

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TRABZON LİMANI'NDA YÜZEY SEDİMENTE İLİŞKİN BAZI AĞIR METAL
KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİ**

Y. Koray KÜÇÜK

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2014**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

27.08.2014

Y. Koray KÜÇÜK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TRABZON LİMANI'NDA YÜZEY SEDİMENTE İLİŞKİN BAZI AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİ

Y. Koray KÜÇÜK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Akasya TOPÇU

Bu araştırma Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Trabzon Limanı'nda biri kontrol istasyonu olmak üzere belirlenen üç istasyondan mevsimsel olarak alınan yüzey sediment örneklerine ilişkin bazı ağır metal konsantrasyonları ile kimyasal parametreleri içeren ilk verilerin ortaya konması için yürütülmüştür. Sediment örneklerinde; demir (Fe; $57,972 \pm 1,226$ - $116,250 \pm 0,554$ $\mu\text{g/gKA}$), bakır (Cu; $5,790 \pm 0,250$ - $14,770 \pm 0,270$ $\mu\text{g/gKA}$), kadmiyum (Cd; $0,070 \pm 0,016$ - $0,232 \pm 0,005$ $\mu\text{g/gKA}$), kurşun (Pb; $55,100 \pm 0,540$ - $4,652 \pm 0,066$ $\mu\text{g/gKA}$), krom (Cr; $9,232 \pm 0,046$ - $28,640 \pm 0,377$ $\mu\text{g/gKA}$), çinko (Zn; $4,592 \pm 0,300$ - $54,322 \pm 0,437$ $\mu\text{g/gKA}$), arsenik (As; $2,702 \pm 0,233$ - $6,332 \pm 0,186$ $\mu\text{g/gKA}$), mangan (Mn; $21,175 \pm 0,374$ - $41,465 \pm 0,410$ $\mu\text{g/gKA}$), nikel (Ni; $9,272 \pm 0,042$ - $54,230 \pm 0,158$ $\mu\text{g/gKA}$), toplam fosfor (TP; % $0,160 \pm 0,003$ - $0,250 \pm 0,001$), toplam azot (TN; % $0,111 \pm 0,001$ - $0,161 \pm 0,001$), organik madde (OM; % $0,767 \pm 0,010$ - $1,750 \pm 0,009$), toplam organik karbon (TOC; % $1,450 \pm 0,001$ - $4,407 \pm 0,002$) konsantrasyonları ve kil (% $10,845 \pm 0,347$ - $40,545 \pm 0,830$), kum (% $25,330 \pm 0,700$ - $58,237 \pm 0,047$), silt (% $17,180 \pm 0,289$ - $41,990 \pm 0,116$) oranları belirlenmiştir. İstasyonlarda suyun; çözünmüş oksijen (O_2 ; % $9,100 \pm 0,115$ - $14,530 \pm 0,047$), su sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$; $9,025 \pm 0,095$ - $24,975 \pm 0,051$), pH ($8,130 \pm 0,047$ - $8,905 \pm 0,041$), ve elektrik iletkenliği (EC; $756,242 \pm 0,050$ - $780,655 \pm 0,213$) değerleri ölçülmüştür.

Bu araştırma ile Trabzon Limanı yüzey sedimentine ilişkin bazı ağır metaller ve kimyasal veriler ile su kalitesine ilişkin bazı fiziksel parametrelerin değişimleriyle ilgili mevsimsel ve istasyon bazlı ilk bilimsel veriler elde edilmiştir.

Araştırma sonucunda, sedimentte organik madde, toplam karbon, toplam fosfor, toplam azot, kil, silt, kum, ağır metallerden; Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, As, Mn, Ni ve suya ilişkin parametrelerden; oksijen, sıcaklık, pH ve elektrik iletkenlik değerlerinde mevsimsel açıdan istatistik olarak önemli bir artış gözlemlenmemiştir ($p < 0,05$). Ancak, sedimentte Fe ve Ni konsantrasyonları açısından, istatistik olarak önemli bir artış tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Araştırma bulguları doğrultusunda gemi trafiğinin ve nehir girdilerinin Trabzon Limanı'nda yüzey sedimentini şu an için olumsuz yönde etkilemediği söylenebilir.

Ağustos 2014, 90 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, sediment, Trabzon Limanı, mevsimsel değişim.

ABSTRACT

Master Thesis

SEASONAL VARIATION OF SOME HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN SURFACE SEDIMENT OF TRABZON HARBOUR.

Y. Koray KÜÇÜK

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fisheries and Aquaculture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Akasya TOPÇU

This research was conducted in the Trabzon Harbour, located on the East Blacksea Region, surface sediment samples were taken seasonally from three stations while one of them is control station and the initial data were gained. In the sediment samples iron (Fe; $57,972 \pm 1,226$ - $116,250 \pm 0,554$ $\mu\text{g/gKA}$), copper (Cu; $5,790 \pm 0,250$ - $14,770 \pm 0,270$ $\mu\text{g/gKA}$), cadmium (Cd; $0,070 \pm 0,016$ - $0,232 \pm 0,005$ $\mu\text{g/gKA}$), lead (Pb; $55,100 \pm 0,540$ - $4,652 \pm 0,066$ $\mu\text{g/gKA}$), chrome (Cr; $9,232 \pm 0,046$ - $28,640 \pm 0,377$ $\mu\text{g/gKA}$), zink (Zn; $4,592 \pm 0,300$ - $54,322 \pm 0,437$ $\mu\text{g/gKA}$), arsenic (As; $2,702 \pm 0,233$ - $6,332 \pm 0,186$ $\mu\text{g/gKA}$), manganese (Mn; $21,175 \pm 0,374$ - $41,465 \pm 0,410$ $\mu\text{g/gKA}$), nickel (Ni; $9,272 \pm 0,042$ - $54,230 \pm 0,158$ $\mu\text{g/gKA}$), total phosphorus (TP; $0,160$ % $\pm 0,003$ - $0,250 \pm 0,001$), total nitrogen (TN; $0,111$ % $\pm 0,001$ - $0,161 \pm 0,001$), organic matter (OM; $0,767$ % $\pm 0,010$ - $1,750 \pm 0,009$), total organic carbon (TOC; $1,450$ % $\pm 0,001$ - $4,407 \pm 0,002$) concentrations and clay ($10,845$ % $\pm 0,347$ - $40,545 \pm 0,830$), sand ($25,330$ % $\pm 0,700$ - $58,237 \pm 0,047$), silt ($17,180$ % $\pm 0,289$ - $41,990 \pm 0,116$) contents were determined. Dissolved oxygen (O_2 ; $9,100$ % $\pm 0,115$ - $14,530 \pm 0,047$), water temperature ($^{\circ}\text{C}$; $9,025 \pm 0,095$ - $24,975 \pm 0,051$), pH ($8,130 \pm 0,047$ - $8,905 \pm 0,041$), electrical conductivity (EC; $756,242 \pm 0,050$ - $780,655 \pm 0,213$) were measured in the sampling stations.

With this research, related to Trabzon Harbour surface sediments some heavy metals and chemical data and changes of some physical parameters based on water quality were obtained first as seasonal and station based.

The results of this study revealed statistically significant increase on Fe and Ni in the surface sediment samples. In the sediments however, concentrations of organic matter, total organic carbon, total phosphorus, total nitrogen, clay, silt, sand, from heavy metals; Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, As, Mn, Ni and from some water quality parameters; dissolved oxygen, water temperature, pH ve electrical conductivity did not indicate statistically significant increase ($p < 0,05$). In the light of these research results conducted in Trabzon Harbour revealed that marine vessel traffics and river inputs at present do not adversely affect the surface sediment quality in the Trabzon Harbour.

August 2014, 90 pages

Key Words: Heavy metals, sediment, Trabzon Harbour, seasonal variation.

TEŞEKKÜR

Tez dönemin her aşamasında yardımını, desteğini ve değerli vaktini hiç esirgemeyen, tecrübelerinden her daim yararlandığım, akademik ortamda gelişmeye katkıda bulunan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Akasya TOPÇU'ya (Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri A.B.D) tez çalışmasının başlangıç aşamasında önerileriyle bana yol gösteren Sayın Prof. Dr. Serap PULATSÜ'ya (Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri A.B.D) arazi çalışmalarında yardım ve sabırlarından ötürü Trabzon Liman Başkanlığı çalışanlarına, en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda; çalışmalarım süresince yanımda olan ve her daim beni destekleyen annem ve babama, en yoğun zamanlarda dahi manevi desteği ve içtenliğiyle yanımda olan eşim Bilşah KÜÇÜK' e en derin duygularla teşekkür ederim.

Y. Koray KÜÇÜK

Ankara, Ağustos 2014

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Sedimentte Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesine İlişkin Yapılan Bazı Çalışmalar	6
2.2 Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi	9
2.2.1 Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA) verilerine göre	10
2.2.2 Jeoakümüilasyon İndeksine Göre Değerlendirme (Igeo)	11
2.2.3 Kirlilik faktörüne göre değerlendirme	12
2.3 Deniz Sedimentinin Kimyasal Özellikleri	12
2.3.1 Sedimentte Fosfor.....	12
2.3.2 Sedimentte Azot.....	13
2.3.3 Sedimentte Organik Madde	14
2.4 Denizel Ortamda Bulunan Ağır Metaller	15
2.4.1 Demir (Fe)	18
2.4.2 Cıva (Hg).....	19
2.4.3 Bakır (Cu)	19
2.4.4 Kadmiyum (Cd).....	20
2.4.5 Kurşun (Pb)	20

2.4.6 Alüminyum (Al).....	21
2.4.7 Krom (Cr)	21
2.4.8 Çinko (Zn).....	22
2.4.9 Mangan (Mn).....	22
2.4.10 Arsenik (As)	22
2.4.11 Nikel (Ni)	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1 Materyal	24
3.1.1 Araştırma yeri	24
3.1.2 Sahada kullanılan araçlar	25
3.1.3 Laboratuvarda kullanılan araçlar	25
3.2 Yöntem	26
3.2.1 Saha çalışması.....	27
3.2.2 Laboratuvar çalışması	27
3.3 İstatistik Analizler.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
4.1 Trabzon Limanı Yüzey Sedimentinde Ağır Metal İçeriğine İlişkin Bulgular...	30
4.1.1 Demir (Fe)	30
4.1.2 Bakır (Cu)	31
4.1.3 Kadmiyum (Cd).....	31
4.1.4 Kurşun (Pb)	32
4.1.5 Krom (Cr)	33
4.1.6 Çinko (Zn).....	34
4.1.7 Arsenik (As)	34
4.1.8 Mangan (Mn).....	35
4.1.9 Nikel (Ni)	36
4.2 Trabzon Limanı Yüzey Sedimentinde TOC, OM, , TP, TN, Toplam Su İçeriği Tayini ve Bünye Tayini İçeriğine İlişkin Bulgular	36
4.2.1 Toplam Organik Karbon (TOC)	37
4.2.2 Toplam Organik Madde (OM)	37
4.2.3 Toplam Fosfor (TP).....	38

4.2.4 Toplam Azot (TN)	39
4.2.5 Kil	40
4.2.6 Silt.....	40
4.2.7 Kum	41
4.3 Trabzon Limanı'nda Su Kalitesine İlişkin Bulgular	42
4.3.1 Çözünmüş oksijen	42
4.3.2 Sıcaklık.....	43
4.3.3 pH	43
4.3.4 Elektrik İletkenliği (EC).....	44
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	65
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	77
EK 1 Trabzon Limanı I. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	78
EK 2 Trabzon Limanı II. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	79
EK 3 Trabzon Limanı III. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları	80
EK 4 Trabzon Limanı I. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	81
EK 5 Trabzon Limanı II. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	82
EK 6 Trabzon Limanı III. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	83
EK 7 Trabzon Limanı I. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	84
EK 8 Trabzon Limanı II. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	85
EK 9 Trabzon Limanı III. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları	86
EK 10 Trabzon Limanı I. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	87

EK 11 Trabzon Limanı II. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	88
EK 12 Trabzon Limanı III. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları ..	89
ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGELER DİZİNİ

%	yüzde konsantrasyonu
cm	santimetre
g/m ²	1 metrekaredeki gram miktarı
kg/m ³	metreküpte 1 kilogram
kg/yıl	yılda kilogram miktarı
km	kilometre
mg	miligram
mm	milimetre
m ²	metrekare
mg/m ³	metreküpte 1 miligram
mg/g	gramda 1 miligram
mg/g KA	1 gram kuru ağırlıkta 1 miligram
mg/L	litrede 1 miligram
ng/L	litre başına nanogram
mg/m ³	metreküpte 1 miligram
mg/yıl	yılda 1 miligram
μmhos/cm	elektrik iletkenliği ölçüm birimi (direnç (ohm) in tersi)
ZnCl ₂	çinko klorür
p	istatistikte anlamlılık seviyesi
pH	H iyonu konsantrasyonunun 10 tabanında (-) logaritması
ppm	toplam madde miktarında milyonda 1 birimlik madde
ppb	toplam madde miktarında milyarda 1 birimlik madde

Kısaltmalar

Cn	elementin konsantrasyonu
Bn	dünya yüzeysel kaya ortalaması

Cd	kirlilik derecesi
Cf	kirlilik faktörü
ER	zenginleştirme oranı
EC	elektrik iletkenliği
OM	organik madde
TN	toplam azot
TP	toplam fosfor
TOC	toplam organik karbon
NO ₃	nitrat
N ₂ O	azot oksit
Mo	molibden
Sb	antimon
Cs	sezyum
U	uranyum
Th	toryum
K	potasyum
V	vanadyum
Igeo	jeoakümüilasyon indeksi
TEC	eşik konsantrasyon etkisi
PEC	toksidite sınır değeri
Ro-Ro	tekerlekli araç taşımacılığında kullanılan gemi türü
USEPA	Amerika çevre koruma ajansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Karadeniz ve çevresini gösteren harita (Anonim 2014)	4
Şekil 3.1 Trabzon Limanı ve örnek alınan istasyonlar.....	24
Şekil 3.2 Örnekleme istasyonlarından görüntüler	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Sediment örnekleriyle birlikte analiz edilmiş ağır metal konsantrasyonları (mg g^{-1} kuru ağırlık)	10
Çizelge 2.2 EPA Sediment Rehberi (mg/kg kuru ağırlık).....	10
Çizelge 2.3 Muller' in Jeoakümülyasyon indeksine göre sınıflandırması	11
Çizelge 2.4 Kirlilik Faktörü ve Kirlilik Düzeyleri (Hakanson 1980)	12
Çizelge 2.5 Metallerin Organizmalar Üzerindeki Toksisitelerine Göre Sınıflandırılması (Olgunoğlu 2008).....	16
Çizelge 2.6 Karadeniz'de yüzey sedimentindeki ağır metal düzeyleri ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık).....	18
Çizelge 4 1 Trabzon Limanı'nda sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının I. istasyonda mevsimlere bağılı değışimi	46
Çizelge 4.2 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının I. istasyonda mevsimlere bağılı değışimi	47
Çizelge 4.3 Trabzon Limanı'nda sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının II. istasyonda mevsimlere bağılı değışimi	48
Çizelge 4.4 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının II. istasyonda mevsimlere bağılı değışimi	49
Çizelge 4.5 Trabzon Limanı'nda sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının III. istasyonda mevsimlere bağılı değışimi	50
Çizelge 4 6 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının III. istasyonda mevsimlere bağılı değışimi.....	51
Çizelge 4 7 Trabzon Limanı'nda I. istasyonda suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin mevsimlere bağılı değışimi.....	52
Çizelge 4.8 Trabzon Limanı'nda II. istasyonda suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin mevsimlere bağılı değışimi.....	53
Çizelge 4.9 Trabzon Limanı'nda III. istasyonda suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin mevsimlere bağılı değışimi.....	54
Çizelge 4.10 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının ilkbahar mevsiminde (Nisan-2013) istasyonlara bağılı değışimi.....	55

Çizelge 4.11 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının ilkbahar mevsiminde (Nisan-2013) istasyonlara bağlı değişimi.....	56
Çizelge 4.12 Trabzon Limanı'nda sedimentinde bulunan ağır metal konsantrasyonlarının yaz mevsiminde (Temmuz-2013) istasyonlara bağlı değişimi.....	57
Çizelge 4.13 Trabzon Limanı'nda sedimentte OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının yaz mevsiminde (Temmuz-2013) istasyonlara bağlı değişimi.....	58
Çizelge 4.14 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) istasyonlara bağlı değişimi.....	59
Çizelge 4.15 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) istasyonlara bağlı değişimi.....	60
Çizelge 4 16 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının kış mevsiminde (Ocak-2014) istasyonlara bağlı değişimi.....	61
Çizelge 4.17 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının kış mevsiminde (Ocak-2014) istasyonlara bağlı değişimi.....	62
Çizelge 4.18 Trabzon Limanı'nda ilkbahar mevsiminde (Nisan-2013) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi.....	62
Çizelge 4 19 Trabzon Limanı'nda yaz mevsiminde (Temmuz-2013) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi.....	63
Çizelge 4 20 Trabzon Limanı'nda sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi.....	64
Çizelge 4 21 Trabzon Limanı'nda kış mevsiminde (Ocak-2014) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi	64

1. GİRİŞ

Denizyolu taşımacılığının en çok tercih edilmesinin nedenleri büyük miktarlardaki yüklerin bir seferde taşınabilmesi, taşıma maliyetinin diğer taşıma türlerine göre daha ucuz olması, çevreyi daha az kirleten ulaştırma türü olması, taşınan yük birimi başına tüketilen enerjinin diğer ulaşım türlerine göre maliyetinin en az olmasıdır. Bu durum, dünya ticaretinin % 90'ının deniz yoluyla yapılmasına neden olmuştur (Öztürk 2001).

Ülkemizin 2009 yılı dış ticaret taşımalarında ihracatın %72'si, ithalatın %94'ü deniz yoluyla gerçekleştirilmiştir. Bu bakımdan deniz taşımacılığı, hem küresel ekonomi hem de Türkiye ekonomisi için önemli dinamiklerden bir tanesidir (Anonim 2010). Deniz ticareti, ilerleyen teknolojiye paralel olarak hızlı bir gelişme kaydetmekte, bununla birlikte diğer taşımacılık yöntemlerinden daha güvenli ve daha hesaplı olan deniz taşımacılığında da kademeli bir artış gözlenmektedir. Bu gelişmeler, artan gemi trafiğinin yarattığı “Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesi” gibi olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir.

Trabzon dünyanın büyük denizlere bağlantısı bulunan, en büyük iç denizi olan Karadeniz'in kıyısında kurulmuş olup, başta İran, Irak, Rusya ve Türk Cumhuriyetleri transit yolunun başlangıcında stratejik bir noktada yer almaktadır. Trabzon Limanı bu ülkelerin tüm Avrupa ve Dünya pazarlarına bağlanmasında kilit bir rol oynamaktadır. 1.525 m rıhtım uzunluğuna sahip liman; 3 milyon ton depolama, 2.000 gemi kabul ve 250.000 kişi yolcu kapasitesiyle; konteynır, Ro-Ro, dökme, kargo hizmeti vermektedir (Anonim 2011).

Yapılan literatür tarama çalışmasında, Karadeniz sahillerinde sedimentte bazı ağır metal konsantrasyonlarının (kadmiyum, bakır, krom, kobalt, nikel, çinko, demir, mangan, kurşun) belirlenmesine yönelik araştırmalara (Topçuoğlu vd. 2002, Ergül vd. 2008, Boran ve Altınok 2010) rastlanılmıştır.

Bu tez çalışması ile Trabzon Limanı'nda liman içi ve dışı (referans istasyon) yüzey sedimentte demir, bakır, cıva, kadmiyum, kurşun, gibi bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ve bazı kimyasal parametrelerin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, mevsimsel varyasyonunun ortaya konması amaçlanmıştır. Bu tez çalışması, genel olarak oldukça az çalışılmış bir konuyu baz almasının yanı sıra, artarak devam eden gemi trafiğine maruz kalan Trabzon Limanı sedimentinde ağır metal konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel varyasyonunun ilk defa ortaya konması açısından önem taşımaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ekosistemin bir bölümünü oluşturan sucul ortam, kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısmı oluşturmaktadır (Yarsan vd. 2000).

Her gün yüzlerce kirlletici doğaya deşarj edilmektedir. İnsanlığı tehdit eden kirlleticilerin en önemlileri; petrol, yağ, klorlu hidrokarbonlar, radyoaktif atıklar, sentetik deterjanlar, pestisitler, yapay ve doğal tarımsal gübreler, ağır metaller, bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcı canlılardır. Bu kirlleticilerin içinde yer alan ağır metallere alıcı ortamların en ciddi kirlleticileri gözüyle bakmak gerekmektedir. Çünkü ağır metal içeren kirlleticiler sucul ortamlarda veya sucul canlılarda birikim gösterebilir (Schoemann vd. 1998, Sunlu vd. 1998).

Doğu Karadeniz sahili, 500 km'den daha fazla uzunluğa sahip olmakla beraber, yaklaşık 10 milyon nüfusu barındıran gelişen bir bölgedir (Şekil 2.1). Bölgeye çeşitli büyüklüklerde 15 şehir dahil olmakla birlikte, toplam nüfusun %15'ine sahip Trabzon, kentsel atık boşaltımının ve küçük endüstriyel aktivitelerin olduğu bir bölgedir. Doğu Karadeniz sahili endüstriyel bir bölge değildir ve Batı Karadeniz sahili ile kıyaslandığında tarımsal aktiviteler daha fazladır. Bu aktiviteler içinde zirai ilaç kullanımı, tarımsal alanlar, fındık ve çay bahçeleri için suni gübrelerin kullanımı yer almaktadır. Bu aktivitelerin yanı sıra, Karadeniz'deki kirlilik düzeyleri, petrol kirliliği ve hava kökenli kirlletici girdileri sebebiyle de artmıştır (Ergül vd. 2008).



Şekil 2.1 Karadeniz ve çevresini gösteren harita (Anonim 2014)

Karadeniz dünyanın en büyük oksijensiz havzasına sahiptir. Yüzey tabakası, nehirlerden gelen tatlısu girdilerinden dolayı kısmen düşük tuzluluk gösterir. Dip su tabakası (derinlik ≥ 100 m) daha tuzludur, bu tuzluluk boğaz akıntısıyla gelen Akdeniz'in sularından kaynaklanır. Üstelik bu iki su tabakası, aralarındaki sınır olan güçlü yoğunluk farklılıkları tarafından bölünür (Lee vd. 2002).

Karadeniz'de; ağır metal kirliliği araştırmaları son 20 yıldan beri dikkate değer bir şekilde ilgi çekmektedir. Karadeniz çevresindeki ağır metal kaynakları içerisinde, karasal atık su deşarjları, tarımsal ve endüstriyel girdiler, nehir girdileri ve deniz taşımacılığı aktiviteleri ve atmosferik yanma kalıntıları yer almaktadır. Yürütülen birçok çalışmada Karadeniz'deki ağır metal kirliliğinin, dikkate alınması gereken bir husus olduğu açıktır. Son 20 yılda, Karadeniz'in bazı bölgelerinde deniz suyundaki metal konsantrasyonu, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" içerisinde verilen genel deniz kalite kriterleri seviyesini aşmıştır. Özellikle kurşun ve kadmiyum balık türlerinde, insan tüketimi için tespit edilen sınır değerlerin üstünde bir düzeyde bulunmuştur. Ayrıca Karadeniz'de ağır metal kirliliğinin dikkate değer olduğu; Karadeniz'in bazı bölgelerinden alınan su yosunları ve sediment örneklerinde rapor edilen yüksek düzeydeki ağır metal kirliliğinden anlaşılmaktadır (Boran ve Altınok 2010).

Ayrıışmış veya ham petrol Karadeniz'e deniz taşımacılığından kaynaklanan boşaltımlar, kentsel atıklar, nehir girdileri ve tanker balast sularının denize boşaltımıyla girdi yapar. Sonuç olarak birçok deniz kuşunun ölümüne sebep olur. Aynı zamanda petrol hidrokarbonlarının deniz organizmalarını olumsuz yönde etkileyebildikleri bilimsel bir gerçektir (Topcuoğlu 2000).

Kıyisal deniz sularındaki parçacıklı maddelerin çökmesi, ağır metallerin dikey taşınımı için önemli bir yolu temsil eder. Su kolonunda bulunan ağır metaller, askıda organik madde ile ilişkilendirilir ya da sediment parçacıklarının üstünde emilir. Askıdaki parçacıklar, birçok deniz organizması için ağır metal kaynağı olması sebebiyle, çöken parçacıklardaki ağır metal konsantrasyonu farklı denizel ortamlarda da tespit edilebilmiştir (Bastidas vd. 1999).

Yüzey sedimentindeki ağır metal konsantrasyonu, bölgedeki ağır metallerin tarihsel bilgisini ortaya koyar. Genel olarak; sedimentteki iz metal analizleri için, <63-µm tane büyüklüğü fraksiyonu kullanılır ki bu farklı bölgelerdeki sedimentlerin karşılaştırılması için bazı avantajlar sağlar (Förstner ve Salomons 1988).

İz elementler, özellikle ağır metaller antropojenik kaynaklı veya doğal kaynaklı olarak birçok sucul ekosistemde kirlenmelere neden olur. Sucul ortamların içindeki temel doğal kaynaklar; kayaçların aşınmaları, jeokimyasal değişimler, asit yağışlar gibi meteorolojik olaylar (asit yağmurları gibi) ve kuvvetli yağışların neden oldukları erozyonlar sayılabilir (Gümgüm vd. 1994, Veena vd. 1997).

Okyanuslara gelen ağır metallerin taşınımının %97'den fazlası nehir sedimentinde birikim gösteren ağır metallerle ilgilidir (Jain ve Sharma 2001).

Sucul sistemlerde ağır metaller kompleks veya çözünmüş iyon şeklinde, askıda veya kolloidal iyon şeklinde ve sedimentte çözünmüş olarak bulunabilir (Karadede ve Ünlü 2000).

Birçok maddenin zehirliliği su kalitesine göre değişim göstermektedir. Örneğin, ağır metaller yumuşak sularda, sert sulara oranla daha fazla toksisiteye neden olurlar (Barlas 1997). Metal konsantrasyonlarının toksisitesini ve birikimlerini etkileyen diğer faktörler ise, biyolojik işlemlerin dayanıklılığı, pH, suya çözünmüş organik maddenin miktarı, organik ve inorganik (çözünmüş O_2 , tuzluluk ve ışık gibi) etmenlere bağlıdır (Larocque ve Rasmussen 1998, Barlas 1997).

Ağır metaller sucul ortamlarda devamlı bir şekilde su ile sediment arasında geçiş yapmalarının yanı sıra sediment yüzeyinde birikirler. Ağır metallerin sediment yüzeyinde birikimleri, sedimentin kompozisyonuna ve küçük partiküllere zarar vermektedir (Singh 2001, Klavins vd. 2000, Gonzales vd. 2000).

Birçok çalışmada belirtildiği gibi ağır metallerin, suya çözünmüş maddeler ve hidrolojik sistemlerdeki konsantrasyonları bazı hassas canlıları ve indikatör türleri olumsuz yönde etkilemektedir (Salomons ve Förstner 1980, Luoma 1990).

2.1 Sedimentte Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesine İlişkin Yapılan Bazı Çalışmalar

Taiwan'ın Güneybatı kesiminde yer alan Kaohsiung Limanı'nda Chen vd. (2007) tarafından yapılan bir araştırmada özellikle akarsu kolunun limanda oluşturduğu haliç civarında sedimentte bulunan ağır metallerin yayılımı ve birikimi incelenmiştir. Sediment örnekleri, 2002-2005 yılları arasında mevsimsel olarak alınmış, deniz suyundaki metal (e.g., Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Zn ve Al), su ve organik madde içeriği ile toplam azot, toplam fosfor, toplam yağ ve tanecik büyüklüğü karakterize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar metal konsantrasyonunun Cd için 0.58 mg kg^{-1} kadar yükseldiği, Zn için ise 596 mg kg^{-1} olduğunu göstermiştir. Metal konsantrasyonunun, nehir ağızı çevresinde, limanın diğer bölgeleriyle kıyaslandığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cr hariç, çalışılan haliç bölgesindeki tüm ağır metaller, nispeten yüksek zenginleştirici faktörlere ve jeo-birikim indeksine sahiptir. Üstelik endüstriyel atıkların ve belediye atık sularının nehir havzasına boşaltılması metal konsantrasyonunu etkilemiş olup sedimentin fiziko-kimyasal özellikleriyle de yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir. Elde edilen bulguların Kaohsiung Limanı'ndaki kirlilik kontrolü ve

sediment iyileştirme çalışmaları için strateji geliştirmede yardımcı olacağı vurgulanmıştır.

İspanya'nın güney batı kıyılarındaki deniz sedimentinde yapılan bir araştırmada, sediment örneklerindeki ağır metallerin (Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, Ni, Cr ve Mn) dağılımları ana çökeltme fazıyla (asitle çözünür, indirgenür, oksitlenebilir ve çöktürülebilir) birlikte, BCR- sequential extraction (sıralı çıkarım) yönteminin son versiyonu (1999) kullanılarak belirlenmiştir. Aynı zamanda toplam metal içeriği de belirlenmiştir. Sonuçlar; Tinto ve Odiel nehirlerinin ağızlarının birleştiği bölgeye yakın 35 km uzunluğundaki sahil boyunca uzanan geniş bölgede sedimentin, yüksek konsantrasyonda (649 mg/kg Zn, 336 mg/kg Cu, 197 mg/kg Pb ve 2.5 mg/kg Cd) metal içerdiğini göstermektedir. Mn, Ni ve Cr için bulunan değerler kirlenmemiş bölgelerle kıyaslanabilir. Metallerin kimyasal dağılımlarından yola çıkarak, Zn'nin, çevresel faktörlerin değişimi söz konusu olduğunda suya en kolay geçebilen metal olduğu tespit edilmiştir. Çinkonun özellikle %50'den fazla bu metalden içeren ve sahil bölgesinden alınan fraksiyonda asitle çözülebilen en yüksek metal olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca fraksiyonun alındığı bu bölge Tinto ve Odiel nehirlerinin ağız kısmına yakın olup Cd ve Cu'nun hareketliliğinde dikkate değer bir artış olduğunu göstermiştir (Morillo vd. 2004).

Hieu Ho vd. (2010) tarafından Vietnam'ın Cua Ong Limanı'na yakın Ha long Bay Körfezi'nde, sedimentteki ağır metallerin, dağılımları, jeokimyasal faktörlerin kontrolü ve kirlilik miktarları incelenmiştir. 36 sediment örneği toplanmış olup ana elementler (Al, Ca, Fe, K, Mg, S), ağır metaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn), organik madde, tanecik büyüklüğü kompozisyonu ve pH analiz edilmiştir. Faktör analizi ve Pearson Product Moment Linear ilişkisi gibi istatistiksel ve jeokimyasal haritalama metodlarına dayandırılarak ağır metal örnekleri ve kontrol faktörleri açıklanmıştır. Sonuçlar As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn'nin tamamıyla organik madde ve kil mineralleriyle kontrol edildiği ve sedimentteki ince tanecik parçalarının ($\phi < 63$ nm) dağılımıyla belirlendiğini göstermiştir. Sedimentteki ağır metal düzeyleri, organik madde içeriği, nem içeriği ve tanecik boyutu arasında genel anlamda, istatistik olarak önemli düzeyde korelasyon tespit edilmiştir. Kobaltın dağılımında ise Fe ve Mn

bileşenlerinin düşük düzeyde rol aldığı görülmektedir. Karbonatlar Mn'nin dağılımını kısmen kontrol etmektedir fakat çalışılan diğer ağır metallerle ilişkisi önemli boyutlarda değildir. Ağır metallerin kirlilik düzeyleri, Canadian, Wisconsin United States, Flemenkçe Sediment Kalitesi Numaralandırma rehberi, ayrıca Geo birikim indeksinin hesaplanması (I geo) ve Zenginleştirme Faktörü (EF) ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar; ufalanma ve erozyon gibi doğal süreçlerin Cua Ong Limanı'nın yakınında sedimentteki ağır metallerin ana kaynak sağlayıcısı olduğunu göstermiştir. Çalışılan ağır metaller arasında, sadece Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn Ha Long Körfezi sedimentine geçmiş (arka plandaki) konsantrasyonlarını yansıttıkları görülmektedir.

Mısır'ın batı bölümünde deniz sedimentindeki ağır metaller üzerine yapılan bir çalışmada, 2006 yılında Mısır'ın doğuda İskenderiye ve batıda El-Sallum bölgeleri arasındaki alanda 8 farklı bölgeden, farklı derinliklerden örnekler alınmıştır. Çalışma bölgesi saf karbonat sedimentinden oluşmakta olup dip sedimenti kimyasal olarak homojen ve genellikle denizel kökenli organik madde içeriği düşüktür. Yüzey sediment örnekleri, Van Veen tipi tırnaklı yük kaldırıcısıyla 5 cm'lik dip sediment tabakasından alınmıştır. Her bir bölgeden sekizer sediment örneği (her örnek için 3 parça) alınmıştır. Alınan örnekler; homojenleştirmek ve analize hazırlamak için vakumlu fırında (Medline, OV-12) 70°C'de 3 - 4 gün sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur. Kuru örneğin yaklaşık 0.2'si (her örnek bölgesinden 3 kopya olmak üzere) 2 ml konsantre edilmiş nitrik asit ile gece çıkartılmıştır ve hem kuruması için hem de nitröz buharları uçana kadar buharlaşması için serbest bırakılmıştır. Soğuduktan sonra, konsantre asitlerden oluşan asit karışımı (hidroflorik, hidroklorik ve nitrik asit) 6:2:3 oranında eklenmiştir. Renksiz buhar serbest bırakılana kadar sindirim devam etmiştir. Çalışma çözeltisi, stok çözeltinin uygun bir parçası seyreltilerek hazırlanmıştır. esi (Varian 10 Plus) araştırma altındaki 8 ağır metalin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) belirlenmesi için kullanılmıştır. Kalite kontrolü için, standart referans malzemeleri (SD-M-2/TM, deniz sedimentleri, Ulusal Araştırma Konseyi, Kanada) analiz edilmiş her örnek grubuyla hazırlanmıştır. Sedimentte bulunan ağır metal konsantrasyonları ile ilgili ortalama değerler; Cd: 0.721 µg/g; Cr: 24.11 µg/g; Cu: 3.304 µg/g; Fe: 1122.950 µg/g; Mn: 57.953 µg/g; Ni: 38.762 µg/g; Pb: 27.845 µg/g; Zn: 59.717 µg/g kuru ağırlık, bu

bölgedeki metallerin sıralanışı: $Fe > Zn > Mn > Ni > Cu > Pb > Cr > Cd$ şeklindedir. Ayrıca TEC: Eşik Konsantrasyon Etkisi (Threshold Effect Concentration) ve PEC: Toksikite Sınır Değeri (Probable Effect Concentration) değerleri de belirlenmiştir (Ahdy ve Khaled 2009).

Sedimentte belirlenen ortalama ağır metal konsantrasyonlarının TEC değerlerinin altında olması sucul canlılar üzerine zararlı etkilerin gözlenmesini engeller. Yine aynı ağır metallerdeki ortalama değerler, PEC değerlerinin üstünde ise zararlı etkilerin görülmesi muhtemeldir (MacDonad vd. 2000).

2.2 Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi

Ahdy ve Khaled (2009)'ın Mısır'ın Akdeniz kıyı şeridi boyunca El-Sallum'dan Sidi-Kreer'e kadar olan bölgenin yüzey sedimentinde 8 adet ağır metal düzeyini ve mevsimsel değişimlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada ağır metal konsantrasyonları arasında istatistik olarak önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir. Tüm sediment örneklerinde Cd, Cr, Pb, Zn konsantrasyonları zehirlilik etkisi açısından incelendiğinde sınır değerlerin altında tespit edilmiştir. Diğer taraftan tüm sediment örneklerinin Ni ve Cu konsantrasyonu sağlık açısından potansiyel risk içermektedir. Sedimentteki metal kontaminasyonu geo akümülyasyon indeksi ile kontaminasyon faktör uygulamalarıyla tespit edilmiştir. Bu araştırmaya ilişkin sedimentte saptanan ağır metal değerleri ile izin verilebilir sınır konsantrasyonları içeren çizelge aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Sediment örnekleriyle birlikte analiz edilmiş ağır metal konsantrasyonları (mg g⁻¹ kuru ağırlık)

Metal	Onaylı Değerler	Bulunan Değerler	Standart Sapma	Geri Kazanım (%)
Cd	0.113	0.101	0.026	104.2373
Co	13.6	12.269	0.569	97.50546
Cr	77.2	79.016	1.371	102.2983
Cu	32.7	33.011	0.827	100.9421
Ni	56.1	54.875	1.392	97.76765
Pb	22.8	24.263	0.521	101.9903
Zn	74.8	76.206	1.492	101.845

2.2.1 Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA) verilerine göre

Sedimentte oluşan kimyasal kirlilik USEPA tarafından önerilen rehberle mukayese edilerek değerlendirilmiştir. Bu kıstaslar çizelge 2.2’de gösterilmiştir (Anonymous 2003).

Çizelge 2.2 EPA sediment rehberi (mg/kg kuru ağırlık)

Metaller	Kirlenmemiş	Az Kirlenmiş	Kirlenmiş
Pb	<40	40-60	>60
Cd			>6
Cr	<25	25-75	>75
Cu	<25	25-50	>50
Zn	<90	90-200	>200
Ni	<20	20-50	>50
Mn	<300	300-500	>500

2.2.2 Jeoakümülayon indeksine göre değerdendirme (Igeo)

Jeoakümülayon indeksi (Igeo); sedimentte ki metal kirliliğini belirlemek için Muller (1979) tarafından tanımlanan, sanayi öncesi seviyeleri şimdiki konsantrasyonlar ile kıyaslayan sedimentte ki ağır metal kirliliğini değerdendirmek için ortak bir kıstastır ve aşağıda verilen denklemlle hesaplanabilir (Muller 1979).

$$I_{geo} = \log_2 [C_n / 1.5 B_n]$$

C_n 'n' elementinin konsantrasyonu B_n ise jeokimyasal arka değerdirdir (Bu çalışmada B_n = dünya yüzeysel kaya ortalaması, Martin ve Meybeck 1979). 1.5 katsayısı ise litojenik etkiden dolayı arka plan verilerindeki mümkün olan varyasyonların hesaplanması için formülle ilişkilendirilmiştir. Jeoakümülayon indeksi (Igeo) yelpazesi, çizelge 2.3' te gösterildiği gibi temizden yüksek kirliliğe kadar değışen (0-6) 7 sınıftan meydana gelir (Ahdy ve Khaled 2009).

Çizelge 2.3 Muller' in Jeoakümülayon indeksine göre sınıflandırması

Igeo Değeri	Sınıf	Sediment Kalitesi
<0	0	Temiz
0-1	1	Temizden Orta derecede Kirletilmişe Kadar
1-2	2	Orta Derecede Kirletilmiş
2-3	3	Orta Derecede Kirletilmişten Kirletilmişe Kadar
3-4	4	Kirletilmiş
4-5	5	Kirletilmişten Aşırı Kirletilmişe Kadar
>6	6	Aşırı Kirletilmiş

2.2.3 Kirlilik faktörüne göre değerlendirme

Kirlilik faktörü (C_f) veya zenginleştirme oranı (ER) ve kirlilik derecesi (C_d) bu çalışmada, sedimentteki kirlilik durumunu belirlemek için kullanılmıştır. Kirlilik düzeylerinin tanımlanması için C_f değerleri, çizelge 2.5’de gösterilmiştir. Kirlilik faktörü aşağıda verilen denkleme göre hesaplanmış olup kirlilik derecesi (C_d), tüm kirlilik faktörlerinin toplamı olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada hesaplanmış kirlilik faktörü (C_f) ve kirlilik derecesi (C_d) çizelge 2.4’de verilmiştir.

$$C_f = \frac{\text{Sedimentteki Metal Konsantrasyonu}}{\text{Metalin Arkaplan Konsantrasyonu}}$$

Metalin arkaplan değeri= dünya yüzeysel kaya ortalaması olarak verilmiştir (Martin ve Meybeck 1979).

Çizelge 2.4 Kirlilik faktörü ve kirlilik düzeyleri (Hakanson 1980)

Kirlilik Faktörü (C_f)	Kirlilik Düzeyi
$C_f < 1$	Düşük kirlenme
$1 < C_f < 3$	Orta derecede kirlenme
$3 < C_f < 6$	Yüksek kirlenme
$C_f > 6$	Çok yüksek kirlenme

2.3 Deniz Sedimentinin Kimyasal Özellikleri

2.3.1 Sedimentte fosfor

Akvatik ortamlarda fosforun su-sediment arasındaki geçişi, bir takım fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylarla gerçekleşmektedir. Sedimentte bulunan fosforun büyük bir kısmı organik madde dekompozisyonundan kaynaklanan organik fosfor bileşiklerinden

meydana gelebileceği gibi, sudaki inorganik fosfat konsantrasyonunun fazla olmasından da kaynaklanabilmektedir (Delince 1992, Gonzales vd. 2001).

Deniz ekosistemlerinde sucul makrofitler azot ve fosforun ana kaynağı olup, ölümleriyle beraber bünyelerindeki besin elementlerini sedimente bırakarak alıcı ortamlardaki fosfor depolanmasını arttırabilmektedirler (Carignan ve Vaithiyanathan 1999, James vd. 2004). Öte yandan sedimentteki kil taneciklerinin, fosfatı bünyelerinde barındırarak sedimentte fosfor tutulumuna neden olduğu bildirilmiştir (Manning 1987, Almendinger 1999, Mathews ve Chandramohanakumar 2003).

Deniz sistemindeki fosforun varlığını etkileyen en önemli faktör; biyolojik asimilasyon ve kemisorbsiyon ile çözülmüş fosforun katı bileşiklerdeki adsorbsiyon-desorbsiyon mekanizmaları arasındaki geçiştir. Kemisorbsiyon deniz suyundaki konsantrasyon değişimlerinden etkilenmeyen çözülmüş bileşiklerin kimyasal tutulumu olup, sistemdeki çözülmüş bileşiklerin konsantrasyon farklılıklarından dolayı katı partiküllere fiziksel tutulumu ise adsorbsiyon olarak ifade edilmektedir (Sondergaard vd. 2001).

2.3.2 Sedimentte azot

Azot, canlıların esas elemanlarından birini ve vazgeçilmez bir bileşenini oluşturur. Aminoasit ve protein sentezi için gerekli azotu, ototrof su bitkileri amonyum ve nitrat iyonlarından, diğer su canlıları ve balıklar ise organik azot bileşiklerinden karşılamak zorundadır. Amonyak tuzları ve nitratlar sürekli olarak canlıların metabolik atıkları ve ölümleriyle meydana gelen organik azot bileşiklerinin parçalanması ile yenilenir (Uslu ve Türkman 1987, Chapman 1996).

Sucul sistem sedimentinde azot bileşikleri genellikle inorganik ve organik formda bulunur. Azot iyonlarının birçoğu iyi çözünebilir ve sedimentten suya kolaylıkla geçiş yapabilir. Azotun sedimentten suya geçişi ya konsantrasyon farkları yoluyla difüzyonel olarak ya da sedimentteki organizmaların oluşturduğu karışımla meydana gelir. Mavi-

yeşil algler azot bileşiklerinin sediment-su ara yüzeyinden suya geçişini sağlar. Amonyumun sedimentteki absorpsiyonu ise sedimentin yüksek düzeydeki organik madde miktarı ile ilişkilidir ve tüm bu olaylar su-sediment arasındaki azot döngüsüne neden olmaktadır. Sedimentte nitratın moleküler azota (N_2) ve sonrasında azot okside (N_2O) indirgenmesi denitrifikasyon olarak tanımlanır. Mikrobiyal ortamda gerçekleşen bu indirgenmede, nitrat oksijen yokluğundaki son elektron alıcısı olarak kullanılır (Delince 1992).

2.3.3 Sedimentte organik madde

Sedimentteki organik parçacıklar canlı veya cansız organizmalardan kaynaklanan organik maddelerdir. Sediment; makro omurgasızlar ile içinde bakterilerinde bulunduğu mikroorganizmaları bünyesinde barındıran canlı bir materyaldir. Mikroorganizmalar ölü organik maddenin canlı materyale geçişinde önemli bir role sahiptir. Sedimentteki ölü organik partiküllerin kaynağı, akvatik ortamdaki canlıların ölümleri sonucu sedimentasyona uğramaları veya sedimentte bulunan canlıların ölümleri sonrası sedimentte biriken organik atıklardır. Sedimentin ihtiva ettiği organik materyalin ayrışması sonucu ortaya çıkan madde, hümik madde olarak isimlendirilmektedir. Koloidal formdaki organik bileşiklerden meydana gelen bu tür sedimentlerin karakteristik rengi koyu kahverengiye benzer olarak tanımlanmaktadır (Delince 1992).

Kolloidal formdaki organik madde, sedimentte bulunan iyonların değişim kapasitesinden sorumludur ve polielektrolit sayesinde sıvıyı gerek absorbe ederek gerekse serbest bırakarak sedimentteki besin elementlerinin suya geçişinde rol oynar (Delince 1992, Boyd vd. 1994, Magni vd. 2005).

Akuatik sistemlerde sedimentte bulunan demir elementinin çözünerek suya geçişi, sedimentteki organik madde bünyesinde yer alan hümik asitle suyun pH'sı ile ilişkili olup sedimentteki fosforun, demir ile bileşik oluşturmaya yardımcı olur (Montigny ve Prairie 1993).

2.4 Denizel Ortamda Bulunan Ağır Metaller

Sucul ortamda oluşan ağır metal kirliliği, besin zincirinde artarak biriktiğinden toksik etkileri artmakta, akabinde de önemli bir çevresel problem oluşturmaktadır (Figueira vd. 1999).

Ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmada diğer metallere kıyasla akümülyasyonunun fazla olması ve bunun sonucu negatif etkinin giderek artması bilimsel bir gerçektir. Gerçekte ağır metal tanımı; atomik sayıları demir (Fe) (56)'dan yüksek olan ya da fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5g/cm^3 'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir (Lobban ve Harrison 1997).

Denizel ortamlara giren ya da bu ortamlarda bulunan ağır metaller hem doğal hem de yapay orijinlidir. Nehirler ve erozyonlardan doğal kontaminasyon kaynaklandığı gibi, deniz dibindeki volkanik hareketlerden ve atmosferik taşınımından da kaynaklanabilmektedir. Yapay orijinli ağır metallerin denizel ortamlardaki konsantrasyonları ise, günümüzde anlamlı düzeyde artış göstermiştir. Bunun da nedeni, madenciliğin, arıtma ve rafine tesislerinin hızla artışı, fosil yakıtların aşırı tüketimi, metal ürünlerin tarımda kullanımı (Örneğin, arsenikli pestisitler gibi) akla ilk gelenlerdendir. Özellikle, Ni, Mo ve Hg bakımından zengin olan petrol ve kömür yakımı sonucu atmosferde denizel ortamlara birçok ağır metal girmektedir. Evsel ve pis su atıkları yüksek konsantrasyonda ağır metal içerdiği gibi, en anlamlı yapay kaynaklar da hem havadan ve hem de nehirler vasıtasıyla ya da doğrudan denizel ortama giren ağır metallerin sanayiden kaynaklanmasıdır. Ağır metallerden, Hg, Cd ve Pb, insan sağlığı üzerinde birtakım olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Güven ve Öztürk 2005).

Metallerin sucul ortamlara girişleri, doğal ya da insan kaynaklı olabilmektedir. Bunlar; kayaların aşınması, volkanik aktiviteler, topraktan süzölmeler, madencilik çalışmaları, fosil yakıtların kullanımı, tekne ve gemi aktiviteleri, kentsel ve endüstriyel atıkların deşarjı ile olmaktadır (Lobban ve Harrison 1997, Kennish 1998).

Ayrıca yağmurlarla birlikte atmosferden okyanuslara kadmiyum, bakır, çinko ve özellikle kurşunun önemli miktarları taşınmaktadır. Atmosferdeki bu metaller uçucu organo-metal bileşiklerden ve fosil yakıtların yanmasından kaynaklanır (Haritonidis ve Malea 1999). Denizel ortamda ağır metaller, çözülmüş ya da katı halde (partikül yüzeylere tutunmuş olarak) organik, inorganik formlarda da bulunabilir (Kennish 1998).

Metaller; organizmalar üzerindeki etkilerine bağlı olarak kritik olmayan, toksik ve çok toksik olarak sınıflandırılırlar (Çizelge 2.5). Bununla birlikte çok toksik sınıfta yer alan mangan, bakır ve çinko gibi elementler mikro besin elementlerinden olup, çoğunlukla iz elementler olarak gösterilirler. Ancak bunların düşük derişimleri algal büyümeyi sınırlarken yüksek derişimleri hayati etki göstermektedir. Cıva, kurşun gibi çok toksik sınıftaki diğer ağır metaller ise büyümede gerek duyulmaz fakat çok düşük derişimleri bile oldukça toksik olabilmektedir (10-50 mg/L) (Lobban ve Harrison 1997).

Çizelge 2.5 Metallerin organizmalar üzerindeki toksisitelerine göre sınıflandırılması (Olgunoğlu 2008)

Kritik olmayan	Toksik	Çok Toksik
Na, C, K, P, Li Mg, Fe, Rb, Ca, S Sr, H, Cl, Al, O, Br, Si	Ti, Ga, Hf, La, Zr Os, W, Rh, Nb, Ir Ta, Ru, Re, Ba	Be, As, Co, Se Hg, Ni, Te, Tl, Cu Pd, Pb, Zn, Ag, Sb Sn, Cd, Bi

Karadeniz’de sedimentteki ağır metal düzeyleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. (Ergül vd. 2008, Balkıs vd. 2007, Topçuoğlu vd. 2002, Topçuoğlu vd. 2004).

Topçuoğlu vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada; 97-98 yılları arasında Karadeniz kıyılarında farklı istasyonlardan (İğneada, Kilyos, Amasra, Sinop, Perşembe, Rize) seçilmiş ağır metal konsantrasyonlarını tespit için midye, balık, deniz salyangozu ve

sediment örnekleri toplanmıştır. Ağır metal analizleri Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu üzerine yapılmıştır. Sonuçlar Karadeniz kıyılarının ağır metal kirliliğiyle yüz yüze olduğunu göstermiştir. Co, Fe, Mn ve Cu konsantrasyonları İğneada' dan Kilyos'a kadar olan bölgede azalırken Amasra-Rize arasında arttığı gözlenmiştir. Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu'nun en yüksek konsantrasyonlarına sırasıyla Rize ve Sinop istasyonlarında rastlanmıştır. Perşembe istasyonunda ise Pb konsantrasyonu oldukça yüksek tespit edilmiştir.

Topçuoğlu vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada; Karadeniz kıyısındaki Ünye istasyonundan midye, balık, deniz salyangozu ve sedimentten alınan numunelerle, ağır metal ve radyonüklid (^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K) konsantrasyonları belirlenmiştir. Karadeniz'de yapılan diğer çalışmayla (Topçuoğlu vd. 2003) kıyaslandığında Co, Cr, Ni, Fe, Mn, Pb ve Cu konsantrasyonları bakımından, Ünye kıyılarının daha fazla kirlendiği tespit edilmiştir.

Balkıs vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada; İstanbul Boğazı, Gökova, Marmara ve Karadeniz'deki istasyonlardan alınan yüzey sedimentlerinde, toplam Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu konsantrasyonları ölçülmüştür. Yeşilırmak, Kızılırmak ve Sakarya bölgesinden alınan örneklerde Co, Cr, Ni, Zn, Fe ve Mn içerikleri kaya ortalamasının üstündeyken Cd ve Pb konsantrasyonları genelde uygulanan metottaki tespit sınırının (0.01mg/L) altında kalmıştır. Kaya ortalamasıyla karşılaştırıldığında, İstanbul Boğazı ve Marmara'da Cd oldukça yüksek oranda iken, Cd ve Mn içeriği Gökova'da oldukça yüksek bulunmuştur.

Ergül vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada; Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb, As ve Sb sediment tutucuda belirlenmiş ve dip sediment örnekleri, Doğu Karadeniz sahil şeridinden mevsimsel olarak toplanmıştır. Co, Ni, Zn ve Fe konsantrasyonunda yüzey sedimentinde bulunan uygun seviyeden oldukça düşükken Cd, Pb ve Zn konsantrasyonu yaz dönemi hariç sediment örneklerinde oldukça yüksektir. Cr konsantrasyonu dışındaki yaz döneminde yüksek konsantrasyonlar ortaya çıkmamıştır. En yüksek kütle akışı, $56,5 \text{ g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ile sonbaharda ölçülmüştür. Aynı zamanda en yüksek ağır metal akışı sonbahar döneminde meydana gelmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak, bu bölgedeki ağır

metallerin aşağı doğru dikey taşınımı, yüksek derecede meydana gelen toprak kaymasına ve bölgede meydana gelen dinamik partiküller akışına bağlı olduğu düşünülmektedir. Kış döneminde ölçülen partiküldeki Cd, Cu, Co, Zn, Fe ve Sb' nin yüksek konsantrasyonu, kentsel ve endüstriyel bölgelerin birbirine yakın olduğu dönemde fosil yakıt yakınına arttırdığı, kıyasal sularda batan partiküllerdeki metal kompozisyonunda önemli rol oynadığı ortaya koyulmuştur.

Çizelge 2.6 Karadeniz’de yüzey sedimentindeki ağır metal düzeyleri (µg/g kuru ağırlık)

Ağır metal (µg/g kuru ağırlık)	Topçuoğlu vd. 2002	Topçuoğlu vd. 2004	Balkış vd. 2007	Ergül vd. 2008
Cd	<0.02-0.93	<0.02	<0.02	<0.02
Cu	69.9-95.5	47-111	23.0-59.9	52.03-56.86
Cr	21.8-38.9	39-245	231.9-2496.8	70.02-74.24
Co	16.8-36.4	22.5-86.2	22.7-79.2	22.6-23.9
Ni	18.5-37.3	36.5-79.2	104.6-128.1	23.61-26.53
Zn	82.9-267.4	68-148	91.4-456.6	169-182
Fe	4.4-5.4	4.2-29.6	4.7-48.1	—
Mn	314.1-870.3	907-2830	989-3696	651.9-672.8
Pb	<0.05-31.1	<0.1-52.9	<0.01	<0.1

2.4.1 Demir (Fe)

Açık denizlerde atmosferik tozlardan oluşan tortu, demirin en önemli kaynağını oluşturmaktadır (Lobban ve Harrison, 1997). Diğer metallerle kıyaslandığında doğada en yüksek derişimlerde bulunur (Tunçer 1985).

Kirli olmayan açık denizlerdeki derişimi 2.8 ile 29 ng/L arasındadır. Çok bol olarak bulunan bu ağır metal, genelde denizel ortamda partiküler olarak bulunur ve suda asılı sediment partikülleri 50 000 ppm’e kadar Fe içerebilmektedir. Bu durum da suyu filtre eden ve sediment tüketen organizmaların yüksek düzeyde Fe biriktirmelerine neden olmaktadır. Örneğin, kahverengi makro alg türlerinde Fe konsantrasyonu 127 ppm

(kuru ağırlıkta) iken bu miktar midye türünde 1700 ppm olarak saptanmıştır (Güven ve Öztürk 2005)

2.4.2 Cıva (Hg)

Toksik kirleticilerin en etkilisi ve kalıcısı olarak bilinmektedir. Bu metalin kirleticilerden farklı en önemli özelliği, buharlaşma ısısının oldukça düşük (oda sıcaklığında dahi buharlaşmaktadır) olması ve farklı kimyasal formlarda bulunabilmesidir (Tunçer 1985). Organizmaların dokularında biriken Hg'nin önemli bir kısmını metil cıva oluşturmaktadır. Hg metille bileşik oluşturduğunda canlıların yağ dokusunda biyolojik birikime uğramaktadır (Kennish 1998).

Kıyusal sulardaki Hg derişimi, açık denizlerdeki değerinden çok daha yüksektir (Neff 2002). Hg derişimi açık denizlerde 0,001-0.004 mg/L arasında değişmektedir. Hg hızlı bir şekilde partikül madde tarafından absorbe edilir ve sedimentte birikir (Kennish 1998).

2.4.3 Bakır (Cu)

Denizel alanlarda sucul birincil üreticiler için önemli besin elementlerinden olmasına rağmen, Hg'den sonra ikinci derecede toksik metaldir (Correa vd. 1999). Temiz denizel alanlarda Cu derişimi genellikle 0.05-0.35 mg/L arasında değişmektedir (Olgunoğlu 2008).

Endüstriyel ve evsel deşarjlarla denizel ortama giren bakır atmosferik yolla da yağ ya da kuru olarak çökelerek girdiği gibi, doğal kaynaklardan da sucul ortamlara girmektedir. Bakır daha çok fitotoksik ağır metal olarak bilinmekte ve bu nedenden düşük konsantrasyonlarda alg türlerindeki çoğalmayı ve fotosentezi engellemektedir. Omurgasız deniz organizmaları balıklarla kıyaslandığında bakıra karşı daha duyarlıdır.

Deniz suyundaki çözünmüş Cu'nun büyük bir kısmı karbonat olarak ya da metal-organik bileşikler şeklinde bulunur. Deniz suyunda çözünmüş toplam Cu'nun %1 veya

daha azı serbest iyonik durumdadır. Cu toksitisesi toplam Cu derişimine bağıl değıl, serbest Cu⁺² derişimine bağılıdır (Neff 2002).

Ağır metaller su, sediment, flora ve fauna gibi bileşenler arasında döngüye uğrar. Sucul sistemde yüksek konsantrasyonda bulunan ağır metallerin bir kısmı sedimente çökmekte veya organizmalarda birirmektedir (Güven ve Öztürk 2005).

2.4.4 Kadmiyum (Cd)

Doğıal olarak çok düşük seviyelerde bulunmaktadır. Çevrede bulunan Cd, insanlar tarafından ve sanayileşmenin bir sonucu olarak çevreye verilen atıklardan kaynaklanmaktadır (Yemencioğılu 2000). Genellikle çinko, bakır, kurşun üretiminde ortaya çıkan atıklarla birlikte çevreye salınan bu metal, çeşitli endüstri kollarında da giderek artan miktarlarda kullanılmaktadır. Ayrıca fosfatlı gübreler de önemli miktarlarda Cd içermektedir (Kayhan 2006).

Atmosfere en çok Cd emisyonu Cu/Ni üretiminden kaynaklanmaktadır. Sucul ortama giren Cd canlı organizmalara göre daha hızlı olarak sedimentte birirmektedir. Kadmiyumun yüzey sularındaki konsantrasyonu 0.05 ppb olarak verilmiştir ama sonraki araştırmalarda bu değıerin 0.22 ppb ye kadar yükseldiğı literatürlerde öne çıkmıştır (Güven ve Öztürk 2005).

Ortamdaki 0.1 mg/L'lik normal seviyesinden daha yukarı bir değıere ulaştığında, özellikle endüstriyel alanlara yakın kıyısul sularda yaşayan bitkiler ve hayvanlar için önemli bir kirleticidir. Endüstrileşmiş şehirlerden kıyısul sulara taşınan kadmiyum derişimi 1-100 ng/L iken, açık denizlerde 0.1-60 ng/L seviyelerinde bulunmuştur (Kennish 1998).

2.4.5 Kurşun (Pb)

Denizel ortama; içten yanmalı motorlarda vuruntuyu önlemek için yakıtlarda katkı maddesi olarak kullanılan tetraetil kurşun yakıtın yakılması sonucunda, egzoz gazları ile

birlikte çevreye atılmakta ve çeşitli taşınım yolları (atmosferden kuru ve yağ çökeltme, sel ve nehir suları gibi) ile ulaşmaktadır (Yemencioğlu 2000).

Fosil yakıtların tüketimi ve endüstriyel emisyonla çevreye en yüksek düzeyde girmektedir. Sucul ortama havadan veya nehirler vasıtasıyla giren Pb'nin, denizel organizmalardaki etkisi, sudaki konsantrasyonuna, maruz kalma sürecine, tür çeşitliliğine ve suda kurşunun çözünabilirliğine etki eden sertlik, pH gibi birçok çevresel faktöre bağlıdır. Okyanuslara en fazla taşınım ise atmosfer yoluyla olmaktadır (Güven ve Öztürk 2005).

2.4.6 Alüminyum (Al)

Alüminyum denizde 10 mg/L miktarında bulunur. Asit yağmurları Al' nin sudaki çözünürlüğünü artırır. Asidik sularda bulunan balıklar için öldürücü etkiye sahiptir ve balıkların solungaçları hedef organdır. 4 ppm' den yüksek konsantrasyonlarda hücre bölünmesi inhibe edilebilmektedir (Güven ve Öztürk 2005).

2.4.7 Krom (Cr)

Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında sedimentte çöker (Kahvecioğlu vd. 2003).

Deniz suyunda 0.3 µg/L oranında bulunur. Doğada Cr^{+3} , Cr^{+6} değerlerinde bulunur. Hegzavalent krom (Cr^{+6}) trivalent kroma (Cr^{+3}) göre daha toksiktir ve suda çözünmez. Sucul ortama giren Cr^{+3} ve Cr^{+6} formları doğal oluşum ve insan aktivitelerinden kaynaklanmaktadır. Cr^{+3} organizmalar için gerekli element olmasına karşılık, Cr^{+6} toksik etki ederek kansere neden olabilmektedir. Cr^{+3} 'ün organizmadaki birikimi ve fazlalığında toksik etkisi de söz konusu olmaktadır. İnsanlar kromu solunum, yeme ve içme yoluyla veya deriden de alabilirler. Kromun omurgasız deniz organizmaları ve balıklar için akut toksisite seviyesi 5 µg/l'den yüksektir (Topçuoğlu 2005).

Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada her yerde bulunan bir metal olup havada $>0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kirlenmemiş suda ortalama $1 \mu\text{g}/\text{l}$ bulunur (Kahvecioğlu vd. 2003).

2.4.8 Çinko (Zn)

Canlıların yaşamlarını sağlıklı olarak devam ettirmesi için gerekli ana elementlerden birisidir (Yemenicioğlu, 2000). Çinko galvanize demir, cam, kağıt yapımı, fungusitler, akü, kauçuk-lastik sanayiinde, tıpta dermal ürünler, antiseptikler ve insülin preparatlarında kullanılmaktadır (Topçuoğlu 2005).

Çinkonun toksisitesi, diğer toksik elementlere göre (Hg, Cd, Pb) daha düşüktür. Dolayısıyla diğer toksik elementlere oranla canlılar tarafından daha çok tolere edilebilmektedir. ve toksik derişimleri oldukça yüksek seviyelerdedir (Güven ve Öztürk, 2005). Çinko metali ve birçok bileşiğı diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10-20 mg) ve gelişme, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi, karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi, degradasyon gibi çeşitli metabolik işlemler için gereklidir (Kahvecioğlu vd. 2003).

2.4.9 Mangan (Mn)

Ortamda fazla miktarda bulunduğunda canlılar için orta düzeyde toksik etki yapabilen mangan canlılar gerekli bir eser elementtir. Sucul ortamda genellikle partiküler materyallere bağlı olarak bulunan manganın, suda çözünebilen formları çok daha fazla toksiktir (Topçuoğlu 2005).

2.4.10 Arsenik (As)

Madencilik, demir-dışı metallerin ergitilmesi ve fosil yakıtların yanması gibi büyük endüstriyel prosesler, arseniğın hava, su ve toprağı yayılarak ortamı kirlletmesine sebep

olmaktadır. Arsenik içeren tarımsal ilaçların kullanılması ve arseniğin kereste muhafazasında kullanılması çevre kirliliğine neden olmaktadır. Elementel arsenik suda çözünmezken inorganik arsenik tuzları, pH ve iyonik ortama bağlı olarak geniş aralıklı çözünürlük gösterir. Doğada farklı birçok bileşiğin yapısına katılan arsenik bileşikleri genellikle üç ve beş değerlidir. Arseniğin üç değerli bileşikleri beş değerli olanlardan daha toksiktir. Arseniğin çeşitli bileşikleri tıpta, tarımsal mücadelede, endüstride (gemicilikte anti-fouling boyası gibi) kullanılmaktadır (Topçuoğlu 2005).

Arsenik yeryüzü sularına geniş oranda yayılmış olup nehir ve göllerdeki konsantrasyonu genellikle $10 \mu\text{g L}^{-1}$ 'nin altındadır. Doğal olarak yeryüzünde ve gıdalarda bulunan arsenatlar şeklindeki organik arsenik bileşikleri çok zehirli değildir; inorganik arsenik bileşikleri endüstriyel amaçlı kullanılır ve toprağı dolayısıyla besin maddelerini kirleterek sorun oluşturur. İçme suyundaki arseniğin ($\leq 50 \mu\text{g As L}^{-1}$) uzun süreli etkileşimi veya mesleki amaçlı arsenik alınımları sonucunda insanlarda deri, akciğer ve böbrek kanserine yakalanma riski artmaktadır (Güven ve Öztürk 2005).

2.4.11 Nikel (Ni)

Maden filizleri, tasfiye fırınları ve rafineri atıkları nikel kontaminasyonunun en önemli etkenleridir. Elektronik, çelik, pil ve gıda endüstrisinde geniş çapta kullanılan ve sucul ortamda çözünür formda bulunabilen nikel, kil mineralleri veya organik partiküllere (özellikle hümitik ve fulvik asit gibi) bağlanır. Nikelin deniz suyundaki konsantrasyonu 0.2 ile $0.7 \mu\text{g L}^{-1}$ arasındadır ve deniz organizmaları üzerindeki toksik etkileri türlere ve abiyotik faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Topçuoğlu 2005).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma yeri

Trabzon Limanı; kuzey 40 57' 30" enlemi, doğu'da 40 02' 30" boylamı ile kuzey 41 06' 36" enlemi, doğu 39 25' 00" boylamları arasında yer almaktadır. Bir başka ifade ile doğu'da Narlık Burnu ile batı'da Işıklı Burnu'ndan kuzey istikametine çizilen hatlar ve ona bitişik Türk Karasuları ile sınırlanan deniz ve kıyı alanı içinde bulunmaktadır (<http://al-port.com/Hakkimizda.aspx>, 2009). Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü istatistiklerine göre 2013 yılında Trabzon Limanı'na uğrayan gemi sayısı; Ocak: 92, Şubat: 76, Mart: 87, Nisan: 90, Mayıs 90, Haziran 30, Temmuz: 107, Ağustos: 104, Eylül:104, Ekim: 96 adet olarak tespit edilmiştir (<https://atlantis.udhb.gov.tr>, 2013).



Şekil 3.1 Trabzon Limanı ve örnek alınan istasyonlar

3.1.2 Sahada kullanılan araçlar

- Oksijenmetre: -5 °C ile +45 °C arasındaki sıcaklıkları 1 °C hassasiyetle, 0 ppm ile 15 ppm arasındaki çözünmüş oksijen değerlerini $\pm 0,2$ ppm hassasiyetle ölçen ve çözünmüş oksijen ve su sıcaklığı ölçümlerinde kullanılan.
- pHmetre: Tampon çözeltilerle kalibre edilmiş, arazi tipi.
- Elektrik iletkenliği ölçer: YSI marka EC300 model.
- Sediment alma kepçesi ve çelik halatı: Sediment örneklerinin alınmasında kullanılan 15x15 cm²'lik alandan örnek almaya uygun.
- Koyu renkli polietilen torbalar; sediment örneklerinin alındıktan sonra laboratuvar ortamına ulaşana kadar süre içinde ışık geçirmeyen, yaklaşık 2L kapasiteli.

3.1.3 Laboratuvarda kullanılan araçlar

- Elementer analiz cihazı: Sedimentte karbon ve azot analizi yapmaya uygun.
- Saf su cihazı: Su analizlerinde ihtiyaç duyulan kimyasalların hazırlanmasında kullanılmak üzere
- Hassas terazi: Su analizlerinde ihtiyaç duyulan kimyasalların hazırlanmasında ve sediment örneklerinde su içeriğinin tayininde kullanılmak üzere
- Kül fırını; 550 °C'de çalışabilen.
- Etüv; sıcaklığı 110°C ye ayarlanabilen.
- Sarf malzemeler: Kimyasal ve cam malzemelerden oluşan.
- Elek sistemi; 1 mm, 0,63 μ ve 0,63 μ 'dan küçük parçaların elenmesine uygun.
- Atomik absorpsiyon spektrofotometresi: Perkin Elmer marka 2380 model.
- ICP-OES: Ağır metal tayininde kullanılmak üzere.
- Yaş yakma ünitesi: BUTCHI marka.
- Çeker ocak.

3.2 Yöntem

Tez çalışması, ön saha etüdü tespiti doğrultusunda, Trabzon Liman İşletmesi'ni temsil edecek şekilde; 9,5 m derinlik ve 400 m uzunlukta olan 2 no'lu rıhtım ile derinliği 9,5 m ve uzunluğu 580 m olan 3 no'lu rıhtımdan seçilen (Şekil 3.1) iki istasyon (2. ve 3. istasyon) ile liman dışında istasyonların 1530 m açığında seçilen kontrol (1. istasyon) istasyonundan alınan yüzey sediment örnekleri ile Nisan-2013 (ilkbahar), Temmuz-2013 (yaz), Ekim-2013 (sonbahar) ve Ocak-2014 (kış) aylarında mevsimsel ve 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



Şekil 2.2 Örnekleme istasyonlarından görüntüler.

3.2.1 Saha çalışması

Sediment örneklerinin alınması: Sediment örnekleri, sediment alma kepçesi ile alınmış, koyu renkli polietilen torbalarda Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Araştırma Laboratuvarı'na ulaştırılarak su içeriği, organik madde düzeyi ve bünye tayini gerçekleştirilmiş olup sedimentte ağır metal analizi (Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, As, Mn, Ni), toplam fosfor tayini, toplam azot ve toplam organik karbon analizlerinin ilk aşamaları yürütülmüştür. Daha sonra örnekler Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Laboratuvarı'na ulaştırılarak analizler tamamlanmıştır.

Suda fiziko-kimyasal ölçümler: Suyu ilişkin çözünmüş oksijen, su sıcaklığı (YSI marka oksijenmetre ile), pH (YSI marka pH metre ile) ve elektriksel iletkenlik (YSI marka kondüktivitemetre ile) değerleri arazide ölçülmüştür.

3.2.2 Laboratuvar çalışması

Sedimentte ağır metal analizi (Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, As, Mn, Ni)

Koyu renkli polietilen torbalarda laboratuvara ulaştırılan sediment örnekleri analizlerin yapılacağı süreye kadar -18°C'de derin dondurucuda saklanmıştır. Sediment örnekleri 105°C'de Nüve marka etüvde 12 saat kurutulduktan sonra yaklaşık 1g'lık her bir örnek HCl, H₂SO₄ ve HNO₃ karışımı ile BUCHI marka yaş yakma ünitesinde yakılmıştır. Yaş yakma sonrasında elde edilen çözeltiler Whatman No:42 filtre kağıdından süzülerek ICP-OES (Inductively Coupled Plasma by Optical Emission Spectrometry) cihazında ağır metal okumaları yapılmıştır (UNEP 2004).

$$\text{Ağır metal derişimi(mg/L)} = A \times 100 / B$$

A= Cihazda okunacak değer

B= Örnek ağırlığı (g)

20 gün süre ile havada kurutulan sediment örnekleri daha sonra havada dövülerek 0.5 mm'lik elekten geçirilen örneklerde aşağıdaki analizler yapılmıştır.

Toplam fosfor tayini (TF, µg/g KA)

Havada kurutulan sediment örnekleri ince öğütüldükten sonra (0.5 mm'lik elekten geçirilmiş) 2 g ağırlığında tartılarak örnekler perklorik asit ve nitrik asit karışımı ile yakılarak, sediment örneğinde çözünemez halde bulunan fosfor çözünebilir hale dönüştürüldükten sonra çözünen ekstraktta, vanadamolibdat kompleksinin oluşumuna dayanan kolorimetrik metot uygulanmıştır (Kacar 1995).

Toplam azot ve toplam organik karbon tayini

Elementer analiz cihazı kullanılarak sedimentte karbon ve azot analizi yapılmıştır. Toplam Organik Karbon sediment örnekleri Organik karbon analiz ünitesi, Toplam azot analizleri ise Toplam Azot analiz ünitesi kullanılarak belirlenmiştir (Kacar 1995).

Su içeriğinin tayini (%)

Sediment örneğinin 110 °C'de 16 saat kurutulmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları arasındaki farktan Shrestha ve Lin (1996)'e göre saptanmıştır.

Organik madde tayini (%)

Havada kurutulmuş sediment örneğinin 0.5 mm'lik elekten geçirilmesinden sonra örneğin 550 °C'de 2 saat yakılmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları kaybını dikkate alarak Kacar (1995)'e göre belirlenmiştir.

Sedimentte bünye tayini (% kum, kil, silt oranları)

Toprağı meydana getiren taneciklerin birbirleri ile olan bağlantılarını ortadan kaldırarak teksele hale getirmek suretiyle taneciklerin yüzde oranlarının ve bu oranların bünye üçgenine uygulanarak bünye sınıfının bulunması esasına dayanmaktadır.

3.3 İstatistik Analizler

Elde edilen verilerin istatistik olarak değeriendirilmesinde Minitab ve MStat programları kullanılarak, sedimente ilişkin örneklemelede mevsimsel ve istasyonlar arası farkların tayininde ANOVA ve Duncan testleri uygulamıştır (Kesici ve Kocabaş 2007).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Trabzon Limanı Yüzey Sedimentinde Ağır Metal İçeriğine İlişkin Bulgular

Trabzon Limanı yüzey sedimentinde Nisan 2013, Temmuz 2013, Ekim 2013 ve Ocak 2014 aylarına ait ağır metal konsantrasyonlarına ilişkin ortalamalar arası farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

4.1.1 Demir (Fe)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam demir konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam demir derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Fe konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) $56,600 \pm 0,921 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde (Temmuz 2014) $71,040 \pm 0,581 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Fe konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde (Ocak-2014) $95,815 \pm 0,367 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde (Nisan-2013) $116,250 \pm 0,554 \mu\text{g/gKA}$ belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin Fe konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsimlerinde $82,762 \pm 0,913 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $111,017 \pm 0,793 \mu\text{g/gKA}$ bulunmuştur.

4.1.2 Bakır (Cu)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam bakır konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam bakır derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Cu konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $5,790 \pm 0,250 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $7,102 \pm 0,311 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Cu konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $10,517 \pm 0,581 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $14,770 \pm 0,270 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin Cu konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $11,447 \pm 0,358 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde $14,437 \pm 0,520 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.1.3 Kadmiyum (Cd)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam kadmiyum konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam kadmiyum derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Cd konsantrasyonuna ait en düşük değer kış mevsiminde $0,070 \pm 0,016 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde $0,160 \pm 0,005 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Cd konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $0,112 \pm 0,050 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde $0,230 \pm 0,082 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin Cd konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $0,142 \pm 0,005 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsimlerinde $0,232 \pm 0,005 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.1.4 Kurşun (Pb)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam kurşun (Pb) konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam kurşun derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Pb konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $4,652 \pm 0,066 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde $7,212 \pm 0,164 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Pb konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $6,442 \pm 0,160 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $55,100 \pm 0,540 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

nc istasyonda sedimentin Pb konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $5,702 \pm 0,102 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise yaz mevsimlerinde $14,245 \pm 0,052 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.1.5 Krom (Cr)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam krom (Cr) konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (izelge 4.1, izelge 4.3, izelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam krom derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (izelge 4.10, izelge 4.12, izelge 4.14, izelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Cr konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $9,232 \pm 0,046 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $16,205 \pm 0,117 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Cr konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $12,780 \pm 0,059 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $20,050 \pm 0,067 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

nc istasyonda sedimentin Cr konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $9,422 \pm 0,120 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise yaz mevsimlerinde $28,640 \pm 0,377 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.1.6 Çinko (Zn)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam çinko (Zn) konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam çinko derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Zn konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $4,592 \pm 0,300 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $5,365 \pm 0,300 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Zn konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $20,262 \pm 0,470 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde $29,950 \pm 0,210 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin Zn konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $27,090 \pm 0,344 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsimlerinde $54,322 \pm 0,437 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.1.7 Arsenik (As)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam Arsenik (As) konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam Arsenik derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin As konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $2,762 \pm 0,101 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde $3,532 \pm 0,041 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin As konsantrasyonuna ait en düşük değer İlkbahar mevsiminde $2,702 \pm 0,233 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $6,160 \pm 0,048 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

nc istasyonda sedimentin As konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $3,527 \pm 0,305 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsimlerinde $6,332 \pm 0,186 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.1.8 Mangan (Mn)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam Mangan (Mn) konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (izelge 4.1, izelge 4.3, izelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam Mangan derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (izelge 4.10, izelge 4.12, izelge 4.14, izelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Mn konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $21,175 \pm 0,374 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde $28,840 \pm 0,448 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Mn konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $28,110 \pm 0,545 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde $41,465 \pm 0,410 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin Mn konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $29,757 \pm 0,327 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $35,235 \pm 0,590 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.1.9 Nikel (Ni)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam Nikel (Ni) konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam Nikel derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16)

Birinci istasyonda sedimentin Ni konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $9,272 \pm 0,042 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $20,112 \pm 0,137 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin Ni konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $11,470 \pm 0,073 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $54,230 \pm 0,158 \mu\text{g/gKA}$ olarak belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin Ni konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $13,515 \pm 0,030 \mu\text{g/gKA}$, en yüksek değer ise yaz mevsimlerinde $47,372 \pm 0,453 \mu\text{g/gKA}$ olarak bulunmuştur.

4.2 Trabzon Limanı Yüzey Sedimentinde TOC, OM, , TP, TN, Toplam Su İçeriği Tayini ve Bünye Tayini İçeriğine İlişkin Bulgular

Trabzon Limanı yüzey sedimentinde Nisan 2013, Temmuz 2013, Ekim 2013 ve Ocak 2014 aylarına ait organik madde, toplam karbon, toplam fosfor, toplam azot ve bünye

taini (% kum, kil, silt) konsantrasyonlarına ilişkin ortalamalar arası farklılıklar ($p<0.05$)'e göre istatistik olarak önemli bulunmuştur.

4.2.1 Toplam Organik Karbon (TOC)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam organik karbon konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6)

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam organik karbon derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.11, Çizelge 4.13, Çizelge 4.15, Çizelge 4.17).

Birinci istasyonda sedimentin TOC konsantrasyonuna ait en düşük değer kış mevsiminde (Ocak-2014) % $0,767 \pm 0,010$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde (Temmuz 2014) % $1,262 \pm 0,030$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin TOC konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) % $1,180 \pm 0,022$, en yüksek değer ise kış mevsiminde % $1,447 \pm 0,050$ belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin TOC konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde % $1,092 \pm 0,009$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde % $1,750 \pm 0,009$ bulunmuştur.

4.2.2 Toplam Organik Madde (OM)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam organik madde

konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam organik madde derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.11, Çizelge 4.13, Çizelge 4.15, Çizelge 4.17).

Birinci istasyonda sedimentin OM konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $1,450 \pm 0,001$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $1,850 \pm 0,002$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin OM konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $2,198 \pm 0,002$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $3,114 \pm 0,002$ belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin OM konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $2,520 \pm 0,002$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde $4,407 \pm 0,002$ olarak bulunmuştur.

4.2.3 Toplam Fosfor (TP)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam fosfor konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam fosfor derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.11, Çizelge 4.13, Çizelge 4.15, Çizelge 4.17).

Birinci istasyonda sedimentin TP konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde % 0,160 $\pm$ 0,003, en yüksek değer ise kış mevsiminde % 0,214 $\pm$ 0,001 olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin TP konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde % 0,210 $\pm$ 0,002, en yüksek değer ise kış mevsiminde % 0,241 $\pm$ 0,001 belirlenmiştir.

nc istasyonda sedimentin TP konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar ve yaz mevsimlerinde % 0,220 $\pm$ 0,001, en yüksek değer ise kış mevsiminde % 0,250 $\pm$ 0,001 olarak bulunmuştur.

4.2.4 Toplam Azot (TN)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin toplam azot konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (izelge 4.2, izelge 4.4, izelge 4.6).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında toplam azot derişimi açısından farklılık I. ve II. istasyonlarda istatistik olarak önemli bulunurken III. İstasyondaki ortalamalar arası farklılık istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p<0.05$) (izelge 4.11, izelge 4.13, izelge 4.15, izelge 4.17).

Birinci istasyonda sedimentin TN konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde % 0,111 $\pm$ 0,001, en yüksek değer ise kış mevsiminde % 0,145 $\pm$ 0,011 olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin TN konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde % 0,124 $\pm$ 0,001, en yüksek değer ise kış mevsiminde % 0,145 $\pm$ 0,010 belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin TN konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde % 0,137 $\pm$ 0,001, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde % 0,161 $\pm$ 0,001 belirlenmiştir.

4.2.5 Kil

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin kil konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında kil derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.11, Çizelge 4.13, Çizelge 4.15, Çizelge 4.17).

Birinci istasyonda sedimentin kil konsantrasyonuna ait en düşük değer kış mevsiminde % 10,845 $\pm$ 0,347, en yüksek değer ise yaz mevsiminde % 17,590 $\pm$ 0,416 olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin kil konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde % 24,830 $\pm$ 0,578, en yüksek değer ise kış mevsiminde % 40,545 $\pm$ 0,830A belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin kil konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde % 31,980 $\pm$ 0,749, en yüksek değer ise yaz mevsiminde % 37,422 $\pm$ 0,179 olarak bulunmuştur.

4.2.6 Silt

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin silt konsantrasyonları

arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında silt derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.11, Çizelge 4.13, Çizelge 4.15, Çizelge 4.17).

Birinci istasyonda sedimentin silt konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde % 35,920 $\pm$ 0,204, en yüksek değer ise kış mevsiminde % 41,990 $\pm$ 0,116 olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin silt konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde % 17,180 $\pm$ 0,289, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde % 38,110 $\pm$ 0,408 belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda sedimentin silt konsantrasyonuna ait en düşük değer sonbahar mevsiminde % 30,972 $\pm$ 0,713, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde % 37,812 $\pm$ 0,245 olarak bulunmuştur.

4.2.7 Kum

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında sedimentin kum konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında kum derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.11, Çizelge 4.13, Çizelge 4.15, Çizelge 4.17).

Birinci istasyonda sedimentin kum konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde % 42,675 $\pm$ 0,452, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde % 51,452 $\pm$ 1,025 olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda sedimentin kum konsantrasyonuna ait en düşük değer kış mevsiminde % 25,330 $\pm$ 0,700, en yüksek değer ise yaz mevsiminde % 58,237 $\pm$ 0,047 belirlenmiştir.

nc istasyonda sedimentin kum konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde % 25,292 $\pm$ 0,042, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde % 37,337 $\pm$ 0,594 olarak bulunmuştur.

4.3 Trabzon Limanı'nda Su Kalitesine İlişkin Bulgular

Trabzon Limanı'nda Nisan 2013, Temmuz 2013, Ekim 2013 ve Ocak 2014 aylarına ait çözünmüş oksijen, su sıcaklığı, pH ve elektrik iletkenliğine ilişkin ortalamalar arası farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

4.3.1 Çözünmüş oksijen

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında çözünmüş oksijen konsantrasyonları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (izelge 4.18, izelge 4.19, izelge 4.20, izelge 4.21).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında çözünmüş oksijen derişimi açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$)

Birinci istasyonda çözünmüş oksijen konsantrasyonuna ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde (Temmuz-2013) 9,875 $\pm$ 0,170 mg/l, en yüksek değer ise kış mevsiminde (Ocak 2014) 14,530 $\pm$ 0,047 mg/l olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda çözülmüş oksijen konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $9,350 \pm 0,288$ mg/l, en yüksek değer ise kış mevsiminde $13,475 \pm 0,050$ mg/l belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda çözülmüş oksijen konsantrasyonuna ait en düşük değer yaz mevsiminde $9,100 \pm 0,115$ mg/l, en yüksek değer ise kış mevsiminde $12,975 \pm 0,095$ mg/l bulunmuştur.

4.3.2 Sıcaklık

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında su sıcaklık değerleri arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında sıcaklık değerleri açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$)

Birinci istasyonda su sıcaklığına ait en düşük değer ilkbahar mevsiminde $9,875 \pm 0,170$ °C, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $24,225 \pm 0,287$ °C olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda su sıcaklığına ait en düşük değer kış mevsiminde $9,167 \pm 0,039$ °C, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $24,922 \pm 0,051$ °C belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda su sıcaklığına ait en düşük değer kış mevsiminde $9,275 \pm 0,039$ °C, en yüksek değer ise yaz mevsiminde $24,975 \pm 0,051$ °C bulunmuştur.

4.3.3 pH

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında pH konsantrasyonları arasındaki

farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında pH açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$)

Birinci istasyonda pH değerine ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $8,130 \pm 0,047$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $8,905 \pm 0,041$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda pH değerine ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $8,180 \pm 0,040$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $8,837 \pm 0,025$ belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda pH değerine ait en düşük değer sonbahar mevsiminde $8,175 \pm 0,028$, en yüksek değer ise kış mevsiminde $8,832 \pm 0,015$ bulunmuştur.

4.3.4 Elektrik İletkenliği (EC)

Araştırma periyodu boyunca ölçümler baz alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, her bir istasyonda mevsimler dikkate alındığında suyun elektrik iletkenliği değerleri arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21).

Yapılan Duncan testine göre her bir mevsimde istasyonlar arası farklılık dikkate alındığında EC değerleri açısından farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Birinci istasyonda EC değerine ait en düşük değer yaz ve kış mevsimlerinde $756,882 \pm 0,174 \mu\text{mhos/cm}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde $778,835 \pm 1,150 \mu\text{mhos/cm}$ olarak bulunmuştur.

İkinci istasyonda EC değerine ait en düşük değer yaz mevsiminde $756,765 \pm 0,231$ $\mu\text{mhos/cm}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde $780,410 \pm 0,430$ $\mu\text{mhos/cm}$ belirlenmiştir.

Üçüncü istasyonda EC değerine ait en düşük değer yaz mevsiminde $756,242 \pm 0,050$ $\mu\text{mhos/cm}$, en yüksek değer ise ilkbahar mevsiminde $780,655 \pm 0,213$ $\mu\text{mhos/cm}$ bulunmuştur.

Çizelge 4 1 Trabzon Limanı'nda sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının I. istasyonda mevsimlere bağlı değişimi (N=4)

Parametreler	Fe (µg/gKA)	Cu (µg/gKA)	Cd (µg/gKA)	Pb (µg/gKA)	Cr (µg/gKA)	Zn (µg/gKA)	As (µg/gKA)	Mn (µg/gKA)	Ni (µg/gKA)
Mevsimler									
İlkbahar (Nisan-2013)	57,972 ±1,226C*	6,180 ±0,730B	0,120 ±0,082B	4,652 ±0,066D	9,232 ±0,046D	4,592 ±0,300B	2,762 ±0,101C	28,840 ±0,448A	9,272 ±0,042D
Yaz (Temmuz-2013)	71,040 ±0,581A	7,102 ±0,311A	0,074 ±0,001C	6,625 ±0,119B	11,892 ±0,197C	4,925 ±0,080B	3,107 ±0,071B	27,370 ±0,310B	11,470 ±0,073C
Sonbahar (Ekim-2013)	56,600 ±0,921D	5,790 ±0,250B	0,160 ±0,005A	7,212 ±0,164A	12,395 ±0,031B	4,902 ±0,127B	3,532 ±0,041A	21,175 ±0,374C	13,310 ±0,105B
Kış (Ocak-2014)	61,942 ±0,467B	6,050 ±0,150B	0,070 ±0,016C	5,420 ±0,024C	16,205 ±0,117A	5,365 ±0,300A	3,222 ±0,181B	23,652 ±0,398B	20,112 ±0,137A

*Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.2 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının I. istasyonda mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	OM (%)	TOC (%)	TP (%)	TN (%)	Su İçeriği (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
Mevsimler								
İlkbahar (Nisan-2013)	0,902 ±0,170B*	1,500 ±0,004B	0,160 ±0,003D	0,121 ±0,001C	67,31 ±0,49B	13,412 ±0,123C	35,920 ±0,204 D	51,452 ±1,025A
Yaz (Temmuz-2013)	1,262 ±0,030A	1,850 ±0,002A	0,184 ±0,001C	0,120 ±0,001C	65,13 ±1,13C	17,590 ±0,416A	39,800 ±0,576B	42,675 ±0,452D
Sonbahar (Ekim-2013)	0,892 ±0,010B	1,450 ±0,001D	0,210 ±0,001B	0,111 ±0,001C	68,70 ±0,43A	14,940 ±0,463B	39,155 ±0,370C	46,690 ±0,638C
Kış (Ocak-2014)	0,767 ±0,010C	1,464 ±0,002C	0,214 ±0,001A	0,145 ±0,011A	67,60 ±0,49B	10,845 ±0,347D	41,990 ±0,116 A	47,750 ±0,091B

*Aynı sütunda farklı büyük harf olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.3 Trabzon Limanı'nda sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının II. istasyonda mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	Fe (µg/gKA)	Cu (µg/gKA)	Cd (µg/gKA)	Pb (µg/gKA)	Cr (µg/gKA)	Zn (µg/gKA)	As (µg/gKA)	Mn (µg/gKA)	Ni (µg/gKA)
Mevsimler									
İlkbahar (Nisan-2013)	116,250 ±0,554A*	13,000 ±0,046B	0,152 ±0,095C	6,442 ±0,160D	13,372 ±0,204B	27,572 ±0,300B	2,702 ±0,233D	28,780 ±0,255C	11,565 ±0,147D
Yaz (Temmuz-2013)	110,167 ±0,750B	10,517 ±0,581C	0,112 ±0,050D	12,325 ±0,087B	16,100 ±4,985B	20,262 ±0,470C	6,160 ±0,048A	28,110 ±0,545D	11,470 ±0,073B
Sonbahar (Ekim-2013)	95,815 ±0,367C	14,740 ±0,300A	0,230 ±0,082A	10,275 ±0,130C	12,780 ±0,059B	29,950 ±0,210A	3,937 ±0,017B	41,465 ±0,410A	15,240 ±0,251C
Kış (Ocak-2014)	96,160 ±0,547C	14,770 ±0,270A	0,170 ±0,050B	55,100 ±0,540A	20,050 ±0,067A	29,470 ±0,453A	3,332 ±0,132C	40,670 ±0,420B	54,230 ±0,158A

*Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.4 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının II. istasyonda mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	OM (%)	TOC (%)	TP (%)	TN (%)	Su İçeriği (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
Mevsimler								
İlkbahar (Nisan-2013)	1,340 ±0,035B	2,198 ±0,002D	0,220 ±0,002C	0,131 ±0,001B	64,38 ±0,63A	30,330 ±0,472C	25,105 ±0,392C	45,302 ±0,106B
Yaz (Temmuz-2013)	1,420 ±0,024A	3,114 ±0,002A	0,210 ±0,002D	0,128 ±0,001B	60,15 ±0,51B	24,830 ±0,578D	17,180 ±0,289D	58,237 ±0,047A
Sonbahar (Ekim-2013)	1,180 ±0,022C	2,400 ±0,002C	0,223 ±0,002B	0,124 ±0,001B	58,67 ±1,09C	35,730 ±0,552B	38,110 ±0,408A	26,502 ±0,415C
Kış (Ocak-2014)	1,447 ±0,050A	2,530 ±0,007B	0,241 ±0,001A	0,145 ±0,010A	59,10 ±0,44BC	40,545 ±0,830A	37,010 ±0,619B	25,330 ±0,700D

*Aynı sütunda farklı büyük harfî olan ortamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.5 Trabzon Limanı'nda sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının III. istasyonda mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	Fe (µg/gKA)	Cu (µg/gKA)	Cd (µg/gKA)	Pb (µg/gKA)	Cr (µg/gKA)	Zn (µg/gKA)	As (µg/gKA)	Mn (µg/gKA)	Ni (µg/gKA)
Mevsimler									
İlkbahar (Nisan-2013)	101,800 ±0,481B*	14,437 ±0,520A	0,232 ±0,005A	5,702 ±0,102D	9,422 ±0,120D	54,322 ±0,437A	3,527 ±0,305C	31,625 ±0,327B	13,535 ±0,068C
Yaz (Temmuz-2013)	111,017 ±0,793A	14,017 ±0,160A	0,142 ±0,005D	14,245 ±0,052A	28,640 ±0,377A	39,372 ±0,314B	5,715 ±0,338B	29,757 ±0,327C	47,372 ±0,453A
Sonbahar (Ekim-2013)	82,762 ±0,913C	11,447 ±0,358B	0,177 ±0,005C	8,640 ±0,126C	12,602 ±0,020C	27,090 ±0,344D	3,807 ±0,043C	29,982 ±0,578C	13,515 ±0,03C
Kış (Ocak-2014)	82,915 ±0,853C	14,222 ±0,255A	0,192 ±0,005B	11,822 ±0,026B	17,212 ±0,165B	30,710 ±0,423C	6,332 ±0,186A	35,235 ±0,590A	24,740 ±0,048B

*Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4 6 Trabzon Limanı'nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının III. istasyonda mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	OM (%)	TOC (%)	TP (%)	TN (%)	Su İçeriği (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
Mevsimler								
İlkbahar (Nisan-2013)	1,660 ±0,014B*	4,407 ±0,002A	0,220 ±0,001C	0,161 ±0,001A	60,05 ±0,83A	35,317 ±0,407C	37,812 ±0,245A	27,345 ±0,065C
Yaz (Temmuz-2013)	1,750 ±0,009A	4,225 ±0,002B	0,220 ±0,001C	0,155 ±0,001A	56,86 ±0,55B	37,422 ±0,179A	37,485 ±0,969A	25,292 ±0,042D
Sonbahar (Ekim-2013)	1,092 ±0,009D	2,520 ±0,002D	0,230 ±0,001B	0,137 ±0,001A	57,72 ±0,41B	31,980 ±0,749D	30,972 ±0,713C	37,337 ±0,594A
Kış (Ocak-2014)	1,340 ±0,014C	2,720 ±0,003C	0,250 ±0,001A	0,141 ±0,001A	59,37 ±0,73A	36,305 ±0,375B	33,502 ±0,278B	29,715 ±0,507B

*Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4 7 Trabzon Limanı'nda I. istasyonda suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	Oksijen (mg/l)	Sıcaklık (°C)	pH	EC (µmhos/cm)
Mevsimler				
İlkbahar (Nisan-2013)	11,700 ±0,091C*	19,920 ±0,053B	8,420 ±0,021B	778,835 ±1,150A
Yaz (Temmuz-2013)	9,875 ±0,170D	24,225 ±0,287A	8,322 ±0,033C	757,252 ±1,349C
Sonbahar (Ekim-2013)	13,475 ±0,050B	17,825 ±0,050C	8,130 ±0,047D	761,250 ±0,957B
Kış (Ocak-2014)	14,530 ±0,047A	9,025 ±0,095D	8,905 ±0,041A	756,882 ±0,174C

*Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.8 Trabzon Limanı'nda II. istasyonda suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	Oksijen	Sıcaklık	pH	EC
Mevsimler	(mg/l)	(°C)		(µmhos/cm)
İlkbahar (Nisan-2013)	11,220 ±0,024C*	19,930 ±0,053B	8,337 ±0,047B	780,410 ±0,430A
Yaz (Temmuz-2013)	9,350 ±0,288D	24,922 ±0,051A	8,345 ±0,031B	756,765 ±0,231D
Sonbahar (Ekim-2013)	13,150 ±0,057B	18,227 ±0,032C	8,180 ±0,040C	761,250 ±1,50C
Kış (Ocak-2014)	13,475 ±0,050A	9,167 ±0,039D	8,837 ±0,025A	769,337 ±0,942B

*Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.9 Trabzon Limanı’nda III. istasyonda suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin mevsimlere bağlı değişimi (N=4).

Parametreler	Oksijen (mg/l)	Sıcaklık (°C)	pH	EC (µmhos/cm)
Mevsimler				
İlkbahar (Nisan-2013)	11,262 ±0,025C*	19,582 ±0,053B	8,337 ±0,025B	780,655 ±0,213A
Yaz (Temmuz-2013)	9,100 ±0,115D	24,975 ±0,051A	8,212 ±0,015C	756,242 ±0,050D
Sonbahar (Ekim-2013)	12,150 ±0,057B	18,492 ±0,032C	8,175 ±0,028D	761,250 ±0,50C
Kış (Ocak-2014)	12,975 ±0,095A	9,275 ±0,039D	8,832 ±0,015A	774,540 ±0,50B

*Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.10 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının ilkbahar mevsiminde (Nisan-2013) istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar Parametreler	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Fe (µg/gKA)	57,972 ±1,226C*	116,250 ±0,554A	101,800 ±0,481B
Cu (µg/gKA)	6,180 ±0,730C	13,000 ±0,046B	14,437 ±0,520A
Cd (µg/gKA)	0,120 ±0,082C	0,152 ±0,095B	0,232 ±0,005A
Pb (µg/gKA)	4,652 ±0,066C	6,442 ±0,160A	5,702 ±0,102B
Cr (µg/gKA)	9,232 ±0,046B	13,372 ±0,204A	9,422 ±0,120B
Zn (µg/gKA)	4,592 ±0,300C	27,572 ±0,300B	54,322 ±0,437A
As (µg/gKA)	2,762 ±0,101B	2,702 ±0,233B	3,527 ±0,305A
Mn (µg/gKA)	28,840 ±0,448B	28,780 ±0,255B	31,625 ±0,327A
Ni (µg/gKA)	9,272 ±0,042C	11,565 ±0,147B	13,535 ±0,068A

*Aynı satırda farklı büyük harfî olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.11 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının ilkbahar mevsiminde (Nisan-2013) istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
OM (%)	0,902 ±0,170C	1,340 ±0,035B	1,660 ±0,014A
TOC (%)	1,500 ±0,004C	2,198 ±0,002B	4,407 ±0,002A
TP (%)	0,160 ±0,003B	0,220 ±0,002A	0,220 ±0,001A
TN (%)	0,122 ±0,001C	0,131 ±0,009B	0,161 ±0,009A
Su İçeriği (%)	67,31 ±0,50A	64,38 ±0,63B	60,05 ±0,83C
Kil (%)	13,412± 0,123C	30,330 ±0,472B	35,317 ±0,407 A
Silt (%)	35,920 ±0,204B	25,105 ±0,392C	37,812 ±0,245A
Kum (%)	51,452 ±1,025A	45,302 ±0,106B	27,345 ±0,065C

*Aynı satırda farklı büyük harfî olan ortamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.12 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının yaz mevsiminde (Temmuz-2013) istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar Parametreler	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Fe (µg/gKA)	71,040 ±0,581B*	110,170 ±0,750A	111,017 ±0,793A
Cu (µg/gKA)	7,102 ±0,311C	10,520 ±0,581B	14,017 ±0,160A
Cd (µg/gKA)	0,074 ± 0,001C	0,112 ±0,050B	0,142 ±0,005A
Pb (µg/gKA)	6,625 ±0,119C	12,325 ±0,087B	14,245 ±0,052 A
Cr (µg/gKA)	11,892 ±0,197B	16,100 ±4,985B	28,640 ±0,377A
Zn (µg/gKA)	4,925 ±0,080C	20,262 ±0,470B	39,372 ±0,314A
As (µg/gKA)	3,107 ±0,071C	6,160 ±0,048A	5,715 ±0,338B
Mn (µg/gKA)	27,370 ±0,310C	28,101 ±0,545B	29,757 ±0,327A
Ni (µg/gKA)	11,470 ±0,073C	11,407 ±0,073B	47,372 ±0,453 A

*Aynı satırda farklı büyük harfî olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.13 Trabzon Limanı’nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının yaz mevsiminde (Temmuz-2013) istasyonlara bağlı değişimi(N=4).

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
OM (%)	1,262 ±0,030C	1,420 ±0,024B	1,750 ±0,009A
TOC (%)	1,850 ±0,002C	3,114 ±0,002B	4,225 ±0,002A
TP (%)	0,184 ±0,001C	0,210 ±0,002B	0,220 ±0,001A
TN (%)	0,120 ±0,009C	0,128 ±0,006B	0,156 ±0,002A
Su İçeriği (%)	65,13 ±1,13A	60,15 ±0,51B	56,86 ±0,55C
Kil (%)	17,590 ±0,416C	24,830 ±0,578B	37,422 ±0,179A
Silt (%)	39,800 ±0,576A	17,180 ±0,289C	37,485 ±0,969B
Kum (%)	42,675 ±0,452B	58,237 ±0,047A	25,292 ±0,042C

*Aynı satırda farklı büyük harf olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.14 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar Parametreler	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Fe (µg/gKA)	56,600 ±0,921C*	95,815 ±0,370A	82,762 ±0,913B
Cu (µg/gKA)	5,790 ±0,258C	14,740 ±0,300A	11,447 ±0,358B
Cd (µg/gKA)	0,160 ±0,005C	0,230 ±0,082A	0,177 ±0,005B
Pb (µg/gKA)	7,212 ±0,164C	10,275 ±0,130A	8,640 ±0,126B
Cr (µg/gKA)	12,395 ± 0,031C	12,780 ±0,059A	12,602 ±0,020B
Zn (µg/gKA)	4,902 ±0,127C	29,950 ±0,210A	27,090 ±0,344B
As (µg/gKA)	3,532 ±0,041C	3,937 ±0,017A	3,807 ±0,043B
Mn (µg/gKA)	21,175 ±0,374C	41,465 ±0,410A	29,982 ±0,578B
Ni (µg/gKA)	13,310 ±0,105B	15,240 ±0,251A	13,515 ±0,030B

*Aynı satırda farklı büyük harfî olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.15 Trabzon Limanı’nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
OM (%)	0,892 ±0,010C	1,180 ±0,022A	1,092 ±0,009B
TOC (%)	1,450 ±0,001C	2,400 ±0,002B	2,520 ±0,002A
TP (%)	0,210 ±0,001C	0,223 ±0,002B	0,230 ±0,001A
TN (%)	0,112 ±0,001C	0,124 ±0,001B	0,137 ±0,006A
Su İçeriği (%)	68,70 ±0,43A	58,67 ±1,09B	57,72 ±0,41B
Kil (%)	14,940 ±0,463C	35,730 ±0,552A	31,980 ±0,749B
Silt (%)	39,155 ±0,370A	38,110 ±0,408B	30,972 ±0,713C
Kum (%)	46,690 ±0,638A	26,502 ±0,415C	37,337 ±0,594B

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4 16 Trabzon Limanı'nda sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının kış mevsiminde (Ocak-2014) istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar Parametreler	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Fe (µg/gKA)	61,942 ±0,467C*	96,160 ±0,550A	82,915 ±0,853B
Cu (µg/gKA)	6,050 ±0,150C	14,770 ±0,270A	14,222 ±0,255B
Cd (µg/gKA)	0,070 ±0,016C	0,170 ±0,050B	0,192 ±0,005A
Pb (µg/gKA)	5,420 ±0,024C	55,100 ±0,540A	11,822 ±0,026B
Cr (µg/gKA)	16,205 ±0,117C	20,050 ±0,067A	17,212 ±0,165B
Zn (µg/gKA)	5,365 ±0,300C	29,470 ±0,453B	30,710 ±0,423A
As (µg/gKA)	3,222 ±0,181B	3,332 ±0,132B	6,332 ±0,186A
Mn (µg/gKA)	23,652 ±0,398C	40,670 ±0,420A	35,235 ±0,590B
Ni (µg/gKA)	20,112 ±0,137C	54,230 ±0,158A	24,740 ±0,048B

*Aynı satırda farklı büyük harfî olan ortamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.17 Trabzon Limanı’nda sedimentteki OM, TOC, TP, TN, Kil, Silt, Kum konsantrasyonlarının kış mevsiminde (Ocak2014) istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
OM (%)	0,767 ±0,010C	1,447 ±0,050A	1,340 ±0,014B
TOC (%)	1,464 ±0,002C	2,530 ±0,007B	2,720 ±0,003A
TP (%)	0,214 ±0,001C	0,241 ± 0,001B	0,250 ±0,001A
TN (%)	0,145 ±0,011A	0,145 ±0,010A	0,141 ± 0,001A
Su İçeriği (%)	67,60 ±0,49A	59,10 ±0,44B	59,37 ±0,73B
Kil (%)	10,845 ±0,347C	40,545 ±0,830A	36,305 ±0,375B
Silt (%)	41,990 ±0,116A	37,010 ±0,619B	33,502 ±0,278C
Kum (%)	47,750 ±0,091A	25,330 ±0,700C	29,715 ±0,507B

*Aynı satırda farklı büyük harfî olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4.18 Trabzon Limanı'nda ilkbahar mevsiminde (Nisan-2013) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
Oksijen (mg/l)	11,700 ±0,091A*	11,220 ±0,024B	11,262 ±0,025B
Sıcaklık (°C)	19,920 ±0,053A	19,930 ±0,053A	19,582 ±0,053B
pH	8,420 ±0,021A	8,337 ±0,047B	8,337 ±0,025B
EC (µmhos/cm)	778,835 ±1,150B	780,410 ±0,430A	780,655 ±0,213A

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

63

Çizelge 4.19 Trabzon Limanı'nda yaz mevsiminde (Temmuz-2013) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi (N=4).

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
Oksijen (mg/l)	9,875 ±0,170A*	9,350 ±0,288B	9,100 ±0,115B
Sıcaklık (°C)	24,225 ±0,287B	24,922 ±0,051A	24,975 ±0,051A
pH	8,322 ±0,033A	8,345 ±0,031A	8,212 ±0,015B
EC (µmhos/cm)	757,252 ±1,349A	756,765 ±0,231A	756,242 ±0,050A

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Çizelge 4 20 Trabzon Limanı'nda sonbahar mevsiminde (Ekim-2013) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
Oksijen (mg/l)	13,475 ±0,050A*	13,150 ±0,057B	12,150 ±0,057C
Sıcaklık (°C)	17,825 ±0,050B	18,227 ±0,032A	18,492 ±0,032A
pH	8,130 ±0,047A	8,180 ±0,040A	8,175 ±0,028A
EC (µmhos/cm)	761,250 ±0,957A	761,250 ±1,50A	761,250 ±0,50A

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

64

Çizelge 4 21 Trabzon Limanı'nda kış mevsiminde (Ocak-2014) suya ilişkin bazı fiziksel parametrelerin istasyonlara bağlı değişimi

İstasyonlar	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon
Parametreler			
Oksijen (mg/l)	14,530 ±0,047A*	13,475 ±0,050B	12,975 ±0,095C
Sıcaklık (°C)	9,025 ±0,095C	9,167 ±0,039B	9,275 ±0,039A
pH	8,905 ±0,041A	8,837 ±0,025B	8,832 ±0,015B
EC (µmhos/cm)	756,882 ±0,174C	769,337 ±0,942B	774,540 ±0,50A

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortamlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında; Trabzon Limanı'nda biri kontrol istasyonu olmakla beraber seçilen üç istasyondan alınan mevsimsel örneklerde, sedimente ilişkin bazı ağır metal konsantrasyonları ile kimyasal parametreler ve su örneklerine ilişkin bazı fiziksel bulgular ortaya konmuştur. Günümüze kadar yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde, Trabzon Limanı sedimentinin ağır metal konsantrasyonlarına dönük yapılmış herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Limanda belirlenen II. ve III. istasyonlar ile istasyonlara 1530 m uzaklıkta bulunan kontrol istasyonundan (Çizelgelerde I. İstasyon olarak adlandırılmıştır.) alınan sediment örneklerinde; ağır metallerden Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, As, Mn ve Ni konsantrasyonları ile organik madde, toplam organik karbon, toplam fosfor, toplam azot ve sediment bünyesine ilişkin kil, silt, kum değerleri saptanmıştır. Ayrıca üç istasyonda suyun; çözünmüş oksijen, sıcaklık, pH ve elektrik iletkenliği değerleri ölçülmüştür.

Chen vd. (2007) tarafından, Taiwan'ın Kaohsiung Limanı'nda yapılan araştırmada sedimentte bulunan ağır metallerin dağılımı incelenmiştir. 2002-2005 yılları arasında mevsimsel alınan örneklerde metal konsantrasyonunun Cd için 0.58 mg kg^{-1} kadar yükseldiği, Zn için ise 596 mg kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Araştırmamızda ise Cd için en yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde 0.23 mg kg^{-1} , Zn için ise sonbahar mevsiminde 54 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Araştırma; Chen vd. (2007)'nin çalışması ile kıyaslandığında, Trabzon Limanı'nın Zn bakımından kirlîye maruz kalmadığı saptanmıştır. Kadmiyum açısından değerler yukarıdaki araştırmaya yakın bulunmuş ancak çinko açısından oldukça düşük tespit edilmiştir. Hayvanlar ve tüm bitkiler için önemli ve yaşamsal element olan çinko diğer metallerle karşılaştırıldığında düşük toksisiteye sahiptir. Dolayısıyla bu araştırma kapsamında sedimentte elde edilen düşük çinko konsantrasyonlarının sucul canlılar üzerinde yüksek oranda toksik olmayacağı açıktır. Trabzon Limanı ve yakın çevresinde, Kaohsiung Limanı'nın aksine nehir girdisinin az olması ve atık suların nehir havzasına boşaltılmaması sonuçları desteklemektedir.

İspanya'nın güney batı kıyılarındaki deniz sedimentinde Morillo vd. (2003) tarafından yapılan bir araştırmada, sediment örneklerindeki ağır metallerin (Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, Ni, Cr ve Mn) dağılımları; Tinto ve Odiel nehirlerinin ağızlarının birleştiği bölgeye yakın 35 km uzunluğundaki sahil boyunca uzanan geniş bölgede yüksek konsantrasyonda (649 mg/kg Zn, 336 mg/kg Cu, 197 mg/kg Pb ve 2.5 mg/kg Cd) saptanmıştır. Trabzon Limanı'nda yürütülen bu araştırma kapsamında sedimentteki Ni konsantrasyonunun aksine Fe, Cr, Cu, Pb değerlerine ilişkin sonuçlar yukarıdaki araştırmacıların bulgularıyla kıyaslandığında oldukça düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Bu sonucun Trabzon Limanı civarında endüstriyel faaliyet yoğunluğunun oldukça düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Ahdy ve Khaled (2009) tarafından, Mısır'ın Akdeniz kıyı şeridinde yüzey sedimentinde 8 adet ağır metal düzeyi ve mevsimsel değişimleri belirlemek için yapılan çalışmada sediment örnekleri Eşik Konsantrasyon Etkisi (Threshold Effect Concentration/TEC) ve Toksikite Sınır Değerlerine (Probable Effect Concentration/PEC) göre değerlendirilmiştir. Sedimentte bulunan ağır metal TEC değerinin altında ise risk barındırmamakla beraber, PEC değerinin üstünde ise zararlı etkilerin görülmesi muhtemel olduğu bildirilmiştir. Trabzon Limanı'nda yürütülen bu tez çalışmasında; Cd, Cr, Pb, Cu ve Zn değerleri Ahdy ve Khaled (2009) tarafından yürütülen çalışma ile uyumlu olarak sucul canlılar üzerine risk oluşturmamaktadır. Ni ise II. istasyonda kış mevsiminde alınan örnekte yüksek konsantrasyon (54.2 mg kg^{-1}) içermektedir. Kış mevsimiyle beraber yağışların artması nehir girdilerinin ve erozyonun artmasına, sonuç olarak da Ni konsantrasyonunun ana kaynağını temsil eden maden filizleri, rafineri atıklarının nehir yoluyla Trabzon Limanı'na taşınmasına yol açtığı ve sedimentte Ni konsantrasyonunu yükselttiği düşünülmektedir.

Karadeniz Sahili boyunca yapılan 4 farklı çalışmada (Topçuoğlu vd. (2002), Topçuoğlu vd. (2004), Balkış vd. (2007), Ergül vd. (2008)), 2002 ile 2008 yılları arasında alınan sediment örnekleriyle, yapılan tez çalışması sonuçları kıyaslandığında, Trabzon Liman sedimenti için Cu, Cr, Zn, Mn düşük konsantrasyonlarda seyrederken Fe ve Cd yüksek, Pb ve Ni ise aynı paralellikte sonuçlar vermiştir. Sonuçların farklılık teşkil etmesinin nedenleri arasında özellikle Doğu Karadeniz Bölgesindeki atmosferik yağışların

yoğunluğu, madencilik çalışmaları ve sedimentin jeolojik yapısı söz konusudur. Rize-Trabzon civarındaki Tabakhane ve Zağır Derelerinin Karadeniz'e antropojenik kökenli yılda 15 ton Cd, 340 ton Cu, 60 ton Pb ve 1200 ton Zn taşıdıkları bilinmektedir (Tuncer vd. 1998). Türkiye sınırları içindeki nehirlerden Karadeniz'e giren askıda sediment miktarı yılda ortalama $42 \cdot 10^8$ t/yıl tondur (İzdar vd. 1987). Nehir havzası üzerine yapılan bir çalışmada, balık dokusunda bulunan iz element konsantrasyonları ile aynı ortamda sedimentte bulunan iz element konsantrasyonları arasında ilişki saptanmıştır (Heiny ve Tade 1997). Topçuoğlu vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada; deniz salyangozu midye ve balıklarda bulunan Cd, Co, Cr, Zn, Fe, Mn ve Cu konsantrasyonunun Karadeniz sahilinde belli istasyonlardan alınan sedimentte bulunan metal konsantrasyonlarıyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Sedimentteki omurgasızlar bakıra karşı balıklardan daha hassastır. Bu araştırmada sedimentin Cu konsantrasyonu düşük bulunduğundan sedimentin omurgasızlar üzerine toksik bir risk oluşturacağı düşünülmemektedir. Sedimentin demir konsantrasyonu Karadeniz sahillerinde yapılan araştırmalar ile kıyaslandığında yüksek tespit edilmiştir. Sedimentin yüksek demir konsantrasyonunun dikkate alındığında sedimentten beslenen kabuklular da Fe birikimine neden olabileceği söylenebilir. Sucul ortama sanayileşmenin bir sonucu olarak giren kadmiyum sucul canlılara nazaran daha hızlı olarak sedimentte birikir. Trabzon Limanı'nda kadmiyum konsantrasyonunun yüksek olması bu sebebin bir sonucudur. Sucul ortama giren nikel genelde kil mineralleri ve organik maddeye bağlanır, dolayısıyla sedimentteki konsantrasyonu sudaki konsantrasyondan daha düşük olmaktadır. Trabzon Limanı sedimentinde nikel konsantrasyonu tüm Karadeniz sahilinde belirlenen değerlere yakın bulunmuştur.

Türkiye'nin kuzeyindeki magmatik kayalar ve içerdikleri maden-mineral yataklarının (Erseçen, 1989; Engin vd. 2000) Karadeniz'e önemli miktarlarda Cr, Ni, Cu, Pb ve Zn temin ettiğini ortaya koymaktadır. Doğal jeolojik ayrışmanın ürünü olan bu metaller, aynı zamanda bölgede insan eli ile işletilen maden yataklarından da artan miktarlarda taşınacağından, antropojenik kirlilik etkileri olarak düşünülebilir. Yapılan bir çalışma, Karadeniz'deki antropojenik kirliliğin en baskın kaynağının Avrupa olduğunu göstermektedir (Hacısalıhoğlu vd. 1992).

Doğu Karadeniz Bölgesinde, yaşam ve endüstri sektörü ısıtma işlemleri için genellikle kömür ve fuel oil kullanılmaktadır. Fosil yakıt tüketimi ve yanma sonucunda ortaya çıkan uçucu kül partiküllerinin birçok metalin atmosferik boşaltımı için potansiyel olarak etkili bir kaynak olduğu bilinmektedir (Bertine ve Goldberg 1971). Araştırma sonuçlarına göre; Zn, Cu, Mn, Ni, As ve Pb konsantrasyonlarının sonbahar ve kış mevsiminde en yüksek değerlerde bulunması, bölgede fosil yakıt tüketiminin metal kompozisyonunun kontrolünde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Schoemann vd. (1998) tarafından yapılan çalışmada, Mn ve Fe konsantrasyonlarının ilkbahar mevsimindeki fitoplankton patlamasının ardından su kolonunda artışa geçtiği tespit edilmiştir. Trabzon sahillerinde 2001-2002 yılları arasında yapılan çalışmada, klorofil-a konsantrasyonlarının en yüksek seviyeye ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ulaştığı belirtilmiştir (Alkan vd. 2004). Bu tez çalışmasında sedimentte Mn konsantrasyonu I. ve II. istasyonlarda ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu sonuçlara göre sediment ve su kolonunda bulunan metaller arasında direkt bir ilişki olduğu dolayısıyla da bölgede ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde meydana gelen fitoplankton patlamasıyla Mn konsantrasyonunun ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasından elde edilen veriler Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA), Jeokümülyasyon İndeksi (Igeo) ve Kirlilik Faktörü gibi 3 farklı metoda göre değerlendirildiğinde:

EPA sediment rehberine göre Cu, Cd, Zn ve Mn tehlike sınırlarının çok altındayken, Pb ve Cr sırasıyla kış mevsiminde II. istasyonda, yaz mevsiminde III. istasyonda kabul edilebilir sınırlarda sonuçlar vermiştir. Ni konsantrasyonu ise kış mevsiminde II. istasyonda tolere edilebilecek sınırın hemen üstünde sonuç vermiştir. Kış aylarında sıcaklığın düşmesi ve yağışların artması, petrol türevi maddelerinin tüketiminin artmasıyla beraber gerek atmosferik yağışlar ile gerekse nehir girdilerinin artması ve toprakta bulunan nikelin bu yolla denize girmesi ile mümkün görünmektedir.

Jeoakümülayon İndeksi (Igeo) sonuçlarına göre; ağır metallerin ortalama konsantrasyonu örnek alınan tüm istasyonlarda alındığında (Igeo) değerleri Cu, Pb, Cr, Zn ve Mn için sıfırdan küçük sonuçlar vererek sedimentte oldukça düşük sınırlarda olduğunu göstermiştir. Buna karşın Fe konsantrasyonu kontrol istasyonu (I. istasyon) için 3-4 aralığında yani kirletilmiş, II. ve III. istasyon için 4-5 aralığında kirlenmiş ile aşır kirlenmiş aralığında seyretmektedir. Sedimentteki metal sıralaması; $Fe > Pb > Cu > Zn > Cr > Mn$ şeklindedir.

Kirlilik faktörüne gore değerlendirildiğinde; ağır metallerin ortalama konsantrasyonu örnek alınan tüm istasyonlarda (C_f) değerleri Cu, Pb, Cr, Zn, Mn ve Cr için $C_f < 1$ ile düşük kirlenme düzeyinde iken Fe konsantrasyonu, örnek alınan tüm istasyonlar için $C_f > 6$ ile çok yüksek kirlenme düzeyinde seyretmektedir. Sedimentteki metal sıralaması; $Fe > Pb > Cu > Zn > Cr > Mn$ şeklindedir.

Jeoakümülayon İndeksi (Igeo) ve Kirlilik Faktörü metodları sonuçları analiz edildiğinde Fe konsantrasyonu kirlilik düzeyleri her iki metod için aynı düzeyde sonuçlar vermiştir. Sedimentte Fe konsantrasyonunun, diğer elementlerle kıyaslandığında yüksek konsantrasyonlarda birikimi, yerkürede bulunan en yüksek orandaki elementlerden bir tanesi olmasına yani orijininin doğal olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca metallerin organizmalar üzerindeki toksisitelerine göre sınıflandırılması dikkate alınarak Olgunoğlu (2008) tarafından oluşturulan sınıflandırmada Fe'nin kritik olmayan ağır metal grubu içerisinde yer alması Trabzon Limanı sedimentindeki en yüksek konsantrasyondaki ağır metalin Fe olması limanda yaşayan sucul canlılar üzerine düşük toksisite oluşturması bilgisi ile örtüşmektedir.

Sucul ortamlarda sedimentteki demir zenginliği sedimentten suya fosfor salınımını engelleyen ve kontrol altında tutan önemli bir faktördür. Araştırma bulguları incelendiğinde, Fe konsantrasyonunun en düşük değeri kış mevsiminde I. istasyonda iken aynı istasyonda ve mevsimde toplam fosforun yüksek seviyelere ulaştığı gözlemlenmiş olup sedimentteki Fe konsantrasyonu, fosfor salınımını engelleyen önemli bir metal olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Sedimentte bulunan organik madde miktarı olan sucul sistemlerin oransal olarak humik maddece zengin olduğu ve bu durumun sedimentte fosfor tutulumunda önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Istvanovics 1994). Organik madde için örnek alınan üç istasyon ve mevsimlere bağılı sonuçlar incelendiğinde organik madde konsantrasyonunun < %20 olduğu ve sedimentte organik madde ve toplam fosfor konsantrasyonu arasında paralellik bulunduğu tespit edilmiştir.

Trabzon Limanı sedimentinde elde edilen ağır metal konsantrasyonlarının kullanımı ile yapılan korelasyon hesaplamaları sonucunda ilkbahar mevsiminde OM ile TOC, Pb, Mn ve As arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Sedimentteki organik madde konsantrasyonunun artışı ile organik madde düzeyinin artışının paralel olması istatistik açıdan anlamlı bulunmuştur. Bu artış yüksek oranda ayrışmaya neden olmaktadır.

İlkbahar, sonbahar ve kış mevsiminde Fe ile Cd arasındaki pozitif korelasyon ile yaz ve kış mevsiminde Zn ile Cd arasındaki pozitif korelasyon ise Cd'nin genellikle çinko, bakır, kurşun demir üretiminde ortaya çıkan atıklarla birlikte denizel ortama salınmasıyla yorumlanabilir.

Bu araştırma ile Trabzon Limanı yüzey sedimentine ilişkin bazı ağır metaller ve kimyasal veriler ile su kalitesine ilişkin bazı fiziksel parametrelerin değişimleri mevsimsel ve istasyon bazlı ilk bilimsel veriler elde edilmiştir. Liman etrafındaki nehir girdisinin, Avrupa ve Asya'daki seçilmiş bazı limanlarla kıyaslaması yapıldığında, sedimentin metal konsantrasyonlarının liman bölgesi için henüz bir tehdit oluşturacak düzeyde olmadığı bilimsel olarak ortaya konmuştur. Sonuç olarak Bölgede gemi giriş çıkışının olması dikkate alındığında, ileriki süreçlerde de Trabzon Limanı sedimentinin, fiziko kimyasal parametreler ve ağır metaller açısından izlenmesi gerektiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahdy, H.H. and Khaled, A., 2009. Heavy Metals Contamination in Sediments of the Western Part of Egyptian Mediterranean Sea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 3330-3336.
- Alkan, A., Zengin, B. and Serdar, S., 2004. Determination Some Physical and Chemical Parameters of Seawater on the Trabzon Coast, Final Report (2001-2003). Water Product Central Research Institutes Publ. 2004-1, Trabzon, 113 pp. (in Turkish).
- Anonim. 2014. Karadeniz ve çevresini gösteren harita. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Karadeniz>
- Anonim. 2010. İller bazında denizyolu taşıma istatistikleri, T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı.
- Anonim, 2011. Talepler el kitabı – T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı (Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü).
- Anonymous. 2013. Web Sitesi: https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_gemi.asp, Erişim Tarihi: 05.08.2014.
- Anonymous. 2013. Web Sitesi: <http://al-port.com/Hakkimizda.aspx>, Erişim Tarihi: 02.07.2014.
- Anonymous. 2014. Usepa Guidelines. Web Sitesi: <http://www.epa.gov>, Erişim Tarihi: 15.01.2014.
- Almendinger, J.E. 1999. A method to prioritize and monitor wetland restoration for water-quality improvement. *Wetlands Ecology and Management*, 6: 241-251.
- Balkıs, N., Topçuoğlu, S., Güven, K.C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kırbasoğlu, Ç. and Aksu, A. 2007. Heavy metals in shallow sediments from the BlackSea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 13:147-153.
- Barlas, N., 1997. A pilot study of heavy metal concenration in various environments fishes in the upper Sakarya River Basin, Turkey. *Environ. Toxicol.*, 14: 367-373.
- Bastidas, C., Bone, D. and Garcia, E.M., 1999. Sedimentation rates and metal content of sediments in a Venezuelan coral reef. *Marine Pollution Bulletin* 38 (1), 16-24.
- Bertine, K.K., Goldberg, E.D., 1971. Fossil fuel combustion and the major sedimentary cycle. *Science* 173, 233-235.
- Boran, M. and Altınok, İ. 2010. A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 565-572.

- Boyd, C.E., Taner, M.E., Madkour, M. and Masuda, K., 1994. Chemical Characteristics of Bottom Soils from Freshwater and Brackishwater Aquaculture Ponds, *Journal of the World Aquaculture Society*, 25(4), 517-534.
- Carignan, R. and Vaithiyanathan P. 1999. Phosphorus Availability In The Parana' floodplain Lakes (Argentina): Influence Of Ph And Phosphate Buffering By fluvial Sediments. *Limnology Oceanography*, 44(6), 1999, 1540–1548.
- Caetano, M., Vale, C. and Bebianno, M. 2002. Distribution of Fe, Mn, Cu and Cd in upper sediments and sediment-trap material of Ria Formosa (Portugal). *Journal of Coastal Research* 36, 118-123.
- Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments- A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring-Second Edition*. UNESCO/WHO/UNEP, 651, Cambridge.
- Chen, C.W., Kao, C.M., Chen, C.F. and Dong, C.D. 2007. Distribution and Accumulation of Heavy Metals in the Sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. *Chemosphere* 66 1431-1440.
- Cornel, G.E. and Whoriskey F.G. 1993. The Effects of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cage Culture on the Water Quality, Zooplankton, Benthos and Sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, Vol:109 Issue 2, Pages: 101-117.
- Correa, J. A., Castilla, J. C., Ramirez, M., Varas, M., Lagos, N., Veraga, S., Moenne, A., Roman, D., Brown, M. T., 1999. Copper, Copper Mine Tailings And Their Effect On Marine Algae In Northern Chile. *Journal Of Applied Phycology*. Vol:11, 57-61.
- Dawes, C. J. 1998. *Marine Botany*. Second Edition. University of South Florida Tapma, Florida, 478 p.
- Delince, G. 1992. *The Ecology of the Fish Pond Ecosystem*. Kluwer Academic Publishers, Netherland, pp.230.
- Engin, T., Özkan, Y., Sener, F. and Toprak, B. 2000. *Metallogenic Map of Turkey*. MTA, Ankara.
- Ergül, H.A., Topçuoğlu, S., Ölmez, E. and Kırbaşoğlu, Ç. 2008. Heavy metals in sinking particles and bottom sediments from the eastern Turkish coast of the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78: 396-402.
- Erseçen, N., 1989. Türkiye'nin Bilinen Maden ve Mineral Kaynakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayın no 185, 108s.
- Figueira M.M., Volesky, B., Ciminelli, V. S. T. and Roddick, F. A. 1999. Biosorption of Metals In Brown Seaweed Biomass. *Elsevier Science Wat. Res.* Vol. 34, No. 1, pp. 196-204.

- Förstner, U., Salomons, W., 1988. Trace metal analysis on polluted sediments, I: assessment of sources and intensities. *Environmental Technology Letters* 1, 494-505.
- Gonzales, A.E., Rodriguez, M.T. Sanchez, J.C.J. Espinosa A.J.F. and De La Rosa, F.J.B. 2000. Assessment of metals in sediments in a tributary of Guadalquivir river (Spain), heavy metal partitioning and relation between the water and the sediment system. *Water Air Soil Pollut.*, 121: 11-29.
- Gonzales, M.E.R., Zambrano, E., Mesa, J. and Medina, H.L. 2001. Fractional phosphate composition in sediments from a tropical river (Catatumbo River, Venezuela). *Hydrobiologia*, 431: 41-50
- Gumgum, B., Unlu, E., Tez, Z. and Gulsun, Z. 1994. Heavy metal pollution in water sediment and fish from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, 29: 111-116.
- Güven, K.C. ve Öztürk, B. 2005. Deniz Kirliliği Analiz Yöntemleri İlgili Uluslararası Sözleşmeler. İstanbul Üniversitesi Deniz bilimleri ve İşletmeciliği, Su Ürünleri Fakültesi Enstitüsü, 213.
- Hacısalıhoğlu, G., Eliyakut, F., Ölmez, I., Balkas, T., Tuncel, G. 1992. Chemical Composition of Particles in the Black Sea Atmosphere, *Atmospheric Environment*, 26A, 3207-3218.
- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approaches, *Water Research*, 14, pp. 975–1001.
- Haritonidis, S., MALEA, P. 1999. Bioaccumulation of Metals by the Green Alga *Ulva rigida* from Thermaikos Gulf, Greece. *Environmental Pollution* 104/ 365-372.
- Heiny, J.S. and Tate, C.M. 1997. Concentration, distribution, and comparison of selected trace elements in bed sediment and fish tissue in the South Platte River Basin, USA, 1992-93: *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 32, no.3, p. 246-259.
- Ho, H.H., Swennen, R., Damme, A.V. 2010. Distribution And Contamination Status Of Heavy Metals In Estuarine Sediments Near Cua Ong Harbor, Ha Long Bay Vietnam. *Geologica Belgica* 13/1-2:37-47.
- Hoda, H.H., Khaled, A. 2009. Heavy Metals Contamination In Sediment Of The Western Part Of Egyptian Mediterranean Sea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, (2009) 3(4): 3330-3336.
- İzdar, E., Ergün, M., 1987. Possibility of mineral enrichment in the Black Sea, in Teleki et. al, *Marine minerals: Advanced in Research and Resource Asesment*, Riedel, Pub. Co., Dordrecht, Boston, Lancaster, Tokyo., 363-374.
- Istvanovics, V. 1994. Fractional composition, adsorbtion and release of sediment phosphorus in the Kiss- Balaton Reservoir. *Wat. Res.*, Vol.28. No:3, pp 717-726.
- Jain, C. K. and Sharma, M. K. (2001). Distribution of trace metals in the Hindon River system, India. *J.Hydro.*, 253(1–4), 81– 90.

- James, W.F., Best, E.P. and Barko, J.W. 2004. Sediment resuspension and light attenuation in Peoria Lake: can macrophytes improve water quality in this shallow system, *Hydrobiologia*, 515: 193-201.
- Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. A.Ü.Z.F Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, s: 255.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. 2003. Metallerin Çevresel Etkileri TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası, Metalürji Dergisi, Sayı 136.
- Karadede, H., and Ünlü, E., (2000). Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake(Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41(9): 1371–1376.
- Kayhan, F. E., 2006. Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, Vol:23, Sayı: 1-2, 215-220.
- Kennish, M. J., 1998. Pollution in Estuarine and Marine Environments, Pollution Impacts on Marine Biotic Communities. Institu of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University, New Jersey, 310s.
- Kesici, T. ve Kocabaş, Z. 2007. Biyoistatistik, Ankara Üniv. Eczacılık Fakültesi Yayın No: 94, Ankara.
- Klavins, M., A. Briede, V. Rodinov, I . Kokorite, E. Parele and I . Klavina, 2000. Heavy metals in river of Lativa. *Sci. Total Environ.*, 262: 175-183.
- Larocque, A.C.L. and Rasmussen, P.E., 1998. An overview of trace metals in the environment form mobilization to remediation. *Environ. Geol.*, 33: 85-100.
- Lee, B.-S., Bullister, J.L., Murray, J.W., Sonnerup, R.E., 2002. Anthropogenic chlorofluorocarbons in the Black Sea and Sea of Marmara Deep-Sea Research, Part I: Oceanographic Research Papers 49, 895-913.
- Lobban, C.S., Harrison, P.J., 1997. *Saeweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, 366p.
- Luoma, Samuel N., 1990. Processes affecting metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments. *Crc Press*, Boca Raton, Fl(Usa) 51-66.
- MacDonald, D.D., C.G. Ingersoll and T.A. Berger, 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental and Contamination Toxicology*, 39: 20-31.
- Magni, P., Micheletti, S., Casu, D., Floris, A., Giordani, G., Petrov, A.N., Falco, G.D. and Castelli, A., 2005. Relationships Between Chemical Characteristics of Sediments and Macrofaunal Communities in the Cabras Lagoon (Western Mediterranean, Italy), *Hydrobiologia*, 550, 105-119.
- Manning, P.G. 1987. Phosphate Ion Interactions at te Sediment-Water Interface in Lake Ontario: Relationship to Sediment Adsorption Capacities. *Can. J. Fish. Aquat. Sxi.*, Vol. 44.

- Martin J. M., and Meybeck M., 1979. Elemental mass balance of materials carried by major world rivers, *Mar Chem*, 7, pp. 173-206.
- Mathews, L. And Chandramohanakumar, N. 2003. The ratios of carbon, nitrogen and phosphorus in a wetland coastal ecosystem of Southern India. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 88(2): 179-186.
- Montigny, C.D., Prairie, Y.T., 1993. The Relative Importance of Biological and Chemical Processes in the Release of Phosphorus from a Highly Organic Sediment, *Hydrobiologia*, 253, 141-150.
- Morillo, J., Usero, J., and Gracia, I. 2004. Heavy Metal Distribution İn Marine Sediments From The Southwest Coast Of Spain. *Chemosphere* 55 431-442.
- Muller G., 1979. "Heavy metals in the sediment of the Rhine-Changes seity," *Umsch. Wiss. Tech.* 79, pp. 778-783.
- Neff, J. M., 2002. Bioaccumulation in Marine Organisms: Effect of Contaminants from Oil Well Produced Water. Battelle, Coastal Resources and Environmental Management, Duxbury, Massachusetts 02332, USA. Elsevier Ltd. 452p.
- Olgunoğlu, M. P., 2008. İskenderun Körfezi Kıyısındaki Bazı Makroalg Türleri ve Çökeline Ağır Metal Birikimlerinin Mevsimsel Değişimi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Adana.
- Öztürk, S., 2001. Balast Suları İle Taşınan İstenmeyen Sucul Organizmaların Kontrolü. T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı.
- Salomons, W. and Förstner U, 1980. Trace metal analysis on polluted sediments: Part I: Assessment of sources and intensities *Environmental Technology*, 11 (1) 494-505.
- Schoemann, V., De Baar, H.J.W., de long, J.T.M., Lancelot, C., 1998. Effects of phytoplankton blooms on the cycling of manganese and iron in coastal waters. *Limnology and Oceanography* 43 (7), 1427-1441.
- Shrestha, M.K. and C.K. Lin, 1996. Determination of phosphorus saturation level in relation to clay content in formulated pond muds. *Aquacultural Engineering*, 15 (6):441-459.
- Singh, M., 2001. Heavy metal pollution in freshly deposited sediments of the Yamuna River (the Ganges river tributary): A case study from Delhi and Agra urban centres, India. *Environ. Geol.*, 40: 664-671.
- Sondergaard, M., Jensen, J.P. and Jeppesen, E. 2001. Retention and internal loadind of phosphorus in shallow, eutropic lakes. *The Scientific Word*, 1: 427-442.
- Sunlu, U., Egemen, Ö., Kaymakçı, A., 1998- Investigation of netcage aquaculture effects on water quality in Urla İskele (İzmir), XIV. National Biological Congress., Vol II., 116-125 p.

- Topçuoğlu, S., 2000. Black Sea ecology, pollution research in Turkey of the marine environment. IAEA Bulletin 42 (4), 12e14.
- Topçuoğlu, S. 2005. Denizel Biyota Örneklerinde Ağır Metal Kontaminasyonu. Deniz Kirliliği. 205- 225. Güven, K.C., Öztürk, B. (Editörler) TÜDAV Yayınları No: 21, 512 s., İstanbul.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, C. and Güngör, N. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish coast of the Black Sea, 1997-1998. Environmental International, 27: 521-526.
- Topçuoğlu, S., Ölmez, E., Kırbaşoğlu, C., Yılmaz, Y.Z. and Saygın, N. 2004. Heavy metal and radioactivity in biota and sediment samples collected from Ünye in the eastern Black Sea. Proceedings 37th CIESM (Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée) Congress. Barcelona, Spain, 250 pp.
- Tunçer, S. 1985. İzmir ve Çandarlı (Aliağa Limanı) Körfezlerinde Yaşayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki Ağır Metal Kirlenmesi ile İlgili Araştırmalar. Ege Üniversitesi Hidrobiyoloji ve Su ürünleri Araştırma Uygulama Merkezi, Doktora Tezi, 86s.
- Tuncer, G., Karakas, T., Balkas, T.I., Gökçay, C.F., Aygün, S., Yurteri, C., Tuncel, G., 1998. Land-based Sources of Pollution along the Black Sea Coast of Turkey: Concentrations and Annual Loads to the Black Sea. Marine Pollution Bulletin. 36: 409-423.
- Uslu, O. ve Türkman, A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C.Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitimi Dizisi 1, 364 s., İzmir.
- Veena, B., Radhakrishnan, C.K. and Chacko, J. 1997. Heavy metal induced biochemical effects in an estuarine teleost India. J. Mar. Sci., 26: 74-78.
- Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ., 2000. Van Gölünden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. Tubitak Turk J. Vet Animal Science 24 : 93-96
- Yemenicioğlu, S., 2000. Kuzeydoğu Akdeniz'de Ağır Metal Kirliliği. Tubitak Projesi. No: YDABÇAĞ-460/G, 42s.

EKLER

- EK 1 Trabzon Limanı I. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 2 Trabzon Limanı II. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 3 Trabzon Limanı III. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 4 Trabzon Limanı I. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 5 Trabzon Limanı II. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 6 Trabzon Limanı III. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 7 Trabzon Limanı I. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 8 Trabzon Limanı II. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 9 Trabzon Limanı III. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 10 Trabzon Limanı I. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 11 Trabzon Limanı II. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları
- EK 12 Trabzon Limanı III. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

EK 1 Trabzon Limanı I. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0.948	-0.725	0.822	0.961*	-0.524	0.914	0.191	0.990*	-0.038	0.926	-0.241	0.227	-
Mn	0.384	-0.827	0.335	0.234	0.622	-0.133	-0.647	0.187	0.168	-0.149	-0.978*	-	
As	-0.449	0.842	-0.229	-0.305	-0.674	0.068	0.484	-0.231	0.041	0.108	-		
Zn	0.837	-0.429	0.656	0.908	-0.732	0.993**	0.497	0.942	-0.188	-			
Cr	-0.267	0.006	0.536	-0.305	-0.218	-0.301	-0.803	-0.179	-				
Pb	0.968*	-0.706	0.732	0.988*	-0.496	0.946	0.309	-					
Cd	0.239	0.273	-0.324	0.359	-0.379	0.563	-						
Cu	0.861	-0.446	0.584	0.930	-0.666	-							
Fe	-0.263	-0.177	-0.524	-0.386	-								
TOC	0.987*	-0.737	0.641	-									
TN	0.659	-0.643	-										
TP	-0.833	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

**Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 2 Trabzon Limanı II. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	<i>OM</i>	<i>TP</i>	<i>TN</i>	<i>TOC</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>
Ni	0,277	-0,384	-0,120	0,099	0,500	0,243	0,245	1,000**	0,567	0,110	0,176	-0,903	-
Mn	-0,029	0,122	0,275	0,218	-0,173	0,196	-0,132	-0,903	-0,164	-0,092	-0,461	-	
As	0,247	0,824	-0,923	-0,009	0,032	-0,708	0,552	0,176	-0,576	0,692	-		
Zn	0,847	0,707	-0,915	0,711	0,640	-0,061	0,972*	0,110	-0,078	-			
Cr	0,446	-0,757	0,387	0,527	0,716	0,934	0,158	0,567	-				
Pb	0,277	-0,384	-0,120	0,099	0,500	0,243	0,245	-					
Cd	0,943	0,522	-0,816	0,827	0,802	0,157	-						
Cu	0,477	-0,676	0,440	0,641	0,683	-							
Fe	0,939	-0,087	-0,339	0,911	-								
TOC	0,957*	0,118	-0,368	-									
TN	-0,577	-0,853	-										
TP	0,246	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 3 Trabzon Limanı III. İstasyonunda ilkbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	-0,453	0,440	0,222	0,535	-0,215	0,707	0,036	0,239	0,914	-0,562	0,536	-0,436	-
Mn	0,969*	0,346	-0,112	0,477	0,675	0,068	-0,477	-0,445	-0,743	0,304	-0,991**	-	
As	-0,977*	-0,227	0,192	-0,396	-0,703	0,062	0,503	0,393	0,804	-0,406	-		
Zn	0,502	-0,761	-0,930	0,000	0,768	-0,841	-0,761	0,578	-0,429	-			
Cr	-0,694	0,084	0,080	0,227	-0,347	0,410	0,115	0,483	-				
Pb	0,968*	-0,706	0,732	0,988*	-0,496	0,946	0,309	-					
Cd	-0,671	0,284	0,853	-0,645	-0,967*	0,302	-						
Cu	-0,082	0,943	0,707	0,535	-0,302	-							
Fe	0,833	-0,201	-0,773	0,615	-								
TOC	0,529	0,504	-0,189	-									
TN	-0,350	0,741	-										
TP	0,164	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 4 Trabzon Limanı I. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,943	0,698	-0,442	-0,595	-0,611	-0,265	0,895	-0,720	-0,286	-0,954*	-0,591	-0,291	-
Mn	-0,593	-0,691	-0,606	-0,439	-0,575	-0,232	-0,011	0,795	-0,832	0,093	0,856	-	
As	-0,800	-0,965*	-0,461	-0,287	-0,231	-0,414	-0,479	0,741	-0,538	0,512	-		
Zn	-0,838	-0,683	0,463	0,580	0,716	0,107	-0,987*	0,494	0,442	-			
Cr	0,050	0,321	0,890	0,813	0,933	0,444	-0,481	-0,359	-				
Pb	-0,879	-0,651	0,000	0,196	-0,016	0,290	-0,366	-					
Cd	0,761	0,674	-0,426	-0,522	-0,722	0,008	-						
Cu	-0,131	0,436	0,787	0,807	0,490	-							
Fe	-0,313	0,016	0,912	0,907	-								
TOC	-0,342	0,155	0,980*	-									
TN	-0,155	0,316	-										
TP	0,834	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 5 Trabzon Limanı II. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,268	-0,946	-0,507	-0,293	-0,452	0,430	0,293	0,507	0,112	0,267	0,202	0,924	-
Mn	0,595	-0,844	-0,191	-0,181	-0,076	0,583	0,636	0,798	0,215	0,611	0,542	-	
As	0,789	-0,218	0,717	-0,138	0,717	0,293	0,966*	0,877	0,595	0,984*	-		
Zn	0,884	-0,225	0,625	0,004	0,719	0,460	0,997**	0,943	0,452	-			
Cr	-0,018	-0,381	0,598	-0,845	0,160	-0,534	0,383	0,243	-				
Pb	0,937	-0,391	0,333	0,115	0,540	0,686	0,962*	-					
Cd	0,917	-0,225	0,577	0,067	0,713	0,530	-						
Cu	0,804	-0,130	-0,223	0,694	0,277	-							
Fe	0,702	0,514	0,850	0,389	-								
TOC	0,437	0,586	-0,115	-									
TN	0,367	0,391	-										
TP	-0,080	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 6 Trabzon Limanı III. İstasyonunda yaz mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,540	-0,501	-0,181	-0,793	-0,380	-0,792	-0,592	-0,308	0,816	0,927	-0,395	-0,922**	-
Mn	-0,438	0,491	0,273	0,822	0,270	0,864	0,514	0,183	-0,884	-0,968*	0,468	-	
As	0,499	-0,437	-0,009	0,097	-0,629	0,687	0,305	-0,466	-0,644	-0,598	-		
Zn	0,213	-0,435	-0,421	-0,832	-0,035	-0,963*	-0,345	0,072	0,973*	-			
Cr	0,018	-0,406	-0,569	-0,823	0,157	-0,998**	-0,141	0,269	-				
Pb	-0,894	0,232	-0,575	0,000	0,920	-0,337	0,697	-					
Cd	-0,522	-0,174	-0,683	0,000	0,456	0,135	-						
Cu	0,038	0,352	0,556	0,788	-0,213	-							
Fe	-0,984*	0,585	-0,217	0,293	-								
TOC	-0,426	0,853	0,717	-									
TN	0,153	0,663	-										
TP	-0,636	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 7 Trabzon Limanı I. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,165	0,076	0,579	-0,933	0,480	0,009	0,444	-0,818	0,673	-0,765	-0,146	0,080	-
Mn	-0,033	0,394	0,039	0,283	0,531	0,526	0,384	-0,373	0,026	-0,634	-0,997*	-	
As	-0,021	-0,435	-0,113	-0,220	-0,590	-0,485	-0,446	0,405	-0,039	0,668	-		
Zn	0,185	-0,016	-0,203	0,518	-0,442	-0,556	-0,302	0,944	-0,713	-			
Cr	-0,616	-0,639	-0,213	-0,664	-0,227	0,620	-0,322	-0,900	-				
Pb	0,356	0,263	-0,077	0,670	-0,195	-0,582	-0,071	-					
Cd	0,870	0,927	0,927	-0,258	0,984*	-0,513	-						
Cu	-0,860	-0,575	-0,691	0,150	-0,351	-							
Fe	0,771	0,894	0,865	-0,244	-								
TOC	-0,135	0,103	-0,513	-									
TN	0,899	0,789	-										
TP	0,899	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 8 Trabzon Limanı II. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,822	0,036	-0,222	-0,371	-0,796	0,531	0,195	-0,164	-0,162	0,315	-0,543	-0,055	-
Mn	0,416	0,967*	-0,738	-0,182	0,339	0,461	0,960*	0,838	0,200	-0,659	0,002	-	
As	-0,181	0,154	0,663	-0,553	-0,019	-0,882	-0,239	-0,381	-0,729	0,433	-		
Zn	0,194	-0,446	0,847	-0,619	-0,810	-0,631	-0,653	-0,957*	-0,850	-			
Cr	-0,367	-0,051	-0,710	0,899	0,697	0,677	0,277	0,701	-				
Pb	0,071	0,673	-0,919	0,376	0,658	0,688	0,843	-					
Cd	0,567	0,921	-0,853	-0,154	0,200	0,668	-						
Cu	0,433	0,330	-0,916	0,330	0,088	-							
Fe	-0,693	0,133	-0,375	0,714	-								
TOC	-0,700	-0,426	-0,329	-									
TN	-0,322	-0,589	-										
TP	0,557	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 9 Trabzon Limanı III. İstasyonunda sonbahar mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,522	0,174	-0,577	0,679	0,867	0,377	0,333	-0,999**	-0,728	0,910	0,345	0,032	-
Mn	-0,831	-0,095	0,643	-0,692	0,008	0,915	0,107	-0,035	-0,093	0,420	0,560	-	
As	-0,220	-0,740	-0,199	-0,286	-0,091	0,783	0,881	-0,375	-0,809	0,425	-		
Zn	0,131	0,253	-0,201	0,362	0,849	0,668	0,213	-0,906	-0,596	-			
Cr	-0,380	0,549	0,700	-0,330	-0,289	-0,477	-0,889	0,753	-				
Pb	-0,522	-0,137	0,592	-0,670	-0,848	-0,388	-0,368	-					
Cd	0,174	-0,870	-0,577	0,000	-0,181	0,405	-						
Cu	-0,552	-0,226	0,282	-0,424	0,207	-							
Fe	0,426	0,641	-0,275	0,687	-								
TOC	0,946	0,355	-0,784	-									
TN	-0,905	0,302	-										
TP	0,091	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 10 Trabzon Limanı I. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,198	0,565	-0,302	-0,476	0,776	0,698	0,863	0,476	0,659	0,855	-0,177	0,419	-
Mn	-0,698	-0,199	-0,983*	0,317	-0,118	0,859	0,031	-0,265	0,947	0,262	-0,966*	-	
As	0,837	0,331	0,972*	-0,514	0,365	-0,716	0,225	0,376	-0,835	-0,018	-		
Zn	0,500	0,192	-0,228	-0,808	0,918	0,709	0,954*	0,097	0,555	-			
Cr	-0,440	-0,074	-0,915	0,015	0,206	0,970*	0,348	-0,162	-				
Pb	0,196	0,995**	0,437	-0,037	0,333	-0,239	0,346	-					
Cd	0,649	0,426	0,034	-0,853	0,987*	0,498	-						
Cu	-0,233	-0,141	-0,848	-0,212	0,377	-							
Fe	0,761	0,404	0,171	-0,915	-								
TOC	-0,899	-0,091	-0,301	-									
TN	0,686	0,374	-										
TP	0,208	-											
OM	-												

Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

**Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 11 Trabzon Limanı II. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

8

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,108	-0,357	-0,694	-0,848	-0,495	-0,392	0,108	0,962*	0,470	-0,563	0,434	-0,628	-
Mn	0,706	-0,435	0,995**	0,896	0,869	-0,115	0,706	-0,392	-0,218	0,936	-0,002	-	
As	0,416	-0,125	-0,095	-0,414	-0,373	-0,992**	0,416	0,490	0,967*	-0,275	-		
Zn	0,673	-0,571	0,947	0,915	0,987*	0,152	0,673	-0,328	-0,498	-			
Cr	0,174	0,091	-0,300	-0,572	-0,592	-0,927	0,174	0,455	-				
Pb	0,374	-0,585	-0,470	-0,682	-0,267	-0,481	0,374	-					
Cd	1,000**	-0,870	0,637	0,365	0,646	-0,525	-						
Cu	-0,525	0,222	-0,020	0,315	0,251	-							
Fe	0,646	-0,623	0,884	0,877	-								
TOC	0,365	-0,191	0,937	-									
TN	0,637	-0,382	-										
TP	-0,870	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

EK 12 Trabzon Limanı III. İstasyonunda kış mevsiminde sedimentteki ağır metallerin ve sedimentin OM, TP, TN, TOC değerlerinin korelasyonları

	OM	TP	TN	TOC	Fe	Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	As	Mn	Ni
Ni	0,739	0,135	-0,135	-0,168	0,667	-0,092	0,174	0,960*	0,975*	0,189	-0,424	0,162	-
Mn	0,068	0,997**	-0,997**	-0,269	0,808	0,947	0,819	0,381	-0,021	-0,164	0,556	-	
As	-0,782	0,615	-0,615	-0,702	0,017	0,523	0,062	-0,368	-0,444	-0,828	-		
Zn	0,797	-0,238	0,238	0,935	0,208	-0,013	0,425	0,294	0,095	-			
Cr	0,642	-0,039	0,039	-0,243	0,491	-0,294	-0,050	0,873	-				
Pb	0,807	0,344	-0,344	-0,061	0,839	0,168	0,444	-					
Cd	0,471	0,775	-0,775	0,322	0,816	0,882	-						
Cu	0,018	0,936	-0,936	-0,027	0,677	-							
Fe	0,610	0,774	-0,774	-0,065	-								
TOC	0,531	-0,332	0,332	-									
TN	0,000	-1,000**	-										
TP	0,000	-											
OM	-												

* Korelasyon 0.05 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

** Korelasyon 0.01 seviyesine göre istatistik olarak önemlidir (çift yönlü).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Y. Koray KÜÇÜK

Doğum Yeri : Trabzon

Doğum Tarihi : 08/12/1982

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce (KPDS/78)

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Trabzon Lisesi (1997-2000)

Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Fakültesi (2006)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri A.B.D (Eylül 2010-Ağustos 2014)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Signature Seafoods Inc. Lucy Duck Container Ship Alaska/U.S.A (2004)

US Bullnosing and Marble Inc. Florida / U.S.A (2007-2008)

T.C Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı (2010-2012)

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (2012-Devam Ediyor)