Bu çalı ma
^c Sinop	84.2	1679.3	0.7	2.25	4.4	100.5	0.29	1.45	Bu çalı ma
^d Sinop	18.2	584.2	0.2	2.25	3.3	92.7	0.22	3	Bu çalı ma
^f Sinop	866	1257.2	1.1	3.80	5.53	75.6	0.04	6.65	Bu çalı ma

^a*Ulva intestinalis*, ^b*U. lactuca*, ^c*U. linza*, ^d*U. rigida*, ^e*Ulva* spp., ^f*U. flexuosa*,

Farklı *Ulva* türlerindeki ağır metal düzeyleri türlere, mevsimlere, örnekleme bölgelerine vb. gibi diğer faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Tüm sonuçlara göre özellikle yoğun endüstriyel faaliyetlerin yapıldığı Marmara Bölgesi'nde konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir (Ergül ve ark., 2010).

Çalı mada *Ulva* türlerinin Al, Mn ve Fe konsantrasyonlarını sudan alması da buldukları suyun ağır metal konsantrasyonlarını yansıttıkları için iyi birer gösterge tür olduklarını göstermektedir.

Zostera spp.

Deniz çayırları hem su kalitesi de i imlerinde, hem de sediman kirlili inin izlenmesinde iyi bir indikatördür. Kirlilikten kaynaklanan olumsuz ko ullarda da ya ayabilen *Zostera* türlerinin metal alımları pek bilinmemekle birlikte, sediman durumunu ve yüzey suyu konsantrasyonlarını yansıtmaktadırlar.

Türkiye sularında deniz çayırlarının da ılımları ve kompozisyon de i imleri ile ilgili çalı malar yapılmı olsa da, *Zostera* türlerine ait a ır metal konsantrasyon çalı maları çok azdır (Tuncer, 1985; Güven ve ark., 1993; Bat ve ark., 2015). Karadeniz’de ilk olarak deniz çayırlarının a ır metal konsantrasyon çalı ması Bat ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilmi tir. Bu çalı mada da ilk olarak, *Zostera marina* ve *Z. noltei* türlerinin yapraklarındaki ve kök+rizomlarındaki a ır metal konsantrasyonları, su ve sediman ili kileri ile birlikte kar ıla tırılarak verilmi tir.

Denizlerin çamurlu, kumlu ve kayalık substratlarında ya ayan deniz çayırları, çalı mamızda, bataklık özelli i ta ıyan (ortalama %55.76 silt) Türkeli 2 istasyonundan ve kumluk (ortalama %48.98) olan Akliman istasyonundan toplanmı tir.

Howley (2001) tarafından, genellikle kı sonunda yapraklar dökülmeden daha fazla metal konsantrasyonlarının akümüle oldu u belirtilmi tir. Çalı mamızda da sonbahar ve kı mevsimlerinde a ır metal deri imlerinin daha yüksek oldu u görülmektedir.

Kadmiyum, çift yönlü hareket eden bir metal olup, genellikle yapraklardan köklere do ru hareketinin fazla oldu u Brix ve ark. (1983) ve Nicolaidou ve Nott (1998) tarafından bildirilmi tir. Bundan dolayı, köklerde daha fazla kadmiyum konsantrasyonunun gözlenmesi beklenmektedir ve sonuçlarımız bu a a ıya do ru hareketi desteklemektedir (BSAF>2, makro konsantratör).

Manganez, deniz çayırlarında yukarıya dönük akropatal hareket sergilemektedir. Ancak sonuçlarını suya yansıtmamaktadırlar (Brix ve ark., 1983; Nicolaidou ve Nott, 1998). Yaz mevisiminde Akliman’dan toplanan *Z. noltei* türünün yaprak kısımlarında Mn deri imleri daha yüksek; suda ise daha azdır. Bu da Mn konsantrasyonun sedimandan alındı ını göstermektedir (BSAF>1). Mn miktarının yaz mevsiminde Akliman istasyonunda yüksek olması, deniz çayırlarının fotosentez gerçekleştirerek, fotosentez enzimlerini kullanmalarından kaynaklanmaktadır.

Çalı mamızdaki iki farklı türün Zn konsantrasyonlarının yapraklarda ve kök+rizom kısımlarında akümüle farklılıkları gözlenmektedir. Bunun sebebi, Zn metalinin %0.28 yukarıya do ru, %0.21 a a ıya do ru trasnlokasyon gerçekleştirilen bir

metal olmasıdır (Brix ve ark., 1983; Nicolaidou ve Nott, 1998). Zamanla dibe çöken Zn metalini, çalı mamızda *Zostera* türleri sedimandan akümüle ettikleri görülmektedir (BSAF>1).

Bakır, bitki bünyelerinde hareketli de ildir. Minimal bir translokasyon gerçeikle ti i gözlemlenmi tir (Brix ve ark., 1983). *Zostera marina* türünde Cu, hem sudan hem sedimandan akümüle olurken; *Z. noltei* türünde sadece sedimandan akümüle olmaktadır. Bu durum, Akliman bölgesindeki kirlilik baskısının, Türkeli istasyonundan daha fazla olması, bakır girdisinin sedimanda fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Kur un ise, do ada en fazla bulunan bir a ır metal olmasına ra men, dokular arasındaki translokasyonları ile ilgili veri bulunmamaktadır. *Zostera marina* türünün kök+rizom kısımları Pb de erini sudan aldı ı görülmektedir. Ancak sonuçlar, sınır limitlerinin altında oldu u için besin zincirinde tehlikeli bir boyutta olmadı ını, hem Akliman, hem de Türkeli istasyonlarının temiz oldu unu dü ünebiliriz.

Türkiye sularında yapılan tüm çalı malarda (Tuncer, 1985; Güven ve ark., 1993; Bat ve ark., 2015) Fe>Zn>Cu sıralaması görülmektedir (Çizelge 5.11.). Ege ve Akdeniz sularında *Zostera* türlerine ait a ır metal çalı malarına rastlanılmadı ı için kıyaslama yapılamamı tır. Demir, deniz çayırlarının metabolik faaliyetleri için esansiyel bir metal oldu undan yüksek konsantrasyonda olması beklenmektedir. Brix ve Lyngby (1984) çalı malarında demir konsantrasyonunu köklerde daha yüksek bulmu lardır. Bizim çalı mamızda da, *Zostera* türlerinin Fe konsantrasyonunu sedimandan aldıkları ve kök kısımlarında daha yo un absorbe ettikleri görülmektedir (BSAF>1).

Çizelge 5.14. *Zostera* spp. ile ilgili yapılan a ır metal çalı maları

Bölge	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
^a stanbul Bo azı		10488		18	25	86		44	Güven ve ark., 1993
^a zmir		266.8			2.33	17.43	0.29	4.28	Tuncer, 1985
^b Sinop		521.7			1.7	14.5	0.18	0.9	Bat ve ark., 2015
^a Sinop	702.6	2881.9	2.3	9.7	14.05	114.8	0.14	2.75	Bu çalı ma
^b Sinop	445.2	3005.2	1.7	5.15	5.45	86.3	0.45	3.95	Bu çalı ma

^a*Zostera marina*; ^b*Z. noltei*

6. SONUÇLAR (ve ÖNER LER)

Sucul ortamda birincil üretimi sa layan denizel makroalgler ve deniz çayırları, metalleri dokularına alma ve biriktirebilme özelliklerinden dolayı metal kirlili inin göstergeleri olarak seçilmi tir. Ayrıca, geni alanda da ılım göstermeleri, bol bulunmaları, sabit konumda bulunmaları, boyutlarının analiz için uygun olması, kolay tanımlanmaları gibi özellikleri de biyomonitör tür olarak kullanımlarına elveri sa lamı tir.

Sinop, endüstrinin geli medi i, ancak balıkçılık ve turizm faaliyetlerin yo un oldu u bir ildir. Son yıllarda özellikle yaz aylarında artan popülasyon ile kirlilik baskısı altındadır. Bu nedenle, kirlili in mevcut durumunu saptamak önem ta ımaktadır.

AB-DSCD kapsamında, sucul besin zincirinin alt basama nda yer alan makroalgler ve deniz çayırları ÇD sa lanması amacıyla takip edilmesi önerilen biyolojik kalite unsurlarıdır. Bu hedefler do rultusunda, Sinop ili kıyı eridinin tamamını kapsayan sekiz farklı özellikteki çalı ma istasyonu belirlenmi tir. Seçilen istasyonlardan yo un olarak gözlenen makroalgler ve deniz çayırları mevsimsel olarak toplanmı tir. Eylül 2015 ve Temmuz 2016 tarihleri arasında toplanan makroalg ve deniz çayırı örnekleri, aynı bölgeden alınan su ve sediman örnekleri ile kar ıla tırılarak yorumlanmı tir.

Makroalg, deniz çayırı ve sediman örnekleri mikrodalga yakma i lemi ile çözüldürülmü tür. Tüm örneklerin a ır metal düzeyleri ICP-MS cihazında ppb düzeyinde uygun metotlara göre ölçülmü tür. ICP-MS hızlı analiz sonucu vermesi, gözlenebilme sınırlarının iyi olması, hassasiyetinin yüksek olması nedeniyle tercih edilmi tir.

Bu çalı ma ile ilk olarak deniz çayırlarının a ır metal konsantrasyonları morfolojik kısımlarına göre de erlendirilmi tir; yaprak kısımlarının su ile kök ve rizom kısımlarının sediman ile kar ıla tırılması çalı manın özgünlü ünü arttırmı tir.

Sonuçlar maddeler halinde verilmi tir:

- 1) A ır metal düzeyleri türlere, mevsimlere ve istasyonlara ba lı de iimler göstermi tir. Suların fiziko-kimyasal özelliklerinin farklı olması, sedimanların zemin yapılarının farklılık göstermesi, alglerin ve deniz çayırı türlerinin morfolojik yapılarının, ya larının, a ır metale maruz kalma süreleri vb. gibi faktörlerin çe itlilik göstermesi deri im düzeylerinin farklılı na neden olmu tur.

- 2) Sedimanlarda organik madde miktarı Akliman > Türkeli 1 > Türkeli 2 > Ayancık > Gerze > DS > Tersane > Karakum sıralamasında bulunmu tur.
- 3) Türkeli istasyonunda limanın sa ve sol kıyıları farklı zemin yapılarına sahiptir. En yüksek metal kirlilik indeksi kayalık zemin yapısı olan Türkeli 1 istasyonunda bulunmu tur. Sedimanlarda yüksek a ır metal konsantrasyonlarının sebebi, ilçede ufak çapta fabrikaların olması ve fabrika atıklarının denize bo altılıp zamanla sedimana çökmesidir. Ayrıca bölgede tarımsal faaliyetlerin yo un olarak gerçekleştirilmesi ve tarımsal atıkların di er karasal girdilerle suya ulaşması buna etkindir. Türkeli 2 istasyonu ise silt zemin yapısına sahip olup, sedimandaki yüksek a ır metal konsantrasyonunun di er bir sebebi ise, küçülen tane boyutunun a ır metal konsantrasyonunun arttırmasından kaynaklanmaktadır.
- 4) Ayancık istasyonu balıkçılı ın ve tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildi i bir istasyondur. Kirlilik baskısı azdır.
- 5) nceburun istasyonu, Türkiye Karadeniz sahilinin en kuzey noktasıdır. Yaz aylarında gezi ve mesire yeri olarak ziyaret edilmektedir. Dik falezli kıyılarla çevrili bu istasyonda dalga boyları ve akıntılar oldukça fazladır. Bu nedenle, plaj olarak de erlendirilmemektedir. Herhangi bir sanayi tesisinin olmaması ve yerle im yeri olarak kullanılmaması da bölgede antropojenik ve endüstriyel etkiler yaratmamaktadır. Deniz sularında ve toplanan makroalglerde ölçülen a ır metal düzeyleri en az bu istasyonda bulunmu tur.
- 6) Akliman istasyonunun yerle im yeri olması, yazlık evlerden ve pansiyonlardan, ayrıca cezaevi ve hastaneden denize ulaşan evsel ve kentsel atıklardan ve turistik faaliyetlerden kaynaklı kirleticilere maruz kalmaktadır. Bahar ve yaz aylarında piknik alanı ve plaj olarak de erlendirilen istasyonda, atıkların ve de arjların fazla oldu u görülmektedir. Ayrıca, balıkçı teknelerinin sintine sularını bo altması, Karasu ve Sırakaraa açlar Deresi atıklarının bu bölgeye ulaşması da a ır metal kirlili i baskısını arttırmaktadır. Ayrıca, sediman parçacık boyutunun da bu istasyonda da ince olması, a ır metal birikimini etkilemektedir.
- 7) Tersane istasyonu, yerle im yerindedir. Sürekli olarak evsel atıklara maruz kalan bölge, yaz aylarında da artan turistik aktiviteler ile antropojenik kirlilik baskısı yaratmaktadır. Ayrıca, limanda sürekli olarak balıkçı gemilerinin bulunması ve her türlü deniz ta ıtlarının yapım, onarım ve boyama

i lemlerinin yapılması ve balıkçı teknelerinden bo alan sintine suları da çevre kirliliğinin boyutunu arttırmaktadır. Sonbahar mevsiminde balıkçılık sezonunun başlaması ve gemi trafiğinin artması bazı ağır metallerin (Zn, Ni ve Cu) yükünü arttırmaktadır.

- 8) Karakum, merkezden 2 km uzaklıkta yerleşim yeri olarak kullanılan bir istasyondur. Bölgede, kamu ve özel kişilere ait oteller, tatil köyleri, kafeler, restoranlar ve çadır yerleri bulunmaktadır. Yaz aylarında plaj olarak kullanılan bölgede, denizin açık denizle bağlantılı olması ve kıyı akıntılarının fazla olması kirliliğin bir noktada birikmesini önlemektedir. Ayrıca bölgede endüstriyel faaliyet yoktur. Dolayısıyla, bölgede önemli düzeyde bir kirlilik gözlenmemektedir.
- 9) DS , özellikle yaz aylarında turizm aktivitelerinden kaynaklanan kirleticilere maruz kalmaktadır. Yaz nüfusunun 150,000'lere ulaşması, plajın kirlilik yükünü oldukça arttırmaktadır. Bölgede bulunan yazlık yerlerinin akıntılarının denize de arız olması antropojenik ve kentsel atık yükünü arttırsa da, en yoğun kullanılan bu istasyonun deniz suyunda ve sedimanında tehlike yaratacak düzeyde kirlilik gözlenmemektedir.
- 10) Gerze istasyonu, küçük çaplı sanayi ve tarımsal aktivitelerin yapıldığı bir yerleşim yeridir. Yaz aylarında doğal bir plaj bölgesidir. Ayrıca, ufak bir limanın yer alması, teknelerden boşaltılan yağlar ve kirli sintine suları bölgenin kirlilik etkisi altında olduğunu göstermektedir.
- 11) Makroalglerde ve deniz çayırlarında ağır metal düzeyleri incelendiğinde esansiyel olmayan Hg, Cd, Co, Pb ve As elementlerinin düşük düzeyde, Ni ve Cu elementlerinin orta düzeyde olduğu ve bitkilerin gelişmesi ve büyümesi için gerekli olan esansiyel Mn, Zn, Fe ve Al elementlerinin yüksek düzeyde olduğu gözlenmiştir.

Tüm makroalg ve deniz çayırı türlerinde en düşük düzeyde bulunan metal Hg, en yüksek düzeylerde bulunan metaller ise esansiyel Fe ve Al elementleri olarak tespit edilmiştir. Cıva miktarının düşük çıkması, besin zinciri döngüsünde yer alan sucul bitkilerin metabolik faaliyetlerini gerçekleştirmesi için bir engel olmadığını göstermiştir.

- 12) Ağır metal konsantrasyonları divizyonlarına göre Rhodophyta>Ochrophyta>Chlorophyta sıralamasında tespit edilmiştir.

13) Element konsantrasyonları divizyonlara göre farklılık göstermektedir. Rhodophyta divizyonunun Al, Fe, Mn, Ni, Pb ve Co elementlerini; Chlorophyta divizyonunun Zn elementini ve Ochrophyta divizyonunun Cu, As ve Cd elementlerini yüksek düzeylerde bünyelerine aldığı bulunmuştur. Hg ise tüm divizyonlarda orta düzeyde ve düşük konsantrasyonlarda aldığı gözlemlenmiştir.

14) Elementler farklı düzeylerde, farklı alg türleri tarafından biriktirmektedir. Al: *Cladophora* spp., *P. fucooides*, *Ceramium* spp.; Mn: *G. crinale*, *P. pavonia*, *U. flexuosa*; Fe: *Cladophora* spp., *P. pavonica*, *Ceramium* spp.; Co: *P. pavonica*, *G. crinale*, *Ceramium* spp.; Ni: *Ceramium* spp., *Ectocarpus* spp., *G. crinale*; Cu: *C. barbata*, *Ectocarpus* spp., *G. crinale*; Zn: *P. fucooides*, *S. lomentaria*, *Cladophora* spp.; As: *Ectocarpus* spp., *C. barbata*, *C. crinita*; Cd: *S. lomentaria*, *P. fucooides*, *Cladophora* spp. ve Hg: *P. fucooides*, *Ceramium* spp., *Ectocarpus* spp. türleri tarafından en yüksek düzeyde alınmıştır.

Buna bağlı olarak, bu türlerin ağır metal kirliliği araştırmalarında indikatör organizma olarak değerlendirilmeleri uygun görülmüştür.

15) Elementleri sedimandan alan mikro ve makro konsantratör türler (BSAF>1) belirlenmiştir. Genelde non-esansiyel olan elementlerin (Hg, Cd, Pb) sedimandan alındığı gözlemlenmiştir. Sudan sedimana hızla çöken Cd elementinin yenilebilir *U. flexuosa* ve *U. lactuca* türleri dışında her türde sedimandan alındığı tespit edilmiştir. Esansiyel elementlerden Zn ise, bitkilerin büyüme ve gelişmesinde gerekli olup, tüm türler tarafından sedimandan akümüle olmaktadır. Deniz çayırlarında ise elementlerin translokasyonları farklılık göstermektedir.

16) Ağır metal konsantrasyonlarını sudan akümüle eden biyoakümülatif türler (BCF>2000) belirlenmiştir. *Cystoseira* türleri As elementinin indikatörleridir. Hücre metabolizması için önemli olan Al, Fe ve Mn elementlerinin de genellikle türler tarafından sudan akümüle olduğu tespit edilmiştir.

U. lactuca ve *U. rigida* türlerinin BCF değerleri 2000'den düşük çıkmıştır. Besin olarak tüketilen bu türlerin ağır metal konsantrasyonlarının düşük olması, sularımızda mevcut olan bu türlerin besin veya tatlandırıcı olarak tüketilebileceğinin bir göstergesidir.

olmu tur. Ayrıca, Avrupa ve Asya ülkelerinde yüksek miktarlarda tüketilmesi ithal edilmeleri için öngörülebilir.

17) Örnekleme istasyonlarındaki deniz suyu ağır metal konsantrasyonları Ulusal ve Uluslararası belirtilen standartlara uygun çıkmı tır. Özellikle esansiyel olmayan Cd ve Pb derilerinin Sinop kıyısı eridi boyunca sınır limitlerin altında çıkması, Sinop ilindeki evsel ve tarımsal atıkların kirlilik tehlikesi boyutunda olmadığını göstermiştir.

18) Örnekleme istasyonlarındaki sedimanlarda metal düzeyleri en düşük etkili konsantrasyon aralığında bulunmu tur.

19) *C. crinita*, *G. crinale*, *U. flexuosa* ve *U. intestinalis* türlerinin metal birikim düzeyleri sıcaklık artışı ile artışı göstermiştir.

Sonuç olarak, kıyısal bölgelerde, özellikle kirlilik seviyelerinin çok fazla olmadığını alanlarda biyolojik izleme için uygun türlerin kullanılması gün geçtikçe önem kazanmaktadır. AB-DSÇD kapsamında, 2020 yılına kadar ÇD sağlanması amacıyla makroalgler ve deniz çayırları ekolojik durumun yorumlanmasında önerilmektedir.

Bu çalışmaya ile baskın makroalg ve deniz çayırı türleri su ve sediman örnekleri de erlendirilerek bölgenin kirlilik boyutu belirlenmiştir. Deniz ortamında yaşamını sürdüren makroalgler, deniz çayırları ve diğer organizmalar arasında bir denge mevcuttur. Denizel çöpler, tarımsal atıklar, petrol atıkları, sintine suları vb. gibi kirletici unsurların deniz ortamına verilmesi sonucunda bu denge bozulmaktadır. Bu kirletici unsurlarla birlikte ağır metal birikimleri, makroalgler ve deniz çayırlarını etkiledi i gibi diğer denizel canlıları da etkilemektedir. Besin zinciri yoluyla en yüksek trofik düzeyde bulunan insanlara kadar ulaşabilmektedir. Bu nedenle biyomonitör türlerle bölgede devamlı olarak deniz canlılarının izlenmesi gerekmektedir.

Sinop Yarımadası ve çevresinin istasyonlara ve mevsimlere göre farklı ağır metal düzeyleri gösterdiği ancak endüstrinin gelişmedi i Sinop ilinde tehlike boyutu yaratacak bir kirlilik olmadığını sonucuna varılmış tır.

KAYNAKLAR

Abdallah, M., Abdallah, M. 2008. Biomonitoring study of heavy metals in biota and sediments in the South eastern coast of Mediterranean Sea. Environment and Monitoring Assessment, 146 (1-3): 139-145.

Akçalı, . 2009. Ege Denizi'nin Türkiye kıyılarında bulunan makroalglerdeki a ır metal seviyelerinin izlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, zmir, 89 s.

Akçalı, ., Küçüksezgin, F. 2009. Ege Denizi kıyılarında görülen kahverengi alg *Cystoseira* sp.'de a ır metal birikimi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 26 (3): 159-163.

Akçalı, , Küçüksezgin, F. 2011. A biomonitoring study: Heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas. Marine Pollution Bulletin, 62: 637-645.

Al-Masri, M.S., Mamish, S., Budier, Y. 2003. Radionuclides and trace metals in eastern Mediterranean Sea algae. Journal of Environmental Radioactivity, 67: 157-168.

Alp, M.T., Özgür, Ö., Sungur, M.A. 2012. Mersin sahilinde makroalg (*Ulva* sp. ve *Enteromorpha* sp.) ve sedimentte a ır metal düzeylerinin incelenmesi. Ekoloji Dergisi, 21 (82): 47-55.

Altu , G., Yardımcı, C., Aydo an, M. 2005. Levels of some toxic metals in marine algae from the Turkish coast of the Black Sea, Turkey. The 1st Biannual Scientific Conference: The Black Sea Ecosystem 2005 and Beyond, 244-249.

Anonim, 2017. <http://ocean.si.edu/seagrass-and-seagrass-beds> (Eri im tarihi 23.01.2017).

Anonymous, 1995. Resmi Gazete, Sayı: 22223, 1361 s.

Arévalo, R., Pinedo, S., Ballesteros, E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. Marine Pollution Bulletin, 55: 104-113.

Arıcı, E., Bat, L. 2016a. Red algae as bioindicators of heavy metal pollution from Samsun coasts of Turkey. 41st CIESM Congress, 12-16 September 2016, Kiel-Germany. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 41: 239

Arıcı, E., Bat, L. 2016b. Using marine macroalgae as biomonitors: Heavy metal pollution along the Turkish west coasts of the Black Sea. 41st CIESM Congress, 12-16 September 2016, Kiel-Germany. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 41: 238.

Aysel, V., Erduran, H., Dural Tarakçı, B., Okudan, E., Enkarde ler, A., Aysel, F. 2004. Marine flora of Sinop (Black Sea, Turkey). E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 21 (1/2): 59-68.

Aysel, V., Erduran, H., Dural, B., Akgül, R., Aysel, O. 2010. Marmara kıyıları (Türkiye) deniz algleri ve deniz çayırılarının kompozisyonu. Marmara Denizi 2010 Sempozyumu, 25-26 Eylül 2010, İstanbul. s: 178-196.

Bat, L., Öztürk, M. 1997. Heavy metal levels in some organisms from the Sinop Peninsula of the Black Sea. Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences, 21: 29-33.

Bat, L., Çulha, M., Akbulut, M., Gündo du, A., Sezgin, M. 1998. Toxicity of zinc and copper to the hermit crab *Diogenes pugilator* (Roux). Turkish J. Mar. Sci., 4: 39-48.

Bat, L., Raffaelli, D. 1998. Urvival and growth of *Corophium volutator* in organically enriched sediment: A comparison of laboratory and field experiments. Tr. J. Zoology, 22 (3): 219-229.

Bat, L., Öztürk, M., Gündo du, A. 1998-1999. A ır Metaller. Süleyman Demirel Üniversitesi E irdir Su Ürünleri Dergisi, 6: 166-175.

Bat, L., Gündo du, A., Sezgin, M., Çulha, M., Gönlügür, G., Akbulut, M. 1999a. Acute toxicity of zinc, copper and lead to three species of marine organisms from Sinop Peninsula, Black Sea. Tr. J. Biology, 23 (4): 537-544.

Bat, L., Sezgin, M., Gündo du, A., Çulha, M. 1999b. Toxicity of zinc, copper and lead to *Idotea baltica* (Crustacea, Isopoda). Tr. J. Biology, 23 (4): 465-472.

Bat, L., Gökkurt, O., Sezgin, M., Üstün, F., Sahin, F. 2009. Evaluation of the Black Sea land based sources of pollution the coastal region of Turkey. The Open Marine Biology Journal, 3: 112-124.

Bat, L., Sezgin, M., Üstün, F., ahin, F. 2012. Heavy metal concentrations in ten species of fishes caught in Sinop coastal waters of the Black Sea, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12: 371-376.

Bat, L., Gökkurt Baki, O. 2014. Seasonal variations of sediment and water quality correlated to land based pollution sources in the middle of the Black Sea coast, Turkey. International Journal of Marine Science, 4 (12): 108-118.

Bat, L., Öztekin, H. C., Arıcı, E., Vi ne, A. 2015. A preliminary study on the heavy metal levels of dwarf eelgrass *Zostera noltii* Homermann in the Black Sea. *Journal of Aquaculture and Marine Biology*, 4 (1): 1-5.

Bat, L., Arıcı, E. 2016. Heavy metal concentrations in macroalgae species from Sinop coasts of the southern Black Sea. *Journal of Coastal Life Medicine*, 4 (11): 841-845.

Bernhard, M. 1976. *Manual of Methods in the Aquatic Environment Research*. FAO Fisheries Technical Paper FIRI/T No.158, Food and Agriculture Organisation, Rome, 124 pp.

Black, W.A.P., Mitchell, R.L. 1952. Trace elements in the common brown algae and seawater. *J. Mar. Biol. Assoc.*, 30: 575-584.

Bold, H.C., Wynne, M.J. 1985. *Introduction to the Algae. Structure and Reproduction*. Englewood Cliffs. New Jersey, Prentice-Hall, 720 p.

Bower, P.M., Simpson, H.J., Williams, S.C., Li, Y.H. 1978. Heavy metals in the sediments of Foundry Cove, Cold Spring, New York. *Environ. Sci. Technol.*, 12 (6): 683-687.

Brix, H.; Lyngby, J.E., Schierup, H.H. 1983. Eelgrass (*Zostera marina* L.) as an indicator organism of trace metals in the Limfjord, Denmark. *Marine Environmental Research*, 8 (3): 165-181.

Brix, H., Lyngby, J.E. 1984. A survey of metallic composition of *Zostera marina* (L.) in the Limfjord, Denmark. *Archives of Hydrobiology*, 99: 347-359.

Bryan, G.W. 1976. Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. In: A.P.M. Lockwood (Editor), *Effects of Pollutants on Aquatic organisms*, Cambridge University Press., UK, pp. 7-34.

Buchanan, J.B. 1984. Sediment Analysis. In: N.A. Holme, A.D. McInntyre (Editors), *Methods for the Study of Marine Benthos*, Blackwell Sci. Publ., pp. 41-65.

Can, H., Öztürk, M., Minareci, O., Minareci, E. 2007. Yenifoça-Alia a bölgesinden alınan su ve sediment örneklerinde ile bu bölgede yayılı gösteren bir omurgasız ve bir alg türünde bazı a ır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi. XIV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 04-07 Eylül 2007, Mu la. s: 242.

Candan, E.D., Ta , B. 2009. Orta Karadeniz kıyısında (Ordu) yayılı gösteren *Ulva rigida*'da azot, fosfor ve bazı a ır metal birikiminin incelenmesi. XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Temmuz 2009, Rize. s: 1-10.

- CEVA, 2014. Edible seaweed and French Regulation, 31 March, pp. 1-3.
- Cevher, E. 1991. Deniz alglerinin incelenmesi. Doktora Tezi, stanbul Üniversitesi Sa lık Bilimleri Enstitüsü, stanbul. 64 s.
- Cirik, ., Cirik, S. 1999. Su Bitkileri (Deniz Bitkilerinin Biyolojisi Ekolojisi Yeti tirme Teknikleri). E.Ü. Su Ürünleri Fak. Yayınları, No: 58, Ders Kitabı Dizini No: 26, 186 s.
- Cormaci, M., Furnari, G. 1979. Check-list of Eastern Sicily marine algae: Rhodophyceae, Phaeophyceae and Chlorophyceae. *Informatore Botanica Italiano*, 11 (2): 221-250.
- Çetingül, V., Aysel, V. 1998. Ekonomik de erdeki bazı kahverengi ve kırmızı alglerin iz element birikim düzeyleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 15 (1-2): 63-76.
- Çetingül, V., Aysel, V., Kurumlu-Kuran, Y. 2000. Biochemical investigation and heavy metal contents of *Cladophora dalmatica* Kütz. and *Ceramium ciliatum* (Ellis) Ducl. var. *robustum* (J.Ag.) from Aegean Sea (Turkish Coast). *Turkish J Marine Sciences*, 6 (1): 9-22.
- Çulha, M., Bat, L., Akbulut, M, Satılmı , H.H. 2000. Sinop ili iç liman mevkiinde bulunan bazı makrobentik organizmalar üzerine bir çalı ma, Su Ürünleri Sempozyumu, 20-22 Eylül 2000, s: 456-477.
- Dadolahi-Sohrab, A., Nikvarz, A., Nabavi, S.M.B., Ketal-Mohseni, M. 2011. Environmental monitoring of heavy metals in seaweed and associated sediment from the Strait of Hormuz, I.R. Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 3 (6): 576-589.
- Davis, A.N., Wilce, R.T. 1984. Ecology of the sublittoral marine algae from a cobble bottom: new evidence for the non-equilibrium view of community structure. *Br. phycol. J.*, 19: 192.
- EC (European Commission), 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of the European*, 23 p.
- Eide, I., Myklestad S., Melson, S. 1980. Long-term uptake and release of heavy metals by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. (Phaeophyceae) *in situ*. *Environmental Pollution*, 23: 19-28.

El-Moselhy, K.M., Gabal M.N. 2004. Trace metals in water, sediments and marine organisms from the northern part of the Gulf of Suez, Red Sea. *Journal of Marine Systems*, 46: 39-46.

Enuneku, A., Ezemonye, L., Adibeli, F. 2013. Heavy metal concentrations in surface water and bioaccumulation in fish (*Clarias gariepinus*) of River Owan, Edo State, Nigeria. *European International Journal of Science and Technology*, 2 (7): 31-39.

EPA (Environmental Protection Agency), 2002. Guidelines for Ensuring and Maximizing the Quality, Objectivity, Utility, and Integrity, of Information Disseminated by the Environmental Protection Agency. 61 pp.

Ergin, M., Keskin, ., Algan, O., Alpar, B., Ongan, D., Kırıcı, E., Bayhan, E., Temel, A. 2003. Güneybatı Karadeniz kıta sahanlı nın geç kuvaterner jeolojisi: Sedimantolojik, sı sismik stratigrafik, mineralojik ve jeokimyasal ara tırmalar. Tübitak Sonuç Raporu. K.C. Güven, B. Öztürk (Editörler), Deniz Kirlili i, Tüdev Yayınları, stanbul, 21: 512 s.

Ergül, H.A., Ay, U., Karademir, A., Çayır, B., Topçuo lu, S., Telli, B., Terzi, M. 2010. Heavy metal concentrations in biota, sediment and sea water samples from Dil skelesi region. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 39: 246.

Ezemonye, L. I. N., Enuneku, A. 2002. Bioaccumulation and histopathological alterations in the flat backed toad, *Bufo maculates* exposed to sublethal concentrations of lead. *New York Science Journal*, 5 (2): 52-69.

FAO, 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, *FAO Fishery Circular*, 464: 5-100.

Forsskål, P. 1775. *Flora Aegyptiaco-Arabica. Hauniae* [Copenhagen].

Fowler, S.W., Knauer, G.A. 1986. Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in deep sea benthic fauna: A case study on southeastern area. *Environmental Monitoring and Assesment*, 7: 59-78.

Förstner, U., Wittmann, G.T.W. 1983. Metal pollution in the aquatic environment. Second Revised Edition. Springer-Verlag, Berlin, 486 p.

Fritsch, K. 1899. *Flora Von Constantinopel*. Wien.

Geyer, H.J., Rimkus, G.G., Scheunert, I., Kaune, A., Kettrup, A., Zeeman, M., Muir, D.C.G., Hansen, L.G., Mackay, D. 2000. Bioaccumulation and occurrence of endocrine-disrupting chemicals (EDCs), persistent organic pollutants (POPs), and other organic compounds in fish and other organisms including humans, in bioaccumulation.

New aspects and developments. In: B. Beek (Editor), the Handbook of Environmental Chemistry. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 167 pp.

Gökkurt, O. 2007. Sinop kıyılarında potansiyel de arj noktalarının suyun kalitesine ve canlılara Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 182 s.

Gönlüğü Demirci, G., Karakan, . 2006. Sinop kıyılarında (Orta Karadeniz) deniz çayrılarının da ılımı. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi 18 (3): 331-337.

Gündo an, Y., Gül, A., Çakır Arıca, ., Çavuo lu, K. 2015. *Cladophora glomerata* (Chlorophyce)'da A ır Metal Birikiminin Ara tırılması. Afyon Kocatepe Üniv. Fen. Bil. Dergisi 8 (1): 181-194.

Güner, H., 1985. Hidrobotanik Su Bitkileri. Ege Üniversitesi Fen Fak. Kitaplar Serisi: 91, Ders Kitabı, zmir, 106 s.

Güven, K.C., Topçuo lu, S., Kut, D., Esen, N., Erentürk, N., Saygı, N., Cevher, E., Güvener, B. 1992. Metal uptake by Black Sea algae. Botanica Marina, 35: 337-340.

Güven, K.C., Saygı, N., Öztürk, B. 1993. Survey of metal contents of Bosphorus algae, *Zostera marina* and sediments. Botanica Marina, 36: 175-178.

Güven, K.C., Oku , E., Topçuo lu, S., Esen, N., Küçükçezzar, R., Seddigh, E., Kut, D. 1998. Heavy metal accumulation in algae and sediments of the Black Sea coast of Turkey. Toxicol. Environ. Chem. 67: 435-440.

Güven, K., Topçuo lu, S., Balkıs, N., Ergül, H., Aksu, A. 2007. Heavy metal concentrations in marine algae from the Turkish coast of the Black Sea. Rapp. Comm. int. Mer Medit. 38: 266.

Handel-Mazetti, H. 1909. Ergebnisse einer botanischen Reise in das Pontische Randgebirge im Sandschak Trapezunt. Ann. k.k. Naturhist. Hofmus, Wien.

Haritonidis, S., Malea P. 1999. Bioaccumulation of metals by the green alga *Ulva rigida* C. Agardh from Thermaikos Gulf, Greece. Environmental Pollution, 104: 365-372.

Howley, C. 2001. An evaluation of the seagrass *Zostera capricorni* as a biomonitor of metals contamination in Lake Illawarra. Master Thesis, The University of Wollongong Environmental Science, Australia, 103 p.

Karaaliolu, O. 2006. Sinop ili kıyı erisinde deniz ortamında kalitesinin belirlenmesi. Yüksek lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 109 s.

Karaçuha, A., Ersoy Karaçuha, M. 2013. Changes of macroalgae biomass in Sinop Peninsula coast of the Black Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13: 725-736.

Khaled, A., Hessein, A., Abdel-Halim, A.M., Morsy, F.M. 2014. Distribution of heavy metals in seaweeds collected along Marsa-Matrouh beaches, Egyptian Mediterranean Sea. The Egyptian Journal of Aquatic Research, 40 (4): 363-371.

Kleinov, K.N., Nichols, J.W., Hayton, W.L., McKim, J.M., Barron, M.G. 2008. Toxicokinetics in fish. In: R.T. Di Giulio, D.E. Hinton (Editors), The Toxicology of Fishes, Taylor and Francis Group LLC, Boca Raton, US, pp. 55-152.

Kocata, A., 1986. Oseonoloji. Ege Üniv. Fen Fak. Kitaplar Serisi, zmir, No: 114: 358 s.

Koçba, F., Öztürk, M., Güner, H. 2011. Foça sahilleri (Ege Denizi) alglerinde bazı ağır metal (Cd, Pb, Cu ve Zn) düzeylerinin araştırılması. X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 04-07 Ekim 2011, Çanakkale. s: 440.

Kut, D., Topçuoğlu, S., Esen, N., Küçükcezzar, R., Güven, K.C. 2000. Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus. Water, Air, and Soil Pollution, 118: 27-33.

Küçüksezgin, F., Balcı, A. 1994. Heavy metal concentrations in selected organisms from Izmir Bay, Turkey. Marine Pollution Bulletin, 28 (5): 333-335.

Lee, V., Olsen, S. 1985. Eutrophication and management initiatives for the control of nutrient inputs to Rhode Island coastal lagoons. Estuaries, 8: 191-210.

Littler, M.M., Littler, D.S., Taylor, P.R. 1983. Evolutionary stages in a tropical barrier reef system: Functional-form groups of marine macroalgae. Journal of Phycology, 19: 229-237.

Lobban, C.S., Harrison, P.J. 1997. Seaweed ecology and physiology. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 366 p.

Lupsor, S., Stanciu, G., Epure, D., Chirila, E. 2009. Heavy metals and pesticides analysis from Black Sea algae. In: L.I. Simeonov, M.A. Hassanien (Editors), Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution-Contemporary Methodology,

431-437.

Malea, P., Haritonidis, S., Kevrekidis, T. 1995. Metal content of some green and brown seaweeds from Antikyra Gulf (Greece). *Hydrobiologia*, 310: 19-31.

Mendez, J., Guieu, C., Adkins, J. 2010. Atmospheric input of manganese and iron to the ocean: Seawater dissolution experiments with Saharan and North American dusts. *Marine Chemistry*, 120: 34-43.

Morris, A.W., Bale, A.J. 1975. The concentration of cadmium, copper, manganese and zinc by *Fucus vesiculosus* in the Bristol Channel. *Estuarine of Coastal Marine Sciences*, 3: 153-163.

Nenciu, M., Oros, A., Ro ioru, D., Galatchi, M., Filimon, A., Tiganov, G., Danilov, C., Ro oi, N. 2016. Heavy metal bioaccumulation in marine organisms from the Romanian Black Sea coast. *Academy of Romanian Scientists*, 5 (1): 38-52.

Nicolaidou, A., Nott, J. A. 1998. Metals in sediment, seagrass, and gastropods near a nickel smelter in Greece: possible interactions. *Marine Pollution Bulletin*, 36: 360-365.

NOAA (National Oceanographic and Atmosphere Administration). 2009. <http://www.noaa.gov/> (Eri im tarihi: 24.01.2017). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris, Silver Spring.

Oguzie, F.A. 2003. Heavy metals in fish, water and effluents of lower Ikpoba River in Benin City, Nigeria. *Pakistan Journal of Science and Industrial Research*, 46 (3): 156-160.

Özden, S., Tunçer, S. 2015. *Ulva rigida*'daki a ır metal (Pb, Cu, Zn ve Fe) düzeyleri (Dardanel, Çanakkale). *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (1): 35-42.

Öztekin, H.C. 2015. Karadeniz'in Sinop kıyılarından örneklenen balık, omurgasız, zooplankton, deniz çayı ve sedimanda a ır metal düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 75 s.

Öztürk, M. 1991. Sinop ili iç ve dı koy ve limanlarında yayılım gösteren iki omurgasız ve iki alg türünde bazı iz elementlerin birikim düzeyleri üzerine bir ara tırma. Doktora Tezi, OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.

Öztürk, M. 1994. Sinop'un koy ve limanlarında yayılım gösteren *Patella caerulea* L., ve *Enteromorpha linza* L., J. Agardh türlerindeki iz element düzeyleri. Tr.

J. of Biology, 18: 195-211.

Öztürk, M., Bat, L., Öztürk, M. 1994a. Sinop kıyılarında yayılı gösteren *Ulva lactuca* (L.) Le Jolis 1863 örneklerindeki ağır metal düzeyleri üzerine bir ara tırma. E.Ü. Fen Fak. Der. B (16/1): 187-195.

Öztürk, M., Bat, L., Öztürk, M. 1994b. Sinop'un koy ve limanlarından örneklenen bazı biyoindikatör türlerindeki ağır metal düzeyleri. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Cilt II Botanik Seksiyonu, s: 20-25.

Öztürk, M., Bat, L., Öztürk, M. 1996. Karadeniz'in Sinop kıyılarında örneklenen bir karides türünde (*Palaemon elegans* Rathke 1837) bazı ağır metallerin birikim düzeyleri. Tarım ve Çevre Bilimleri Sempozyumu, 13-15 Mayıs 1996, Mersin. Do al Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, s: 366-373.

Özvarol, Y. 2009. Do u Akdeniz kıyılarının (Gazipa a- skenderun)'nın makrobentik deniz florasının belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 130 s.

Panayotova, V., Stancheva, M. 2013. Mineral composition of marine macroalgae from the Bulgarian Black Sea Coast. Scripta Scientifica Medica, 45 (6): 42-45.

Phillips, D.J.H., Rainbow, P.S. 1994. Biomonitoring of trace aquatic contaminants. In: J. Cairns, R.M. Harrison (Editors), Chapman and Hall, pp. 371.

Picard, J. 2000. Les jardin d'eau. Quatre-Temps, 24 (2), Montréal-Canada.

Piner Olguno lu, M.P., Polat, S. 2007. skenderun Körfezi'nde da ılım gösteren iki makroalg türünde [*Cystoseira corniculata* (Phaeophyta), *Laurencia papillosa* (Rhodophyta)] ağır metallerin mevsimsel de i imi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 24 (1-2): 25-30.

Piner Olguno lu, M.P. 2008. skenderun Körfezi kıyısındaki bazı makroalg türleri ve çökeline ağır metal birikimlerinin mevsimsel de i imi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 94 s.

Sawidis, T., Brown, M.T., Zachariadis, G., Sratis, I. 2001. Trace metal concentrations in marine macroalgae from different biotopes in the Aegean Sea. Environment International, 27: 43-47.

SEM Sonuç Raporu, 2016. Laboratuvarlar arası kar ıla tırma çalı ması elementel analizler sonuç raporu, V. Boz (Koordinatör), Rapor No: TR-SM.2016.01.

Short, F.T., Coles, R.G., Pergent-Martini, C. 2001. Global Seagrass distribution.

In: F.T. Short, Short, C.A., Coles, R.G (Editors), Global Seagrass Research Methods, pp. 5-30.

Sıvacı, E.R., Yardım, Ö., Gönülol, A., Bat, L., Gümü , F. 2008. Sarıkum (Sinop-Türkiye) lagününün bentik algleri. Journal of Fisheries Sciences, 2 (4): 592-600.

Storelli, M.M., Storelli, A., Marcotrigiano, G.O. 2001. Heavy metals in the aquatic environment of the Southern Adriatic Sea, Italy macroalgae, sediments and benthic species. Environment International, 26: 505-509.

Strezov, A., Nonova, T. 2005. Comparative analysis of heavy metal and radionuclide contaminants in Black Sea green and red macroalgae, Water Science and Technology, 51: 1-8.

Sukatar, A. 2002. Alg Kültür Yöntemleri. Ege Üni. Basımevi, zmir, 168 s.

Sunlu, U., Egemen, Ö. 1997. zmir Körfezi'nde da ılım gösteren lipsoz (*Scorpaena porcus* L.1758) balı nda bazı a ır metal düzeylerinin ara tırılması. Akdeniz Balıkçılık Kongresi Bildiri Kitabı (Editör: B. Ho çu). s: 487-494.

Ta kın, E., Öztürk. M. 2013. Türkiye Deniz Algleri I. Phaeophyceae. Celal Bayar Üniversitesi Matbaası, Manisa, 229 s.

Topçuo lu, S., Güven, K.C., Oku , E., Esen, N., Güngör, N., E illi, E., Kut, D., Do an, E., Unlu, S. 1998a. Metal contents of algae and sediments of Turkish coasts in the Black Sea (1979-1989 and 1991-1993). The Proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, 2-4 September 1998, Trabzon. s: 437-439.

Topçuo lu, S., Esen, N., E illi, E., Güngör, N., Kut, D. 1998b. Trace elements and ¹³⁷ Cs in macroalgae and mussel from the Kilyos in Black Sea. IAEA-SM-354/30P, 283-284.

Topçuo lu, S., Kut, D., Esen N., Güngör, E., Seddigh, E., Küçükkezzar, R. 1998c. Trace elements and radionuclides in sediments and biota from the Küçükçekmece Lake. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 35: 294-295.

Topçuo lu, S., Güven, K.C., Kırba o lu, N., Güngör, S., Unlu, Yılmaz., Z. 2001. Heavy metals in marine algae from ile in the Black Sea. Bull. Env. Contam. Toxicol., 67: 288-294.

Topçuo lu, S., Kırba o lu, C., Güngör, N. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environment International*, 27: 521-526.

Topçuo lu, S., Güven, K.C., Balkıs, N., Kırba o lu, C. 2003. Heavy metal monitoring of marine algae from the Turkish coast of the Black Sea, 1998-2000. *Chemosphere*, 52: 1683-1688.

Topçuo lu, S., Kırba o lu, Ç., Yılmaz, Y.Z. 2004. Heavy metal levels in biota and sediments in the northern coast of the Marmara Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96: 183-189.

Topçuo lu, S., Kılıç, O., Belivermi , M., Ergül, H.A., Kalaycı, G. 2010. Use of marine algae as biological indicator of heavy metal pollution in Turkish marine environment. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 16 (1): 43-52.

Trifan, An., Breaban, I.G., Sava, D., Bucur, L., Toma, C., Miron, A. 2015. Heavy metal content in macroalgae from Romanian Black Sea. *Rev. Roum. Chim.*, 60 (9): 915-920.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü). 2005. TS-266 çme ve Kullanma Suları Standartları.

Tuncer, S. 1985. zmir ve Çandarlı (Alia a Limanı) körfezlerinde ya ayan bazı mollusk, alg ve ortamlarındaki a ır metal kirlenmesi ile ilgili ara tırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Hidrobiyoloji ve Su Ürünleri Ara tırma Uygulama Merkezi, zmir, 86 s.

Turna, . ., Ertan, Ö.O. 2005. stanbul Bo azı Kıyıları'nın makrobentik deniz florası. *SDÜ E irdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* 1 (1): 68-73.

Türk Çulha, S. 2007. Sinop ve civarında sediment, dip balı ı ve omurgasız hayvanlarda bazı iz element düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 100 s.

Türk Çulha, S., Koçba , F., Gündo du, A., Topçuo lu, S., Çulha, M. 2010. Heavy metal levels in macroalgae from Sinop in the Black Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 39: 239.

Türk Çulha, S., Koçba , F., Gündo du, A, Çulha, M. 2013. Heavy metal levels in marine algae from the Black Sea, Marmara Sea and Mediterranean Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 40: 827-828.

Türkan, I., Öztürk, M., Sukatar, A. 1989. Heavy metal accumulation by algae in the Bay of Izmir, Turkey. *Rev. Int. Med.* 71-76.

Usero, J., González-Regalado, E., Gracia, I. 1996. Trace metals in the bivalve mollusc *Chamelea gallina* from the Atlantic Coast of Southern Spain. *Mar. Pollut. Bull.*, 32 (3): 305-310.

Uysal, H. 1992. Heavy metal concentrations in selected marine species from fisheries days of Aegean coast. XXX^{es} Journées Etude Pollutions, Trieste, Italy, CIESM.

Ünsal, M., Ça atay, N., Bekiro lu, Y., Kıratlı, N., Alemda , Y., Akta , M., Sarı, E. 1998. Heavy metal pollution in the Black Sea. Tarım ve Köyi leri Bakanlı ı Trabzon Su Ürünleri Ara tırma Enstitüsü. Proje No: YDABCAG-456/G-457/G, 51 s.

Üstünada, M., Erdu an, H., Aysel, V., Akgül, R. 2011. *Codium fragile* sub sp. *fragile* (Suringar) Hariot ve *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh (Çanakkale Bo azı, Türkiye) taksonlarında bazı a ır metal lerin Mevsimsel De i imi. *E irdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 7 (1): 5-17.

Wallentinus, I., 1984. Partitioning of nutrient uptake between annual and perennial seaweeds in a Baltic archipelago area. *Hydrobiologia*, 116/117: 363-370.

Warren, L.J. 1981. Contamination of sediments by lead, zinc and cadmium: A review. *Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical*, 2 (6): 401-436.

WHO (World Health Organisation). 1993. Summary of WHO guidelines for the assessment of herbal medicines. *Herbal Gram.*, 28: 13-14.

WHO/FAO, 1999. Summary Report of the 53rd meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. JEFCA, Roma.

WHO/FAO, 2004. Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003). ILSI Press, International Life Sciences Institute, Washington, DC.

Wood, J. M. 1974. Biological cycles for toxic elements in the environment. *Science*, 183: 1049-1052.

Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Second Edition, Prentice Hall, Int., New Jersey, 718 p.

Zolotukhina, E. Yu., Radzhinskaya, N.V. 1995. Macroalgae as heavy metal monitors in Black Sea littoral ecosystems. *Oceanology*, 35 (3): 400-402.

ÖZGEÇM

Elif ARICI 1984 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2003 yılında girdiği İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden 2008 yılında mezun oldu. 2008-2011 yılları arasında, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Temel Bilimler Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve aynı yıllar Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde ikinci danışmanın yürütücülüğünü yaptı. TUBİTAK projesinde bursiyer öğrencisi olarak çalıştı. 2013 yılında Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Anabilim dalında doktora eğitimine başladı.

