

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÜNEYDOĞU KARADENİZ' DE (TRABZON) KARASAL KÖKENLİ AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL DAĞILIMI

DOKTORA TEZİ

Bal. Tek. Yük. Müh. Koray ÖZŞEKER

HAZİRAN 2012
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜNEYDOĞU KARADENİZ'DE (TRABZON) KARASAL KÖKENLİ AĞIR
METAL KİRLİLİĞİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL DAĞILIMI**

Bal. Tek. Yük. Müh. Koray ÖZŞEKER

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
'DOKTOR (BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ)'
Unvanı Verilmesi için Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.01.2012
Tezin Savunma Tarihi : 05.06.2012**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalında
Koray ÖZŞEKER tarafından hazırlanan

**GÜNEYDOĞU KARADENİZ' DE (TRABZON) KARASAL KÖKENLİ AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL DAĞILIMI**

Başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 17/01/2012 gün ve 1438 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER
Üye : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN
Üye : Prof. Dr. Muhammet BORAN
Üye : Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR


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

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Doğu Karadeniz (Trabzon) bölgesinde karasal kökenli doğal ve antropojenik ağır metal kirliliğinin çalışma alanında belirlenen bölgeler arasında farklılık gösterip göstermediği, doğal ve antropojenik ağır metal kirliliğinin boyutlarının belirlendiği, sediment, sediment gözenek suyu, deniz ve tatlı su kolonlarında yapılan ağır metal çalışmalarında bölgelerin zamansal ve alansal dağılımlarındaki farklılığın karşılaştırıldığı ayrıca çalışma alanlarında su kolonunun fizikokimyasal ve malzeme boyutlarının belirlendiği ve 2009'lu yılların başından itibaren iyi bir veri seti başlangıcı oluşturan bu araştırma, Karadeniz Teknik Üniversitesi araştırma gemileri R/V KTÜ Denar-1 ve Yakamoz ve Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi laboratuvar olanakları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Araştırmalarım süresince özverili şekilde desteğini esirgemeyen, yılgınlık hissettiğim zamanlarda beni cesaretlendirip güven veren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım doktora tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ'e, aynı şekilde değerli katkılarını aldığım tez jüri üyelerim, Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER, Prof. Dr. Cüneyt ŞEN, Prof. Dr. Muhammet BORAN'a ve Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR'e teşekkür ederim.

Gerek kaynak temininde, gerekse tezin yazımı süresince yardımlarını gördüğüm tüm hocalarım, arkadaşlarım ve babam Kemal ÖZŞEKER'e, deniz çalışmaları esnasında örnekleme kısmında bana büyük özveriyle yardımcı olan araştırma gemisi personellerine ayrıca Davut TURHAN, Mustafa KABA ve İbrahim YAZICIOĞLU' na ve çalışmalarında yardımlarını eksik etmeyen arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. İsmail ALTIN, Öğr. Gör. Sadi CILIZ, Öğr. Gör. İlknur YILDIZ ve Arş. Gör. Kenan GEDİK'e teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım boyunca bana sabır gösteren ve hiçbir zaman desteğini eksik etmeyen sevgili eşim Seval ÖZŞEKER'e ve tüm aile fertlerime minnettarım.

Koray ÖZŞEKER
Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum ‘Güneydoğu Karadeniz’de (Trabzon) Karasal Kökenli Ağır Metal Kirliliğinin Alansal ve Zamansal Dağılımı’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ’ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Koray ÖZŞEKER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı	3
1.2.1 Amaç	3
1.2.2. Kapsam.....	3
1.3. Çalışma Alanına ait Genel Özellikler.....	4
1.4. Kirleticilerin Çevresel Faktörlerle Etkileşimi	5
1.5. Karadeniz'in Genel Özellikleri	6
1.5.1. Genel Konum ve Coğrafi Özellikleri	6
1.5.2. Karadeniz'in Hidrokimyasal Özellikleri	7
1.5.3. Karadeniz'de Genel Sirkülasyon ve KitleseL Su Hareketleri	10
1.5.4. Karadeniz Sedimentleri	11
1.6. Sediment Analizlerine Dayalı Kirlilik Tespiti	14
1.7. Sediment Kaynakları	16
1.7.1. Litojenik (Karasal) Sediment	16
1.7.2. Biyojenik Sediment	18
1.7.3. Hidrojenik Sediment	18
1.7.4. Kozmik Sediment	19
1.7.5. Volkanik Sediment	19
1.8. Sedimentlerde Doğal ve Antropojenik Girdilerin Ayrımı.....	19

1.9.	Metaller	20
1.9.1.	Esansiyel Elementler ve Ağır Metaller	20
1.10.	Önceki Çalışmalar	24
2.	MATERYAL VE METOD	31
2.1.	Örnekleme Çalışmaları.....	31
2.1.1.	Örnekleme Sahası ve Dönemi	31
2.1.2.	Sediment Örnekleme.....	32
2.1.3.	Su Örnekleme.....	32
2.2.	Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar	33
2.2.1.	Araştırma Gemisi	33
2.2.2.	Çevresel Parametrelerin Ölçülmesi	33
2.2.2.1	Deniz ve Dere Suyu Çevresel Parametrelerinin Ölçülmesi	33
2.2.2.2.	Kullanılan Reaktifler	33
2.2.2.3.	ICP-MS Yöntemi ile Ağır Metal Değerlerinin Belirlenmesi	33
2.3.	Laboratuvar Çalışmaları	35
2.3.1.	Sediment Analizleri.....	35
2.3.1.1.	Sediment Boyut Analizi	35
2.3.1.2.	Gözenek Hacmi (Porozite) Hesaplanması.....	36
2.3.1.3.	Gözenek Suyu Analizi.....	37
2.3.1.4.	ICP-MS Yöntemi ile Yapılacak Analizler İçin Örnek Hazırlanması.....	37
2.3.2.	Su Analizleri.....	38
2.3.2.1.	Su Örneklerinde Çözünmüş Metal Analizi	38
2.3.2.2.	Su Örneklerinde Süspansiyon Olmuş Metal Analizi.....	38
2.4.	Kirlilik Yük İndeksleri	39
2.4.1.	Sediment Zenginleşme Faktörü	39
2.4.2.	Kirlilik Yük İndeksi	39
2.5.	İstatistik Uygulamalar	40
3.	BULGULAR	41
3.1.	Araştırma Bölgelerine Ait Oşinografik Özellikler	41
3.1.1.	Değirmendere Kıyusal Bölgesine Ait Oşinografik Özellikler	41
3.1.2.	Yanbolu Kıyusal Bölgesine Ait Oşinografik Özellikler	42
3.1.3.	Solaklı Kıyusal Bölgesine Ait Oşinografik Özellikler	43
3.2.	Sediment Örneklerinde Metal Konsantrasyonları	44

3.2.1.	Değirmendere Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları	44
3.2.2.	Yanbolu Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları	48
3.2.3.	Solaklı Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları	52
3.2.4.	Sediment Metal Konsantrasyonlarının Alansal Dağılımı.....	58
3.3.	Sediment Gözenek Sularında Metal Konsantrasyonları.....	61
3.3.1.	Değirmendere Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları	61
3.3.2.	Yanbolu Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları	65
3.3.3.	Değirmendere Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları	69
3.4.	Su Örneklerinin Metal İçeriği	74
3.4.1.	Su Örneklerinde Çözünmüş Metal Konsantrasyonları.....	74
3.4.2.	Su Örneklerinde Süspans Olmuş Metal Konsantrasyonları	78
3.4.2.1.	Değirmendere Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Süspans Olmuş Metal İçeriği	78
3.4.2.2.	Yanbolu Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Süspans Olmuş Metal İçeriği	83
3.4.2.3.	Solaklı Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Süspans Olmuş Metal İçeriği.....	87
3.5.	Sediment Kirlilik İndekslerinin Belirlenmesi	93
3.5.1.	Sediment Zenginleşme Faktörü	93
3.5.2.	Kirlilik Yük İndeksi	99
3.6.	Sediment Dane Boyu Dağılımının Belirlenmesi	101
3.7.	Sediment Gözenek Hacimlerinin Belirlenmesi	104
4.	TARTIŞMA	106
4.1.	Çalışma Alanına Ait Oşinografik Özellikler	106
4.2.	Element Bulgularının İrdelenmesi.....	108
5.	SONUÇLAR	114
6.	ÖNERİLER	117
7.	KAYNAKLAR.....	118
8.	EKLER	128

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

GÜNEYDOĞU KARADENİZ' DE (TRABZON) KARASAL KÖKENLİ AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL DAĞILIMI

Koray ÖZŞEKER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Müh. Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ
2012, 127 Sayfa, 9 Ek sayfa

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesi dağlarından doğarak, geçtikleri bölgelerden bünyesine aldığı doğal element ve bileşiklerle birlikte havzada mevcut ev ve sanayi tesislerinin atıklarını da taşıyarak, Trabzon kıyılarından Karadeniz'e boşaltan üç önemli akarsu olan Değirmendere, Yanbolu ve Solaklı akarsularının boşaldıkları kıyılarda doğal ve antropojenik ağır metal kirliliğinin zamansal ve alansal dağılım düzeyleri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, kirlilik etkeni olarak irdelenen Cu, Pb, Zn, Ni ve Co elementlerinin su, askıda katı madde ve sediment'te mevcudiyeti incelenmiştir. Çalışılan metaller, bölgeler bazında mukayese edildiklerinde, en yüksek metal değerlerinin Solaklı bölgesinde, en düşük metal değerlerinin ise Yanbolu bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Metal değerlerinin mevsimsel dağılımı irdelendiğinde ise en yüksek konsantrasyonların Sonbahar mevsiminde olduğu görülmüştür. Araştırılan bölgelerin sediment haricinde kirlilik yükünün beklenenden az olduğu ayrıca antropojenik etkinin ise doğal kaynaklı kirlilik yüküne göre daha düşük olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karadeniz, Sediment, Ağır metal, Kirlilik

PhD. Thesis

SUMMARY

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF HEAVY METAL POLLUTION ORIGINATED
WITH TERRESTRIAL IN THE SOUTHEAST BLACKSEA (TRABZON)

Koray ÖZŞEKER
Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Fisheries Technology Engineer Graduate Program
Supervisor: Assist. Prof. Coşkun ERÜZ
2012, 127 Pages, 9 Appendix Pages

In this study, temporal and spatial distributions of natural and anthropogenic heavy metal pollution levels are investigated in the coasts where Değirmendere, Yanbolu, and Solaklı rivers, originating from the mountains of the Eastern Black Sea region, collecting natural elements and compounds from regions on their flow routes, and also moving west of the existing home and industrial facilities in basin, disemboque. The presence of Cu, Pb, Zn, Ni, and Co elements, studied as a pollution effect, in water, suspended solid and sediment was investigated within the research. When studied metals were compared over regions, it is determined that the highest metal values were obtained from Solaklı region, and the lowest metal values were obtained from Yanbolu region. When the seasonal distribution of metal values was analyzed, the highest concentrations were obtained in autumn season. It was revealed that expected pollution load from studied regions was lower except for sediment and also anthropogenic impact was lower than pollution from natural sources.

Key Words: Karadeniz, Sediment, Heavy metal, Pollution

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Karadeniz'in genel coğrafik konumu 6
Şekil 2.	Karadeniz Bölgesi yüzey suyu tabakası genel sıcaklık dağılımı..... 8
Şekil 3.	Karadeniz Bölgesi yüzey suyu tabakası genel tuzluluk dağılımı 9
Şekil 4.	Karadeniz su bütçesi kutu modeli 10
Şekil 5.	Karadeniz'in genel akıntı sistemi 11
Şekil 6.	Araştırmanın yürütüldüğü çalışma sahası 31
Şekil 7.	Değirmendere açıklarında sıcaklık, tuzluluk ve pH'in mevsimsel ve derinlikle değişimi 41
Şekil 8.	Yanbolu açıklarında sıcaklık, tuzluluk ve pH'in mevsimsel ve derinlikle değişimi 42
Şekil 9.	Solaklı açıklarında sıcaklık, tuzluluk ve pH'in mevsimsel ve derinlikle değişimi 43
Şekil 10.	Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri..... 47
Şekil 11.	Değirmendere Dere Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri..... 47
Şekil 12.	Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri..... 51
Şekil 13.	Yanbolu Dere Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri..... 51
Şekil 14.	Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri..... 55
Şekil 15.	Solaklı Dere Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri..... 55
Şekil 16.	Cu ve Pb elementlerinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri..... 56
Şekil 17.	Zn ve Ni elementlerinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri..... 57
Şekil 18.	Co elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi 57
Şekil 19.	Ortalama Cu konsantrasyonunun alansal dağılımı..... 58
Şekil 20.	Ortalama Pb konsantrasyonunun alansal dağılımı 58
Şekil 21.	Ortalama Zn konsantrasyonunun alansal dağılımı 59

Şekil 22.	Ortalama Ni konsantrasyonunun alansal dağılımı	59
Şekil 23.	Ortalama Co konsantrasyonunun alansal dağılımı.....	59
Şekil 24.	Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri.....	63
Şekil 25.	Değirmendere Dere Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri.....	64
Şekil 26.	Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri.....	67
Şekil 27.	Yanbolu Dere Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri.....	68
Şekil 28.	Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri.....	71
Şekil 29.	Solaklı Dere Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri.....	72
Şekil 30.	Cu ve Pb elementlerinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri.....	73
Şekil 31.	Zn ve Ni elementlerinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri.....	73
Şekil 32.	Co elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi	74
Şekil 33.	Araştırma bölgelerine ait çözülmüş metal değerlerinin İlkbahar mevsiminde değişimi	75
Şekil 34.	Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri	82
Şekil 35.	Değirmendere Dere Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri	82
Şekil 36.	Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri	86
Şekil 37.	Yanbolu Dere Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri	86
Şekil 38.	Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri	90
Şekil 39.	Solaklı Dere Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri	90
Şekil 40.	Cu ve Pb elementlerinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri.....	91
Şekil 41.	Zn ve Ni elementlerinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri.....	92
Şekil 42.	Co elementlerinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi	92
Şekil 43.	Değirmendere Bölgesi'ne ait SZF değerlerinin mevsimsel değişimi.....	95

Şekil 44.	Yanbolu Bölgesi'ne ait SZF değerlerinin mevsimsel değişimi.....	97
Şekil 45.	Solaklı Bölgesi'ne ait SZF değerlerinin mevsimsel değişimi	99
Şekil 46.	Bölgelere ait KYİ değerlerinin mevsimsel değişimi	101
Şekil 47.	Değirmendere Bölgesi'ne ait gronülometri eğrisi	101
Şekil 48.	Değirmendere Bölgesi'ne ait malzemenin yüzdellik dağılımı	102
Şekil 49.	Yanbolu Bölgesi'ne ait gronülometri eğrisi	102
Şekil 50.	Yanbolu Bölgesi'ne ait malzemenin yüzdellik dağılımı	103
Şekil 51.	Solaklı Bölgesi'ne ait gronülometri eğrisi	103
Şekil 52.	Solaklı Bölgesi'ne ait malzemenin yüzdellik dağılımı.....	104

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.	Çalışma alanlarına ait akarsu havzalarının yağış alanları ve su potansiyeli..... 4
Tablo 2.	Karadeniz'e dökülen nehirlerin taşıdıkları sedimanter yükler 12
Tablo 3.	Dane boyutuna göre sedimentlerin sınıflandırılması..... 17
Tablo 4.	Deniz suyunda bazı metallerin konsantrasyonları 21
Tablo 5.	Yer kabuğu ve çökellerin metal konsantrasyonları 22
Tablo 6.	Metal konsantrasyonlarının deniz suyunda kirlilik kriterleri 23
Tablo 7.	Metal konsantrasyonlarının sedimentte kirlilik kriterleri 23
Tablo 8.	Trabzon ili akarsu havzalarının yağış alanları ve su potansiyeli..... 27
Tablo 9.	Çalışma bölgelerine ait koordinat ve derinlikler 32
Tablo 10.	Örnekleme dönemleri 32
Tablo 11.	Değirmendere kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi 45
Tablo 12.	Değirmendere Bölgesi'ne ait dere sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi 45
Tablo 13.	Değirmendere Kıyısal Bölgesi'nde sediment metal değerlerinin mevsimsel farklılığı 48
Tablo 14.	Yanbolu kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi 49
Tablo 15.	Yanbolu Bölgesi'ne ait dere sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi 50
Tablo 16.	Yanbolu Kıyısal Bölgesi'nde sediment metal değerlerinin mevsimsel farklılığı 52
Tablo 17.	Solaklı kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi..... 53
Tablo 18.	Solaklı Bölgesi'ne ait dere sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi 54
Tablo 19.	Solaklı Kıyısal bölgesi'nde sediment metal değerlerinin mevsimsel farklılığı 56
Tablo 20.	Değirmendere kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin değişimi 62
Tablo 21.	Değirmendere Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi 62
Tablo 22.	Değirmendere Kıyısal Bölgesi'nde sediment gözenek suyu metal değerlerinin mevsimsel farklılığı 64

Tablo 23.	Yanbolu kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin değişimi.....	66
Tablo 24.	Yanbolu Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi	66
Tablo 25.	Yanbolu Kıyısal Bölgesi'nde sediment gözenek suyu metal değerlerinin mevsimsel farklılığı	68
Tablo 26.	Solaklı kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin değişimi	70
Tablo 27.	Solaklı Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi	70
Tablo 28.	Solaklı Kıyısal Bölgesi'nde sediment gözenek suyu metal değerlerinin mevsimsel farklılığı	72
Tablo 29.	İlkbahar mevsiminde araştırma bölgelerine ait ortalama metal değerleri	77
Tablo 30.	Yaz, Sonbahar ve Kış mevsimlerinde araştırma bölgelerine ait çözünmüş metal konsantrasyonları	78
Tablo 31.	Değirmendere kıyılarında süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi	80
Tablo 32.	Değirmendere Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi.....	81
Tablo 33.	Değirmendere Kıyısal Bölgesi'nde su örneklerinde süspans olmuş metal değerlerinin mevsimsel farklılığı.....	83
Tablo 34.	Yanbolu kıyılarında süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi	84
Tablo 35.	Yanbolu Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi.....	85
Tablo 36.	Yanbolu Kıyısal Bölgesi'nde su örneklerinde süspans olmuş metal değerlerinin mevsimsel farklılığı.....	87
Tablo 37.	Solaklı kıyılarında süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi	88
Tablo 38.	Solaklı Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi.....	89
Tablo 39.	Solaklı Kıyısal Bölgesi'nde su örneklerinde süspans olmuş metal değerlerinin mevsimsel farklılığı.....	91
Tablo 40.	Değirmendere Bölgesi'ne ait ortalama SZF değerleri.....	94
Tablo 41.	Yanbolu Bölgesi'ne ait ortalama SZF değerleri.....	96
Tablo 42.	Solaklı Bölgesi'ne ait ortalama SZF değerleri	98
Tablo 43.	Araştırma Bölgeleri'ne ait KYİ değerlerinin mevsimsel değişimi.....	100
Tablo 44.	Araştırma Bölgeleri'ne ait sediment gözenek hacimleri	105
Ek Tablo 1.	Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	128

Ek Tablo 2. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	129
Ek Tablo 3. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	130
Ek Tablo 4. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	131
Ek Tablo 5. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	132
Ek Tablo 6. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	133
Ek Tablo 7. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	134
Ek Tablo 8. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	135
Ek Tablo 9. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	136

SEMBOLLER DİZİNİ

TU-BLACK SEA	: Karadeniz Bölgesi'nde Ekosistem Model Yönetimi
SÜMAE	: Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü
ASTM	: Amerika Malzeme ve Test Birimi
AKM	: Askıda Katı Madde
ICP	: Endüktif Eşleşmiş Plazma
MS	: Kütle Spektrometrisi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
MTA	: Maden Tetkik Arama
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
CMC	: Maksimum Konsantrasyon Kriteri
CCC	: Süregelen Konsantrasyon Kriteri
SZF	: Sediment Zengileşme Faktörü
KYİ	: Kirlilik Yük İndeksi
μ	: Mikron
μg	: Mikrogram
ppt	: Binde parça
ppm	: Milyonda parça
ppb	: Milyarda parça
mL	: Mililitre
$^{\circ}\text{C}$: Santigrad
‰	: Binde

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Karadeniz, nadir rastlanan hidrokimyasal, hidrografik, coğrafik, jeolojik özellikleri ve önemli miktarda insan kaynaklı etkilere maruz kalması nedeni ile dünyanın en ilgi çekici su kütlelerinden birisidir. Karadeniz de kentleşme tüm kıyı boyunca hızlı bir şekilde devam etmektedir. Bunun sonucunda yerleşim birimlerinin ürettiği evsel atıklar, çoğu kez hiçbir ön arıtma yapılmadan doğrudan denizlere ya da dere, nehir gibi akarsulara verilmekte ve dolaylı olarak denize ulaşmaktadır (Balkaş vd., 1990).

Doğrudan ve akarsular yoluyla denize ulaşan arıtılmamış evsel ve endüstriyel atıklar, şehirler ve tarım arazilerinden yüzey akışı ile taşınan kirleticiler, kıyılardaki yoğun yapılaşma ve denizcilik faaliyetlerinden kaynaklanan kirleticiler, Karadeniz'i kirleten başlıca kaynakları oluşturmaktadır.

Karadeniz'e birçok akarsudan önemli miktarda tatlı su girdisi olmaktadır. Bunlardan en büyükleri Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirleri olup, Karadeniz'e gelen tatlı suyun % 70'i bu akarsulardan sağlanmaktadır. Tuna nehri yılda ortalama 250 km³ suyu Karadeniz'e boşaltarak, denizin hidrografisi ve diğer özellikleri üzerinde önemli etki yapmaktadır. Türkiye, Gürcistan, Rusya Federasyonu, Ukrayna, Romanya ve Bulgaristan tarafından çevrilen Karadeniz son otuz yıl içerisinde yoğun şekilde antropojenik kirlenmeye maruz kalmıştır. Özellikle nehirler yoluyla taşınan kirleticiler Karadeniz ekosistemini önemli derecede olumsuz şekilde etkilemektedir (Topping ve Mee, 1999). Ayrıca Karadeniz'i çevreleyen ülkelerin, kıyı bölgelerinde yoğun bir yerleşim mevcuttur. Bu yerleşim alanlarının kanalizasyon suları çoğunlukla arıtılmadan denize boşaltılmaktadır. Buna ilaveten kıyı yerleşim birimlerinin katı atıkları da direkt olarak denize dökülmektedir (Polikarpov vd., 1991).

Denizel ortama rüzgâr, akarsu ve atmosfer yoluyla, endüstriyel, evsel atıklarla ve doğal karasal kaynaklardan giren metaller çözünmüş metaller, süspansiyonlu metaller, toplam metaller ve ekstrakte edilebilir metaller olmak üzere dört tip alt gruba ayrılırlar (Balci, 1991).

Karadeniz'de süspansiyonlu ve çözünmüş metal (Hg, Cd, Co, Cu ve Ni) konsantrasyonlarının Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirlerinin etkisi altında bulunan

bölgelerde Millero (1987) tarafından belirlenen limit değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yine aynı bölgede ölçülen metal değerlerinin, diğer denizlerle kıyaslandığında oldukça yüksek olduğu saptanmıştır (Balcı, 1991).

Karadeniz Bölgesi'nde bulunan endüstriyel tesislerden de Karadeniz'e önemli oranda kirletici deşarjı yapılmaktadır. Zonguldak bölgesinde kömür ocakları, Ereğli Demir-Çelik fabrikası ve Çatalağzı termik santrali endüstriyel atıkları da doğrudan Karadeniz'e deşarj edilmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Murgul Bakır İşletmeleri atıklarını Çoruh Nehri vasıtasıyla Karadeniz'e doğrudan boşaltmaktadır (Tuncel vd., 1993).

Denizler Jeolojik anlamda bir çökeltme ortamlarıdır ve gerek litolojik, gerekse antropojenik malzemelerle sürekli olarak doldurulmakta ve bir başka deyişle kirletilmektedir. Birçok organik kirleticiler, metal bileşikleri su kolonuna girmekte ve çökeltme sonrasında Sediment tabakasında birikmektedirler. Sedimentlerde biriken değişik kökene sahip bu kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerle çökeltme sonrası tekrar su kolonuna geçiş yapabilir. Böylece sedimentler sulu ortamlardaki çevre kirleticileri için bir kaynak özelliğindedirler (Förstner, 1989). Dolayısıyla su ortamlarında var olan kirliliğin belirlenmesinde sediment analizlerinin rolü büyüktür. Ayrıca yapılan çalışmalar sedimentlerin bir ortamdaki kirletici varlığını belirlemede indikatör olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Kirletici varlığını belirlemede kullanılan birçok biyoindikatör organizmaya oranla sedimentlerin özellikle metal radyonüklid soğurma kapasitesinin yüksek olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (DeValls vd., 1998; Soares vd., 1999). Metallerin sedimentte depolanmaları esnasında da bazı mikrobiyolojik diyajenez reaksiyonlarından (oksidasyon, redüksiyon) doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler. Bu reaksiyonlar sırasında katı sediment yüzeylerinden gözenek suyuna katılmalar veya gözenek suyundan çökelmeler gerçekleşir. Gözenek suyunda metaller konsantre hale geldiğinde genellikle iki yol izlenir. Ya doğrudan deniz suyuna metal difüzyonu olur, ya da metaller sediment ortamındaki inorganik veya organik bileşenlerle birlikte yerinde oluşan mineralleri oluştururlar (Engler vd., 1977; Förstner, 1989; Shaw vd., 1990; Chester, 1990).

Sonuç olarak, dip sedimentlerinin jeokimyası bu şekilde su kolonu kimyasını da etkiler ve dolayısıyla kirlenmiş sedimentlerde depolanan ağır metaller, sadece bentik canlılar için değil, üzerinde su kolonundaki canlı ortam için de bir toksik etki oluştururlar. Balık türlerinin insanlar tarafından besin olarak tüketilmesi ve balık yan ürünlerinin yemlerde sıkça kullanılması yoluyla sonuçta bu zararlı maddelerin besin zinciri yoluyla

insanlara ulaşması sebebiyle bu yönüyle ağır metal kirliliği insan sağlığı açısından son derece önemlidir (Ünsal vd., 2004). Bu nedenlerden dolayı metal kirliliğinin tespitinde sediment ile su kolonunun birlikte incelenmesi daha kesin sonuçlara ulaşılabilmesi açısından önem arz etmektedir.

1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı

1.2.1. Amaç

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz akarsularından farklı doğal ve antropojenik ağır metal kirliliğine maruz etki altında seçilen üç derenin (Değirmendere, Yanbolu, Solaklı) mansap kısımları ve boşaldıkları kıyısız bölgedeki su, sediment ve gözenek suyu baz alınarak mevcut doğal ve antropojenik ağır metal kirliliğinin alansal ve zamansal dağılımının oşinografik yapı göz önüne alınarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2.1. Kapsam

Doğu Karadeniz bölgesi dağlarından doğan ve vadilerden geçerek geçtikleri bölgede aşındırıldığı ya da çözürek bünyesine aldığı element ve bileşiklerle birlikte kendi havzasında mevcut ev ve sanayi tesislerinin atıklarını da taşıyarak Trabzon kıyılarından Karadeniz'e boşaltan üç önemli dere olan Değirmendere, Yanbolu ve Solaklı derelerinin kıyılarında, doğal ve antropojenik ağır metal kirliliğini oluşturup oluşturmadığı amacıyla çalışma gerçekleştirilmiştir. Akarsuların seçiminde evsel, endüstriyel ve doğal kirlleticiler açısından farklılık gösteren havzalar ve dereler göz önüne alınmıştır. Çalışma için seçilen derelerin deşarj edildiği Trabzon sahillerinde su, sediment ve askıda katı madde içerisinde mevcut ağır metallerin mevsimsel değişimi bu tez kapsamında değerlendirilmiştir. Ek olarak endüstriyel faaliyetlerde yaygın olarak kullanılan ve kirlilik tespit çalışmalarında ilk sıralarda gelen Cu, Pb, Zn, Ni ve Co elementleri ağır metal grubu içerisinde araştırılacak elementler olarak seçilmişlerdir (Anderson vd., 1996).

Çalışma kapsamında, seçilen Değirmendere (en yoğun antropojenik kirlilik etkisinde olan havza), Yanbolu (evsel ve endüstriyel kirliliğin en az olduğu havza), Solaklı (evsel kirliliğin etkisinde olan havza) derelerinin deşarj edildiği kıyısız bölgelerde olası ağır metallerin mevsimsel değişimi belirlenerek karasal kökenli doğal ve antropojenik kirlilik

durumu, sediment zenginleşme faktörü (SZF) ve kirlilik yük indeksi (KYİ) yöntemleri (Chakravarty ve Patgiri, 2009) uygulanarak belirlenmiştir.

1.3. Çalışma Alanına Ait Genel Özellikler

Trabzon iline ait üç önemli dere olan Değirmendere (en yoğun antropojenik kirlilik etkisinde olan havza), Yanbolu (evsel ve endüstriyel kirliliğin en az olduğu havza) ve Solaklı (evsel kirliliğin etkisinde olan havza) derelerinin Trabzon kıyılarına deşarj oldukları kıyı bölgeleri çalışma alanları olarak belirlenmiştir. Belirlenen derelerin genel özelliklerini irdelediğimizde en fazla yağış alanına sahip derenin Değirmendere deresi, en fazla debi ve yıllık verimin mevcut olduğu derenin ise Solaklı deresi olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma alanlarına ait akarsu havzalarının yağış alanları ve su potansiyeli (Haşimoğlu, 2010)

Akarsu adı	Toplam uzunluğu (km)	İl sınırları içindeki uzunluğu	Toplam yağış alanı	Ortalama yıllık akış	Ortalama yıllık debi	Ortalama yıllık verim
	(km)	(km)	(km ²)	(hm ³)	(m ³ /s)	(l/s/km ²)
Değirmendere deresi	60	60	1061	560	17,8	527,8
Yanbolu deresi	64,4	64,4	290	189	6	651,7
Solaklı deresi	63,6	63,6	760	605	19,2	796,1

Çalışılan bölgelerden Değirmendere de denizden itibaren Maçka İlçesi yönünde yoğun bir ulaşım faaliyeti mevcuttur. Gün geçtikçe çevresi sanayi tesisleri, yerleşim alanları ve taş ocakları gibi yapı ve iş alanlarıyla kuşatılan söz konusu vadi her gün biraz daha fazla kirliliğe maruz kalmaktadır (Aydın, 2003). Bunun yanı sıra vadide uzun yıllardır evsel atık sular herhangi bir işleme tabi tutulmadan akarsulara ya da araziye boşaltılmış, evsel katı atıklar da gelişigüzel bir şekilde dere yatağına atılmıştır. Bu durum sonucunda halen yer yer mevcut olan görüntü ve su kirliliği ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan uzun yıllardır Trabzon ilinin içme suyu ihtiyacının Değirmendere'den karşılanması bu havzayı Trabzon ili için daha da önemli kılmaktadır. Bölgede çok sayıda endüstriyel tesis mevcuttur. Bölgede yer alan endüstriyel tesislerden metal kirliliğine yol açanların türleri; kömür depolama, eleme ve paketleme tesisleri, taş kırma ve eleme tesisleri, hazır beton tesisleri, asfalt plenti tesisleri, döküm sanayi, taş ocakları, HES projeleri ve tesisleri,

akaryakıt istasyonları ve oto yıkama tesisleri, araç bakım ve onarım tesisleri, mermer işleme tesisleri, alabalık üretim tesisleri ve küçük sanayi tesisleridir.

Diğer bir çalışma alanı olarak seçilen Yanbolu bölgesi belirlenen diğer bölgeler içerisinde endüstriyel kirliliğin olmadığı evsel atıklarla en az kirlenen bölgedir. Yanbolu havzası çalışılan bölgeler arasında en fazla uzunluğa sahip olmasına rağmen yağış alanı ve debi olarak en düşük değerlere sahiptir (Haşimoğlu, 2010). Bölge maden yatakları bakımından diğer bölgelere göre daha fakirdir. Arsin Özlü ve Bardaklı bakır, çinko ve kurşun maden yatakları bölgenin önemli maden yataklarıdır (Altınbaş vd., 2010).

Solaklı ise Çaykara, Dernekpazarı ve Of ilçelerinin evsel atıklar ile kirletilen ve üzerinde aktif olarak çalışmaları devam eden Hidroelektrik Santrallerin mevcut olduğu havzadır. Bölge havza bazında irdelendiğinde diğer çalışma havzalarına göre ortalama yıllık yağış alanı ve debinin en yüksek olduğu havzadır (Haşimoğlu, 2010). Solaklı Deresi erozyona bağlı olarak denizel ortama yüksek miktarlarda karasal malzeme taşımaktadır. Yüksel (1995)' e göre Solaklı Deresi yılda yaklaşık 27000-43000 ton sediment taşımaktadır. Bu yüksek değerler, karasal sediment girdisinin bölgede yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir (Erüz vd., 1997). Ayrıca havza bakır, kurşun, çinko ve maden yatakları açısından oldukça zengindir (Altınbaş vd., 2010).

1.4. Kirleticilerin Çevresel Faktörlerle Etkileşimi

Deniz ekosistemine giren kirleticilerin etkileri, sıcaklık, çözünmüş oksijen, tuzluluk, alkanite gibi mevsimsel olarak değişen abiyotik ve etkilenen canlıların türü, hayat evresi, beslenme durumu gibi biyolojik faktörlere göre değişmektedir. Bu nedenle kirletici düzey ve dağılımlarının belirlendiği sucul ekosistemlerde ölçülen kirletici madde miktarları yanında, birincil parametrelerin de belirlenmesi gerekmektedir (Sprague, 1970).

Sıcaklık kirletici maddelerin etkisini değiştiren en önemli abiyotik faktördür. Mikroorganizmaların dağılımında ve çoğalmalarında sıcaklık önemli bir etmendir. Suyun sıcaklığının artması bir yandan mikroorganizma faaliyetlerinde artışa neden olurken öte yandan oksijenin sudaki doygunluk derecesini azaltır (Öner, 1987). Genel olarak balıklarda metal toksisitesinin mevsimsel olarak değiştiği ve yüksek toleransın daha çok kış aylarında görüldüğü bildirilmektedir (Lydy ve Wissing, 1988). Sıcaklığın metal toksisitesi üzerine etkisi genel olarak sıcaklığın metabolizmaya olan etkisinin sonucudur. Su sıcaklığının

artışı balıkta metabolizmanın hızlanmasına bu da metal birikimine ve zehirlenmeye neden olmaktadır (Witeska ve Jezierska, 2003).

Oksijen derişimi çok düşük olan suların zehirli maddeleri de ihtiva etmesi durumunda, deniz canlıları toksik olarak önemli derecede etkilenmektedir (Witeska ve Jezierska, 2003). Birçok metal, asidik ortamda, nötr ve alkali ortama göre daha fazla toksik etki göstermektedir. pH suda türleşmesini etkiler ve bundan dolayı metallerin çeşitli kimyasal formları farklı toksisiteye neden olur. Asidik sularda metal toksisitesinin artışı pH'nin neden olduğu metabolik bozuklukla ilgilidir (Horwitz vd., 1995).

Tuzlu sularda metalin sebep olduğu ozmotik bozukluk genellikle daha az şiddetlidir. Metal kirliliği bulunan ortamlarda balıklar hücreler arası yol üzerinden iyon kaybına daha az duyarlıdır (Witeska ve Jezierska, 2003).

1.5. Karadeniz'in Genel Özellikleri

1.5.1. Genel Konum ve Coğrafi Özellikler

Karadeniz, Avrupa ve Asya kıtaları arasında, $40^{\circ} 55'$ ve $46^{\circ} 32'$ kuzey enlemleriyle, $27^{\circ} 27'$ ve $41^{\circ} 42'$ doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 1).



Şekil 1. Karadeniz'in genel coğrafi konumu (URL-1, 2010)

Diğer denizlerle olan bağlantısını, güneyde İstanbul Boğazı gibi dar bir koridor vasıtasıyla (güneyde olan bağlantısı) Kuzey doğuda ise, Kerch boğazı yolu ile Azak deniziyle sağlar. Karadeniz'in yüzey alanı 423.000 km^2 'dir. Maksimum ve ortalama derinlikleri sırasıyla, 2200 ve 1240 m'dir (Kocataş, 2005). Kuzeybatı Karadeniz hariç sığ bölgeler dardır. Derinliği 200 m'yi geçmeyen bölgeler toplam alanın % 27'sini oluşturur ve daha çok kuzey-batı Karadeniz'de bulunur. Karadeniz'in toplam hacmi 537.000 km^3

tür. Doğu-batı yönünde, en uç noktalar arasındaki uzaklık 1149 km ve kuzey-güney yönünde ise 611 km' dir.

Karadeniz, Akdeniz ve Ege denizine göre az sayıda körfez ve koya sahip olması ve kuzey-batı kıyıları hariç dik yapılı sıra dağlarla çevrili kıyıları ile karakterize edilir.

Karadeniz maksimum derinliği 2200 m olan eliptik bir basendir. Karadeniz morfolojik olarak dört üniteye ayrılır; kıta sahanlığı, kıta yokuşu, kıta yamacı, ve deniz dibi düzlüğü. Kırım yarımadası batısında 190 km den daha geniş olan kıta sahanlığı, Türkiye kıyıları, doğu Rusya ve Kırım yarımadası güneyinde 20 km'den dardır. Kıta yokuşu denizaltı kanyonlarıyla bölünmüş dik yokuşlar olmak üzere iki türdür. Düzgün yokuşlar Kırım yarımadası batısı ve Azak denizinin güney batısındaki geniş kıta sahanlığı ile sınırlıdır. 1:40 ile 2:1000 eğimli kıta yamacında en belirgin depolama oluşu, deniz dibi düzlüğünü birbirinden farklı iki bölüme ayıran Tuna fanıdır. 1:1000 den daha az eğimli olan deniz dibi düzlüğü baseninin doğu kısmında daha iyi gelişmiştir (Erinç, 1984).

1.5.2. Karadeniz'in Hidrokimyasal Özellikleri

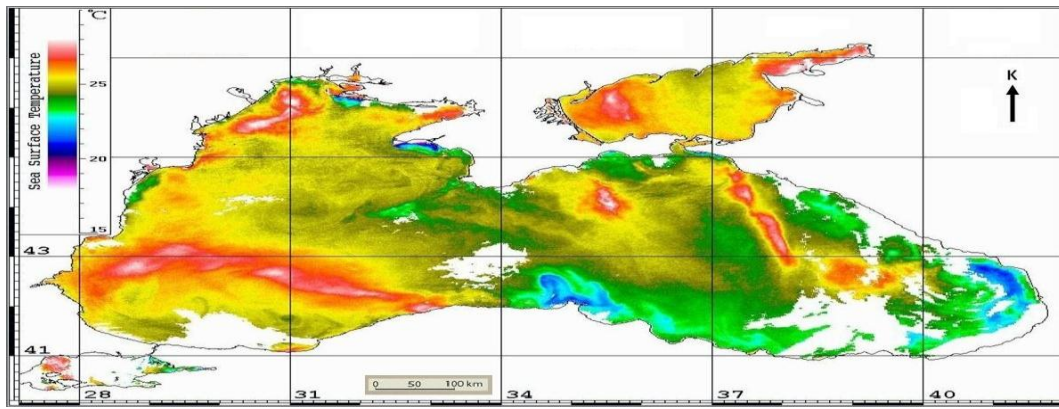
Karadeniz büyük nehir deşarjlarına karşın Akdeniz ile ancak Boğaz vasıtası ile su değişimi olan yarı kapalı bir denizdir. Karadeniz'in üst 200 m'lik bölümü farklı özellikler gösteren birkaç tabaka içermektedir. Bunlar: karışık tabaka, mevsimsel termoklin, soğuk ara tabaka ve sabit haloklin katmanlarıdır. Mevsimsel termoklinde düşey sıcaklık değişimleri 2-3 °C m⁻¹'ye erişebilmektedir. Bu katmanın derinliği 10-50 m arasında değişkendir. Deneysel veriler mevsimsel termoklinin (düşey karışıma de neden olan) güçlü rüzgarlar etkisinde sıklıkla bozulduğunu ve homojen yapıda düşey sıcaklık dağılımının oluştuğunu göstermiştir. Bu tür işlevler genellikle sonbahar döneminde aktif olmakta ve ısı ile tuzun düşey hareketine önemli katkıda bulunmaktadır (Sorokin, 2002).

Yüzey sıcaklığının 8-9 °C'den yüksek olduğu zamanlarda soğuk ara tabaka tüm Karadeniz genelinde görülebilir. 8 °C eş sıcaklık eğrisi bu tabakanın alt ve üst sınırlarını simgeler. Bu sınırlar yaklaşık 50-100 m derinliklerdir (Baykurt vd., 1982 ve Sorokin, 2002).

Karadeniz'in yüzey suyu sıcaklığı genellikle, kıyısal bölgelerin hava sıcaklıklarından biraz daha yüksektir. Karadeniz'in açık kesimlerinin yüzey suyu sıcaklıkları ise kıyım, kıyılarıdakinden daha yüksektir (Şekil 2). Buna karşın, yazın bu fark hemen hemen ortadan

kalkmaktadır. Kışın Karadeniz'in yüzey suyu sıcaklığı, kıyusal bölgelerde 5-8 °C arasında değişmekle birlikte, Güneydoğu Karadeniz'de 8 °C'nin üzerindedir.

Yaz aylarında Karadeniz'in yüzey suyu sıcaklığı ortalama 23 °C'dir. Fakat Kırım yarımadasının güneyi ve özellikle Güneydoğu Karadeniz'in bölümünde sıcaklık 25 °C'nin üzerine çıkabilmektedir. Güneydoğu Karadeniz'de mevsimsel termoklin üzerindeki tabakada sıcaklık, yazın ortalama 23 °C civarında olup 25 m derinliğe kadar uzanmaktadır. Bu tabakanın altında sıcaklık hızlı azalmakta ve 50-60 m civarında en düşük değerine, 7 °C de ulaşmaktadır (Sorokin, 2002).

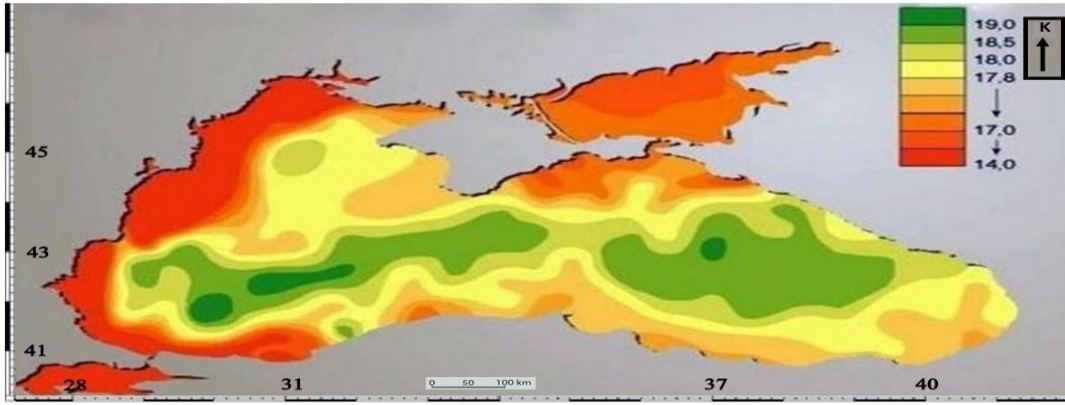


Şekil 2. Karadeniz Bölgesi yüzey suyu tabakası genel sıcaklık dağılımı (URL-1, 2010)

Kalınlığı yaklaşık olarak 15 m civarında olan bu soğuk geçiş tabakasında sonra, derinlere inildikçe sıcaklık çok yavaş artmakta ve 200 m civarında 8,7 °C ulaşmaktadır. Sıcaklık 1000 m derinlikte ise 9 °C ye ulaşmaktadır. Deniz tabanına yakın kısımlarda ise sıcaklık 9,1 °C ye çıkmaktadır (Oğuz vd., 1993; Oğuz vd., 1994).

Yaz aylarında Karadeniz'de yüzey suyu tuzluluğu ‰ 17,2-18,2 arasında değişmektedir (Şekil 3). Karadeniz'in dip sularında ise tuzluluk ‰ 22,0 civarındadır. Yüzey tuzluluğu kıyusal bölgelerde ve özellikle tatlı su boşalımının olduğu bölgelerde ortalamadan daha düşüktür. Akarsular etkisi özellikle Kuzeybatı bölümünde görülmektedir. Haloklin tabakası ortalama 100 m derinlikte yer almakta ve tuzluluk artışı 300 m'den dibe kadar sadece 0,3-0,6 ppt kadarlık bir artış göstermektedir. Genel yapı içerisinde 70-100 m'lerde bulunan sabit haloklin tabakası yüzey ve derin su kütleleri arasındaki sınırı oluşturur. Bu sınır mevsimsel değişmelerde pek etkilenmez. Sürekli haloklin, derinlerdeki su kütleleri ile yüzey sularının karışımını engellediğinden bu sınırın altındaki (180-200 m) sular anoksiktir. Dip suları Karadeniz' de 300 m'nin altındadır. Bu

katmanda sıcaklık ve tuzluluk son derece homojendir. Her iki parametre değerleri su derinliği ile doğru orantılı olarak artar. Çeşitli araştırma sonuçları sıcaklık ve tuzlulukta meydana gelen mevsimsel değişimlerin Karadeniz'in dip sularını etkilemediğini göstermiştir (Oğuz vd., 1991). Onlu yıllarla ifade edilen periyotlarda oksijensiz hale gelen diğer durgun basenlerden farklı olan Karadeniz, oksijensiz dip suyunun yaklaşık 2000 yıllık değişim süreciyle hemen hemen kararlı bir sisteme sahiptir (Murray ve İzdar, 1991; Mee, 1992).

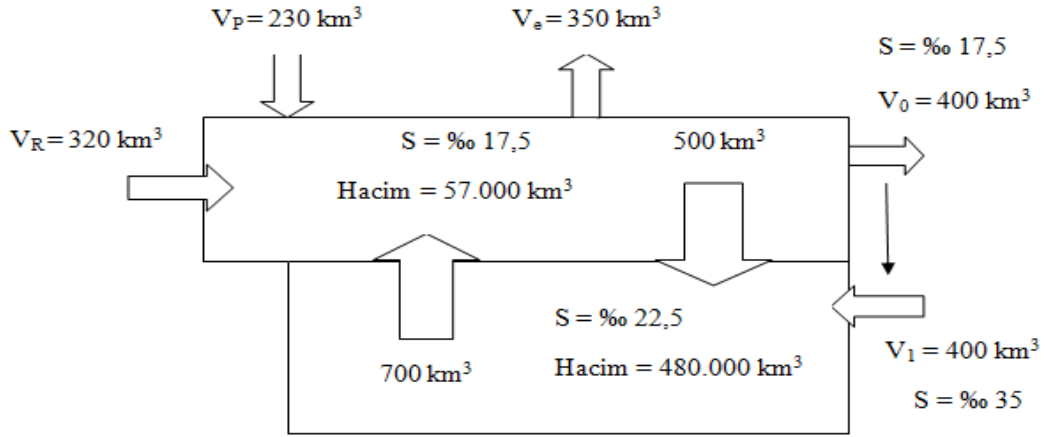


Şekil 3. Karadeniz Bölgesi yüzey suyu tabakası genel tuzluluk dağılımı (URL-1, 2010)

Karadeniz, Akdeniz'in aksine toplam tatlı su girdisinin buharlaşma kaybından fazla olduğu bir basendir. Boğazlar ve Karadeniz' de elde edilen bulgulara dayanarak, Karadeniz' in su ve tuz bütçesine ait güvenilir tahminler yapılmıştır. Karadeniz, su seviyesinin yakın jeolojik evrelerde yükselmesiyle, binlerce sene öncesindeki tatlı su gölü konumundan bu günkü özelliklere doğru bir evrim geçirmiştir (Oğuz vd., 1989; Oğuz vd., 1991).

Karadeniz havzası bol yağış alan bir havzadır. Yağış miktarı batıdan doğuya doğru artış gösterir ve 2500 mm'ye kadar ulaşır. Buna rağmen Karadeniz'in yarı kurak bir iklim kuşağında bulunması sonucu, buharlaşma miktarı (332-392 km³/yıl) yağış miktarından (225-300 km³/yıl) daha fazladır. Ancak, buharlaşmanın sebep olduğu kayıplar, net tatlı su girdisinden daha azdır. Kuzeye doğru rutubetli bölgedeki hareketlerden kaynaklanan akım, tatlı su iç akımına ve sonuç olarak yüzey deniz sularının seyrelmesine sebep olur. Yapılan gözlemlere dayanarak Fonselius (1974) tarafından Karadeniz su bütçesini hesaplamaya yarayan bir kutu modeli geliştirilmiştir (Şekil 4).

Bu modele göre Karadeniz çanağına nehirlerden (V_R) 320 km^3 , deniz yüzeyine düşen yağışlardan (V_P) 230 km^3 ve Boğaz alt akıntısı ile Akdeniz'den $\% 35$ tuzlulukta (V_1) 200 km^3 ve Boğaz'dan dışarı taşınan $\% 17,5$ tuzlulukta 400 km^3 (V_0) suyun 72 km^3 'ü alt akıntıya karışarak tekrar geri dönmektedir. Karadeniz'den çıkan su miktarları ise yüzeysel buharlaşma (V_e) ile 350 km^3 ve yukarıda sözü edilen Boğaz akıntısının götürdüğü 400 km^3 (V_0) miktarındaki sudur. Bu alış veriş Karadeniz'in tuz bütçesini de etkilemektedir. Üst 57.000 km^3 'lük yüzey tabakasından ortalama $\% 17,5$ tuzlulukta 500 km^3 su alt tabakaya ve 200 m 'nin altındaki 480.000 km^3 'lük $\% 22,5$ tuzlulukta su kütlelerinden ise 700 km^3 'lük bir su kütlesi üst tabakaya difüzyon yolu ile geçmektedir.



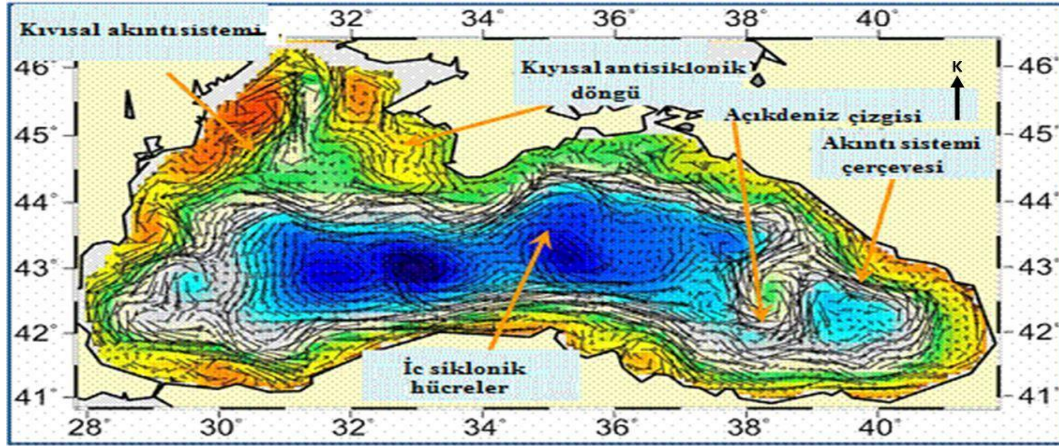
Şekil 4. Karadeniz su bütçesi kutu modeli (Fonselius, 1974)

1.5.3. Karadeniz'de Genel Sirkülasyon ve Kitlesel Su Hareketleri

Su dinamiği göz önüne alındığında, Karadeniz iki farklı bölge veya ortamdan oluşmaktadır. Bunlar derin su ortamı ve kuzeybatı Karadeniz'deki geniş şelf ortamı, 50 m 'den daha az derin olan şelf ortamında sirkülasyon derin su ortamındakinden tamamen farklıdır. Genel olarak su hareketlerine neden olan parametreler atmosferik etkiler, yoğunluk, sıcaklık, tuzluluk, akıntı, düşey hareket ve değişimler olarak tanımlanabilir.

Karadeniz'de su yoğunluğunun düşey dağılımı esas olarak tuzluluk etkisindedir. Yoğunluk değişimindeki mevsimsel farklılıklar derinliğe bağlı olarak değişmekte ve sıcaklığın mevsimsel değişiklikler nedeniyle yüzeyde maksimuma erişmektedir. Daha derinlerdeki soğuk ara katmana doğru yoğunluk farklılıkları azalır. Bu durumda soğuk ara

tabakanın üst katman ile sabit haloklini birbirinden ayıran dinamik olarak pasif bir ara tabaka olduğunu göstermektedir. Karadeniz sirkülasyonunu belirlemek amacıyla yoğunluk verileri sıklıkla kullanılmıştır. Genel sirkülasyon sikloniktir (Şekil 5). Ancak 300 m'nin altında derin deniz sirkülasyonu ile ilgili olarak kesin sonuçlara varılabilecek veriler henüz tam değildir (Oğuz vd., 2006).



Şekil 5. Karadeniz'in genel akıntı sistemi (Oğuz vd., 2006)

Karadeniz'de akıntılar iki etkene bağlı olarak değişim göstermektedir. Bunlar; kuzeybatıdaki nehir akışları ve rüzgarın etkisidir.

Nehir debilerindeki değişimler ve rüzgar dağılımlarındaki farklılıklar normal akıntıları büyük ölçüde etkiler, hatta bazı alanlarda yönlerini değiştirebilirler. Karların erimesi ve şiddetli yağmurlardan dolayı ilkbahar sonlarında kıyılardaki akıntı şiddeti artar. Akıntı üzerinde rüzgarın etkisi ile en çok yaz sonunda ve son bahar aylarında görülmektedir.

1.5.4. Karadeniz Sedimentleri

25000 yıl öncesinden günümüze kadar, Karadeniz'de üç ana sediment tabakası oluşmuştur. Son zamanlarda (0-3000 yıl) denizin dip bölgelerinde çok ince bir sediment tabakası karbonca zenginleşmiştir ve tabaka yaklaşık 30 cm civarındadır. Bu birinci tabaka olarak bilinir. Karadeniz'in ikinci eski sediment tabakası ise organik maddeler ile zenginleştirilmiş tabakadır ve bu tabaka 3000 ile 7000 yıl önce oluşmuştur. Üçüncü sediment tabakası ise karasal taşınımınla oluşmuştur. Bu taşınımın büyük bir kısmı

akarsular tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu oluşum 7000 ile 25000 yılları arasında meydana gelmiştir (Strakhov, 1947).

Balls (1987)' a göre Karadeniz' in drenaj alanı yaklaşık 1.864,000 km² dir ve nehirler yoluyla yılda 175 milyon tona yakın malzeme taşınmaktadır. Karadeniz' e dökülen nehirler içerisinde ekosistem üzerinde en fazla etki gösteren Tuna Nehri' dir (Tüfekçi, 1995). Drenajın % 15' i güneydeki göreceli olarak küçük fakat erozyon oranı yüksek, Kızılırmak, Yeşilirmak, Sakarya ve Filyos nehirlerinden gelir (Yücesoy ve Ergin, 1992). Nehir kaynaklı toplam yük ve sediment girdileri Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Karadeniz'e dökülen nehirlerin taşıdıkları sedimanter yükler (İzdar ve Ergin, 1987)

Nehirler	Katı Yük (10 ⁶ t/yıl)	Tuzlar (10 ⁶ t/yıl)	Top. Yük (10 ⁶ t/yıl)	Drenaj Alanı (km ²)	Toplam Ağırlık (t/km ² yıl)	Erozyon Hacmi (m ³)	Erozyon Oranı (mm/yıl)
Tuna	83,00	52,51	135,51	681,000	199,0	124,4	0,125
Dinyester	3,00	2,79	5,29	61,900	8,5	53,5	0,054
Y.Bug	0,53	1,35	1,88	34,000	55,4	34,6	0,035
Dinyeper	2,12	10,79	12,91	383,500	24,0	15,0	0,015
Don	6,40	8,43	14,83	446,000	33,2	20,8	0,021
Kuban	8,40	1,95	10,35	63,500	163,0	102,0	0,102
Kafkas Nehirleri	6,79	0,50	7,3	24,100	303,0	189,5	0,190
Rion	7,08	2,16	7,6	15,800	481,0	301,0	0,301
Çoruh	15,13	1,1	16,2	16,700	971,0	607,0	0,607
Türk Nehirleri	42,00	6,7	48,7	231,500	208,4	134,0	0,134
Bulgaristan Nehirleri	0,50	0,80	1,3	22,200	58,5	36,6	0,037
Toplam	174,95	89,08	261,87	1980,2	2505	1618,4	1,621

Karadeniz'in kıyı yakınındaki sedimentler yüzey ve kıyı akıntıları ile dalga etkisinden işlenmektedir. Derin kesimlerde sedimantasyon taban morfolojisi ve izole olmuş siklonik akıntı tarafından etkilenmektedir.

Tuna, Dinyeper gibi nehirlerden gelen büyük miktardaki materyal yüzeyde geniş sahanlık üzerinde depolanmakta, buna karşın kıta sahanlığının dar olduğu diğer bölgelerde kara kökenli malzeme derin basene hızla taşınarak türbitidleri oluşturmaktadır. Karadeniz'in doğu ve batı basenlerinden alınan sediment örneklerinin incelenmesi sonucu da şelf morfolojilerinde belirgin farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Batıdaki basende esas olarak ince taneli malzemelerden oluşan nispeten uniform sedimantasyon modeline karşın, doğudaki basendeki örneklerde siltli malzeme ve türbitidlerin bolluğu bu ortamda sedimantasyonun hayli değişken olduğunu göstermektedir (İzdar ve Ergin, 1987).

Karadeniz’de güncel sedimantasyon karbonat içeriği düşük olan kara kökenli materyal ile biyolojik kökenli karbonat (Coccolith) kontrolünde gelişmektedir. Doğu basenlerinin merkez sedimentlerinde kil ve karbonat içeriği hayli yüksektir. Biyojenik materyalin kil boyutlu kalsitten oluşması nedeniyle toplam karbonat içeriği Coccolith oranına bağlı olarak artmaktadır. Karadeniz’in dip sularında oksijensiz ortamda istiflenmiş bulunan ince taneli sedimentler içinde pirit kristallerinden oluşan katmanlar hayli yaygındır. Karadeniz derin su kolonunda Hidrojensülfür (H₂S) gazı haloklin tabakasında 0,09 cm³/L iken, 200 m derinlikte 0,47 cm³/L; 400 m de ise 2,35 cm³/L ve tabana 100 m yakın ortamda 6,6 cm³/L dir. Bu miktarlar, su sütununda da pirit oluşumu kolaylıkla açıklanmaktadır (İzdar ve Ergin, 1987).

Güncel jeolojik dönem olarak tanımlanabilecek son 500.000 yıl içinde ise Karadeniz tabanındaki istiflenmiş sedimentlerde yapılan çalışmalarda birikim hızı ortalama 10 cm/1000 yıl olarak hesaplanmıştır. Ancak tektonik hareketler, düşme ya da kayma sonucu oluşan kütle hareketleri bu oranları bölgesel olarak değiştirir (Konuk vd., 1991). Kuzey Karadeniz’ de 77 m derinlikte bu oran >14,6 cm/1000 yıl, Sinop sahilinde >14,3 cm/1000 yıl, Çoruh nehri açıklarında 70 m derinlikte >17,6 cm/1000 yıldır (Genov, 2001). Hay (1988)’ a göre ise sedimantasyon oranı kabaca 25-30 cm/1000 yıl olarak verilmiştir. Bu sedimentler içinde yalnızca doğal olarak nehir suları ile gelen çözülmüş yüklerin % 0,25’nin metal olması halinde bile yıllık metal birikiminin 218.700 tona ulaştığı, bazı sediment seviyelerinde ise bu miktarın 10 ile 100 katı arttığı bilinmektedir. Nitekim ortalama değer 500.000 yıl içindeki birikim miktarı 109.35x10⁶ ton metal eşdeğeri olarak hesaplanmış bulunmaktadır (İzdar ve Ergin, 1987).

Sedimentin hav (0-1 cm kalınlığındaki sediment tabakası) tabakası için litojenik madde 63 µ’ dan küçük parçacıklar için % 44 - % 49 ‘ dur. Bu tabakadaki materyalin % 30 kadarı alüvyon ve kilden büyük boyutludur. Birinci ünite sediment ise hav tabakasına zıt olarak, bol miktarda kum boyutlu biyojenik zooplankton dışkısı ve dışkı parçaları gibi, danelerden oluşur. Bu tabakanın üst kısmı opal silika ve litojenik madde miktarı bakımından, hav tabakasına göre biraz daha fakirdir (Ergül, 2004).

Karadeniz’ deki Holosen dönemine ait sediment tabakaları yıllık çift tabakalaşma gösterir. Çift tabakalaşma, açık ve koyu renkli katmanlardan oluşur. Açık renkli katmanın oluşumuna *Emiliana huxleyi* gibi kokolitlerin sayısındaki, mevsimsel artışa ve buna bağlı, karbonat artışı neden olur. Koyu renkli katman ise baskın olarak karasal silisiklastik materyalin etkisi ile oluşur (Hay, 1988).

Yücesoy ve Ergin (1992), Karadeniz'in Güney şeridi boyunca yaptıkları çalışmalarında, sedimenti oluşturan parçacıkların çamurdan kum taneciklerine değişen geniş bir yayılım gösterdiğini, değişik miktarlarda karasal ve biyojenik taneciklerin sediment örneklerinde var olduğunu belirlemişlerdir. Kızılırmak ve Yeşilirmak ağızlarında sedimentin göreceli olarak yüksek oranda çamurdan oluştuğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Sakarya nehri ağzında da sedimentin göreceli olarak çamurdan oluştuğu ve daha derin sularda çamur yüzdesinin öne çıktığı görülmüştür. Diğer taraftan İstanbul Boğaz'ı açıklarında ve Rize'nin doğusunda, kum ve daha kaba taneciklerden oluşan sedimentin asıl kaynağının, bölge topoğrafyasına bağlı yüksek enerji kondüsyonları nedeniyle, karalar olduğu belirlenmiştir (Yücesoy ve Ergin, 1992).

Farklı bir çalışmaya göre Güneydoğu Karadeniz'in Sürmene (Trabzon) yöresinde yapılan benzer dağılımlar gösteren inorganik sediment, toplam süspanse sedimentin önemli parçasıdır ve en önemli kaynağı yol yapım çalışmalarına bağlı erozyondur. Organik sediment yükü ise toplam sedimentten bağımsız olarak, bahar ve yaz mevsimlerinde en yüksek değerlerini almıştır. Yüksel (1995)' e göre bu bölgeden denize dökülen Solaklı Deresi yılda yaklaşık 27000 - 43000 ton sediment taşımaktadır. Algan vd., (1997)' e göre bölgedeki 8 nehrin taşıdığı yıllık sediment miktarı ortalama 53,3 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Bu yüksek değerler, karasal girdinin bölgede yüksek olduğunu göstermektedir (Erüz vd., 1997).

1.6. Sediment Analizlerine Dayalı Kirlilik Tespiti

Sucul ekosistemlerde sedimentlerin oluşumuna, karbon, hidrojen, azot ve fosfor gibi kırıltık elementler, organik materyal için önemli döngü işlemlerinin sürdüğü ortamda oluşan organik ve inorganik materyaller ve çökelen diğer maddeler katkı sağlar. Sucul ortamda Organik madde yıkımlarının büyük çoğunluğu sedimentlerde gerçekleşir. İnsan aktiviteleri sonucu oluşan kimyasalların çoğunluğu, organik yapılarda ve sedimentte birikim gösterir. Sonuçta bu maddeler sedimentte konsantre edilir. Sediment kontaminasyonu ekosistem üzerinde çok sayıda zarar verici etkilere neden olabilir. Bu etkilerin bazıları açık, bazıları ise bilinmeyen etkiler olabilir. Örneğin bentik omurgasız komüniteleri, sediment içerisinden tamamen kaybolabilir ya da kirliliğe karşı duyarlı toleransı yüksek türlere dönüşebilir. Bu toleranslı türler farklı özellikleri nedeniyle değişik maddeleri işler ve metabolik üretimleri farklıdır. Bu farklılıklar ekosistemin işleyişinde

farklılıkların ortaya çıkmasına sebep olur. Bu şekildeki bir değişimle ekosistemde herhangi bir biyolojik komünitenin eksikliğinin ortaya çıkması, doğrudan sistemin diğer bileşenlerini etkileyebilir. Örneğin bentik organizmalar önemli ölçüde değişikliğe uğramışsa ortaya çıkan azot eksikliğine bağlı olarak azot ihtiyacı duyan önemli fitoplankton türleri kaybolur ve bunların yerini azot bağlama kapasitesine sahip mavi-yeşil algler alır (Griffiths, 1983). Bu dönüşüm azot döngüsünün değişmesine neden olur. Mavi-yeşil alglerin, nörotoksin ve hepatoksin üretimi herbivor balıkları, büyük hayvan ve insanlar gibi sucul tüketicileri etkiler (Carmichael, 1981).

Sediment kontaminasyonundan kaynaklanan diğer etkiler, büyük göllerde gözlemlendiği gibi, doğrudan olabilir. Burada besin zincirinin üst basamağında yer alan avcı balıklar dip balıkları ve bentik omurgasızlarla beslendikleri için vücutlarına yüksek oranda zehir almış olabilirler. Çünkü buradaki balık ve omurgasızlar, PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) lar, PCB (Polychlorinated Biphenyl), civa ve pestisitler gibi kirleticilerle yüklü sedimentle ilişkilidirler ve aldıkları toksinleri, besin zinciri yoluyla, konsantre ederek bir üst basamaktaki canlıya aktarırlar (Ankley vd., 1991).

Bir kaynaktan gelen metabolik yan ürünler, çok yakındaki mikrobiyolojik bölge için enerji kaynağı olabilirler. Sedimentte yeterli konsantrasyonlar da üretilen iki yaygın yan ürün, amonyak ve hidrojen sülfittir. Her ikisi de oldukça toksiktir ve çok sayıda sucul mikroorganizma tarafından üretilir. Tatlı su kaynaklarının taşıdığı, şehir ve endüstri atıklarından kaynaklanan amonyak, deniz sedimentinde birikir ve sonuç olarak deniz ekosisteminde amonyak seviyesinin giderek artmasına yol açar. Sedimentteki çatlaklarda gerçekleşen kimyasal parçalanma işlemleri sediment sıcaklığına da bağlıdır ve oluşan partiküllerle çözülmüş organik ve inorganik bileşikler arasındaki etkileşim buralarda gerçekleşir (Burton vd., 2003).

Yüzey sedimentleri, normal şartlarda, bir milimetreden birkaç santimetreye ye değişebilen kalınlıklarda oksijenli bir tabakaya sahiptir. Bu tabaka çözülmüş ve oksijenli ortamdaki türler tarafından indirgenerek diğer anyon ve katyonlarla kompleks oluşturmuş demirli bileşikler gibi, indirgenmiş inorganik komplekslere, bir engel teşkil eder. Bentik makro omurgasızlar, sedimentin derinliklerine doğru açtıkları oyuklarla, buralarda oksijenli ortamlar meydana getirirler. Bu durum sediment yapısına karışan kontaminantların, sediment derinliklerine nüfuz etmesine neden olur (Burton vd., 2003).

Bütün bu faktörler sedimentleri ekosistemin fonksiyonlarına ilişkin belirleyici unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenlerle, sedimentlerde yapılacak analizler,

ekosistemin ve bağılı diğer organizmaların gelecekte karşılaşabilecekleri durumları ortaya koyabilmek için son derece değerlidir.

1.7. Sediment Kaynakları

Deniz sedimentinin oluşumunda genel olarak; karalardan akarsu ya da rüzgar etkisi ile taşınan materyal, biyolojik ya da insan kaynaklı (antropojenik) organik maddeler, sulardan kaynaklanan tuz ve diğer iyonlar volkanlardan kaynaklanan kül, sünger taşı gibi maddeler ve buzulların erimesiyle ortaya çıkan partiküller etkili olur. Sedimentin çoğu karalardaki kayaların parçalanmasından ya da kayaların aşınmasından kaynaklanır. Kopan partiküller akarsu, rüzgar ve dalga etkisiyle, deniz ve göl gibi büyük su kütlelerine taşınırlar. Buz kütlelerinin, suyun hareketi, sıcak soğuk değişiklikleri, kırılmalar, don olayları, sıkışmalar, termal genişlemeler, geniş bir alandaki organik aktiviteler ve benzeri olaylar sediment oluşumunu sağlayan diğer önemli unsurlardır. Bol yağmur yağışı ve benzeri diğer etkenlerle küçük parçalara ayrılan kayalar, suyla çözünebilir minerallere yıkılır ve suyla taşınır. Denizler, dalga hareketleri ve gelgit gibi olaylarla, karalar üzerinde etkili olur. Ufalan veya koparılan kara parçaları, kıta sahanlığında, kıta eğiminde veya deniz dibi düzlüklerinde birikir. Bir kısım sediment ise karalara geri taşınır ya da yer altı kaynaklarına aktarılır (URL-2, 2010).

1.7.1. Litojenik (Karasal) Sediment

En fazla bulunan sediment tipidir. Adından anlaşılacağı gibi bu tür sedimentler kendisini çevreleyen kıtalar ve adalarda görülür. Kayaların parçalanması ile oluşan kalıntılar ve volkanik aktiviteler sonucu oluşan kül, süngerimsi taş gibi unsurlar tarafından meydana getirilir. Taşınımları nehirler, buzullar, rüzgarlar yoluyla olur. Dalgalar ve akıntılar yardımıyla dağıtılırlar. Adlandırılmaları ve sınıflandırılmalarının dane boyutuna göre yapılmaktadır. Tablo 3’de Krumbein ve Sloss (1963) tarafından hazırlanmış ϕ skalasına göre sediment dane boyutlarının sınıflandırılması verilmiştir (URL-3, 2010).

Tablo 3. Dane boyuna göre sedimentlerin sınıflandırılması
(Krumbein ve Sloss, 1963)

Ø Skalası	Dane Boyutu (mm)	Adı
< -8	> 256	İri Blok
-6'dan -8'e	64 – 256	Blok
-5'den -6'ya	32 – 64	Çok kaba çakıl
-4'ten -5'e	16 – 32	Kaba çakıl
-3'den -4'e	8 – 16	Orta boy çakıl
-2'den -3'e	4 – 8	İnce çakıl
-1'den -2'ye	2 – 4	Çok ince çakıl
0'dan -1'e	1 – 2	Çok kaba kum
1'den 0'a	0.5 – 1	Kaba kum
2'den 1'e	0.25 – 0.5	Orta boy kum
3'den 2'ye	0.125 – 0.25	İnce kum
4'ten 3'e	0.063 – 0.125	Çok ince kum
8'den 4'e	0.004 – 0.063	Silt
> 8	0.001 – 0.004	Kil
	< 0.001	Kolloid

(Ø = -log₂)

Sedimentteki litojen bileşikler, bataklıklarda olduğu gibi organik bakımdan zengin, killi, kök parçalı, delta başlangıçlarında olduğu gibi ince parçalı kumlu alüvyonlu, küçük kabuklu, plajlarda olduğu gibi tabakalı kum şeklinde olabilir. Bütün deniz sedimentleri içerisinde, ince taneli litojenik sedimentler en fazla hacmi işgal eder ve bu durum büyük oranda kıta sınırları ile ilişkilidir.

Akıntı rejimleri ve dalgaların etkisi ile sedimentler taşınır ve uygun ortamlarda çökler ve birikirler. Bu işlem sırasında büyük boyutlu taneciklerin daha güçlü itilmeleri gerekir. Akıntı birden hızlanırsa, uygun boyutlu tanecikler hareket etmeye ve taşınmaya başlarlar. Büyük boyutlu parçalar yuvarlanarak ilerler. Akıntı aniden kesilirse, önce büyük boyutlu taneler, ardından ince tanecikler çökler. Dolayısıyla büyük boyutlu parçacıklar akarsu ağzları ve plajlar gibi ortamlara yerleşirken, küçük boyutlu parçacıklar, kıta sahanlığı ve kıta eğimine doğru taşınırlar (URL-1, 2010).

1.7.2. Biyojenik Sediment

Bu tip sedimentlerde denizlerde bol bulunan sedimentlerdendirler. Organizma kalıntılarındaki CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, opal gibi bileşiklerden oluşur. Pelajik canlıların artıkları, iskelet, kabuk gibi kalıntıları su içerisinde çöker. Çökeltiler, deniz tabanına ulaşır ve buralarda bentik organizmaların atık ve kalıntıları ile karışır. Dalgalar ve su içi akıntılar biyojenik partikülleri yönlendirebilir veya yerlerini değiştirebilir.

Biyojenik sedimentin adlandırılması, organizma tipi ve kimyasal kompozisyon temel alınarak yapılır. Mikroskobik bitkiler, diyatomlar, radiolaryalar, foraminiferler, diğer pteropodlar, mikroskobik kokolitoforlar, omurgalı ve omurgasız hayvanlar biyojenik sedimentin kaynağını oluşturan temel unsurlardır.

Bentik organizmalar, sahillerin düzlük kesimlerindeki sedimentin çok büyük bölümünü oluştururlar. Bütün süngerler, mercanlar, yosunlar, kafadan bacaklılar, gibi sabit yaşayan, yengeçler, deniz yıldızları, midyeler, karındanbacaklılar, salyangozlar, solucanlar gibi hareketli dip canlıları bentik organizmaları oluşturur. Bu canlılar, düşük enerjili, kumlu, sıkı ve yaşayan canlı izlerinin görüldüğü sedimenti oluşturular (Gerbersdorf vd., 2005).

1.7.3. Hidrojenik Sediment

Deniz suyundan ve sediment tabakasındaki çatlaklar arasına sızan sudan kaynaklanır. Adlandırılması kökenine ya da kimyasal kompozisyonuna göre yapılır. İskelet kökenli olmayan kalsit ve aragonit gibi karbonatlar, iskelet kökenli olmayan fosforitli kayalar gibi kalsiyum karbonatlar, potasyum, magnezyum ve demir iyonları içeren bir silikat olan glokonit, farklı konsantrasyonlarda magnezyum içeren, su içi buharlaşma, sıcaklık, tuzluluk gibi koşullara bağlı olarak oluşan bir kalsit olan dolomit, atmosfer kaynaklı volkanik materyalden, hidrotermal kaynaklardan, karalardan gelen çözülmüş demir ve manganın çökerek oluşturduğu mangan nodülleri, fosforitler ve kara kökenli olmayan kil unsurları hidrojenik sedimenti oluştururlar (Jacobi vd., 1998).

1.7.4. Kozmik Sediment

Bu sedimentler uzaydan gelen gök cisimlerinin parçalanarak partiküllerinin deniz tabanında birikmesi ile oluşurlar. En az görülen sediment çeşitidir. Diğer sediment tabakaları tarafından seyreltilir ve bir tabaka üzerinde milyonda bir kadar oluşabilirler. Bu sedimentin iki kaynağı vardır. Bunlar gezegenler arası tozların atmosfere inmesi ile gezegen ve yıldızların etkisi sonucu oluşmaktadır (Kaymakçı, 2001).

1.7.5. Volkanik Sediment

Çok büyük miktarlarda sediment materyali volkanlardan kaynaklanır. Özellikle okyanuslardaki aktif volkanlardan kül yığınları gelir. Süngerimsi partiküller rüzgar ve akıntılar etkisiyle taşınarak sedimentin yapısına katılır. Bu taşınım çok uzak mesafelere olabilir. Volkanik aktiviteler ayrıca, gazları ve hidrotermal çözeltileri de okyanusa yapısına ekler (Kaymakçı, 2001).

1.8. Sedimentlerde Doğal ve Antropojenik Girdilerin Ayrımı

Sedimentlerde doğal ve antropojenik girdileri ayırt edebilmek için kirletici fazı belirlemek, dane boyu düzeltmesi işlemine tabi tutmak ve baseline oluşturmak şeklinde üç farklı yöntem vardır.

Kirletici fazı belirlemek amacı ile yapılan kimyasal ekstraksiyon çalışmalarında, toplam metalin Sediment-su fazları arasındaki mobilitesine ve biyolojik olarak kullanılabilirliğine dayanarak potansiyel olarak reaksiyona girebilen miktarı tespit edilir (Luoma, 1990). Bu çalışmalarda doğal olmayan fraksiyonlardaki metal konsantrasyonları ile toplam metal konsantrasyonları arasında kurulan korelasyonlarda eğer eğri lineer değil de hiperbolikse antropojen kaynaklı metalin varlığını gösterir (Luoma, 1990).

Sedimentler arası ilişki kurabilmek için sedimentlerin dane boyu, mineral bileşimi ve kökeni arasındaki ayrılıkları ortadan kaldırmak gerekir. Bunun için farklı metotlar geliştirilmiştir (Förstner, 1989; Luoma, 1990). Bunlardan biri dane boyu ayrımı yapmak ve belirli bir dane boyunda çalışmaktır. Bunun için önerilen dane boyu 63 µm'den küçük silt+kil fraksiyonudur. Bu dane boyu süspansiyon olarak taşınabilir ve en önemli sediment taşınım şeklidir. İkinci yöntem, metal konsantrasyonları ile dane boyları arasında yapılan

regrasyonlarda eğriyi uzatmak suretiyle sedimentin belirli bir dane boyunun metal içeriğini tespit etmektir. Bu metot için çok sayıda örnek ile çalışmak gerekmektedir ve hassas değildir. Bir başka yöntem Al, Fe ve Li gibi konservatif elementlerle dane boyu düzeltmesi yapmaktır. Bu son metot dane boyu etkisini ortadan kaldırmada önerilen metottur (Loring, 1991; Loring ve Rantala, 1992). Jeokimyasal çalışmalarda sedimentin 63 µm'den küçük fraksiyonunun önerilmesinin nedeni, bu dane boyutundaki fraksiyonların metalleri daha yüksek konsantrasyonlarda ve homojen dağılımlar halinde içermesidir.

Baseline oluşturmada sedimentlerden alınan kor örneklerinin analizi ile derinlik profilleri oluşturma ve bu sedimentin yaşlandırılması en çok kullanılan yöntemdir (Bruland vd., 1974; Durham ve Joshi, 1984). Yaşlandırılan kor örneğinde incelenen metalin sabit kaldığı derinlik temel alınır. Bu değere göre diğer derinliklerde tespit edilen konsantrasyonlar karşılaştırılır. Anomalinin görüldüğü değer antropojenik girdileri işaret eder. Bu yöntemde erken diyajenez etkisi ile oluşabilecek metal zenginleşme ve azalmalarına dikkat etmek gerekir.

1.9. Metaller

1.9.1. Esansiyel Elementler ve Ağır Metaller

Ağır metaller için özelliklerine göre farklı tanımlar yapılmıştır. Ağır metaller fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak tanımlanabilirler. Atom numaraları demir elementinden büyük olan ve spesifik yoğunlukları 5 g/cm³'ün üzerinde olan kimyasal elementler ağır metaller olarak isimlendirilirler (Watts, 1997; Akinbiyi, 2000). Bu metaller periyodik tabloda IIA, IIIB, IVB, VB ve VIB grup metalleri oluşturmaktadırlar (Akinbiyi, 2000). Bir elementin metal olarak tanımlanabilmesi için; elektiriği iletmesi, termal iletkenliğinin yüksek olması, yoğunluğunun yüksek olması, genleşebilme ve uzama karakteristiğine sahip olması gerekmektedir (Watts, 1997).

Diğer bir tanıma göre ağır metaller, elementler tablosunda Cu ve Hg arasında yer alan atom ağırlıkları 63,546-200,590 arasında bulunan elementlerdir. Fakat bu tanım örneğin bizmutu (Bi) dışarıda bırakmaktadır. Tıpta kullanılan diğer bir tanımına göre, manganez, alüminyum ve berilyumda bu grubun içine dahil edilmektedir. Kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), nikel (Ni), cıva (Hg) ve çinko (Zn) başta olmak üzere 60' tan fazla metal bu guruba dahildir. Bunlar deniz suyunda

iz element (derişimleri 1 ppm'den az) olarak bulunurlar (Tablo 4). Ağır metaller doğada eser miktarlarda bulunmaları nedeniyle birçok kaynakta iz elementler olarak tanımlanmışlardır (Sawyer ve Mccarty, 1978) ve toksik etkileri nedeniyle çevresel önem taşımaktadırlar (Watts, 1997). İz elementlerin, özellikle ağır metallerin, ekolojik kaliteyi önemli ölçüde etkilemesi nedeniyle çevreyi kirleten ana kirleticilerden biri olduğu düşünülmektedir (Sastre vd., 2002). Bu elementler doğaları gereği yer kürede ayrı ayrı genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde kararlı bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar. Ag, Hg, Cd ve Pb gibi ağır metal özelliği taşıyan elementlerin konsantrasyonundaki artışlar canlı yaşamını tehlikeye atacak etkiler gösterebilir.

Tablo 4. Deniz suyunda bazı metallerin konsantrasyonları (ppb)
(Millero, 1987)

Metal	Yüzey Suyu	Dip Suyu
Cu	2	3,5
Pb	0,07	0,01
Cd	0,13	0,67
Zn	0,15	9,1
Ni	2,60	6,8
Co	0,09	<0,05
Fe	13,4	–
Mn	9,1	–
Fe	13,4	–
Cr	1,9	–
Hg	0,04	–

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (2004), her türlü üretim ve tüketim faaliyetleri sonunda, fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleriyle karıştıkları alıcı ortamların doğal bileşim ve özelliklerinin değişmesine yol açarak dolaylı veya doğrudan zararlara yol açabilen ve ortamın kullanım potansiyelini etkileyen katı, sıvı veya gaz halindeki maddeler atık olarak tanımlanmıştır. Ağır metaller ise elementsel kirleticiler içinde en zararlı kirleticiler olarak bilinirler (Manahan, 1994) ve büyük bir bölümü biyolojik ortamda birikme özelliği göstermektedirler (Samsunlu, 1999).

Tehlikeli Atıkların Kontrol Yönetmeliği'ne (2005) göre solunduğunda veya yenildiğinde ya da deriye nüfuz ettiğinde, sağlık yönünden ciddi, akut veya kronik risk oluşturan ve hatta ölüme neden olan maddeler, kansere yol açan veya etkisinin artmasına neden olan maddeler ve çevrenin bir veya daha fazla kesimi üzerinde ani veya gecikmeli zararlı etkiler gösteren veya gösterme riski taşıyan maddeler tehlikeli atık sınıfına

girmektedirler. Bu özelliklerle birlikte incelendiğinde ağır metaller tehlikeli atık sınıfında yer almaktadır. Çomakoğlu (1995) tehlikeli atık sınıfında toksik etki yaratan birincil kirleticilerin ağır metaller olduğunu belirtmiştir. Manahan (1994) kadmiyum (Cd), berilyum (Be), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), kurşun (Pb), mangan (Mn), cıva (Hg), çinko (Zn) gibi metalleri ağır metaller olarak sınıflandırmıştır. Çomakoğlu (1995) ve Woodard (2001) da kadmiyum (Cd), krom (Cr), cıva (Hg), gümüş (Ag), nikel (Ni) ve çinkoyu (Zn) gibi metalleri öncelikli kirleticiler olarak sınıflandırmışlardır.

Ağır metaller, su kaynaklarına, erozyon sonucu ağır metallerin nehirlerle denizlere taşınımı, deniz dibi volkanik faaliyetler sonucu, karasal volkanik faaliyetler, jeolojik ayrışma ve aşınma, madenlerin çıkarılması ve işlenmesi, endüstriyel kökenli atıklardan, evsel atıklar ve şehir sel suları ve tarım aktiviteleri sonucu oluşan metal girişleri şekillerinde taşınırlar (Özdemir, 2005). Turekian ve Wedepohl, (1961)'e göre metallerin yer kabuğu ve çökellerdeki doğal konsantrasyonları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Yer kabuğu ve çökellerin metal konsantrasyonları (ppm)
(Turekian ve Wedepohl, 1961)

Metal	Yerkabuğu	Çökel	Şeyl	Derin Deniz Kili	Sığ Su Çökeli	Nehir AKM
Cu	50	33	45	250	56	100
Pb	14	19	20	80	22	150
Cd	0,11	0,17	0,22	0,42	0	2,5
Zn	75	95	95	165	92	350
Ni	80	52	68	250	35	90
Co	20	14	19	74	13	20
Fe	4,1	4,1	4,7	6,5	6,5	4,8
Mn	950	770	850	6700	850	1050
Cr	100	72	90	90	60	100
Hg	0,05	0,19	0,18	0,08	0	0

Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Besin zincirine ulaşan ağır metaller kimyasal veya biyolojik olarak bünyeden atılamazlar ve birikirler.

Sonuç olarak canlı metabolizması için gerekli olsun ya da olmasın ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarının olumsuz yaşamsal etkiler gösterebileceği söylenebilir (URL-3, 2010). Bu sebepten dolayı ağır metallerin su ve sedimentteki konsantrasyonlarının kirlilik düzeylerinin etkisi belirli kriterlere dayandırılarak sınıflandırılmışlardır. Metal

konsantrasyonlarının deniz suyunda kirlilik düzeyleri US EPA (2010) ve Türkiye Çevre Kriterleri'ne (TÇK) göre Tablo 6' da ki gibi verilmiştir.

Tablo 6. Metal konsantrasyonlarının deniz suyunda kirlilik kriterleri (EPA, 2010)

EPA			Türkiye çevre kriterleri			
Element (ppb)	CMC	CCC	1.sınıf	2.sınıf	3.sınıf	4.sınıf
Cd	4,3	2,2	3	5	10	>10
Cr	16	11	20	50	200	>200
Cu	13	9	20	50	200	>200
Pb	65	2,5	10	20	50	>50
Zn	120	120	200	500	2000	>2000

CMC: Maksimum konsantrasyon kriteri CCC: Süregelen konsantrasyon kriteri

Metal konsantrasyonlarının sedimentteki kirlilik düzeyleri Tablo 7'de ki gibi verilmiştir (US EPA, 2010).

Tablo 7. Metal konsantrasyonlarının sedimentte kirlilik kriterleri (EPA, 2010)

Kirlilik seviyesi			
Element	Metal kirliliği yok	Orta derece metal kirliliği	Yoğun metal kirliliği
As	<3	3-8	>8
Cd	-	-	>6
Cr	<25	25-75	>75
Cu	<25	25-50	>50
Ni	<20	20-50	>50
Pb	<40	40-60	>60
Zn	<90	90-200	>200

Aynı zamanda metallerin uygun miktarları ile canlı yaşamındaki birçok metabolik işlemi mümkün kılarlar. Canlı yaşamı için gerekli bu elementler esansiyel olarak tanımlanmaktadır. Özellikle proteinlerin yapısına katılırlar ve enzimlerin aktifleşmesini sağlarlar (Vallee ve Wacker, 1970). Cu, Co, Ni, As ve Zn' un bazı etkileri, esansiyel elementlerin canlı yaşamlarındaki önemlerini vurgulamak amacıyla aşağıda özetlenmiştir:

Bakır; küçük ve basit yapıları için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda

anormallikler, kansızlık, kemik hataları ve sinir sisteminde bozukluklar tespit edilmiştir. İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan sınır değeri 2 mg.L⁻¹ dir. Endüstriyel kirletilmemiş bölgelerdeki deniz suyundaki bakır konsantrasyonu 0.15 µg.L⁻¹ ve tatlı suda ise 1-20 µg.L⁻¹ dir. Doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu suların dibinde çökeler ve doğal yer altı tatlı suların çökeleklerinde yaklaşık 16-5000 mg.kg⁻¹ (kuru ağırlık) arasında ve deniz sedimentinde ortalama 2-740 mg.kg⁻¹ (kuru ağırlık) bakır bulunur (URL-3, 2010).

Kobalt; günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eder. Kırmızı kan hücreleri üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir. Kobalt vücutta yapı taşı olarak bulunur ve anemiye engeller. Ayrıca B12 vitaminin yorgunluk, sindirim kolaylığı ve kas problemlerinin giderilmesinde faydası vardır (Mertz, 1987).

Nikel; bazı bitki türleri, örneğin baklagiller için yararlı bir elementtir. Belli bir doz aşımında (0,18-5 ppm) zehirleyici olmaktadır (Habashi, 1997). Hayvanlar için bilinen biyolojik fonksiyonu olmamasının yanı sıra, orta seviyede zehirleyici özelliği vardır.

Çinko; insanlar ve bitki formları ile hayvanlar için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da yıkımı gibi çeşitli metabolik işlemler için gereklidir. Alkol dehidrogenazı, karbonik anhidraz ve karboksipeptidaz gibi 70' den fazla metaloenzim fonksiyonu için koenzim bileşeni olarak gereklidir. Fizyolojik miktarlardaki Zn, Cd, Hg, Pb, Sn gibi ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi ve açık yerlerdeki uzuvlarda deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranış değişikliklerine yol açmaktadır (Habashi, 1997). Çinko kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur. 70 kg ağırlığında bir insanın kanında 2,3 gr çinko bulunmaktadır. Bu miktarın % 64'ü kaslarda ve % 28'i de kemiklerde bulunmaktadır (Küchler ve Verlag, 1986).

1.10. Önceki Çalışmalar

Karadeniz'de bulunan ince partikül tabakası (FPL), aerobic yüzey suları ve anaerobic dip suları arasındaki doğal kimyasal değişimlerin olduğu tabakada (chemocline) bir bütün haline gelmiş ayırt edici bir özelliktir. Bu bölgenin varlığı, ilk kez suboxic bölgede yüksek partikül içerisinde manganez konsantrasyonu ölçümleri yapan Spencer ve Brewer (1974)

tarafından sunulmuştur. Bu tabakanın kimyası, kıyasal sedimentlerle olan etkileşim, tane boyu dağılımı ve bu tabakanın içyapısı hakkında bilgiler açığa çıkmıştır. Başlangıç aşamasında yapılan örneklemelelere göre çok küçük kahverengi partikül maddelerin etkileşimi sonucu oluştuğu gibi olduğu ortaya konulmuştur.

Yücesoy ve Ergin (1992) tarafından yapılan araştırmanın sonuçlarına göre, sedimentler kayaların ortalama bileşimi ile Karadeniz sedimenti karşılaştırıldığında, genel olarak Fe, Co, ve Mn konsantrasyonlarının benzer olduğu görülür. Bununla birlikte Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb değerleri Güney Karadeniz sedimentlerinde, şeyl kayalardakinden ortalama olarak daha fazla bulunmuştur. Çalışma alanının doğu bölümünde Cr, Ni, Cu, ve daha düşük oranlarda Fe ve Mn diğer bölümlere oranla daha bol olduğu tespit edilmiştir.

Topcuoğlu vd. (1998) tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre, Sinop ve Kilyos kıyı sedimentlerinde Ce, La, Se, Cs, Co, ve Sb konsantrasyonlarında belirgin bir farklılık bulunmamıştır. Diğer taraftan As Kilyos kıyı sedimentlerinde yüksek, Cr ve Zn daha düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur.

Güven vd. (1997) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sinop ve Güneybatı Karadeniz sahilinde yer alan toplam dört istasyondan alınan yüzey sedimenti örnekleri incelenmiştir. Sb'un Şile'de, As'in Riva'da, Cr, Fe ve Zn'nun Sinop'ta yüksek olduğu bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, metal kirliliği Karadeniz'in Türkiye kıyılarında arttığı bildirilmiştir.

Algan vd. (1999) tarafından İstanbul'un etrafındaki, Marmara ve Karadeniz kıyı sularında yapılan çalışmada, 6'sı Karadeniz'in İstanbul Boğaz'ı giriş önlerindeki kıyı sularında olmak üzere, toplam 28 yüzey sediment örneği alınmış ve analizler sonucunda Cu, Pb ve Zn miktarlarında zamana bağlı bir azalma görülmezken, Fe ve Mn'in arttığı, Hg ve Ni'in azaldığı belirlenmiştir. İstanbul Boğazı'nın Marmara Denizi girişinde metal değerleri daha yüksek bulunmuş, bu durum kara kaynaklı kirletici girdisi ile ilişkilendirilmiştir.

Topcuoğlu vd. (2002) tarafından Güney Karadeniz kıyılarında yapılan çalışmada makro alg, balık ve yüzey sedimenti analiz sonuçlarına göre Karadeniz'in Türkiye kıyılarının ağır metal kirliliği ile yüz yüze olduğu belirtilmiştir.

Topcuoğlu vd. (2004) tarafından Rize ili Pazar ilçesinde gerçekleştirilen bir çalışmada, yüzey sedimentinde Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Fe, ve Mn konsantrasyonları, yüzey sedimentinde elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur.

Özşeker ve Erüz (2009) tarafından Trabzon kıyılarında yapılan bir çalışmada kıyusal deniz sedimentlerinde bakır elementinin dağılımı ve SZF değerleri belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında 56 istasyondan ve 0-100 m derinlik aralığında örnekleme yapılmıştır. Bakırın ortalama değeri 59,75 ppm ve SZF değeri ise 1,32 olarak bulunmuştur.

Özşeker ve Erüz (2011) tarafından Trabzon kıyılarında yapılan bir çalışmada ise Trabzon bölgesinin batı ve doğu bölgeleri ağır metal konsantrasyonu bakımından kıyaslanmıştır. Bu çalışma kapsamında batı bölgesi ve doğu bölgesinden 32 şer farklı istasyon olmak üzere toplam 64 istasyondan örnekleme yapılmıştır. Trabzon'un batısında çinko 81,37 ppm, bakır 62,33 ppm, nikel 57,10 ppm ve kurşun 25,66 ppm olarak bildirilmişken, doğu bölgesinde çinko 101,69 ppm, bakır 57,83 ppm, nikel 20,40 ppm ve kurşun 28,45 ppm olarak ve SZF değerlerinin ise $SZF > 1$ olduğu bildirilmiştir.

Avrupa birliği tarafından finanse edilen bir MOST projesi kapsamında Kilyos kıyılarında yapılan bir çalışmada kıyıda ve denizde çeşitli noktalardan sediment örnekleri toplanmış ve elek analizinden geçirilerek dane çaplarının derinliğe göre dağılımı incelenmiştir. Ortalama dane çapları genellikle 0,2-0,4 mm aralığındayken kumsal yüzünden alınan örneğin dane çapı 0,97 mm bulunmuştur. 2 m' ye ait örneğin ortalama çapı ise 0,3 mm olarak belirlenmiştir (URL-4, 2005).

Özşeker (2006) tarafından tane boyutu dağılımı üzerine yapılan bir araştırmada Trabzon bölgesinden 29 farklı istasyondan örnekleme yapılmıştır ve sediment boyut dağılımının % 14,6'nın ince çakıl, % 7,13'nün çok iri kum, % 4,88'nin iri kum, % 7,88'nin orta kum, % 6,62'nin ince kum, % 39,5'nin çok ince kum ve % 19,5'nin kilden oluştuğu ortaya konulmuştur.

Haşimoğlu (2010) tarafından D.S.İ. Genel Müdürlüğü Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı bünyesinde yürütülen çalışmalarda aylık olarak yapılan sediment boyut analiz çalışmalarında kil ve kum olmak üzere iki farklı sınıflandırma yapılmıştır. Sediment analiz raporlarına göre Değirmendere ve Yanbolu bölgesinin kum malzemesinden Solaklı deresinin ağırlıklı ise kil malzemesinden oluştuğu ortaya konulmuştur (Haşimoğlu, 2010).

Güney Doğu Karadeniz Bölgesi yüksek yağışa maruz kalan bir bölgedir. Bölgenin merkezinde bulunan Rize'ye yıllık 2300 mm/m² yağış düşmektedir. Bundan dolayı bölge topraklarının % 90 gibi çok yüksek kısmında toprak erozyonu meydana gelir. Karadeniz e taşınan karasal sedimentlerin % 25' i Güney Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan Kızılırmak, Yeşilirmak, Çoruh ve diğer küçük akarsularla taşınırlar. Bu nehirlerin yıllık su

debileri 31 milyar m³/yıldır (Haşimoğlu, 2010). Araştırmanın yürütüldüğü bölgeye boşalan bazı akarsuların yıllık debileri ise Tablo 8’ deki gibidir.

Tablo 8. Trabzon ili akarsu havzaların yağış alanları ve su potansiyeli (Haşimoğlu, 2010)

Akarsu adı	Toplam uzunluğu (km)	İl sınırları içindeki uzunluğu	Toplam yağış alanı	Yağış alanı	Ortalama yıllık akış	Ortalama yıllık debi	Ortalama yıllık verim
	(km)	(km)	(km ²)	(km ²)	(hm ³)	(m ³ /s)	(l/s/km ²)
Akhisar	29	29	135	135	88	2,8	651,9
Fol	42	42	200	200	130	4,1	650
Kirazlık (Çanakçı)	25	25	77	77	45	1,4	584,4
İskefiye	21	21	72	72	40	1,3	555,6
Söğütlü	44	44	265	265	112	3,6	422,6
Yıldızlı	28	28	126	126	71	2,3	563,5
Değirmendere	60	60	1061	1061	560	17,8	527,8
Şana	15,8	15,8	71	71	46	1,5	647,9
Yomra	27	27	105	105	68	2,2	647,6
Yanbolu	64,4	64,4	290	290	189	6	651,7
Karadere	63	63	735	735	434	13,8	590,5
Küçükdere	35	35	118	118	116	3,7	983,1
Sürmene	41,3	41,3	235	235	230	7,3	978,7
Solaklı	63,6	63,6	760	760	605	19,2	796,1
Baltacı	51	51	380	380	352	11,2	926,3
Diğer Küçük Dereler			680	680	400	12,7	588,2
Toplam			5310	5310	3486	6,9	672,9
Yer altı Suyu					130		
Toplam Su Potansiyeli			5310	5310	3616		

Araştırma sahasının merkezinde bulunan solaklı deresindeki kayıtlara göre yıllık toplam sediment taşınımı yaklaşık olarak 27,000 - 43,000 t/y dır (Yüksel, 1995). Karadeniz’in ana akıntı sistemi siklonik bir yapı göstermekte ve hakim akıntı yönü batı-doğu yönlüdür. Akıntı sistemine bağlı olarak karalardan taşınan terrijenik maddeler akarsu ağızlarından itibaren, akıntı şiddetine bağlı olarak kıyı boyunca yayılım göstererek çökeller (Şekil 5). Boyutları ve kütlelerine bağlı olarak dalga ve akıntılarla kıyılardan açığa doğru taşınarak çökler ve sediment tabakalaşmasına neden olurlar.

Son yıllarda Karadeniz ekosisteminde önemli değişikliklerin olduğu ve özellikle bölgenin kuzey- batı bölümünde yer alan geniş kıta sahanlığında büyük nehirler yoluyla ulaşan karasal kaynaklı kirleticilerin Karadeniz’in kirlenmesinde önemli rolü olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Mee, 1992; Topping ve Mee, 1999) .

Karadeniz’de mangan, demir, bakır ve çinko dağılımlarının oksijenli yüzey suları ile sülfür içeren derin sular arasında kalan bölgedeki redoks koşullarından belirgin bir şekilde etkilendiği saptanmıştır. Derin sularda bakır ve çinkonun çökme sonucu tükendiği

belirlenmiştir. Ayrıca derin sulardaki mangan ve demir konsantrasyonlarının ise yüzey sularındakine göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Oğuz vd., 1989).

Karadeniz'in dip sularında yapılan bir çalışmada iz element konsantrasyonları Cd; 6 ppb, Co; 0,2 ppb, Cu; 2 ppb ve Pb; 20 ppb olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada yüzey sularında yapılan ölçümlerde Cd; 78 ppb, Cu; 6,7 ppb, Ni; 9,4 ppb ve Pb; 52 ppb olarak saptanmıştır (Haraldson ve Westerlund, 1991).

Karadeniz'in kuzeybatı kesiminde yapılan çalışmalarda yüzey aktif madde miktarının 100 µg/L'nin üzerinde olduğu, bunun Tuna nehrinin boşaldığı bölgede 1200 µg/L'ye kadar yükseldiği saptanmıştır (Bronfman vd., 1992).

Kuzeybatı Karadeniz'de yapılan diğer bir çalışmada çözünmüş ve toplam metal değerleri belirlenmiştir. Çalışmada Mn; 0,038-0,527 ve 0,066-1,593 ppb, Fe; 0,044-0,184 ppm ve 0,128-0,413 ppb, çözünmüş Cu; 0,064-0,508 ppm ve çözünmüş Ni; 0,470-0,704 ppb olarak tespit edilmiştir (Tankere vd., 2001).

Karadeniz'in geçiş tabakasında (suboksik) yapılan bir çalışmada en yüksek çözünmüş demir ve 16,754 ppb ve mangan 439,504 ppb olarak tespit edilmiştir (Yemencioğlu vd., 2006).

Altaş ve Büyükgüngör (2007) deniz aktivitelerinin ağır metal kirliliği üzerine etkisini belirlemek için Sinop, Ordu, ve Samsunda kıyı ve açıkta belirlenen istasyonlarda yaptığı çalışmalarda Cd²⁺ ve Cu²⁺ değerlerinin genelde Pb²⁺ ve Zn²⁺ değerlerinin ise bazen, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'te verilen deniz suyu kalite kriterlerinden yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Lamborg vd. (2007) Batı Karadeniz'de cıva bileşiklerinin dağılımını inceledikleri çalışmada, kıyıda toplam Hg değerinin $0,321 \times 10^{-3}$ ile $2,086 \times 10^{-3}$ µ/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Çoban vd. (2009) tarafından Zonguldak kıyılarında yapılan bir çalışmada, deniz suyunda çözünmüş en yüksek metal konsantrasyonları Cd; 1,686 µ/L, Cr; 5,824 µ/L, Mn; 39,281 µ/L, Cu; 7,753 µ/L, Pb; 8,081 µ/L, Zn; 54,535 µ/L olarak saptanmıştır.

Rize sahillerinde yapılan başka bir çalışmada metal değerleri aylık olarak ölçülmüştür. En yüksek bakır değeri Şubat ayında 16 ppb ve kurşun ise 23 ppb olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada incelenen metallere çinko konsantrasyonunun yüzey su kolonunda 48-71 ppb olarak bildirilmiştir (Gedik, 2010).

Trabzon sahillerinde belirlenen 12 istasyon ve bu istasyonlara ait 3 farklı derinlikten alınan su örneklerinde yapılan ölçümlerde deniz suyunda fosfat, anyonik deterjan, fenol,

demir, bakır ve kurşun değerlerinin sırasıyla 0,01-0,77 mg/L, 0,001-0,153 mg/L, 0,001-0,018 mg/L, 0,001-0,070 mg/L, 0,1-7,6 µ/L ve 1,0-8,0 µ/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Deniz suyunda dağılımı incelenen bu maddelerin zamansal ve alansal dağılımlarında farklılıklar olduğu saptanmıştır. Ayrıca fosfat, anyonik deterjan, fenol, demir, bakır ve kurşunun deniz suyundaki derişimini karasal girdilerin önemli derecede etkilediği belirtilmiştir (Boran, 1995).

Güneydoğu Karadeniz'in Rize-Çayeli açıklarında 600 m'ye kadar derinlikte belirlenen 15 noktadan sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, yoğunluk, tuzluluk, alkanite, çözülmüş oksijen parametrelerinin farklı zamanlarda derinliğe ve zamana bağlı dikey olarak değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada çözülmüş demir, mangan ve arsenik miktarının oksijenli tabakada minimum, sülfürlü tabakada maksimum olduğu bildirilmiştir. Bakır, çinko, kadminyum, kurşun ve civanın oksijenli tabakada saçılmalar gösterdiği, sülfürlü tabakada ise kompleksler oluşturarak çözündükleri belirtilmiştir (Alemdağ, 1999).

Trabzon limanı ve çevresinde denizel ve karasal faaliyetlerden kaynaklanan kirletici dağılımlarının belirlenmesi için yapılan çalışmada, askıda katı madde 3,08-26,42 mg/L, deterjan 0,0072-0,148 mg/L, fenol 0,008-0,027 mg/L, yağ ve gres 0,073-0,367 mg/L arasında değişen değerlerde tespit edilmiştir (Çapkın, 2001).

Doğu Karadeniz Bölgesi, Rize Çayeli mevkiinde bulunan Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ş.'ne ait atık suyun derin deniz deşarj sistemiyle boşaltıldığı bölgede 7 farklı istasyon belirlenerek 5 farklı derinlikten alınan örneklerde ölçülen en yüksek As, Hg, Pb, Cd, Mn, Fe, Cu ve Zn değerlerinin sırasıyla 7,32 µ/L, 1,36 µ/L, 17,83 µ/L, 0,80 µ/L, 571,60 µ/L, 44,49 µ/L, 11,55 µ/L, 112,27 µ/L olduğu belirlenmiştir (Kayhan, 2008).

Su, askıda katı madde ve sedimentteki metal kirliliği ile ilgili farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda mevcuttur.

Korzeniweski ve Neugebauer (1991) Baltık Denizi'nin güney kısmında yer alan bölgelerde, deniz suyu, askıda katı madde ve sedimentte Cd, Cu, Pb, Hg ve Zn miktarlarını belirleyerek, Gdansk körfezinde Cu ve Zn'nin deniz suyunda fazla miktarda olduğunu tespit etmiştir.

Haritonidis ve Malea (1999) Eysel ve Endüstriyel atıklarla kirlenmiş Theremaikoz (Yunanistan) körfezinden alınan sediment ve deniz suyu örneklerinde Cd, Cu, Fe, Pb ve Zn konsantrasyonları belirlenmiş, sudaki ve sedimentteki ağır metal düzeylerinin Fe>Zn>Pb>Cu>Cd ve Pb>Fe>Zn>Cu>Cd şeklinde birikim gösterdiği tespit edilmiştir.

DelValls vd. (2002) İspanya'nın Cadiz körfezi sedimentlerinde toksisite testleri ve kimyasal analizlerle birlikte 14 tane ağır metalin konsantrasyonlarını araştırmış, sonuçta Pb ve Ag miktarlarının önemli değerde olduğunu ve sadece Cu konsantrasyonunun kış boyunca toksik, yaz boyunca toksik olmayarak mevsimsel farklılık gösterdiğini belirtmiştir.

Akçay vd. (2003) Gediz ve Büyük Menderes Nehir'lerinin sedimentlerinde aldıkları örneklerde Cu, Co, Cr, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonlarını araştırmış, Gediz Nehri'nin Pb, Cr, Mn ve Zn, Büyük Menderes Nehri'nin ise Co, Mn ve Zn açısından kirlilik gösterdiğini, her iki nehrin Cu ve Ni değerlerinin normal seviyelerde olduğunu tespit etmiştir. Çalışmalarda tespit edilen metal kirliliğinin nedenleri araştırıldığında kirleticilerin endüstriyel deşarj suları ve antropojenik kaynaklar olduğu belirlenmiştir.

Barlas (1997) Yukarı Sakarya Nehri Havzası'ndaki su ve sediment örneklerinde Pb, Cd, Cu, Co, Ni ve Mn elementleri analiz edilmiştir. Sedimentte Pb, Cd ve Co konsantrasyonları Ekim ve Ağustos'ta, suda ise Cd ve Co konsantrasyonları Ekim'de, Pb ve Cu konsantrasyonları ise Ağustos'ta yüksek tespit edilmiştir.

Özmen vd. (2004) Hazar Gölü yüzey suyu ve sedimentinde yaptıkları Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, Cr, Co ve Pb ağır metallerinin araştırmasında, Sediment ve sudaki ağır metal konsantrasyonlarının US EPA Gray, 1994 ve TSE-226, 1984 kirlilik limitlerini aşmadıkları saptanmış ve Hazar Gölü'nde genel olarak ağır metal kirliliği olmadığı belirtilmiştir.

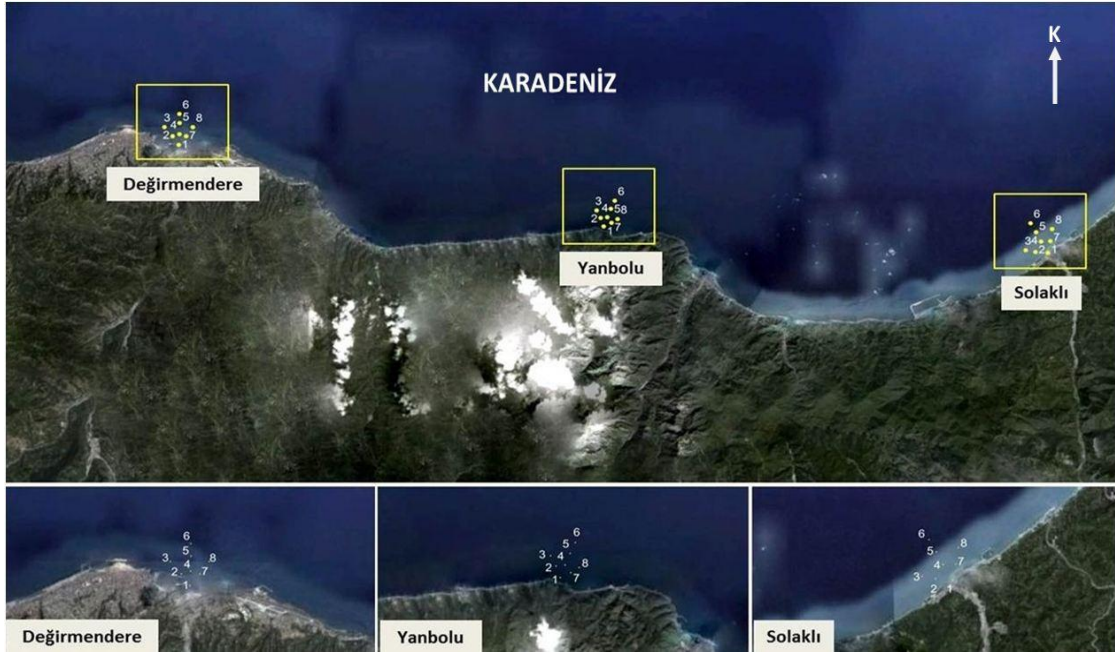
Dauvalter ve Rognerud (2001) Pasvik Nehri sedimentlerinde Ni, Cu, Zn, Cd, Pb ve Hg metallerinin konsantrasyonlarını araştırmış, örnekleme sonucunda ölçülen Ni, Cu, Co ve Zn konsantrasyonunda önemli bir değişim olmadığını saptamıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Örneklemeye Çalışmaları

2.1.1. Örneklemeye Sahası ve Dönemi

Örneklemeye çalışmaları Doğu Karadeniz Bölgesi dağlarından doğarak, geçtikleri bölgelerden aldığı doğal element ve bileşiklerle birlikte havzada mevcut ev ve sanayi tesislerinin atıklarını taşıyarak, Trabzon kıyılarından Karadeniz'e boşaltan üç önemli dere olan Değirmendere, Yanbolu ve Solaklı derelerinin kıyılarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Araştırma her bir bölge için dere ağzından başlayarak açığa doğru 8 farklı istasyon belirlenerek yapılmıştır (Tablo 9).



Şekil 6. Araştırmanın yürütüldüğü çalışma sahası

Çalışmada alınan 108 sediment, 192 su, 108 gözenek suyu, 108 askıda katı madde örneğinde ağır metal analizi gerçekleştirilmiştir. 96 sediment örneği deniz, 12 sediment örneği dere ortamlarından yüzey sedimenti olarak alınmıştır. 180 su örneği deniz, 12 su örneği dere ortamlarından elde edilmiştir. Gözenek suyu ve askıda katı madde miktarları

ise sediment ve su örnekleri üzerinden elde edilmiştir. Araştırma alanlarına ait her bir istasyon için 3 paralel örnekleme yapılmıştır.

Tablo 9. Çalışma bölgelerine ait koordinat ve derinlikler

İst.	Değirmendere Bölgesi			Yanbolu Bölgesi			Solaklı Bölgesi		
	Boylam	Enlem	Derinlik (m)	Boylam	Enlem	Derinlik (m)	Boylam	Enlem	Derinlik (m)
1	41,004	39,749	12	40,962	40,001	6	40,947	40,264	8
2	41,008	39,746	35	40,966	39,999	16	40,947	40,256	20
3	41,013	39,741	90	40,970	39,996	46	40,948	40,256	60
4	41,009	39,750	42	40,967	40,003	65	40,952	40,260	75
5	41,015	39,750	110	40,971	40,005	140	40,957	40,257	124
6	41,019	39,750	150	40,974	40,008	200	40,962	40,254	190
7	41,008	39,754	50	40,964	40,006	75	40,952	40,265	42
8	41,013	39,758	80	40,966	40,009	125	40,958	40,266	80

Örnekleme çalışmaları; Nisan 2009 ve Ocak 2010 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülmüştür. Örnekleme dönem ve tarihleri Tablo 10’ da verilmiştir.

Tablo 10. Örnekleme dönemleri

Örnekleme Dönemi	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Süre (Gün)	Örnek Türü
İlkbahar	07.04.2009	10.04.2009	4	Sediment-deniz ve dere suyu
Yaz	06.07.2009	09.07.2009	4	Sediment-deniz ve dere suyu
Sonbahar	21.10.2009	24.10.2009	4	Sediment-deniz ve dere suyu
Kış	26.01.2010	29.01.2010	4	Sediment-deniz ve dere suyu

2.1.2. Sediment Örnekleme

Dip sediment örneklerinin alınmasında Portakal Kabuğu Kepçesi (Orange Peel Bucket) kullanılmıştır. Sedimentin kepeçten alınması işlemi denizde gerçekleştirilmiştir. Çalışma esnasında bloğun bozulmamasına büyük önem gösterilmiştir. Örnekleme yapılan sediment bloğundan (0-1 cm) alınan örnekler derin dondurucuda – 18 °C de analiz aşamasına kadar bekletilmiştir.

2.1.3. Su Örnekleme

Deniz suyu örneklerinin alınmasında tekli Van Dorn su örnekleme şişesi kullanılmıştır. Metre ayarlı vinç’in ipine bağlanan ağzı açık şişe, istenilen derinliğe

indirildikten sonra Messenger yardımı ile ağzı kapatılarak istenilen derinlikten su örnekleri elde edilmiştir. Şişenin içerisindeki su polietilen kaplara aktararak analize kadar buzdolabında saklanmıştır.

2.2. Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar

2.2.1. Araştırma Gemisi

Örnekleme çalışmalarının tamamı deniz ve dere olmak üzere iki farklı ortamda gerçekleştirilmiştir ve çalışma sahasında KTÜ Sürmene Deniz Bilimlerine ait R/V Denar I ve Yakamoz araştırma gemileri kullanılmıştır.

2.2.2. Çevresel Parametrelerin Ölçülmesi

2.2.2.1. Deniz ve Dere Suyu Çevresel Parametrelerinin Belirlenmesi

Deniz suyunun sıcaklık, tuzluluk ve pH gibi çevresel parametreleri CTD prop kullanılarak 0,001 hassasiyetle basınç sensörünün yardımıyla yerinde ölçülmüştür. Dere suyunun sıcaklık, tuzluluk ve pH gibi çevresel parametreleri ise su analiz seti YSI 556 model ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Denizel ortamda mevcut akıntı yönü ve hızını belirlemek amacıyla Aandera RJM-9 dopler akıntı metre cihazı kullanılmıştır.

2.2.2.2. Kullanılan Reaktifler

Denemelerde kullanılan kimyasal maddeler analitik saflıkta olup (ultra-pure) MERCK firmasından temin edilmiştir. Araştırmada HNO₃ (% 65), H₂O₂ (% 30) ve HClO₄ (% 65) reaktifleri kullanılmıştır.

2.2.2.3. ICP-MS Yöntemi ile Ağır Metal Değerlerinin Belirlenmesi

Sediment ve su örneklerinin element analizine hazırlanma işlemlerinin ön hazırlık aşaması KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi'ne ait kimya ve oşinografi

laboratuvarlarında, analiz işlemleri aşaması ise ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada) analitik kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Sediment örneklerinde metal analizlerinin gerçekleştirilmesi aşamasında referans materyal olarak STD-DS 7 kod numaralı referans materyali kullanılmıştır.

Ağır metal analizleri İndüktif Eşleşmiş Plazma, Kütle Spektrometre (ICP-MS) yöntemiyle sediment için 100 g kil örneği ve deniz suyu için 30 ml su örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir.

ICP-MS indüktif eşleşmiş plazma ve kütle spektrometrisi tekniklerinin birleşimidir. Bir ICP'de Argon (Ar) plazma iyon kaynağı olarak kullanılır. Numunenin atomlaştırılması için kullanılan enerji kaynağı Ar plazmadır (Ortega, 2002).

MS teknikleri iyonların kütle/yük oranına bağlı olarak ayrılmasını sağlayan en temel yöntemdir. ICP-MS cihazlarında genellikle kuadropol ve manyetik sektör olmak üzere iki tip kütle analizörü kullanılır. Kuadropoller, hiperbolik kesitli dört metal çubuktan oluşmuştur. Her bir çubuğa RF ve DC voltaj kombinasyonundan oluşan voltaj uygulanır. Bu voltajlar çubuklar arasındaki boşluklarda elektriksel alan oluşturur. RF/DC oranına bağlı olarak çubuklar arasındaki elektriksel alan iyonların dar bir m/z aralığında geçmesine izin verir. Kullanıcı tarafından RF/DC değiştirilerek bu alan kontrol edilebilir. Kuadropol izin verilen iyonların aralığında en büyük m/z oranına sahip iyon geçene kadar taranır. Kuadropol kütle analizörü gibi davranabilir. Element analizi için belirleyici kütle ayırıcılığı açısından kuadropol kütle analizörünün en büyük avantajları ucuz, kullanışlı ve kompakt olmasıdır. Kuadropol en çok kullanılan kütle analizörüdür. Ancak aşırı yüksek derecede çözünürlük veya gerçek eş zamanlı kütlelerin analizi gerekli ise manyetik sektör kullanılmalıdır (Ortega, 2002).

Atomik kütle spektrometrisi, atomik optik spektrometrik yöntemlere göre gözlenebilme sınırlarının düşüklüğü, yorumlanması daha kolay spektrumla elde edilmesi ve atomların izotop oranlarının ölçülebilmesi gibi birçok avantaja sahiptir. Bunun yanı sıra cihazın, optik spektrometrik cihazlara göre pahalı oluşu ve bir kısım girişim etkileri başlıca dezavantajlarıdır.

ICP-MS tekniği düşük gözlenebilme sınırları, yüksek seçiciliği, yüksek doğruluk kesinliği nedeni ile son yıllarda tercih edilen bir tekniktir. Tekniğin çoklu element analizlerine kolayca uyarlanabilmesi, doğal yada sentetik malzemelerin yarı kantitatif

analizini ve hızlı karakterizasyonunu mümkün kılar. ICP-MS tekniği ile İz elementlerde alt analiz limitleri; Zn, Ni ve Co 0,1 ppm; Cu ve Pb 0,01 ppm olarak değerendirilmiştir.

2.3. Laboratuvar alışmaları

2.3.1. Sediment Analizleri

2.3.1.1. Sediment Boyut Analizi

Sediment boyut analizleri için ıslak elek analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Aytekin, 2004). Bu yöntemin esasında, kullanılacak elek serisindeki her bir elek temizlendikten sonra kurutulmuştur. Zemin kütlesini temsil edecek açık havada kurutulmuş zemin numunesi (dip sediment) dikkatlice alınmıştır. Plastik eki kullanılarak numunenin ayrışması sağlanmıştır. Bu işlem yapılırken sediment danelerini kırmamaya zen gösterilmelidir. Alınan numune hassas terazide tartılarak elek sisteminin en üstteki eleğinin içine dökülmüş ve bu eleğin kapağı kapatılmıştır. Elekler, motorlu sarsma tablası ile sarsılmak suretiyle sediment elenerek dane çaplarına ayrılması sağlanmıştır. Sarsma işlemi durdurularak her bir elek, içinde kalan sediment birlikte tartılmıştır. 200 numaralı elekten geçen 0,63 μm 'den kk kil ve balık kısmı alınarak ıslak analizde kullanılmak üzere saklanmıştır.

Buharlaştırma kapları 110 ± 5 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta etüve konulmuştur. Suyun tamamen buharlaşarak gitmesi sağlanmıştır. Sonra buharlaştırma kapları etüvden alınarak atılmıştır. 200 numaralı elekten geçmiş olan malzemelerin kütleleri kaydedilmiştir. Her bir kütle ait olduğu elektteki zemin kütlesinden çıkarılmış ve 200 numaralı elekten geçmiş olarak dikkate alınmıştır.

Tartma işlemi bitirildikten sonra bir izelge hazırlanmıştır. Her elekten geçen zemin yüzdesi (kütle olarak) hesaplanmıştır. 1 numaralı sütuna elek numaraları, 2 numaralı sütuna elek çapları, 3 numaralı sütuna eleklerin kütleleri, 4 numaralı sütuna eleklerin içinde kalan zeminle birlikte kütleleri yazılmıştır. 5 numaralı sütuna her bir eleğin üstünde kalan zemin kütleleri, 4 numaralı sütundaki değerlerden 3 numaralı değerler çıkarılarak elde edilmiştir. 5 numaralı sütunda yazılan her bir eleğin üstünde kalan zemin kütleleri toplanarak 6 numaralı sütuna yazılmıştır. Her bir eleğin altına geçen zemin kütleleri, eleme işleminde kullanılan zeminin toplam kütlesinden 6 numaralı sütundaki değerler çıkarılarak

elde edilmiş ve 7 numaralı sütuna yazılmıştır. Her bir elek altına geçen zemin yüzdeleri formül (1)'deki bağıntı yardımı ile hesaplanarak 8 numaralı sütuna yazılmıştır.

$$\%p = \text{Elekten geçen zemin kütlesi/Elenen zeminin toplam kütlesi} \quad (1)$$

Birinci kolondaki eleklerle ait çaplar (D mm) logaritmik yatay ekseninde, %P lineer düşey ekseninde olmak üzere dane dağılımı eğrisi veya granülometri eğrisi olarak adlandırılan eğri çizilmiştir. Elek üzerinde kalan malzemenin dane boyuna göre adlandırılması sınıflanmasına göre yapılmıştır. Elek analizi eğrisi üzerinde etkin dane boyları olan d10, d30 ve d60 değerleri okunarak aşağıdaki formüllerle uniformluk katsayısı Cu ve boylanma (derecelenme) katsayısı Cg hesaplanmıştır.

$$Cu = d60/d10 \quad (2)$$

$$Cg = d30^2/(d60*d10) \quad (3)$$

Cu ve Cg değerleri kullanılarak elek analizi yapılan ayrık malzemenin birleştirilmiş zemin sınıflamasındaki yeri belirlenmiştir. $Cu > 2$ ve $1 < Cg < 3$ ise malzeme üniform olmayan iyi derecelenmiş bir malzeme olduğu, çakıllarda $Cu > 4$, kumlarda $Cu > 6$ ve $1 < Cg < 3$ ise malzeme üniform olmayan iyi derecelenmiş bir malzeme olup olmadığı belirlenmiştir.

2.3.1.2. Gözenek Hacmi (Porozite) Hesaplanması

Çalışma alanına ait sediment örneklerinde ki gözenek boşluk hacmi (porozite) hesaplamak için Sümer (2001) tarafından belirtilen formüller (4-5) kullanılmıştır.

$$Vg = Vf + Vp \quad (4)$$

Bu formülde; Vp = Gözenek hacmi, Vf = Katı madde hacmi, Vg = Toplam hacim

$$\% \text{ Porozite (n)} = \frac{Vp}{Vg} * 100 \quad (5)$$

2.3.1.3. Gözenek Suyu Analizi

Sediment gözenek suyu, santrifüj yöntemiyle (2000 rpm, 20 dak.) örneklemeden hemen sonra laboratuarda elde edilmiştir. Elde edilen gözenek suyu sonra 0.45 µm'lik membran filtreden geçirildikten sonra 1 ml HNO₃ ilave edilerek pH 2'nin altına düşürülerek analiz edilene kadar buzdolabında +4 °C bekletilmiştir (Bufflap ve Allen, 1995). Elde edilen gözenek sularının metal analizleri de ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada) analitik kimya laboratuvarında yapılmıştır. Gözenek suyu örneklerinde metal analizlerinin gerçekleştirilmesi aşamasında referans materyal olarak STD TMADA-70 kod numaralı referans materyali kullanılmıştır.

2.3.1.4. ICP-MS Yöntemi ile Yapılacak Analizler İçin Örnek Hazırlanması

Sediment örneklerinde ICP-MS yöntemi ile analiz edilecek iz elementleri Dulski (2001)'e göre hazırlanmıştır. Bu yöntemde toz haline getirilmiş kaba sediment ve standart örneklerden 100 mg tartılarak teflon kaplara konularak birkaç damla saf su ile nemlendirilir. Sırasıyla 3 ml HF (23 Mol l⁻¹) ve 3 ml HClO₄ (12 mol l⁻¹) ilave edilerek teflon kapların kapağı kapatılarak 180 °C sıcaklığa ayarlı fırında 16 saat bekletilir. Bu işlemin sonucunda örnekler fırından alınarak üzerindeki çelik bloklar çıkartılır ve teflon kapların kapağı açılır. Kapakta kalan örnekler saf su ile yerine ilave edilir. Daha sonra bunların üzerine delikli beyaz bloklar ve bunun da üzerine çelik blok konularak vidayla sıkıştırılır çeker bacada 180 °C de yaklaşık 4 saat bekletilir. Bu sürenin sonunda örnekler kurumuş olur. Üzerlerine 5 ml HCl (10 mol l⁻¹) ilave edilerek tekrar 180 °C de başlangıçtaki kuruluğa kadar (yaklaşık 2 saatte) buharlaştırılır. Bu işlemin sonrasında, kalan nemli örnekler üzerine tekrar 5 ml HCl (10 ml l⁻¹) dökülerek teflon kapların kapağı kapatılır ve 130 °C de 12 saat bekletilir. Daha sonra çözelti 180 °C de yaklaşık 2 saatte buharlaştırılarak örnekler başlangıçtaki kuruluğa getirilir. Sıcak örneklere 2 ml HCl (10 mol l⁻¹) ve 10 ml saf su ilave edilerek 50 ml'lik cam balonlara aktarılıp üzeri saf su ile tamamlanır. Sonuçta berrak ve açık renkli, analize hazır çözeltiler elde edilmiş olur.

2.3.2. Su Analizleri

Çalışma alanına ait istasyonlardan, deniz suyu örnekleme her bir istasyon için yüzey ve dip suyu olmak üzere iki farklı derinlikte yapılmıştır. Tatlı su örnekleri ise çalışılan her bir dere için, derelerin deniz suyuna karışmadığı noktanın yüzey tabakasından yapılmıştır. Su örneklerindeki mevcut metal seviyesini ortaya koymak için örnekler, su içerisinde çözülmüş ve süspanse olmuş ağır metaller olmak üzere iki kısımda incelenmişlerdir (Balcı, 1991).

2.3.2.1. Su Örneklerinde Çözülmüş Metal Analizi

Bu metaller, 0.45 µm membran filtreden geçebilen metallerdir (bu filtre boyutu yaygın kullanılan bir büyüklüktür). Aynı noktalardan ve üç paralel alınan alınan deniz ve dere suyu örnekleri sabit tartıma getirilmiş 0.45 µm membran filtreden süzülerek destillenmiş nitrik asitle asitlendirilmiştir. 3-5 ml asit ilavesi ile çözeltinin pH 2'ye düşürülmüştür. Hazırlanan örnekler temiz polietilen kaplar içerisinde buzdolabında +4 °C saklanmıştır (Balcı, 1991). Saklanan örnekler daha sonra metal analizleri yapılmak üzere ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada) analitik kimya laboratuvarına gönderilmiştir. Su örneklerinde çözülmüş metal analizlerinin gerçekleştirilmesi aşamasında referans materyal olarak STD WASTEWATRD-9 kod numaralı referans materyali kullanılmıştır.

2.3.2.2. Su Örneklerinde Süspanse Olmuş Metal Analizi

Bu metaller, 0.45 µm sabit tartıma getirilmiş membran filtre üzerinde partikül madde içerisinde alıkonan metallerdir. Aynı noktalardan ve üç paralel alınan deniz ve dere suyu örneklerinden 1 litre su örneği yerinde süzülerek 0.45 µm membran filtreden geçirilmiştir. Filtre işlemi bittikten sonra süzme işlemine tabi tutulan filtre kağıtları polietilen koruma kabının içerisinde çözündürme işlemine kadar derin dondurucuda bekletilmiştir. Çözündürme işlemi aşamasında filtre kağıtları derin dondurucudan çıkartılarak 5 °C ye ulaşıncaya kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. İstenilen sıcaklığa kadar bekletilen filtre kağıtları daha sonra Milestone Ethosplus, marka mikrodalga eritme ünitesinin teflon kaplarına koyulup üzerine 8 mL ultra saf Nitric asit ilave edilip 200 °C de yaklaşık 30 dakika çözülmeye kadar ısıtılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğuması

beklenilerek örnekler uygun balon jöjelere alınıp üzerine ultra saf su eklenerek okumaya hazır hale getirilmiştir (URL-5, 2011). Çözünen örnekler metal analizleri yapılmak üzere ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada) analitik kimya laboratuvarında analiz edilmiştir. Su örneklerinde süspansiyon olmuş metal analizlerinin gerçekleştirilmesi aşamasında referans materyal olarak STD TMADA-70 kod numaralı referans materyali kullanılmıştır.

2.4. Kirlilik Yükü İndeksleri

2.4.1. Sediment Zenginleşme Faktörü (SZF)

Bu sınıflamada standart olarak dünyadaki ortalama şeyl verileri kullanılmıştır (Turekian ve Wedephol, 1961). Sediment Zenginleşme Faktörü (SZF) belirlenirken formül (6) kullanılmıştır.

$$SZF = \frac{(\text{Element/Al})_{\text{örnek}}}{(\text{Element/Al})_{\text{Standart}}} \quad (6)$$

SZF=1 ise bu metalin yer kabuğu ortalamalarına yakın değerde olduğunu

SZF<1 ise bu metalin yer kabuğu kaynağına geçiş yaptığını

SZF>1 ise bu metalin sediment tabakasında zenginleştiğini gösterir.

2.4.2. Kirlilik Yük İndeksi (KYİ)

Sedimentte kirlilik yükünün tespitinde kullanılan yöntemlerden biriside Tomilson vd. (1980) tarafından önerilen Kirlilik Yük İndeksi (KYİ) yöntemidir. Bu yöntemde parametreler formül (7) kullanılarak belirtilmiştir.

$$KYİ = (KF_1 \times KF_2 \times KF_3 \times \dots \times KF_n)^{1/n} \quad (7)$$

Yukarıda verilen formülde n çalışılan metal sayısını ifade etmektedir. KF ise kirlilik faktörü olarak nitelendirilmektedir ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$KF \text{ (Kirlilik faktörü)} = \text{Sediment metal değeri} / \text{Standart metal değeri} \quad (8)$$

2.5. İstatistik Uygulamalar

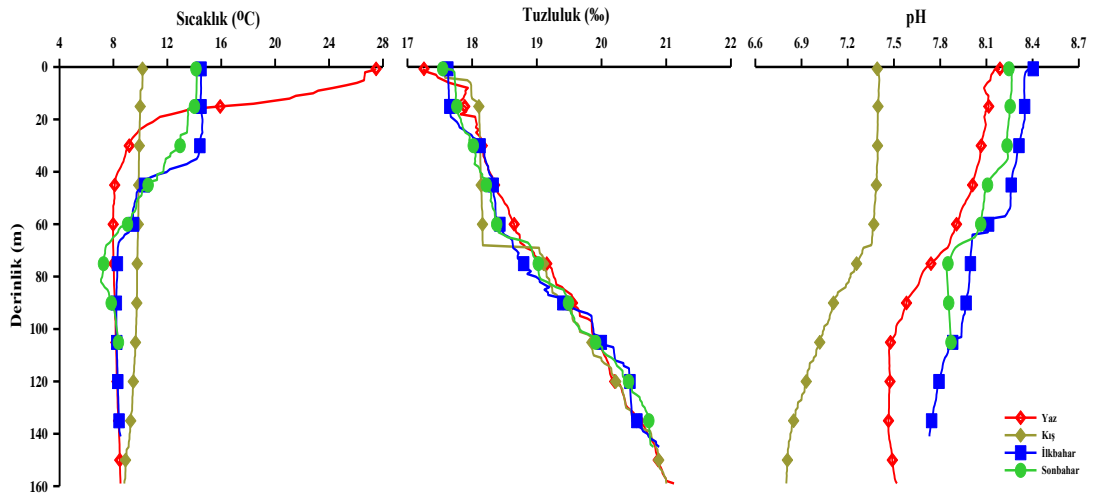
Çalışmada incelenen parametrelere ait mevsimsel, alansal ve derinlikle değişim verileri istatistiki incelemeye tabi tutulmuşlardır. Çalışma dönemleri İlkbahar, Yaz, Sonbahar, Kış olmak üzere 4 gruba, çalışma sahası ise Değirmendere, Yanbolu deresi ve Solaklı deresi olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır. Bölgesel ve dönemsel farklılığı belirlemek amacıyla yapılan analizlerde sonuçların normal (Kolmogorov-Smirnov K-S testi) ve homojen dağılım (One Way Anova Homojenize testi) göstermesi sebebiyle tek yönlü varyans analizi (Tukey testi) uygulanmıştır (George ve Mallery, 2003). Bray-Curtis benzerlik indeksi ile analiz sonuçlarına göre ise farklı dönemlerde bölgeler arasındaki benzerlik oranları ortaya konulmuştur. Ortalama metal değerlerinin alansal dağılımını belirlemek amacıyla jeostatistik yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu işlem yazılımın Spatial Analysis modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle, çalışma alanı Inverse Distance Weighting (IDW) enterpolasyon metodu kullanılarak enterpole edilmiştir. IDW, belirli bir konum hakkında veri tahmini yapabilmek için o konuma yakın noktaların, tahmin hesaplamasında daha ağırlıklı rol alması ve daha uzak olan noktaların ise daha az etkili olması ilkesine dayanan bir tekniktir. İstatistiki testlerin uygulanmasında SPSS 15.0, PRİMER 5 ve ArcGIS paket programları kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Araştırma Bölgelerine Ait Oşinografik Özellikler

3.1.1. Değirmendere Kıyısız Bölgesine Ait Oşinografik Özellikler

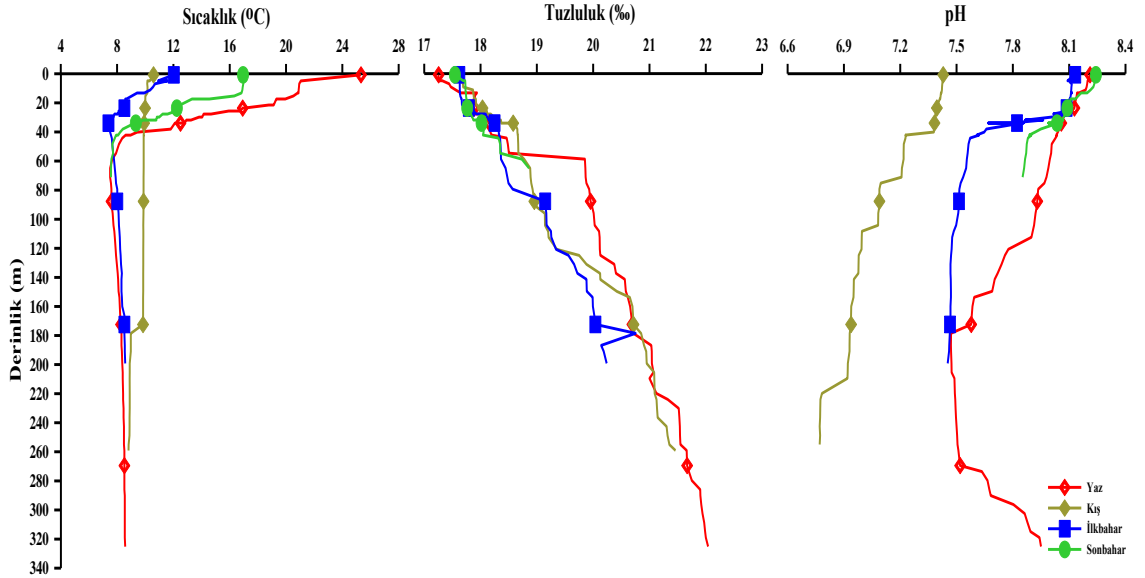
Sıcaklık, tuzluluk, pH ve akıntı gibi oşinografik özellikler sediment ve su ortamında bulunan metallerin çözünürlüğünü, dinamiğini ve biyolojik olarak kullanıma hazır olma özelliği ile direkt olarak ilgili olan abiyotik faktörlerdir. Değirmendere Kıyısız Bölgesi'ne ait çevresel parametrelerden sıcaklık, tuzluluk ve pH'nın mevsimlere ve derinliklere göre değişimi grafik ile sunulmuştur (Şekil 7). Değirmendere kıyılarında, deniz yüzey suyu sıcaklığı en yüksek yaz mevsiminde 27 °C ve en düşük kış mevsiminde 10,1 °C olarak belirlenmiştir. Dip sularında ise (160 m) sıcaklık 8,3 °C olarak ölçülmüştür. Tuzluluk değerlerindeki değişimlere bakıldığında, yüzey suyu tuzluluğu en yüksek Kış mevsiminde ‰ 17,6, en düşük Yaz mevsiminde ‰ 17,25 olarak belirlenmiştir. Dip sularında ise (160 m) tuzluluk ‰ 21,12 olarak ölçülmüştür. pH değerlerindeki değişimlere bakıldığında ise değerlerin yüzey sularında en yüksek İlkbahar mevsiminde 8,40, en düşük Kış mevsiminde 7,13 olduğu belirlenmiştir. Dip sularında ise (160 m) pH değeri mevsimlere göre 6,80 ile 7,51 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Oşinografik parametrelerden olan akıntı, sedimentin taşınımı ve birikimi üzerinde etkin bir faktördür. Değirmendere kıyılarında akıntı hızı 14 cm/s ile 35 cm/s ve 10-90° arasında batı doğu yönlü olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Değirmendere açıklarında sıcaklık, tuzluluk ve pH'nın mevsimsel ve derinlikle değişimi

3.1.2. Yanbolu Kıyısıal Bölgesine Ait Oşinografik Özellikler

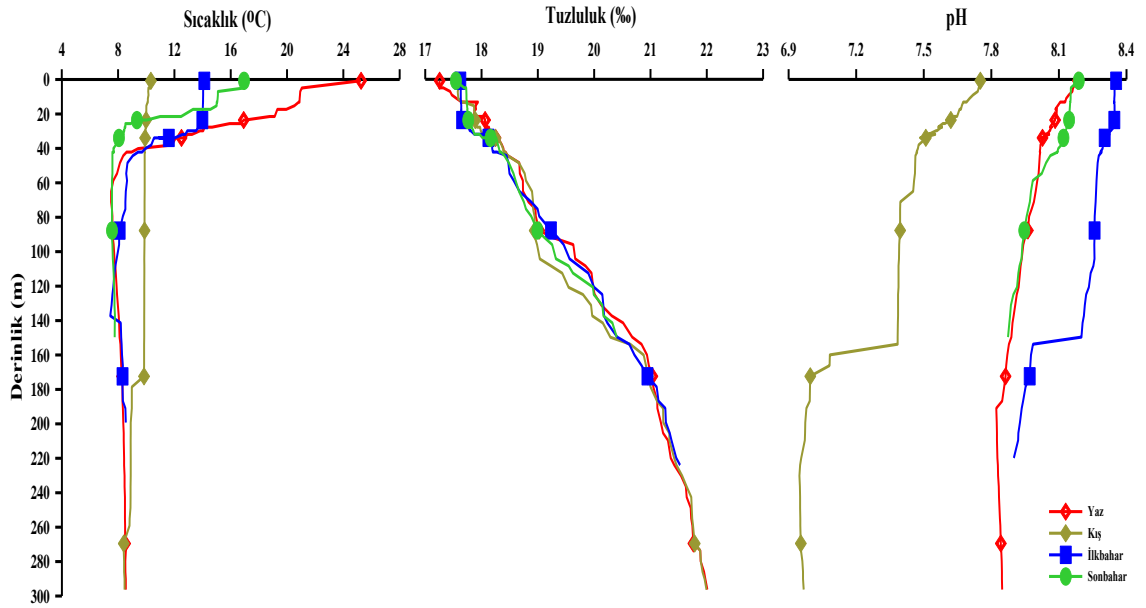
Yanbolu Kıyısıal Bölgesi'ne ait çevresel parametrelerden sıcaklık, tuzluluk ve pH'nın mevsimlere ve derinliklere göre değişimi grafik ile sunulmuştur (Şekil 8). Yanbolu kıyılarında, deniz yüzey suyu sıcaklığı en yüksek yaz mevsiminde 25,32 °C ve en düşük kış mevsiminde 10,5 °C olarak belirlenmiştir. Dip sularında ise (325 m) sıcaklık 8,5 °C olarak ölçülmüştür. Tuzluluk değerlerindeki değişimlere bakıldığında, yüzey suyu tuzluluğu en yüksek İlkbahar mevsiminde ‰ 17,62, en düşük Yaz mevsiminde ‰ 17,25 olarak belirlenmiştir. Dip sularında ise (325 m) tuzluluk ‰ 22,04 olarak ölçülmüştür. pH değerlerinin derinlikle değişimi irdelendiğinde ise değerlerin yüzey sularında en yüksek Sonbahar mevsiminde 8,24, en düşük Kış mevsiminde 7,42 olduğu belirlenmiştir. Dip sularında ise (325 m) pH değeri mevsimlere göre 6,70 ile 7,95 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Yanbolu kıyılarında akıntı hızı 10 cm/s ile 27 cm/s ve 10-90° arasında batı doğu yönlü olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Yanbolu açıklarında sıcaklık, tuzluluk ve pH'nın mevsimsel ve derinlikle değişimi

3.1.3. Solaklı Kıyusal Bölgesine Ait Oşinografik Özellikler

Solaklı Kıyusal Bölgesi'ne ait çevresel parametrelerden sıcaklık, tuzluluk ve pH'nın mevsimlere ve derinliklere göre değişimi grafik ile sunulmuştur (Şekil 9). Solaklı kıyılarında, deniz yüzey suyu sıcaklığı en yüksek yaz mevsiminde 25,25 °C ve en düşük kış mevsiminde 10,32 °C olarak belirlenmiştir. Dip sularında ise (296 m) sıcaklık 8,54 °C olarak ölçülmüştür. Tuzluluk değerlerindeki değişimlere bakıldığında, yüzey suyu tuzluluğu en yüksek İlkbahar mevsiminde ‰17,62, en düşük Yaz mevsiminde ‰ 17,25 olarak belirlenmiştir. Dip sularında ise (296 m) tuzluluk ‰ 22,01 olarak ölçülmüştür. pH değerlerinin derinlikle değişimi irdelendiğinde ise değerlerin yüzey sularında en yüksek İlkbahar mevsiminde 8,35, en düşük Kış mevsiminde 7,75 olduğu belirlenmiştir. Dip sularında ise (296 m) pH değeri mevsimlere göre 6,96 ile 7,84 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Solaklı kıyılarında akıntı hızı 12 cm/s ile 28 cm/s ve 10-90° arasında batı doğu yönlü olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Solaklı açıklarında sıcaklık, tuzluluk ve pH'nın mevsimsel ve derinlikle değişimi

3.2. Sediment Örneklerinde Metal Konsantrasyonları

3.2.1. Değirmendere Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları

Değirmendere kıyılarında, sediment örneklerinin metal içerikleri mevsimsel olarak irdelendiğinde sonuçlar Tablo 11' deki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minumum değerler Cu ve Ni elementi için 3 nolu istasyonda, Pb elementi için 8 nolu istasyonda, Zn elementi için 1 nolu istasyonda, Co elementi için 4 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu ve Zn elementleri için 2 nolu istasyonda, Pb elementi için 7 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda bulunmuştur.

Yaz mevsiminde, minumum değerler Cu ve Ni elementleri için 8 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda ve Zn elementi için 3 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu ve Pb elementleri için 3 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 5 nolu istasyonda ve Zn elementi için 7 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sonbahar mevsiminde, minumum değerler Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Pb elementi için 7 nolu istasyonda, Zn elementi için 6 nolu istasyonda, Ni elementi için 1 nolu istasyonda ve Co elementi için 3 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu elementi için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 5 nolu istasyonda, Zn elementi için 4 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 8 nolu istasyonda bulunmuştur.

Kış mevsiminde, minumum değerler Cu ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb ve Zn elementleri için 4 nolu istasyonda ve Ni elementi için 8 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Cu, Pb ve Zn elementleri için 8 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuştur. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonları Ek Tablo 1'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 11. Değirmendere kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

İlkbahar	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minumum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Cu (ppm)	63,98 ± 6,93	3	54	2	75,2
Pb (ppm)	52,25 ± 5,58	8	42,3	7	60,9	
Zn (ppm)	111,13 ± 35,05	1	28	2	134	
Ni (ppm)	24,30 ± 5,13	3	18	6	35,7	
Co (ppm)	19,00 ± 1,60	4	17,1	6	22,1	
Yaz	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minumum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Cu (ppm)	61,26 ± 12,78	8	35,1	3	73,9
Pb (ppm)	39,8 ± 6,13	1	33,4	3	51,4	
Zn (ppm)	91,12 ± 33,33	3	12	7	113	
Ni (ppm)	23,19 ± 5,19	8	16,5	5	30,2	
Co (ppm)	16,55 ± 1,40	1	15,2	5	18,4	
Sonbahar	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minumum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Cu (ppm)	86,05 ± 3,19	5	82,3	1	92,2
Pb (ppm)	50,48 ± 4,01	7	46,3	5	59,1	
Zn (ppm)	129,87 ± 6,97	6	119	4	137	
Ni (ppm)	32,78 ± 7,96	1	24,1	8	43,5	
Co (ppm)	19,45 ± 2,07	3	17,1	8	21,9	
Kış	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minumum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Cu (ppm)	68,70 ± 8,89	1	62,1	8	85,6
Pb (ppm)	56,83 ± 11,49	4	48,5	8	82,70	
Zn (ppm)	129,75 ± 15,76	4	112	8	161	
Ni (ppm)	23,40 ± 1,52	3	21,5	7	25,9	
Co (ppm)	15,62 ± 1,11	1	14,4	7	17,3	

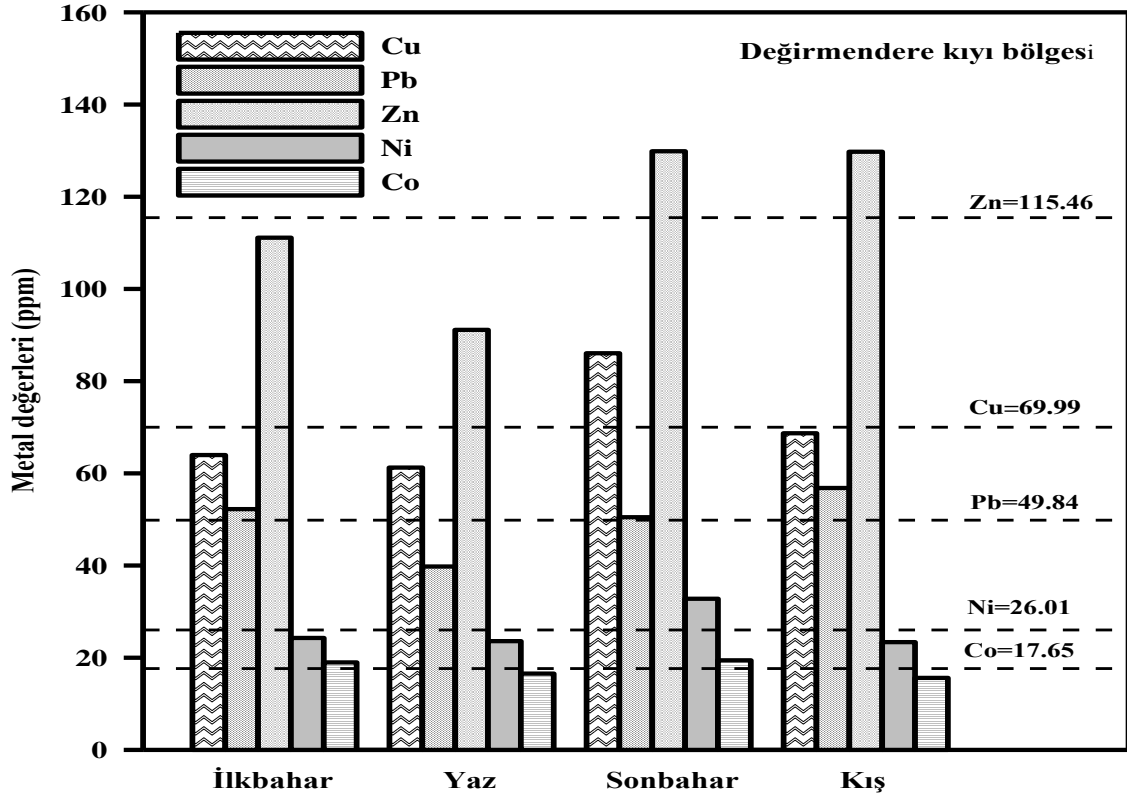
Değirmendere Bölgesi'ne ait dere sedimentlerindeki ağır metal kompozisyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 12' deki gibi olduğu görülmüştür. Değirmendere Bölgesi'ne ait deniz ve dere sedimentleri mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere sedimenti metal değerlerinin deniz sedimenti değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 12. Değirmendere bölgesine ait dere sedimenti metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

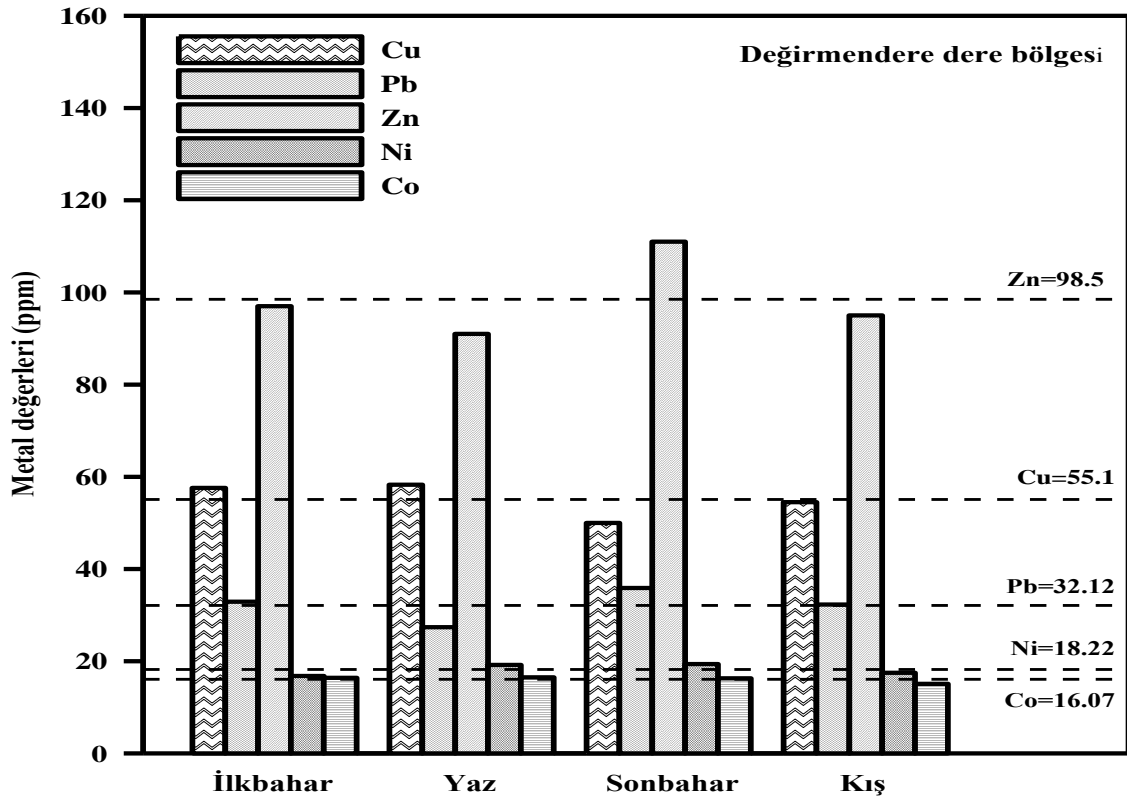
Dönem	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)
İlkbahar	57,6	32,9	97	16,8	16,4
Yaz	58,3	27,4	91	19,2	16,5
Sonbahar	50	35,9	111	19,4	16,3
Kış	54,5	32,3	95	17,5	15,1
Ortalama Değer	55,1 ± 3,77	32,12 ± 3,52	98,5 ± 8,69	18,22 ± 1,27	16,07 ± 0,65

Değirmendere kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu, Zn ve Ni elementleri için Sonbahar > Kış > İlkbahar > Yaz, Pb elementi için Kış > İlkbahar > Sonbahar > Yaz ve Co elementi için Sonbahar > İlkbahar > Yaz > Kış şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Sonbahar mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 10).

Değirmendere dere sedimentlerindeki metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu elementi için Yaz > İlkbahar > Kış > Sonbahar, Pb ve Zn elementleri için Sonbahar > İlkbahar > Kış > Yaz, Ni elementi için Sonbahar > Yaz > Kış > İlkbahar ve Co elementleri için Yaz > İlkbahar > Sonbahar > Kış şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Mevsimler bazında Değirmendere Bölgesi'ne ait dere Sediment değerleri kıyaslandığında aynı bölgeye ait deniz sedimentleriyle benzer olduğu ve Sonbahar mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 11). Değirmendere Bölgesi'ne ait dere ve deniz sediment örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında deniz sediment değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 10. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 11. Değirmendere Dere Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri

Değirmendere Bölgesi'nde, Cu ve Ni element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının Sonbahar mevsiminde önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Pb elementi değerlerinin mevsimler arasındaki farkının Yaz mevsiminde önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Co elementi değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olduğu ($p<0,05$) ve İlkbahar mevsiminin Sonbahar mevsimiyle, Yaz mevsiminin ise ve Kış mevsimiyle benzer olduğu belirlenmiştir. Zn elementi değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı ($p<0,05$) tespit edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Değirmendere Kıyısı Bölgesi'nde sediment metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)
İlkbahar	63,97 ± 6,92 ^A	52,25 ± 5,57 ^A	111,12 ± 35,05 ^A	24,30 ± 5,13 ^A	19,00 ± 1,60 ^A
Yaz	61,26 ± 12,78 ^A	39,80 ± 6,13 ^B	91,12 ± 33,33 ^A	23,58 ± 5,19 ^A	16,55 ± 1,40 ^B
Sonbahar	86,05 ± 3,19 ^B	50,48 ± 4,01 ^A	129,87 ± 6,97 ^A	32,78 ± 7,96 ^B	19,45 ± 2,07 ^A
Kış	68,70 ± 8,89 ^A	56,83 ± 11,49 ^A	129,75 ± 15,76 ^A	23,40 ± 1,52 ^A	15,62 ± 1,11 ^B
Yıllık ort.	69,99	49,84	115,46	26,01	17,65

* n:4, Std.Sapma, ^{A, B}: Sütündeki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p<0,05$)

3.2.2. Yanbolu Kıyı ve Dere Bölgeleri'ne Ait Metal Konsantrasyonları

Yanbolu kıyılarında, sediment örneklerinin metal içerikleri mevsimsel olarak irdelendiğinde sonuçlar Tablo 14' deki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu, Pb ve Zn elementi için 4 nolu istasyonda, Ni ve Co elementi için 1 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu, Zn ve Ni elementleri için 3 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda, istasyonda bulunmuştur.

Yaz mevsiminde, minimum değerler araştırılan elementlerin tümü için 1 nolu istasyonda, bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu, Zn ve Ni elementleri için 8 nolu istasyonda, Pb elementi için 2 nolu istasyonda ve Co elementi için 5 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sonbahar mevsiminde, minimum değerler Cu, Zn ve Ni elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 3 nolu istasyonda, Co elementi için 6 nolu istasyonda, bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Pb, Zn ve Co elementleri için 4 nolu istasyonda, Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Ni elementi için 6 nolu istasyonda

bulunmuştur. Kış mevsiminde, minimum değerler araştırılan elementlerin tümü için 1 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Zn, Ni ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda, Cu elementi için 7 nolu istasyonda, ve Pb elementi için 2 nolu istasyonda bulunmuştur. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonları Ek Tablo 2'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 14. Yanbolu kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppm)	52,06 ± 14,42	4	20,1	3
Pb (ppm)		45,49 ± 11,90	4	19,5	6	56,3
Zn (ppm)		109,00 ± 13,78	4	84	3	134
Ni (ppm)		19,71 ± 2,59	1	17	3	25,1
Co (ppm)		18,40 ± 0,61	1	17,61	6	19,5
	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Yaz	Cu (ppm)	53,97 ± 9,40	1	35,7	8
Pb (ppm)		45,70 ± 6,02	1	33,1	2	50,6
Zn (ppm)		102,25 ± 7,28	1	87	8	112
Ni (ppm)		18,93 ± 3,09	1	16,4	8	26,3
Co (ppm)		16,17 ± 0,68	1	15,3	5	17,3
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
	Sonbahar	Cu (ppm)	64,55 ± 7,17	1	53,8	5
Pb (ppm)		51,87 ± 4,00	3	46,8	4	58,2
Zn (ppm)		114,37 ± 6,54	1	102	4	122
Ni (ppm)		24,23 ± 3,24	1	20	6	27,6
Co (ppm)		17,98 ± 1,47	6	16,4	4	20,2
		Element	Ort. Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
	Kış	Cu (ppm)	56,87 ± 7,71	1	38,9	7
Pb (ppm)		43,62 ± 4,52	1	34,5	2	49,8
Zn (ppm)		100,87 ± 8,75	1	82	6	111
Ni (ppm)		20,78 ± 2,40	1	15,2	6	24,8
Co (ppm)		16,28 ± 0,59	1	15,7	6	17,4

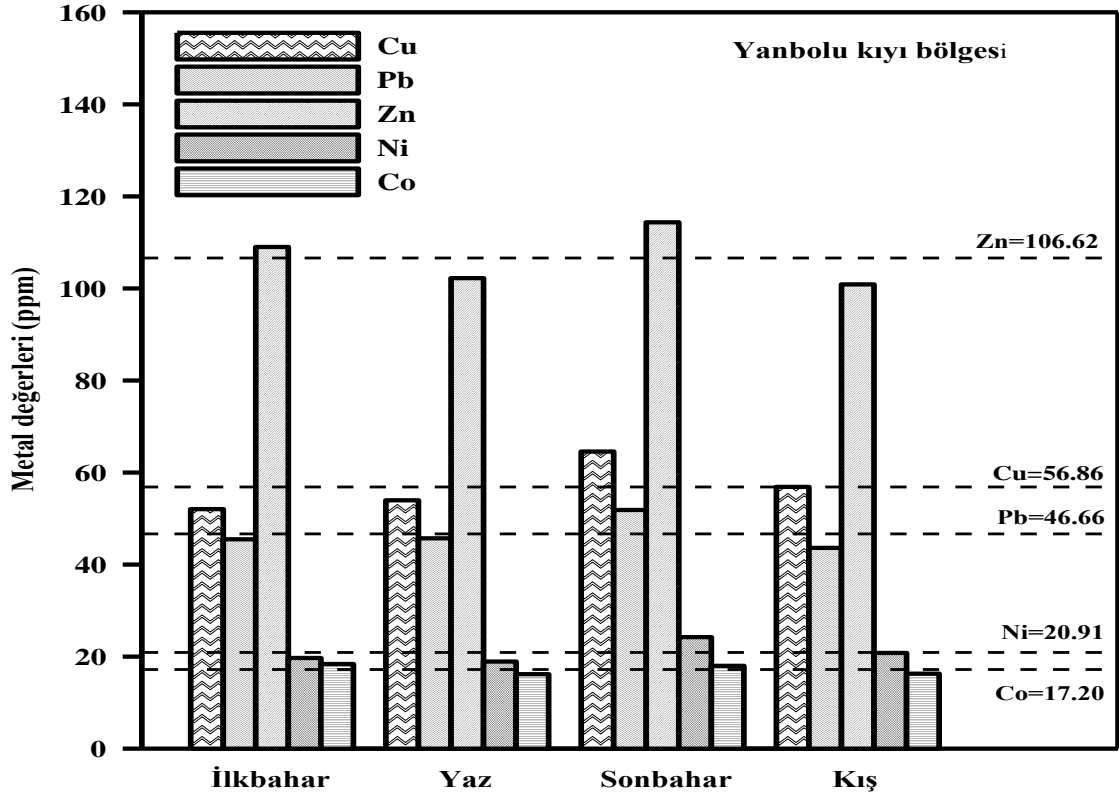
Yanbolu Bölgesi'ne ait dere sedimentlerindeki ağır metal kompozisyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 15'deki gibi olduğu görülmüştür. Yanbolu Bölgesi'ne ait deniz ve dere sedimentleri mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere sedimenti metal değerlerinin deniz sedimenti değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 15. Yanbolu Bölgesi'ne ait dere sedimenti metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

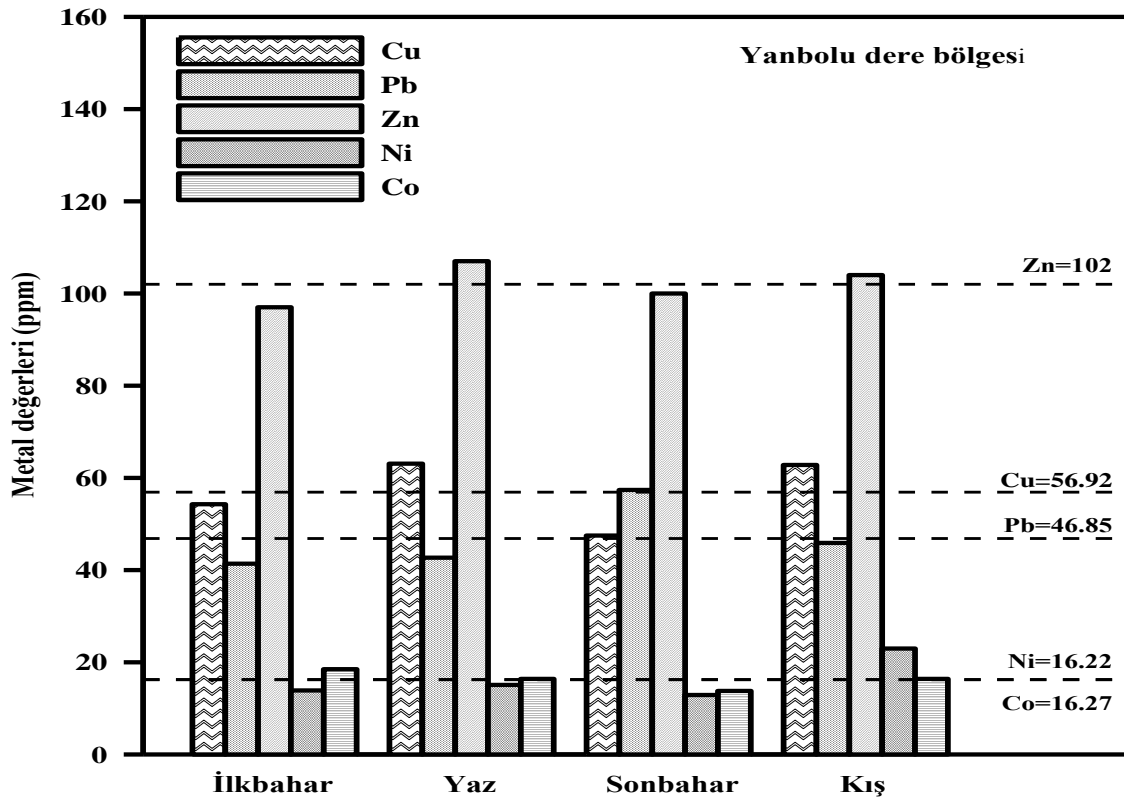
Dönem	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)
İlkbahar	54,3	41,4	97	13,9	18,5
Yaz	63,1	42,7	107	15,1	16,4
Sonbahar	47,5	57,4	100	12,9	13,8
Kış	62,8	45,9	104	23	16,4
Ortalama Değer	56,92 ± 7,49	46,85 ± 7,28	102 ± 4,39	16,22 ± 4,60	16,27 ± 1,92

Yanbolu Bölgesi kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu elementi için Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar; Pb elementi için Sonbahar > Yaz > İlkbahar > Kış; Zn elementi için Sonbahar > İlkbahar > Yaz > Kış; Ni elementi için Sonbahar > Kış > İlkbahar > Yaz ve Co elementi için İlkbahar > Sonbahar > Kış > Yaz şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Sonbahar mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 12).

Yanbolu Bölgesi dere sedimentlerindeki metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu elementi için Yaz > Kış > İlkbahar > Sonbahar; Pb elementi için Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar; Zn elementi için Yaz > Kış > Sonbahar > İlkbahar; Ni elementi için Kış > Yaz > İlkbahar > Sonbahar ve Co elementi için İlkbahar > Yaz = Kış > Sonbahar şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Mevsimler bazında Yanbolu Bölgesine ait dere Sediment değerleri kıyaslandığında aynı bölgeye ait deniz sedimentleriyle benzer olduğu ve genelde Sonbahar mevsimine ait değerlerin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 13). Yanbolu Bölgesi'ne ait dere ve deniz sediment örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında deniz sediment değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 12. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 13. Yanbolu Dere Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri

Yanbolu Kıyusal Bölgesi'nde, Cu ve Pb element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Zn, Ni ve Co elementleri değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. Yanbolu Kıyusal Bölgesi'nde sediment metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)
İlkbahar	52,06 ± 14,41 ^A	45,48 ± 11,89 ^A	109,00 ± 13,78 ^{AB}	19,71 ± 2,58 ^A	18,40 ± 0,61 ^A
Yaz	53,97 ± 9,40 ^A	45,70 ± 6,02 ^A	102,25 ± 7,28 ^{AB}	18,93 ± 3,09 ^A	16,17 ± 0,68 ^B
Sonbahar	64,55 ± 7,17 ^A	51,87 ± 4,00 ^A	114,37 ± 6,54 ^A	24,23 ± 3,24 ^B	17,98 ± 1,47 ^A
Kış	56,87 ± 7,71 ^A	43,62 ± 4,52 ^A	100,87 ± 8,75 ^B	20,78 ± 2,70 ^{AB}	16,28 ± 0,59 ^B
Yıllık ort.	56,86	46,66	106,62	20,91	17,2

* n:4, Std.Sapma, ^{A, B}: Sütündeki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$)

3.2.3. Solaklı Kıyı ve Dere Bölgeleri'ne Ait Metal Konsantrasyonları

Solaklı kıyılarında, sediment örneklerinin metal içerikleri mevsimsel olarak irdelendiğinde sonuçlar Tablo 17' deki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu, Pb ve Zn elementi için 7 nolu istasyonda, Ni elementi için 3 nolu istasyonda, Co elementi için 2 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu ve Zn elementleri için 3 nolu istasyonda, Pb elementi için 4 nolu istasyonda Ni ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda, istasyonda bulunmuştur.

Yaz mevsiminde, minimum değerler Cu ve Zn elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 2 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 4 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu, Zn ve Co elementleri için 5 nolu istasyonda, Pb ve Ni elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sonbahar mevsiminde, minimum değerler Cu, Zn ve Co elementleri için 3 nolu istasyonda, Pb elementi için 7 nolu istasyonda, Ni elementi için 8 nolu istasyonda, bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu, Pb ve Zn elementleri için 8 nolu istasyonda, Ni elementi için 3 nolu istasyonda, Co elementi için 5 nolu istasyonda bulunmuştur.

Kış mevsiminde, minimum değerler Cu, Pb, Zn, ve Co elementleri için 3 nolu istasyonda, Ni elementi için 2 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum

değerler Cu elementi için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 8 nolu istasyonda, Zn ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda ve Ni elementleri için 3 nolu istasyonda bulunmuştur. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonları Ek Tablo 3'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 17. Solaklı kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppm)	78,56 ± 15,85	7	62,5	3
Pb (ppm)		33,22 ± 2,73	7	29,1	4	36,5
Zn (ppm)		112,50 ± 13,15	7	101	3	142
Ni (ppm)		30,61 ± 3,88	3	26,3	6	36,6
Co (ppm)		21,85 ± 1,80	2	20,31	6	24,4
Yaz		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
	Cu (ppm)	90,45 ± 38,46	1	48,3	5	162,7
	Pb (ppm)	34,43 ± 12,30	2	19,9	7	52,2
	Zn (ppm)	130,87 ± 34,53	1	95	5	207
	Ni (ppm)	23,60 ± 5,14	4	18,5	7	31,1
	Co (ppm)	17,40 ± 1,69	4	15,4	5	19,8
Sonbahar	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Cu (ppm)	107,06 ± 26,98	3	81,7	8	164
	Pb (ppm)	38,33 ± 12,55	7	31,5	8	69,3
	Zn (ppm)	133,25 ± 18,80	3	116	8	173
	Ni (ppm)	24,41 ± 1,29	8	21,8	3	25,9
	Co (ppm)	18,13 ± 0,51	3	17,4	5	18,9
Kış	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Cu (ppm)	76,21 ± 15,65	3	49,5	1	103,8
	Pb (ppm)	35,92 ± 14,28	3	22,7	8	58,8
	Zn (ppm)	116,00 ± 19,63	3	82	6	131
	Ni (ppm)	28,16 ± 1,95	2	25,1	3	30,8
	Co (ppm)	18,26 ± 1,61	3	15,3	6	20,3

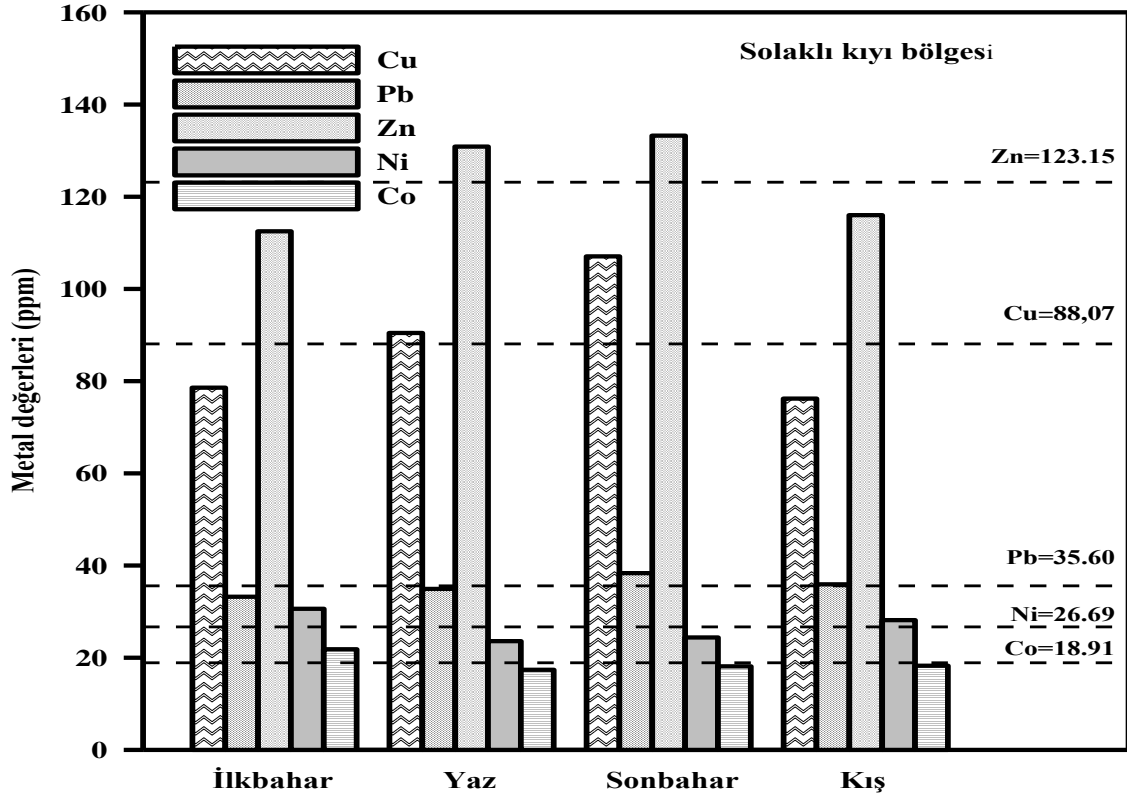
Solaklı Bölgesi'ne ait dere sedimentlerindeki ağır metal kompozisyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 18'deki gibi olduğu görülmüştür. Solaklı Bölgesi'ne ait deniz ve dere sedimentleri mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere sedimenti metal değerlerinin deniz sedimenti değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 18. Solaklı Bölgesi'ne ait dere sedimenti metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

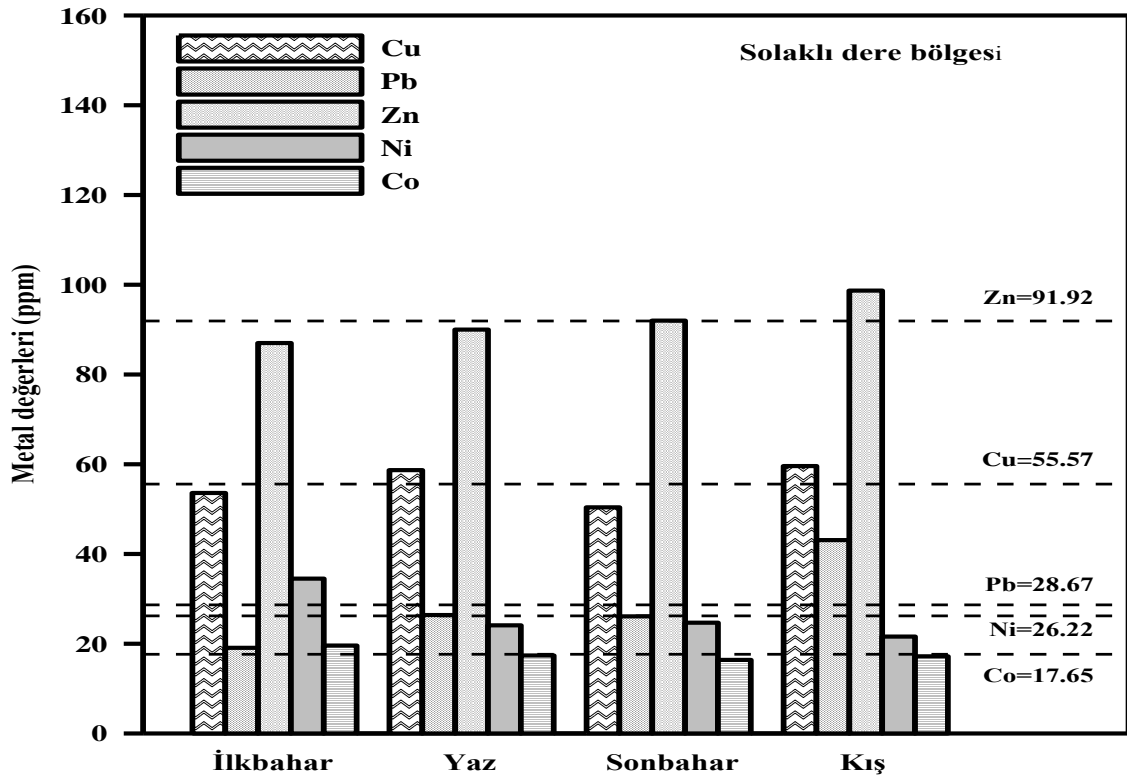
Dönem	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)
İlkbahar	53,6	19,1	87	34,5	19,6
Yaz	58,7	26,4	90	24,1	17,4
Sonbahar	50,4	26,1	92	24,7	16,4
Kış	59,6	43,1	98,7	21,6	17,2
Yıllık ort.	55,57 ± 4,34	28,67 ± 10,19	91,92 ± 4,96	26,22 ± 5,67	17,65 ± 1,36

Solaklı Bölgesi kıyılarında sediment metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu ve Zn elementleri için Sonbahar > Yaz > Kış > İlkbahar; Pb elementi için Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar; Ni ve Co elementleri için İlkbahar > Kış > Sonbahar > Yaz şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Sonbahar mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 14).

Solaklı Bölgesi dere sedimentlerindeki metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu elementi için Kış > Yaz > İlkbahar > Sonbahar; Pb elementi için Kış > Yaz > Sonbahar > İlkbahar; Zn elementi için Kış > Sonbahar > Yaz > İlkbahar; Ni elementi için İlkbahar > Sonbahar > Yaz > Kış ve Co elementi için İlkbahar > Yaz > Kış > Sonbahar şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Mevsimler bazında Solaklı bölgesine ait dere sediment değerleri kıyaslandığında aynı bölgeye ait deniz sedimentleriyle benzer olduğu genelde Sonbahar mevsimine ait değerlerin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 15). Solaklı Bölgesi'ne ait dere ve deniz sediment örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında deniz sediment değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 14. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 15. Solaklı Dere Bölgesi'ne ait sediment örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri

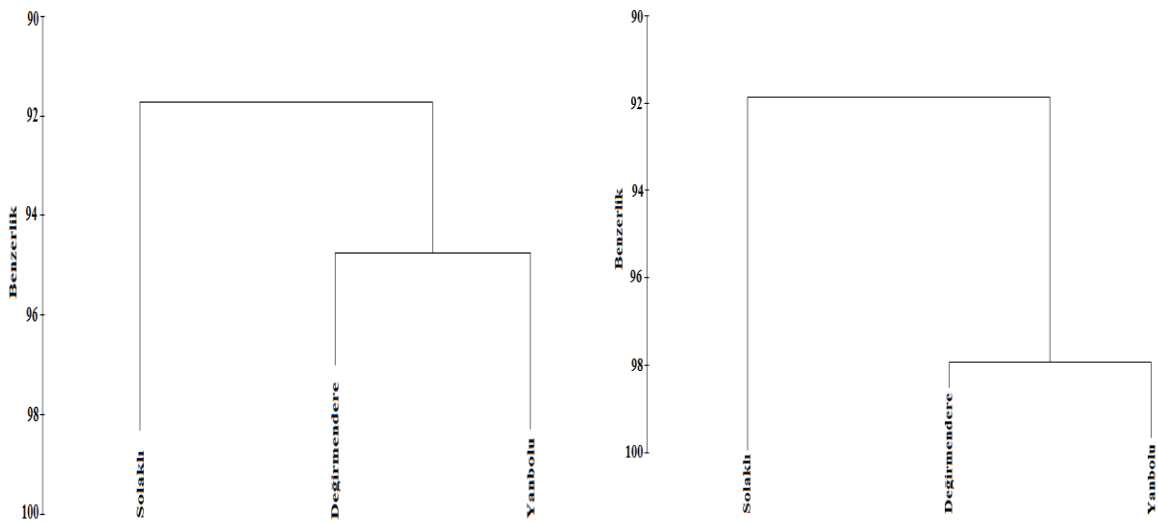
Solaklı Kıyusal Bölgesi'nde, Cu, Ni ve Co element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Pb ve Zn elementleri değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı ($p<0,05$) belirlenmiştir (Tablo 19).

Tablo 19. Solaklı Kıyusal Bölgesi'nde sediment metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)
İlkbahar	78,57 ± 15,84 ^{AB}	33,22 ± 2,72 ^A	112,50 ± 13,14 ^A	30,61 ± 3,88 ^A	21,85 ± 1,80 ^A
Yaz	90,45 ± 38,46 ^{AB}	34,93 ± 12,29 ^A	130,87 ± 34,53 ^A	23,60 ± 5,14 ^B	17,40 ± 1,69 ^B
Sonbahar	107,06 ± 26,98 ^A	38,33 ± 12,55 ^A	133,25 ± 18,80 ^A	24,41 ± 1,29 ^B	18,13 ± 0,52 ^B
Kış	76,21 ± 15,65 ^B	35,92 ± 14,28 ^A	116,00 ± 19,63 ^A	28,16 ± 1,95 ^{AB}	18,26 ± 1,61 ^B
Yıllık ort.	88,07	35,6	123,15	26,69	18,91

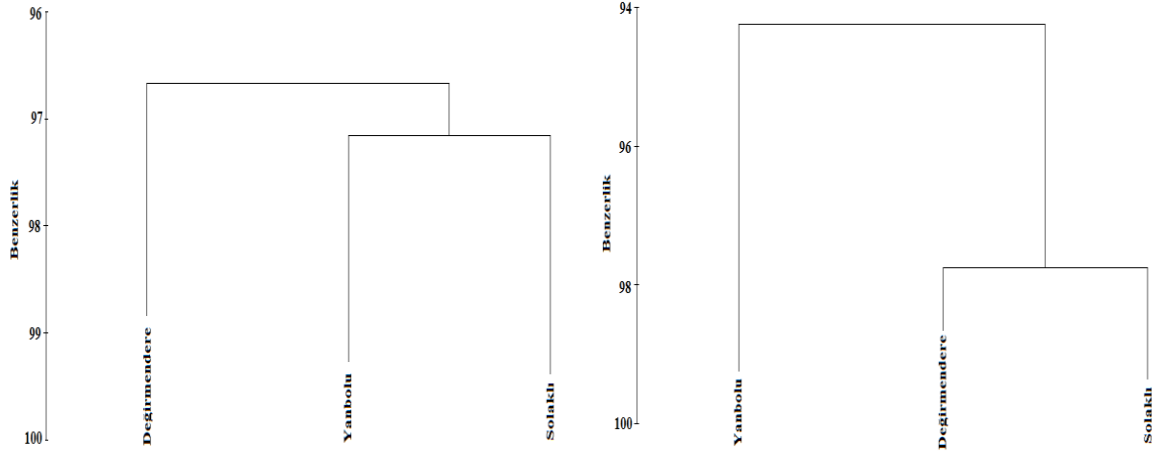
* n:4, Std.Sapma, ^{A, B}: Sütundaki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p<0,05$)

Bray curtis benzerlik indeksi uygulamasına göre araştırma yapılan kıyı bölgeleri ortalama sediment metal konsantrasyonları arasında Cu elementi açısından benzerlik oranının % 90'dan fazla olduğu saptanmıştır. Değirmendere ve Yanbolu Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 94,75 tespit edilirken bu gruba göre Solaklı Bölgesi'nin benzerlik oranı % 91,71 dir. Benzer ilişki Pb elementi için irdelendiğinde, benzerlik oranının % 90'dan fazla olduğu belirlenmiştir. Bu metal değeri açısından Değirmendere ve Yanbolu Bölgeleri arasındaki benzerlik oranı % 98 olarak bulunmuştur. Bu gruba göre Solaklı Bölgesi'nin benzerlik oranı % 91,5 dir (Şekil 16).



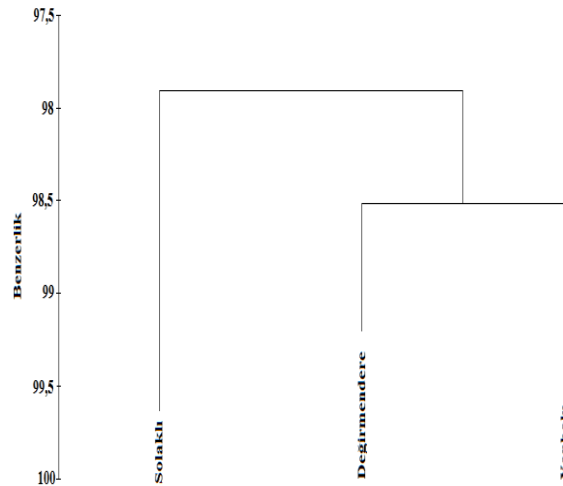
Şekil 16. Cu ve Pb elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

Zn elementi için benzerlik oranının % 90'dan fazla olduğu belirlenmiştir. Bu metal konsantrasyonu açısından Yanbolu ve Solaklı Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 97,15 olarak tespit edilirken bu gruba göre Değirmendere Bölgesi'nin benzerlik oranı % 96,17 dir. Benzerlik Ni elementi için irdelendiğinde benzerlik oranının % 90'dan büyük olduğu belirlenmiştir. Değirmendere ve Solaklı Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 97,75 olarak tespit edilirken Yanbolu araştırma Bölgesi'nin benzerlik oranı % 94,25 (Şekil 17).



Şekil 17. Zn ve Ni elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

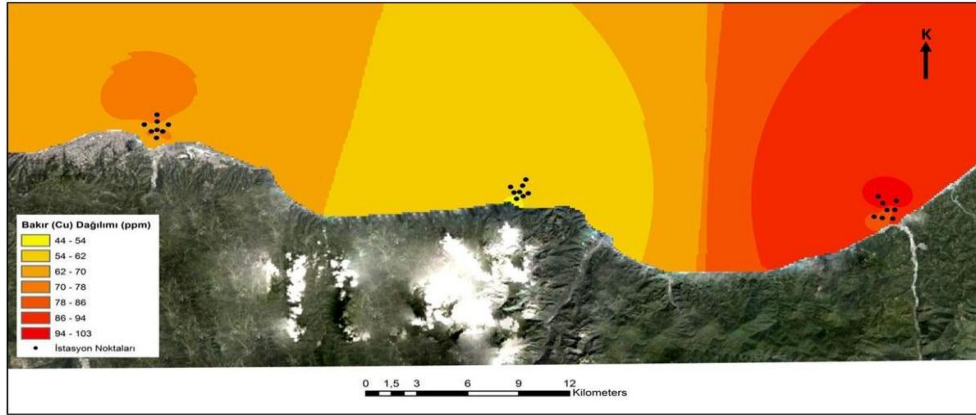
Co elementi açısından benzerlik oranının % 95'den fazla olduğu saptanmıştır. Bu metal konsantrasyonu açısından Değirmendere ve Yanbolu Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 98,51 tespit edilirken Solaklı Bölgesi'nin benzerlik oranı ise % 97,9 dir (Şekil 18).



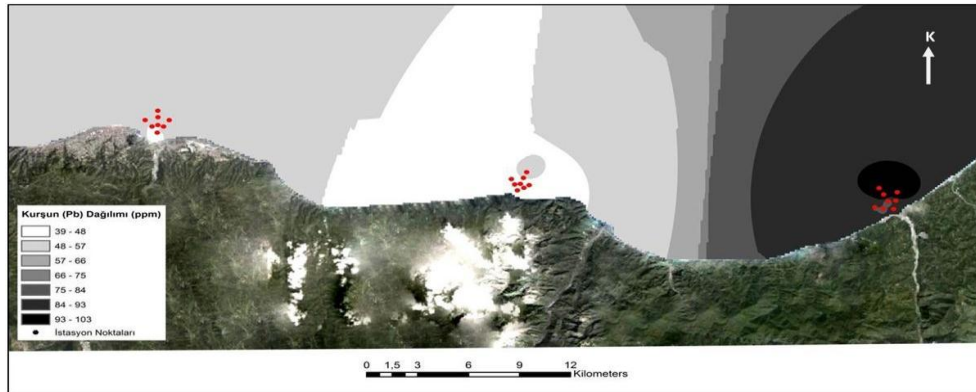
Şekil 18. Co elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

3.2.4. Sediment Metal Konsantrasyonlarının Alansal Dağılımı

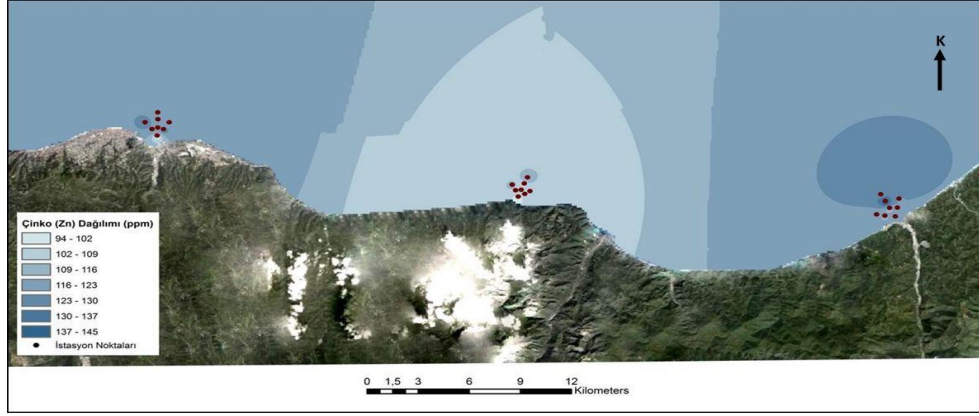
Bu çalışma için kullanılan temel verilerden bir tanesi Google Earth'dan alınan ve çalışma alanını kapsayan uydu görüntüsüdür. WGS84 datumunda ve coğrafi koordinatlarda (enlem ve boylam) olan bu tarama veri ile birlikte yine aynı koordinat sisteminde tanımlanan ve her bir çalışma bölgesinde gerçekleştirilen ölçmelerin konumlarını içeren noktasal veriler öncelikle çalışmaların daha kolay gerçekleştirilebilmesi için metrik sistemde olan UTM koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Daha sonra her bir bölge için elde edilen ağır metal değerleri oluşturulan veri tabanında her bir nokta ile ilişkilendirilmiştir. Grafik verilere ilişkin topolojik ilişkiler kurularak grafik veriler sistemde sorgulamaya hazır hale getirilmiştir. Çalışmada CBS yazılımı olarak ArcGIS kullanılmıştır. Her bir nokta için toplanan Cu, Pb, Zn, Ni ve Co verileri için gerçekleştirilen jeostatistik analizlerin ışığında dağılım haritaları Şekil 19, 20, 21, 22, 23'de verilmiştir.



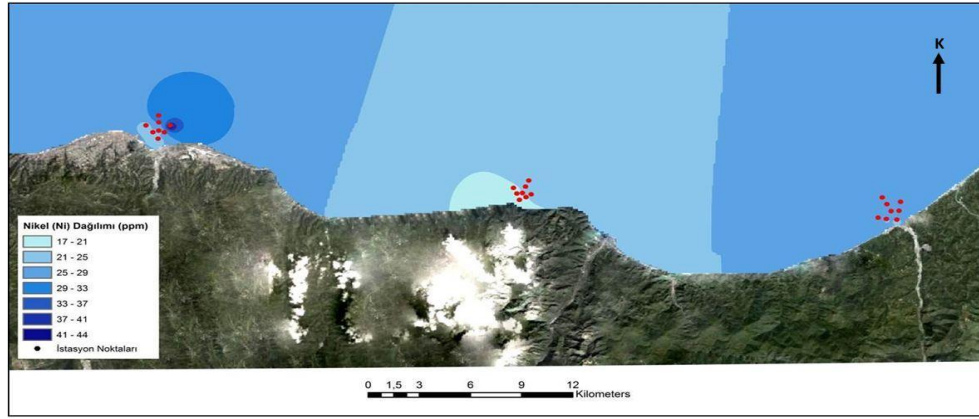
Şekil 19. Ortalama Cu konsantrasyonunun alansal dağılımı



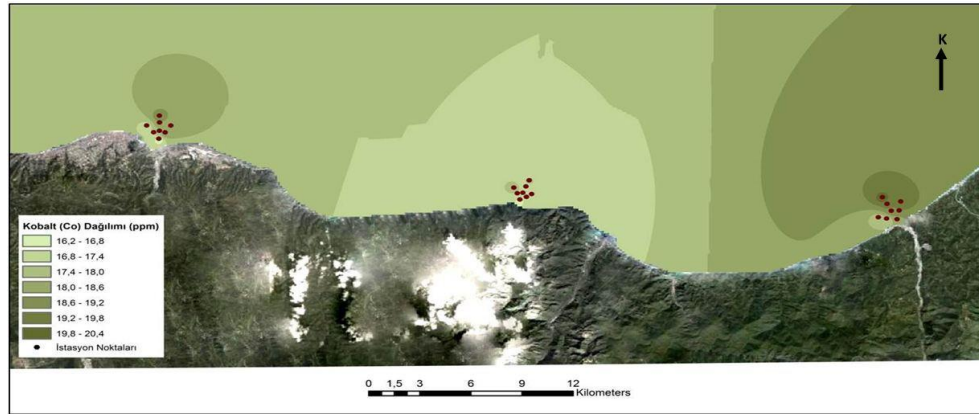
Şekil 20. Ortalama Pb konsantrasyonunun alansal dağılımı



Şekil 21. Ortalama Zn konsantrasyonunun alansal dağılımı



Şekil 22. Ortalama Ni konsantrasyonunun alansal dağılımı



Şekil 23. Ortalama Co konsantrasyonunun alansal dağılımı

Ağır metal elementler olan Cu, Pb, Zn, Ni ve Co'ın alansal dağılımları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonların akarsuların boşaldığı alanlarda ancak kıyıda 1 km açıkta olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon artışının nedeni akarsu kaynaklı ağır metal kirliliğinin kirleticileri absorbe eden kil boyutlu sedimentin kıyıda açığa artışının bir sonucudur. Elde edilen sonuçlar sedimente nüfuz etmiş kirleticilerin durumunu ortaya koymaktadır. Kirletici konsantrasyonu açık denize doğru gidildikçe azalış göstermesi ise karasal taşınımına bağlı kirleticilerin seyrelmesine bağlıdır.

Ağır metallerin alansal dağılımlarında, bölgesel farklılıklar irdelendiğinde Yanbolu deresi ağıklarının Değirmendere ve Solaklı derelerinin deşarj alanlarına göre tüm ağır metallerde daha düşük kirlilik yüküne sahip olduğu tespit edilmiştir. Ni hariç tüm elementlerde Solaklı deşarj havzası en yüksek konsantrasyonlara sahip bölgedir.

Ağır metal konsantrasyonlarının alansal dağılımlarına bağlı kaynak irdelemesi yapıldığında kirletici kaynağın doğal ve antropojenik etkiye bağlı metal kirleticilerin akarsulardan kaynaklandığı şekil 19, 20, 21, 22 ve 23'te görülmektedir.

3.3. Sediment Gözenek Sularında Metal Konsantrasyonları

3.3.1. Değirmendere Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Metal Konsantrasyonları

Değirmendere kıyılarında, sediment gözenek suyu örneklerinin mevsimsel metal içerikleri irdelendiğinde sonuçlar Tablo 20' deki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu ve Co elementi için 1 nolu istasyonda, Pb ve Zn elementi için 3 nolu istasyonda, Ni elementi için 4 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu ve Pb elementleri için 2 nolu istasyonda, Zn, Ni ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuştur.

Yaz mevsiminde, minimum değerler Cu elementi için 7 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 2 nolu istasyonda, Zn ve Ni elementleri için 1 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Pb, Zn, Ni ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sonbahar mevsiminde, araştırılan element değerlerinin saptama değerlerinin altında ölçüldüğünden dolayı mevsimsel değerlendirmeye katılmamıştır.

Kış mevsiminde, minimum değerler Cu elementi için 4 nolu istasyonda, Pb ve Zn elementleri için 5 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Cu ve Pb elementleri için 6 nolu istasyonda, Zn elementi için 2 nolu istasyonda, Ni elementi için 8 nolu istasyonda ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuştur. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonları Ek Tablo 4'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 20. Değirmendere kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppb)	10,65 ± 5,37	1	7,87	2
Pb (ppb)		3,36 ± 2,98	3	1,1	2	10,3
Zn (ppb)		24,75 ± 11,82	3	12,4	7	43,2
Ni (ppb)		3,43 ± 1,54	4	2	7	5,8
Co (ppb)		1,80 ± 0,91	1	0,96	7	3,71
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Yaz	Cu (ppb)	15,57 ± 5,42	7	11	5	26
	Pb (ppb)	19,82 ± 27,06	2	5	6	83
	Zn (ppb)	33,00 ± 23,72	1-4	20	6	82
	Ni (ppb)	5,06 ± 0,74	1	5	5	5,2
	Co (ppb)	2,50 ± 0,53	2	2	6	3
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Kış	Cu (ppb)	18,46 ± 11,07	4	5,1	6	32,7
	Pb (ppb)	19,77 ± 8,22	5	10,3	6	36,5
	Zn (ppb)	26,28 ± 11,36	5	10,7	2	41,3
	Ni (ppb)	6,85 ± 2,74	1	3,4	8	11,4
	Co (ppb)	4,98 ± 1,49	1	3,4	7	7,4

Değirmendere Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu ağır metal konsantrasyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 21'deki gibi olduğu görülmüştür. Değirmendere Bölgesine ait deniz ve dere sediment gözenek suları mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere sediment gözenek suyu metal değerlerinin Pb, Ni ve Co elementleri için deniz sediment gözenek suyu değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

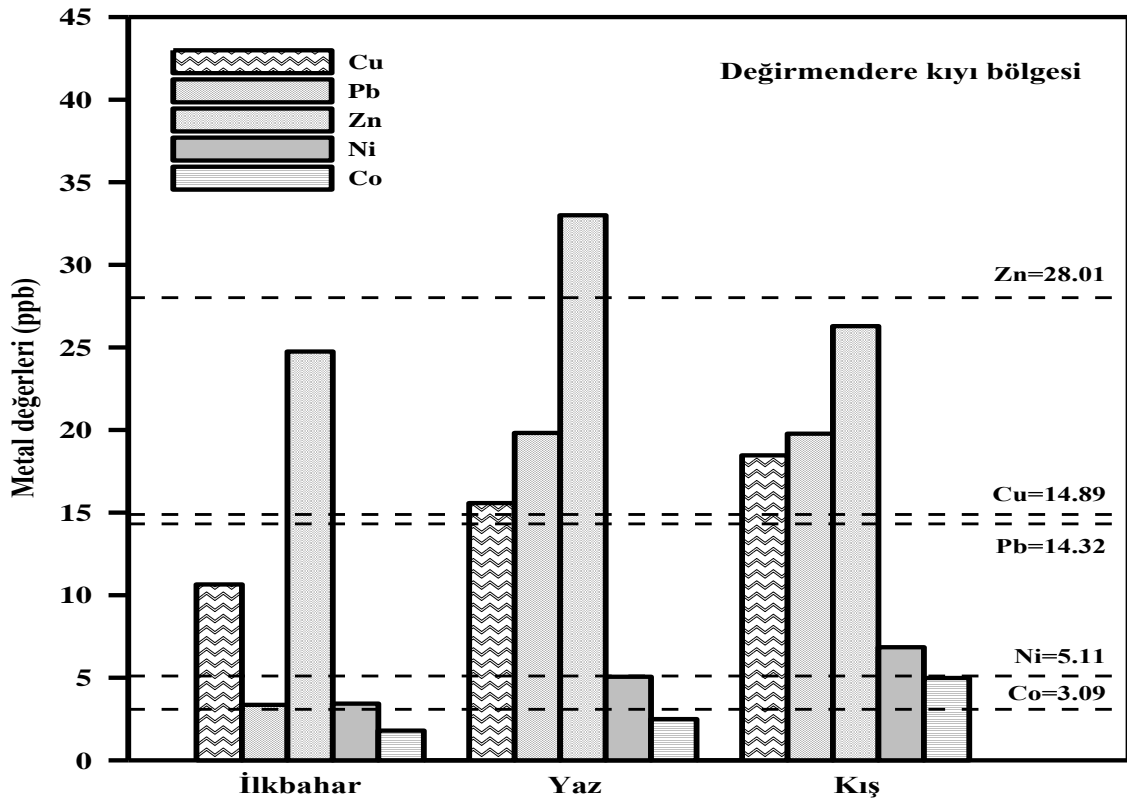
Tablo 21. Değirmendere Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	13,7	4,25	31,24	3,22	2,06
Yaz	22,04	14,12	32,04	6,14	1,84
Kış	9	22	27	5	3,5
Yıllık ort.	14,91 ± 6,60	13,45 ± 8,89	30,09 ± 2,70	4,78 ± 1,67	2,46 ± 0,90

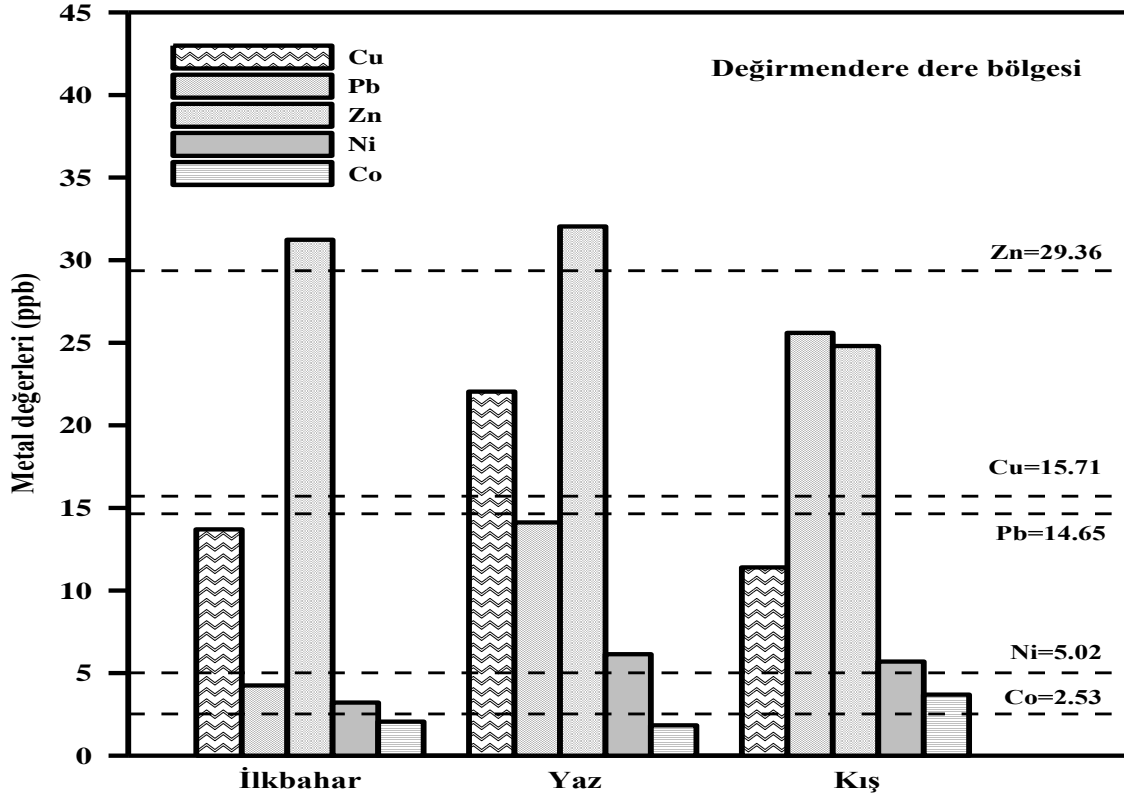
Değirmendere Bölgesi kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu, Ni ve Co elementleri için Kış > Yaz >

İlkbahar; Pb ve Zn elementleri için Yaz > Kış > İlkbahar şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Kış mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu, İlkbahar mevsiminin ise düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 24).

Değirmendere Bölgesi dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu ve Zn elementleri için Yaz > İlkbahar > Kış; Pb ve Ni elementleri için Yaz > Kış > İlkbahar; Co elementi için Kış > İlkbahar > Yaz > şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Şekil 25). Değirmendere Bölgesi'ne ait dere ve deniz sediment gözenek su örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında Pb, Ni ve Co elementleri için deniz Sediment gözenek suyu metal değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 24. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 25. Değirmendere Dere Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri

Değirmendere Kıyusal Bölgesi'nde, Cu, Ni ve Co element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Ni ve Co elementleri değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 22).

Tablo 22. Değirmendere kıyusal bölgesinde sediment gözenek suyu metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	10,65 ± 5,37 ^A	3,36 ± 2,98 ^A	24,75 ± 11,82 ^A	3,43 ± 1,54 ^A	1,80 ± 0,91 ^A
Yaz	15,57 ± 5,42 ^A	19,82 ± 27,06 ^A	33,00 ± 23,72 ^A	5,06 ± 0,07 ^{AB}	2,50 ± 0,53 ^A
Kış	18,46 ± 11,07 ^A	19,77 ± 8,22 ^A	26,28 ± 11,36 ^A	6,85 ± 2,74 ^B	4,98 ± 1,49 ^B
Yıllık ort.	14,89	14,31	28,01	5,11	2,92

* n:3, Std.Sapma, ^{A, B}: Sütundaki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$)

3.3.2. Yanbolu Kıyı ve Dere Bölgeleri'ne Ait Metal Konsantrasyonları

Yanbolu kıyılarında, sediment gözenek suyu örneklerinin mevsimsel metal içerikleri irdelendiğinde sonuçlar Tablo 23'deki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu elementi için 8 nolu istasyonda, Pb elementi için 6 nolu istasyonda, Zn ve Co elementleri için 2 nolu istasyonda Ni elementi için 5 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu elementi için 2 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda Zn, elementleri için 7 nolu istasyonda, Ni elementi için 3 nolu istasyonda bulunmuştur.

Yaz mevsiminde, minimum değerler Cu, Zn ve Ni elementi için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 2 nolu istasyonda, Co elementi için 8 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu ve Ni elementleri için 3 nolu istasyonda, Pb elementi için 1 nolu istasyonda, Zn elementi için 5 nolu istasyonda ve Co elementi için 6 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sonbahar mevsiminde, araştırılan element değerlerinin saptama değerlerinin altında ölçüldüğünden dolayı mevsimsel değerlendirmeye katılmamıştır.

Kış mevsiminde, minimum değerler Cu ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb element için 6 nolu istasyonda, Zn elementi için 2 nolu istasyonda ve Ni elementi için 5 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 2 nolu istasyonda, Zn elementi için 6 nolu istasyonda, Ni elementi için 7 nolu istasyonda bulunmuştur. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonları Ek Tablo 5'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 23. Yanbolu kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Minimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppb)	10,56 ± 5,42	8	7,6	2
Pb (ppb)		3,10 ± 2,91	6	1,1	7	10
Zn (ppb)		30,50 ± 12,62	2	12,3	1	50,6
Ni (ppb)		4,16 ± 3,61	5	2	3	12,8
Co (ppb)		1,69 ± 0,77	2	1,03	7	3,31
	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Yaz	Cu (ppb)	16,63 ± 11,46	1-5	12	3
Pb (ppb)		7,62 ± 7,02	2	5	1	25
Zn (ppb)		39,92 ± 31,91	1	20	5	109
Ni (ppb)		8,87 ± 10,55	1	5,1	3	35
Co (ppb)		1,22 ± 0,31	8	1	6	2
	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	Kış	Cu (ppb)	15,51 ± 7,07	1	5,7	5
Pb (ppb)		25,37 ± 7,14	6	14,1	2	34,1
Zn (ppb)		27,20 ± 19,80	2	6,9	6	52,1
Ni (ppb)		5,30 ± 2,09	5	2,5	7	8,1
Co (ppb)		7,88 ± 3,58	1	3,4	2	12,4

Yanbolu Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu ağır metal konsantrasyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 24 'deki gibi olduğu görülmüştür. Yanbolu Bölgesi'ne ait deniz ve dere sediment gözenek suları mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere sediment gözenek suyu metal değerlerinin yalnızca Co elementi için deniz sediment gözenek suyu değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

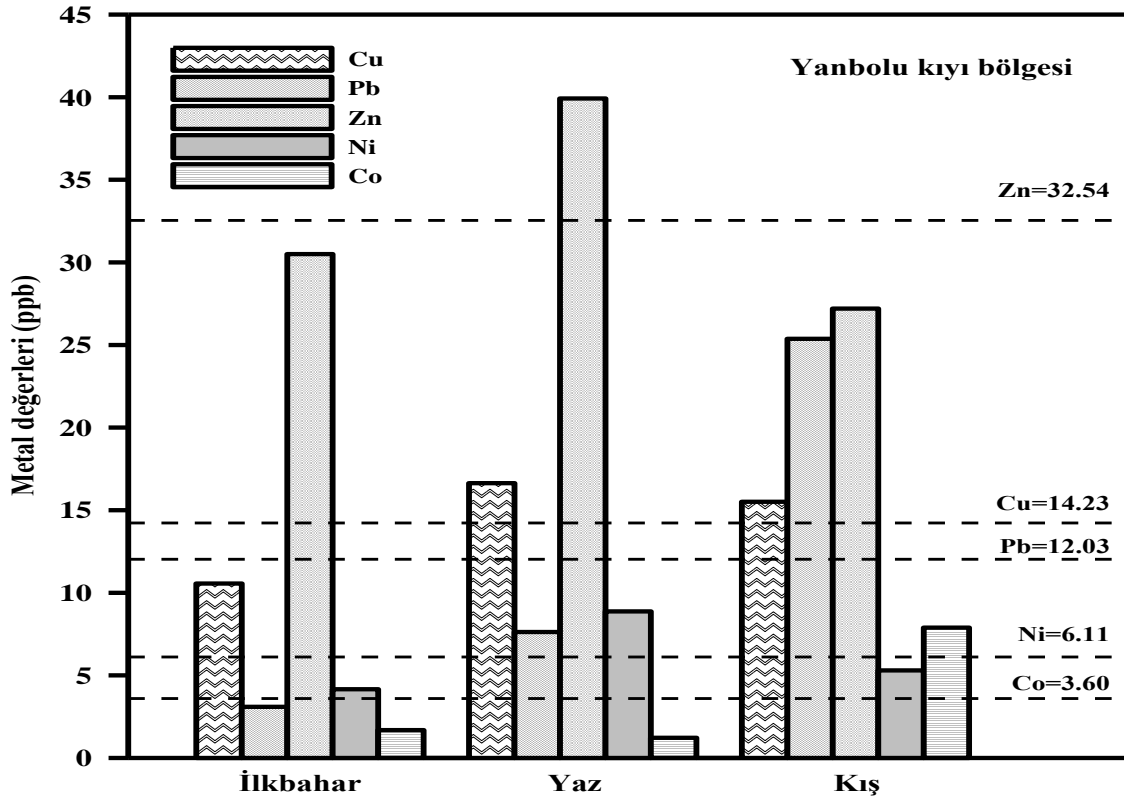
Tablo 24. Yanbolu Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	11,72	3,64	28,61	4,04	1,87
Yaz	18,63	8,85	30,89	8,74	1,24
Kış	14,6	48,8	47,6	6,1	3,4
Yıllık ort.	14,98 ± 3,47	20,43 ± 24,70	35,7 ± 10,36	6,29 ± 2,35	2,17 ± 1,11

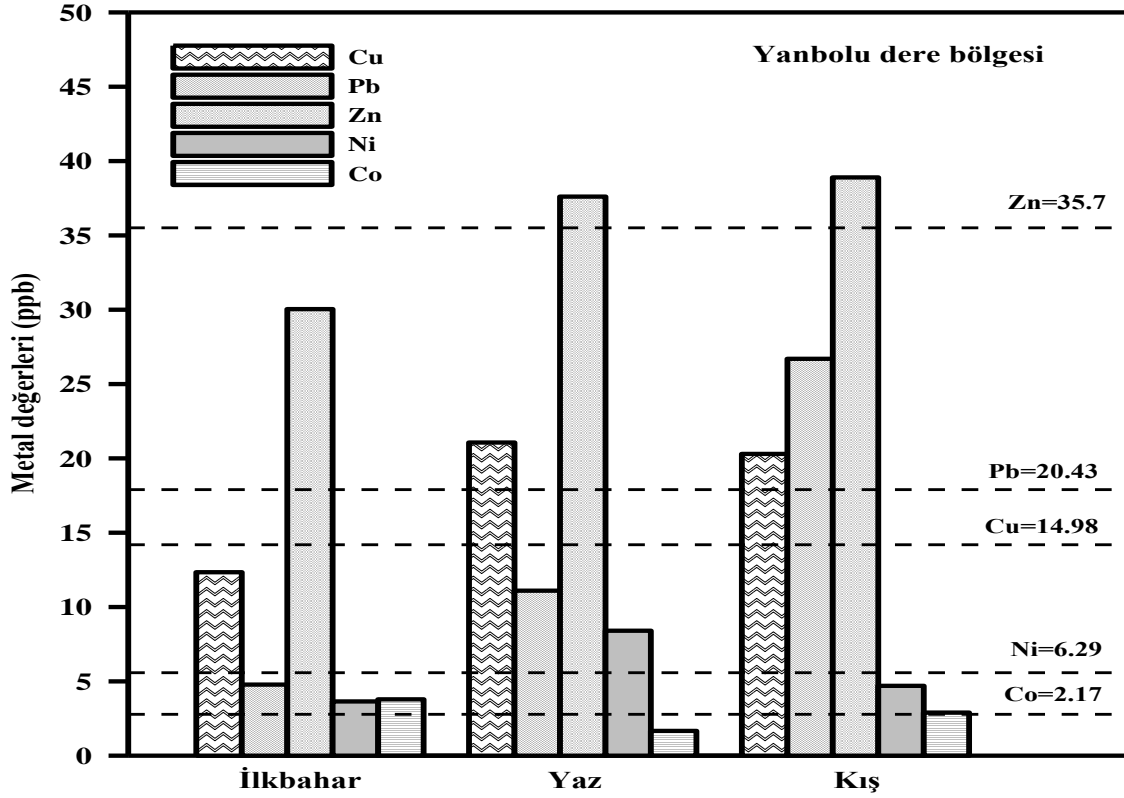
Yanbolu Bölgesi kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu, Ni elementleri için Yaz > Kış > İlkbahar; Pb elementi için Kış > Yaz > İlkbahar, Zn elementi için Yaz > İlkbahar > Kış; Co elementi için Kış > İlkbahar > Yaz şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik

değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Yaz mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu, İlkbahar mevsiminin ise düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 26).

Yanbolu Bölgesi dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu ve Ni elementleri için Yaz > Kış > İlkbahar; Pb ve Zn elementleri için Kış > Yaz > İlkbahar ve Co elementi için Kış > İlkbahar > Yaz > şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Şekil 27). Yanbolu Bölgesi'ne ait dere ve deniz sediment gözenek su örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında Cu, Pb, Zn ve Ni elementleri için deniz sediment gözenek suyu metal değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 26. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 27. Yanbolu Dere Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri

Yanbolu Kıyusal Bölgesi'nde, Cu, Zn ve Ni element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Pb ve Co elementleri değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. Yanbolu Kıyusal Bölgesi'nde sediment gözenek suyu metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	10,56 ± 5,42 ^A	3,10 ± 2,91 ^A	30,50 ± 12,62 ^A	4,16 ± 3,61 ^A	1,69 ± 0,77 ^A
Yaz	16,63 ± 11,46 ^A	7,62 ± 7,02 ^A	39,92 ± 31,91 ^A	8,87 ± 10,55 ^A	1,22 ± 0,31 ^A
Kış	15,51 ± 7,07 ^A	25,37 ± 7,14 ^B	27,20 ± 19,80 ^A	5,30 ± 2,09 ^A	7,88 ± 3,58 ^B
Yıllık ort.	14,23	12,03	32,54	6,11	3,59

* n:3, Std.Sapma, ^{A,B}: Sütundaki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$)

3.3.3. Solaklı Kıyı ve Dere Bölgeleri'ne Ait Metal Konsantrasyonları

Solaklı kıyılarında, sediment gözenek suyu örneklerinin mevsimsel metal içerikleri irdelendiğinde sonuçlar Tablo 26' daki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu ve Zn elementi için 4 nolu istasyonda, Pb elementi için 5 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 2 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu ve Pb elementleri için 6 nolu istasyonda, Zn elementi için 2 nolu istasyonda, Ni elementi için için 7 nolu istasyonda ve Co elementi için 4 nolu istasyonda bulunmuştur.

Yaz mevsiminde, minimum değerler Cu ve Ni elementi için 8 nolu istasyonda, Pb ve Zn elementleri için 2 nolu istasyonda, Co elementi için 3 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu elementi için 2 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda, Zn ve Ni elementi için 1 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sonbahar mevsiminde, araştırılan element değerlerinin saptama değerlerinin altında ölçüldüğünden dolayı mevsimsel değerlendirmeye katılmamıştır.

Kış mevsiminde, minimum değerler Cu, Pb ve Zn elementleri için 1 nolu istasyonda, Ni element için 5 nolu istasyonda, Co elementi için 4 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Cu, Pb ve Zn elementleri için 8 nolu istasyonda, Ni ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuştur. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait Sediment gözenek suyu metal konsantrasyonları Ek Tablo 6'da detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 26. Solaklı kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppb)	11,76 ± 2,53	4	8,7	6
Pb (ppb)		4,73 ± 2,65	5	1,9	6	9,5
Zn (ppb)		29,73 ± 14,79	3-4	10,4	2	49,4
Ni (ppb)		3,31 ± 1,37	2	2	7	5,2
Co (ppb)		4,05 ± 1,25	2	2,9	4	6,73
Element		Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
Yaz	Cu (ppb)	24,26 ± 17,34	8	10	2	64
	Pb (ppb)	13,60 ± 16,74	2-7	5	6	50
	Zn (ppb)	27,61 ± 20,36	2	20,1	1	78
	Ni (ppb)	8,58 ± 9,86	4-8	5	1	33
	Co (ppb)	2,38 ± 3,48	3	1	6	11
	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
Kış	Cu (ppb)	24,23 ± 8,02	1	11,5	8	35,6
	Pb (ppb)	24,33 ± 13,48	1	5,6	8	41,3
	Zn (ppb)	26,82 ± 12,77	1	12,3	8	50,7
	Ni (ppb)	9,35 ± 4,61	5	2,8	7	16,1
	Co (ppb)	6,86 ± 3,33	4	3,6	7	12,5

Solaklı Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu ağır metal konsantrasyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 27'deki gibi olduğu görülmüştür. Solaklı bölgesine ait deniz ve dere sediment gözenek suları mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere sediment gözenek suyu metal değerlerinin yalnızca Zn elementi için deniz sediment gözenek suyu değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

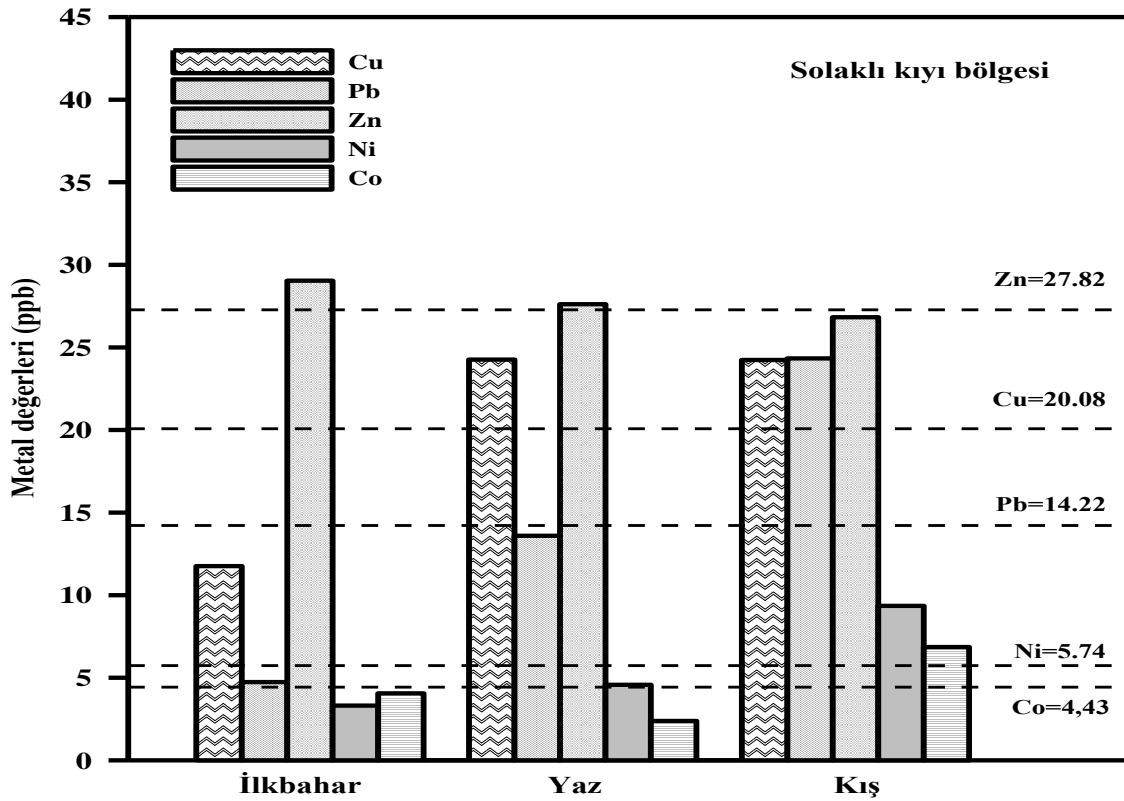
Tablo 27. Solaklı Bölgesi'ne ait dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	12,34	4,78	30,04	3,65	3,79
Yaz	21,07	11,1	37,61	8,41	1,67
Kış	7	19,4	23	4,7	2,8
Yıllık ort.	13,47 ± 7,10	11,76 ± 7,33	30,21 ± 7,30	5,58 ± 2,50	2,75 ± 1,06

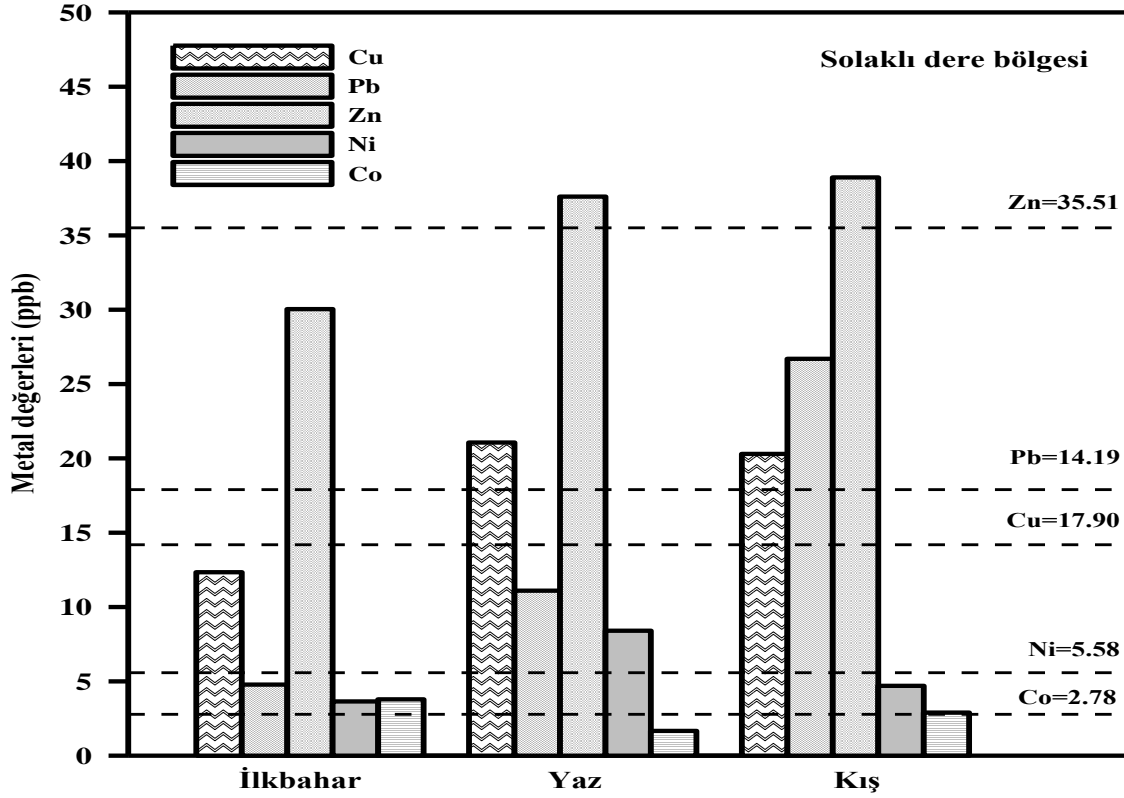
Solaklı Bölgesi kıyılarında sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu elementi için Yaz > Kış > İlkbahar; Pb ve Ni elementleri için Kış > Yaz > İlkbahar; Zn elementi için İlkbahar > Yaz > Kış ve Co

elementi için Kış > İlkbahar > Yaz şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Kış mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu, İlkbahar mevsiminin ise düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 28).

Solaklı Bölgesi dere sediment gözenek suyu metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu, Pb ve Zn elementleri için Yaz > İlkbahar > Kış; Ni elementi için Yaz > Kış > İlkbahar ve Co elementi için İlkbahar > Kış > Yaz > şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Şekil 29). Solaklı Bölgesi'ne ait dere ve deniz sediment gözenek su örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında Cu, Pb, Ni ve Co elementleri için deniz sediment gözenek suyu metal değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 28. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 29. Solaklı Dere Bölgesi'ne ait sediment gözenek suyu örneklerinde mevsimsel ortalama metal değerleri

Solaklı Kıyısal Bölgesi'nde, Cu, Zn ve Ni element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Pb ve Co elementleri değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 28).

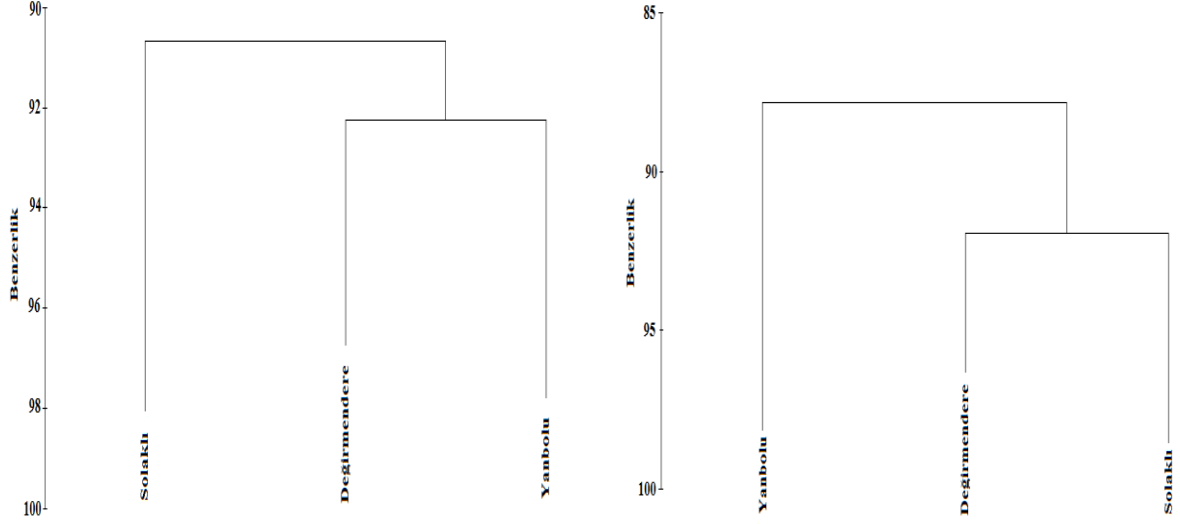
Tablo 28. Solaklı Kıyısal Bölgesi'nde sediment gözenek suyu metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	11,76 ± 2,53 ^A	4,73 ± 2,65 ^A	29,03 ± 14,79 ^A	3,31 ± 1,37 ^A	4,05 ± 1,25 ^{AB}
Yaz	24,26 ± 17,34 ^A	13,60 ± 16,74 ^{AB}	27,61 ± 20,36 ^A	4,57 ± 7,04 ^A	2,38 ± 3,48 ^A
Kış	24,23 ± 8,02 ^A	24,33 ± 13,48 ^B	26,82 ± 12,77 ^A	9,35 ± 4,61 ^A	6,86 ± 3,33 ^B
Yıllık ort.	20,08	14,22	27,82	5,74	4,43

* n:3, Std.Sapma, ^{A, B}: Sütundaki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$)

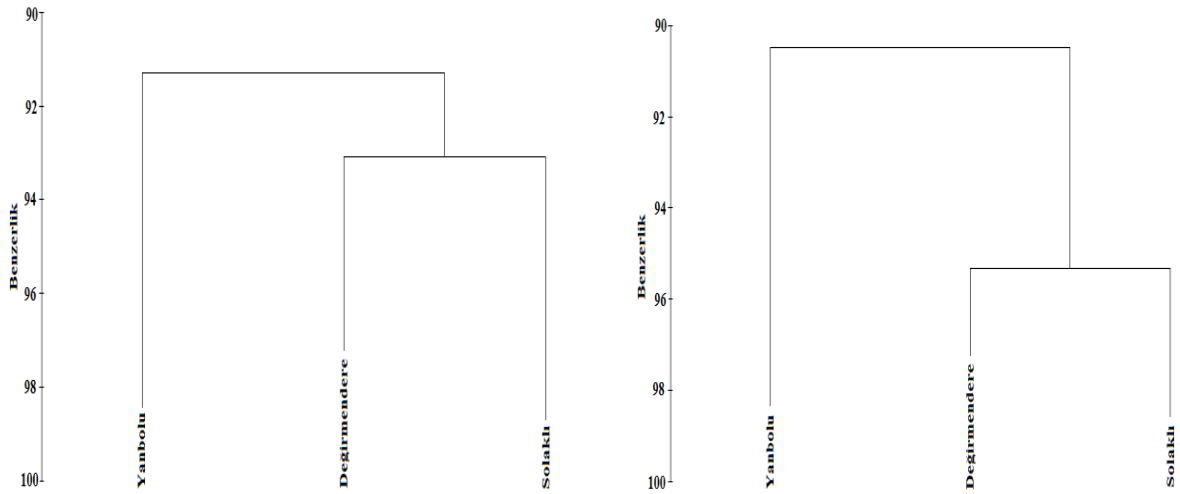
Bray curtis benzerlik indeksi uygulamasına göre araştırma yapılan kıyı bölgeleri ortalama sediment gözenek suyu metal konsantrasyonları arasında Cu elementi açısından benzerlik oranının % 90'dan fazla olduğu saptanmıştır. Değirmendere ve Yanbolu bölgeleri arasında benzerlik oranı % 92,25 tespit edilirken Solaklı Bölgesi'nin benzerlik oranı ise % 90,68 dir. Benzer ilişki Pb elementi için irdelendiğinde, benzerlik oranının %

85'den fazla olduğu belirlenmiştir. Bu metal değeri açısından Değirmendere ve Solaklı Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 91,15 olarak tespit edilirken Yanbolu Araştırma Bölgesi'nin benzerlik oranı ise % 87,82 dir (Şekil 30).



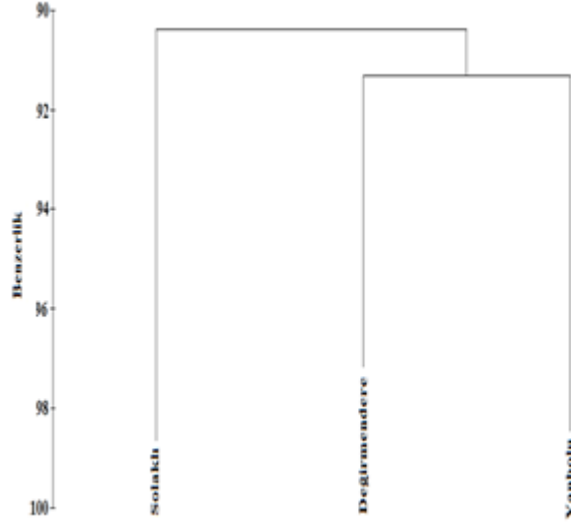
Şekil 30. Cu ve Pb elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

Zn elementi açısından benzerlik oranının % 90'dan fazla olduğu saptanmıştır. Bu metal konsantrasyonu açısından Değirmendere ve Solaklı Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 93,08 olarak tespit edilirken Yanbolu Bölgesi'nin benzerlik oranı % 91,3 dir. Benzer ilişki Ni elementi için irdelendiğinde benzerlik oranının % 90'dan fazla olduğu belirlenmiştir. Değirmendere ve Solaklı Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 95,32 olarak tespit Yanbolu Bölgesi'nin benzerlik oranı % 90,49 dur (Şekil 31).



Şekil 31. Zn ve Ni elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

Co elementi açısından benzerlik oranının % 90'dan fazla olduğu saptanmıştır. Bu metal konsantrasyonu açısından Değirmendere ve Yanbolu Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 91,31 tespit edilirken Solaklı Araştırma Bölgesi'nin benzerlik oranı % 90,38'dir (Şekil 32).



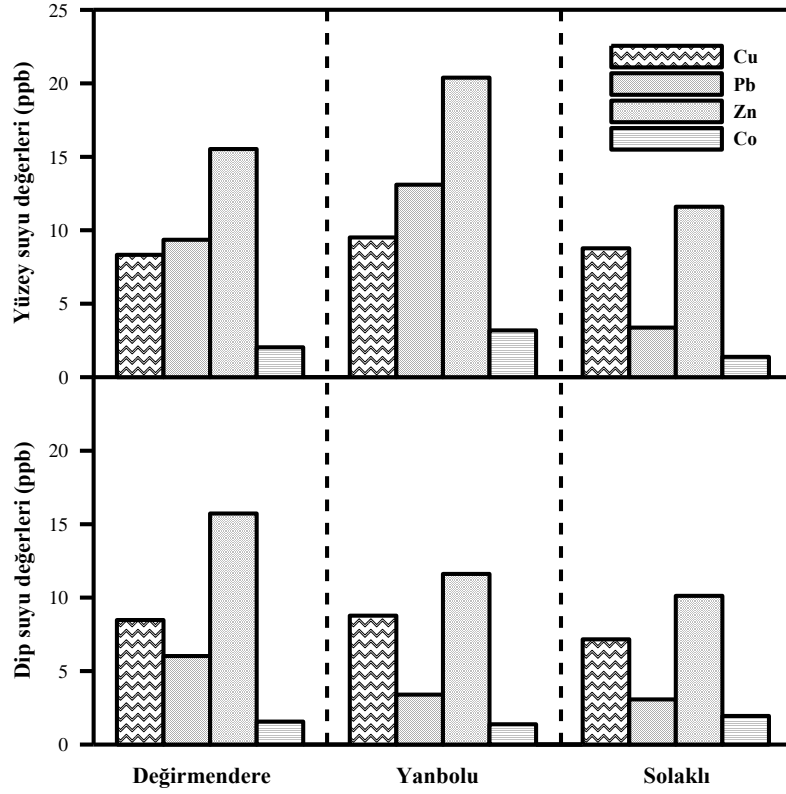
Şekil 32. Co elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

3.4. Su Örneklerinde Metal İçeriği

3.4.1. Su Örneklerinde Çözünmüş Metal Konsantrasyonu

Bu metaller 0.45 µm membran fitreden geçebilen metallerdir. Çalışma sahalarından alınan deniz ve tatlı su örnekleri 0.45 µm membran fitreden süzöldükten sonra 3 mL asit çözeltisi ile pH'ı 2 düşüröldükten sonra metal analizleri yapılmak üzere ACME analitik kimya laboratuvarına gönderilmiştir. Akabinde gelen analiz sonuçlarına yapılan değerlendirmelerde aşağıdaki gibi sınıflandırılmışlardır.

Su örneklerinde çözönmüş metal değerleri herbir araştırma bölgesi için yüzey ve dip suları olmak üzere iki farklı derinlik tabakasında gerçekleştirilmiştir. İlkbahar mevsimine ait su örneklerinde çözönmüş metal konsantrasyonlarının yüzey ve dip sularındaki değişimi Şekil 33'deki gibi verilmiştir.



Şekil 33. Araştırma Bölgelerinin'e ait çözülmüş metal değerlerinin İlkbahar mevsiminde değişimi

Değirmendere Bölgesi yüzey suyu örneklerinde, minimum değerler Cu, Pb ve Co elementleri için 5 nolu istasyonda, Zn elementi için 7 nolu istasyonda bulunmuşken maksimum değerler, Cu elementi için 4 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 6 nolu istasyonda ve Zn elementi için 5 nolu istasyonda bulunmuştur. Aynı bölgede, dip suyu örneklerinde minimum değerler, Cu, Pb ve Co elementleri için 8 nolu istasyonda, Zn elementi için 1 ve 2 nolu istasyonlarda bulunmuşken maksimum değerler, Cu elementi için 4 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 5 nolu istasyonda, Zn elementi için 6 nolu istasyonda bulunmuştur (Tablo 29).

Yanbolu Bölgesi yüzey suyu örneklerinde, minimum değerler Cu elementi için 3 nolu istasyonda, Pb elementi için 7 nolu istasyonda, Zn elementi için 2 nolu istasyonda ve Co elementi için 8 nolu istasyonda bulunmuşken, maksimum değerler Cu ve Zn elementleri için 8 nolu istasyonda, Pb ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda bulunmuştur. Aynı bölgede, dip suyu örneklerinde, minimum değerler Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Pb elementi için 3 nolu istasyonda, Zn elementi için 4 ve 5 nolu istasyonda, Co elementi için 2 nolu istasyonda bulunmuşken maksimum değerler Cu

elementi için 4 nolu istasyonda, Pb elementi için 2 nolu istasyonda, Zn ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda görülmüştür (Tablo 29).

Solaklı Bölgesi yüzey suyu örneklerinde, minimum değerler Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Pb elementi için 3 nolu istasyonda, Zn ve Co elementleri için 2 nolu istasyonda bulunmuşken, maksimum değerler Cu elementi için 4 nolu istasyonda, Pb elementi için 2 nolu istasyonda ve Zn ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda bulunmuştur. Aynı bölgede, dip suyu örneklerinde minimum değerler, Cu elementi için 8 nolu istasyonda, Pb elementi için 1 nolu istasyonda, Zn ve Co elementleri için 3 nolu istasyonda bulunmuşken, maksimum değerler Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Pb elementi için 7 nolu istasyonda, Zn ve Co elementleri için 8 nolu istasyonda tespit edilmiştir (Tablo 29).

Tablo 29. İlkbahar mevsiminde araştırma bölgelerine ait ortalama metal değerleri

Değirmendere	Yüzey	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer	
		Cu (ppb)	8,32 ± 1,05	5	7,5	4	10,8	
		Pb (ppb)	9,35 ± 10,04	5	2,6	6	32,8	
		Zn (ppb)	15,52 ± 5,18	7	8,6	5	22	
		Co (ppb)	2,03 ± 1,09	5	1,15	6	4,52	
Dip		Cu (ppb)	8,47 ± 0,50	8	7,7	4	9,2	
		Pb (ppb)	6,02 ± 2,52	8	3,4	5	10,9	
		Zn (ppb)	15,72 ± 4,67	1-2	12,3	6	25,1	
		Co (ppb)	1,56 ± 0,37	8	1,01	5	2,18	
Yanbolu	Yüzey	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer	
		Cu (ppb)	9,51 ± 0,79	3	8,4	8	10,9	
		Pb (ppb)	13,10 ± 9,75	7	3,8	1	28,9	
		Zn (ppb)	20,38 ± 9,37	2	8	8	31,2	
		Co (ppb)	3,18 ± 3,47	8	1,26	1	11,5	
	Dip		Cu (ppb)	8,77 ± 0,83	5	7,8	4	10,4
			Pb (ppb)	3,40 ± 0,68	3	2,3	2	4,5
			Zn (ppb)	11,65 ± 3,85	4-5	10	1	21,1
		Co (ppb)	1,38 ± 0,19	2	1,16	1	1,73	
Solaklı	Yüzey	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer	
		Cu (ppb)	8,77 ± 0,83	5	7,8	4	10,4	
		Pb (ppb)	3,37 ± 0,69	3	2,3	2	4,5	
		Zn (ppb)	11,60 ± 3,86	2	10	1	21,2	
		Co (ppb)	1,38 ± 0,19	2	1,16	1	1,73	
	Dip		Cu (ppb)	7,16 ± 1,42	8	4,4	5	9,2
			Pb (ppb)	3,07 ± 0,07	1	3	7	3,2
			Zn (ppb)	10,12 ± 0,10	3	10	8	10,3
		Co (ppb)	1,94 ± 1,49	3	1,11	8	5,56	

Su örneklerinde çözülmüş metal değerleri diğer çalışma dönemleri için araştırılan elementler için genelde saptama limitlerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 30).

Tablo 30. Yaz, Sonbahar ve Kış mevsimlerinde araştırma bölgelerine ait çözünmüş metal konsantrasyonları

Bölge	Dönem	Su Tabakası	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
Değirmendere	Yaz	Yüzey	< 5	18,25	< 5	< 2	< 1
		Dip	< 5	20,62	< 5	< 2	< 1
	Sonbahar	Yüzey	< 5	12,21	< 5	< 2	< 1
		Dip	< 5	13,97	< 5	< 2	< 1
	Kış	Yüzey	< 5	< 5	< 5	< 2	< 1
		Dip	< 5	< 5	< 5	< 2	< 1
Yanbolu	Yaz	Yüzey	< 5	17,87	< 5	< 2	1,87
		Dip	< 5	18,5	< 5	< 2	2,47
	Sonbahar	Yüzey	< 5	< 5	< 5	< 2	< 1
		Dip	< 5	< 5	< 5	< 2	< 1
	Kış	Yüzey	< 5	< 5	< 5	< 2	< 1
		Dip	< 5	< 5	< 5	< 2	< 1
Solaklı	Yaz	Yüzey	< 5	20,42	< 5	< 2	< 1
		Dip	< 5	6,97	28	< 2	< 1
	Sonbahar	Yüzey	< 5	25,8	18,62	< 2	< 1
		Dip	< 5	10,06	< 5	< 2	< 1
	Kış	Yüzey	< 5	< 5	< 5	< 2	< 2
		Dip	< 5	< 5	< 5	< 2	< 2

3.4.2. Su Örneklerinde Süspans Olmuş Metal İçeriği

3.4.2.1. Değirmendere Kıyı ve Dere Bölgelerine Ait Süspans Olmuş Metal İçeriği

Bu metaller 0.45 µm membran filtrede alıkonan metallerdir. Değirmendere kıyılarında, süspans olmuş metal içerikleri mevsimsel olarak irdelendiğinde sonuçlar Tablo 31' daki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu, Pb ve Zn elementleri için 6 nolu istasyonda, Ni elementi için 7 nolu istasyonda, Co elementi için 8 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu, Pb, Zn ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda, Ni elementi için 4 nolu istasyonda bulunmuştur.

Yaz mevsiminde, minimum değerler Cu elementi için 3 nolu istasyonda, Pb, Zn ve Ni elementleri için 7 nolu istasyonda, Co elementi için 8 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb

elementi için 6 nolu istasyonda, Zn elementi için 8 nolu istasyonda ve Ni elementi için 4 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sonbahar mevsiminde, minimum değerler Cu ve Pb elementleri için 8 nolu istasyonda, Zn, Ni ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu ve Pb elementleri için 4 nolu istasyonda, Zn ve Co elementleri için 8 nolu istasyonda, Ni elementi için 2 nolu istasyonda bulunmuştur.

Kış mevsiminde, minimum değerler Cu ve Zn elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 8 nolu istasyonda, Ni elementi için 6 nolu istasyonda ve Co elementi için 7 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Cu elementi için 6 nolu istasyonda, Pb, Co ve Ni elementleri için 4 nolu istasyonda, ve Zn elementi için 2 nolu istasyonda bulunmuştur. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonları Ek Tablo 7'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 31. Değirmendere kıyılarında süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppb)	19,75 ± 11,08	6	11	1
Pb (ppb)		13,37 ± 5,09	6	6	1	21
Zn (ppb)		42,37 ± 20,18	6	23	1	82
Ni (ppb)		17,20 ± 6,10	7	13,1	4	30,6
Co (ppb)		4,00 ± 4,20	8	1,3	1	13,3
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Yaz	Cu (ppb)	29,48 ± 8,98	3	19	1	48
	Pb (ppb)	17,47 ± 7,86	7	8	6	33
	Zn (ppb)	78,38 ± 54,20	7	49	8	210
	Ni (ppb)	32,00 ± 22,19	7	10,2	4	61,9
	Co (ppb)	17,25 ± 8,37	8	5,2	1	28,1
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Sonbahar	Cu (ppb)	38,37 ± 20,63	8	18	4	86
	Pb (ppb)	18,00 ± 10,09	8	8	4	39
	Zn (ppb)	122,41 ± 60,01	7	42,4	8	235,7
	Ni (ppb)	9,98 ± 3,36	7	6,2	2	14,8
	Co (ppb)	5,96 ± 3,80	7	1,4	8	13,8
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Kış	Cu (ppb)	27,62 ± 10,04	1	14	6	44
	Pb (ppb)	9,75 ± 3,61	8	5	4	17
	Zn (ppb)	36,25 ± 14,50	1	22	2	59
	Ni (ppb)	35,06 ± 12,11	6	12,4	4	65
	Co (ppb)	7,91 ± 5,74	7	2,5	4	18,5

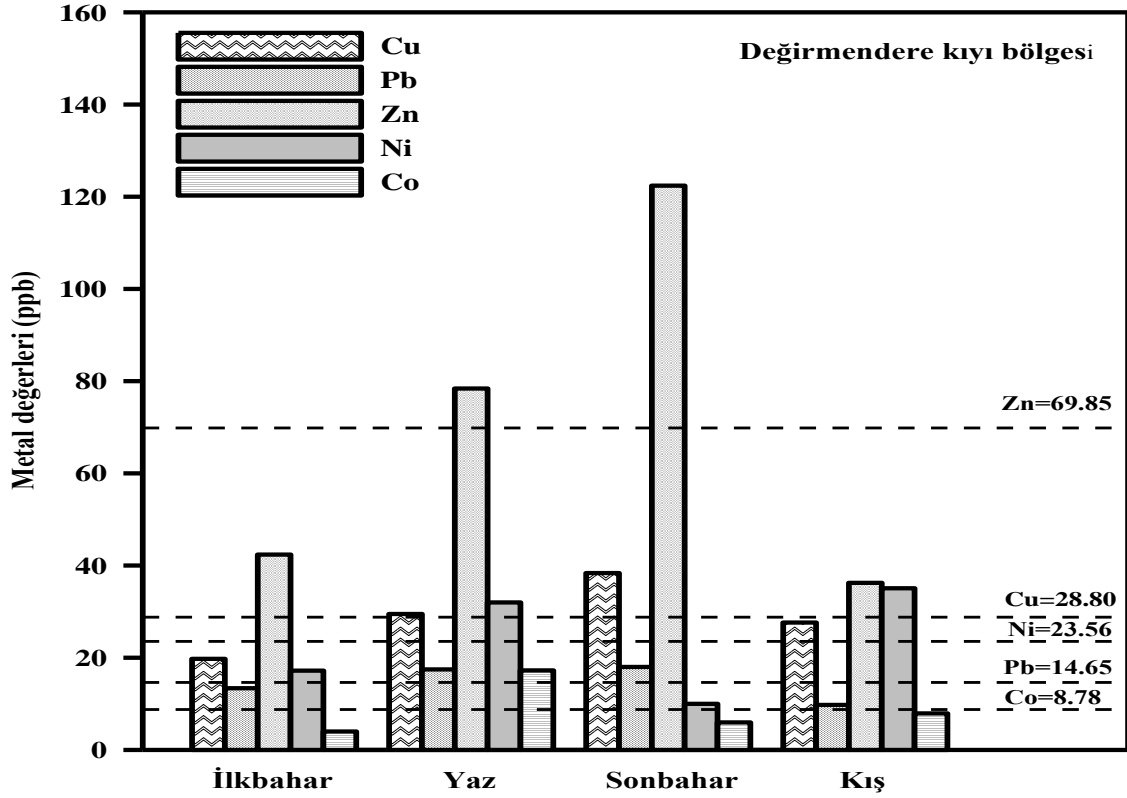
Değirmendere Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 32'deki gibi olduğu görülmüştür. Değirmendere bölgesine ait deniz ve dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinin deniz suyu örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 32. Değirmendere Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspansel olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

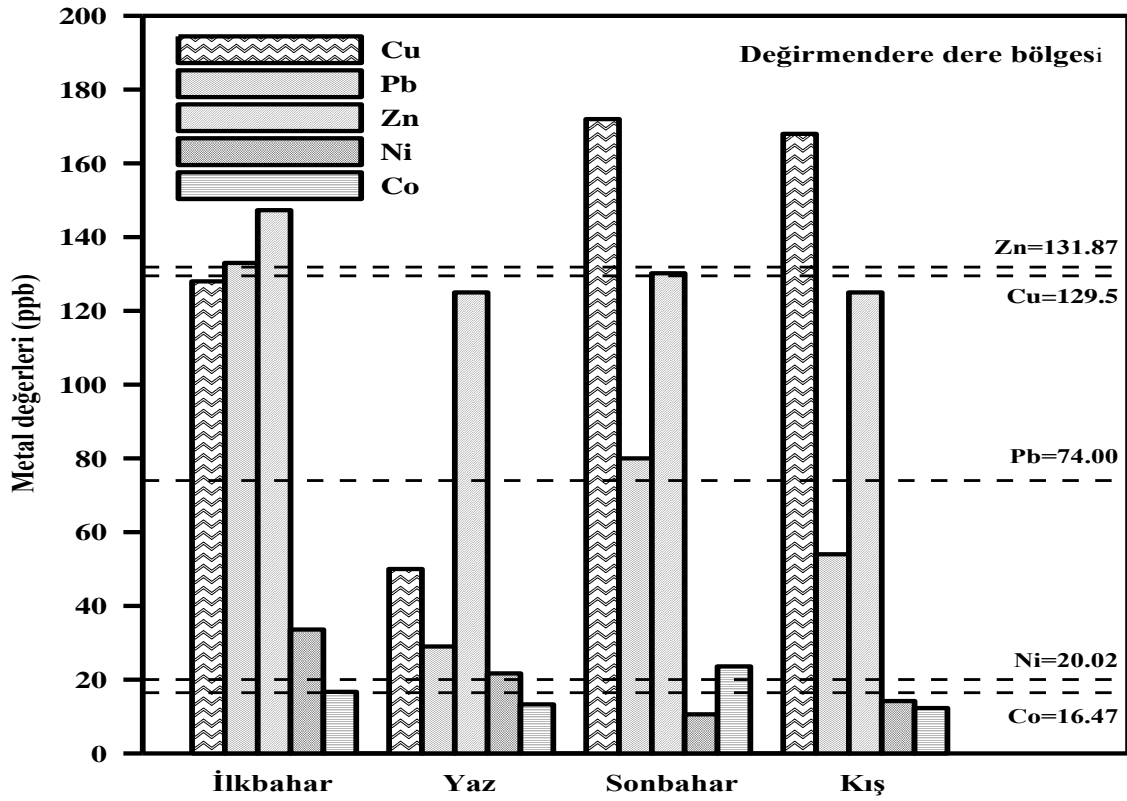
Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	128	133	147	33,6	16,7
Yaz	50	29	125	21,7	13,3
Sonbahar	172	80	130	10,6	23,6
Kış	168	54	125	14,2	12,3
Yıllık ort.	129,5 ± 56,60	74,00 ± 44,50	131,75 ± 10,43	20,02 ± 10,16	16,47 ± 5,10

Değirmendere Bölgesi kıyılarında su örneklerinde süspansel olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu ve Pb elementleri için Sonbahar > Yaz > Kış > İlkbahar; Zn elementi için Sonbahar > Yaz > İlkbahar > Kış; Ni elementi için Kış > Yaz > İlkbahar > Sonbahar ve Co elementi için Yaz > Kış > Sonbahar > İlkbahar şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Sonbahar mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu, İlkbahar mevsiminin ise düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 34).

Değirmendere Bölgesi dere su örneklerinde süspansel olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu elementi için Sonbahar > Kış > İlkbahar > Yaz; Pb elementi için İlkbahar > Sonbahar > Kış > Yaz, Zn elementi için İlkbahar > Sonbahar > Kış = Yaz; Ni elementi için İlkbahar > Yaz > Kış > Sonbahar ve Co elementi için Sonbahar > İlkbahar > Yaz > Kış şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Şekil 35). Değirmendere Bölgesi'ne ait dere ve deniz su örneklerinde süspansel olmuş metal örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında deniz sediment su örneklerinde süspansel olmuş metal değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 34. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 35. Değirmendere Dere Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri

Değirmendere Kıyısı Bölgesi'nde, Cu, Pb, Ni ve Co element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olduğu, Pb element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının ise önemli olmadığı ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 33).

Tablo 33. Değirmendere Kıyısı Bölgesi'nde su örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	19,75 ± 11,08 ^A	13,37 ± 5,09 ^A	42,37 ± 20,18 ^A	17,20 ± 6,10 ^{AB}	4,00 ± 4,20 ^A
Yaz	29,48 ± 8,98 ^{AB}	17,47 ± 7,86 ^A	78,38 ± 54,20 ^{AB}	32,00 ± 22,19 ^A	17,25 ± 8,37 ^B
Sonbahar	38,37 ± 20,63 ^B	18,00 ± 10,09 ^A	122,41 ± 60,01 ^B	9,98 ± 3,36 ^B	5,96 ± 3,80 ^A
Kış	27,62 ± 10,04 ^{AB}	9,75 ± 3,61 ^A	36,25 ± 14,50 ^A	35,06 ± 22,11 ^A	7,91 ± 5,74 ^A
Yıllık ort.	28,80	14,64	69,85	23,56	8,78

* n:4, Std.Sapma, ^{A, B}: Sütundaki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$)

3.4.2.2. Yanbolu Kıyı ve Dere Bölgeleri'ne Ait Süspanse Olmuş Metal İçeriği

Yanbolu kıyılarında, süspanse olmuş metal içerikleri mevsimsel olarak irdelendiğinde sonuçlar Tablo 34'deki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu ve Zn elementleri için 8 nolu istasyonda, Pb elementi için 4 nolu istasyonda, Ni elementi için 2 nolu istasyonda ve Co elementi için 7 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu, Zn ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 7 nolu istasyonda ve Ni elementi için 8 nolu istasyonda tespit edilmiştir.

Yaz mevsiminde, minimum değerler Cu ve Co elementler için 8 nolu istasyonda, Pb elementi için 4 nolu istasyonda, Zn ve Ni elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu, Pb ve Co elementleri için 3 nolu istasyonda, Zn elementi için 8 nolu istasyonda ve Ni elementi için 1 nolu istasyonda belirlenmiştir.

Sonbahar mevsiminde, minimum değerler Cu elementi için 5 nolu istasyonda, Pb, Zn, Ni ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu elementi için 1 nolu istasyonda, Pb, Zn ve Co elementleri için 8 nolu istasyonda, Ni elementi için 2 nolu istasyonda bulunmuştur.

Kış mevsiminde, minimum değerler Cu, Ni ve Co elementleri için 3 nolu istasyonda, Pb ve Zn elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Cu ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda, Pb elementi için 8 nolu

istasyonda, Zn elementi için 4 nolu istasyonda ve Ni elementi için 3 nolu istasyonda ölçülmüştür. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspansel olmuş metal konsantrasyonları Ek Tablo 8'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 34. Yanbolu kıyılarında süspansel olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppb)	25,32 ± 14,41	8	12,6	1
Pb (ppb)		13,05 ± 4,19	4	9	7	21
Zn (ppb)		52,60 ± 21,00	8	30,8	1	88
Ni (ppb)		39,78 ± 20,51	2	11,8	8	67
Co (ppb)		6,96 ± 5,80	7	2,1	1	18,1
Element		Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
Yaz	Cu (ppb)	27,50 ± 18,29	8	12	3	67
	Pb (ppb)	37,00 ± 11,72	4	27	3	57
	Zn (ppb)	54,00 ± 13,81	7	42	8	80
	Ni (ppb)	22,28 ± 13,67	7	12	1	53
	Co (ppb)	9,57 ± 9,07	8	2,8	3	30,4
	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
Sonbahar	Cu (ppb)	14,87 ± 7,66	5	6	1	28
	Pb (ppb)	10,25 ± 3,15	7	6	8	14
	Zn (ppb)	39,25 ± 14,63	7	22	8	63
	Ni (ppb)	33,05 ± 21,22	7	10	2	77
	Co (ppb)	2,98 ± 2,55	7	1,1	8	8,9
	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
Kış	Cu (ppb)	30,37 ± 28,12	3	14	1	99
	Pb (ppb)	37,25 ± 2,49	7	33	8	41
	Zn (ppb)	65,50 ± 35,18	7	32	4	148
	Ni (ppb)	19,25 ± 6,90	3	9,5	3	31,7
	Co (ppb)	15,92 ± 20,72	3	5,8	1	67,1

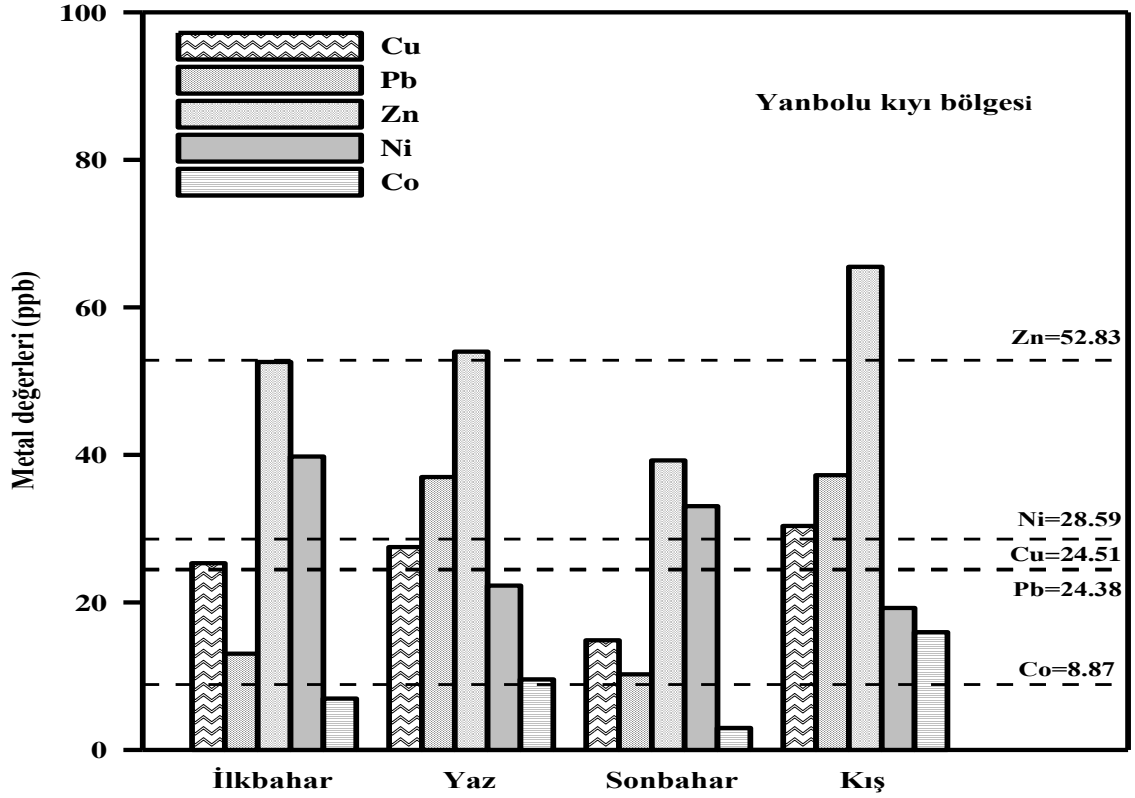
Yanbolu Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspansel olmuş metal konsantrasyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 35'deki gibi olduğu görülmüştür. Yanbolu Bölgesi'ne ait deniz ve dere suyu örneklerinde süspansel olmuş metal konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere suyu örneklerinde süspansel olmuş metal değerlerinin deniz suyu örneklerinde süspansel olmuş metal değerlerinden Ni elementi haricinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 35. Yanbolu Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

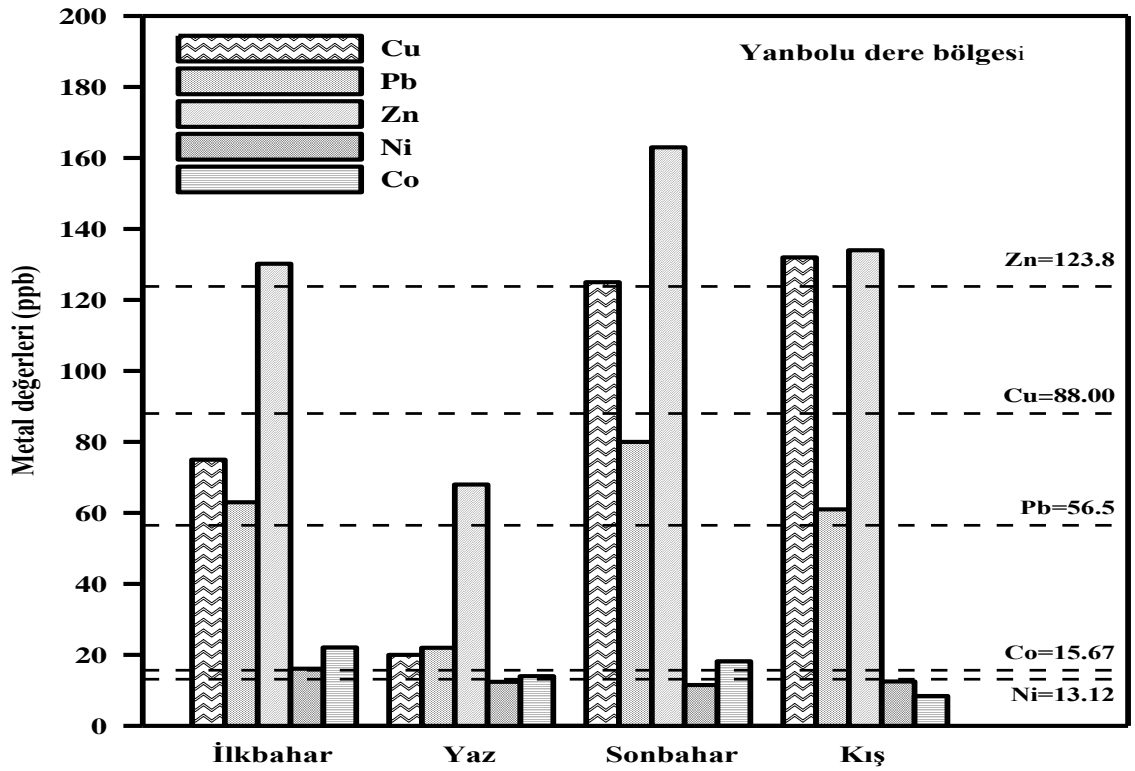
Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	75	63	130	16,1	22,1
Yaz	20	22	68	12,4	14
Sonbahar	125	80	163	11,5	18,2
Kış	132	61	134	12,5	8,4
Yıllık ort.	88 ± 51,95	56,5 ± 24,52	123,75 ± 39,96	13,12 ± 2,03	15,67 ± 5,87

Yanbolu Bölgesi kıyılarında su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu, Pb, Zn ve Co elementleri için Kış > Yaz > İlkbahar > Sonbahar ve Ni element için İlkbahar > Sonbahar > Yaz > Kış şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Kış mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu, Sonbahar mevsiminin ise düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 36).

Yanbolu Bölgesi dere su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu elementi için Kış > Sonbahar > İlkbahar > Yaz, Pb elementi için Sonbahar > İlkbahar > Kış > Yaz; Zn elementi için Sonbahar > Kış > İlkbahar > Yaz; Ni elementi için İlkbahar > Kış > Yaz > Sonbahar ve Co elementi için İlkbahar > Sonbahar > Yaz > Kış şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Şekil 37). Değirmendere Bölgesi'ne ait dere ve deniz su örneklerinde süspanse olmuş metal örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında deniz sediment su örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinin Ni elementi haricinde daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 36. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 37. Yanbolu Dere Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspans olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri

Yanbolu Kıyusal Bölgesi'nde, Cu, Zn, Ni ve Co element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı, Pb element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının ise önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 36).

Tablo 36. Yanbolu Kıyusal Bölgesi'nde su örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	25,32 ± 14,41 ^A	13,05 ± 4,19 ^A	52,60 ± 21,00 ^A	39,78 ± 20,51 ^A	6,96 ± 5,80 ^A
Yaz	27,50 ± 18,29 ^A	37,00 ± 1,72 ^B	54,00 ± 13,81 ^A	22,28 ± 13,67 ^A	9,57 ± 9,07 ^A
Sonbahar	14,87 ± 7,66 ^A	10,25 ± 3,15 ^A	39,25 ± 14,63 ^A	33,05 ± 21,22 ^A	2,98 ± 2,55 ^A
Kış	30,37 ± 28,12 ^A	37,25 ± 2,49 ^B	65,50 ± 35,18 ^A	19,25 ± 6,90 ^A	15,96 ± 20,72 ^A
Yıllık ort.	24,51	24,38	52,83	28,59	8,86

* n:4, Std.Sapma, ^{A,B}: Sütundaki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$)

3.4.2.3. Solaklı Kıyı ve Dere Bölgeleri'ne Ait Süspanse Olmuş Metal İçeriği

Solaklı kıyılarında, süspanse olmuş metal içerikleri mevsimsel olarak irdelendiğinde sonuçlar Tablo 37' deki gibi verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde, minimum değerler Cu, Ni ve Co elementleri için 2 nolu istasyonda, Pb elementi için 7 nolu istasyonda, Zn elementi için 3 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı mevsimde maksimum değerler, Cu, Pb, Zn ve Co elementleri için 1 nolu istasyonda, Ni elementi için 5 nolu istasyonda tespit edilmiştir.

Yaz mevsiminde, minimum değerler Cu elementler için 2 nolu istasyonda, Pb elementi için 4 nolu istasyonda, Zn, Ni ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu elementi için 4 nolu istasyonda, Pb elementi için 3 nolu istasyonda, Zn elementi için 7 nolu istasyonda, Ni elementi için 2 nolu istasyonda ve Co elementleri için 8 nolu istasyonda belirlenmiştir.

Sonbahar mevsiminde, minimum değerler Cu, Pb ve Zn elementleri için 2 nolu istasyonda, Ni elementi için 5 nolu istasyonda ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuşken aynı bölgede, maksimum değerler Cu, Pb ve Zn elementleri için 1 nolu istasyonda, Ni elementi için 4 nolu istasyonda ve Co elementleri için 8 nolu istasyonda bulunmuştur.

Kış mevsiminde, minimum değerler Cu ve Ni elementleri için 3 nolu istasyonda, Pb, Zn ve Co elementleri için 7 nolu istasyonda bulunmuşken, aynı bölgede maksimum değerler Cu, Ni ve Co elementleri için 4 nolu istasyonda, Pb ve Zn elementleri için 3 nolu

istasyonda ölçülmüştür. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonları Ek Tablo 9'da detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 37. Solaklı kıyılarında süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

	Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No	Maksimum Değer
	İlkbahar	Cu (ppb)	17,37 ± 12,93	2	8	1
Pb (ppb)		13,25 ± 2,71	7	10	1-8	17
Zn (ppb)		52,37 ± 36,08	3	21	1	134
Ni (ppb)		13,93 ± 4,38	2	8,1	5	23
Co (ppb)		4,51 ± 3,31	2	1,2	1	10,5
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Yaz	Cu (ppb)	26,50 ± 10,41	2	15	4	44
	Pb (ppb)	15,37 ± 9,08	4	8	3	36
	Zn (ppb)	77,75 ± 46,16	7	40	7	186
	Ni (ppb)	30,47 ± 25,12	7	11	2	80
	Co (ppb)	2,63 ± 1,81	7	1,1	8	5,8
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Sonbahar	Cu (ppb)	24,62	2-8	12	1	81
	Pb (ppb)	16,42	2-3	7	1	40
	Zn (ppb)	46,25	2	19	1	159
	Ni (ppb)	15,91	5	12,4	4	18,7
	Co (ppb)	4,48	7	1,2	8	22
		Element	Ortalama Değer	İst.No	Minimum Değer	İst.No
Kış	Cu (ppb)	21,87 ± 3,97	3	16	4	29
	Pb (ppb)	16,18 ± 7,83	7	9,7	3	35
	Zn (ppb)	62,62 ± 13,10	7	40	3	85
	Ni (ppb)	12,01 ± 5,08	3	8,6	4	23,8
	Co (ppb)	4,87 ± 1,81	7-8	3,3	4	8,9

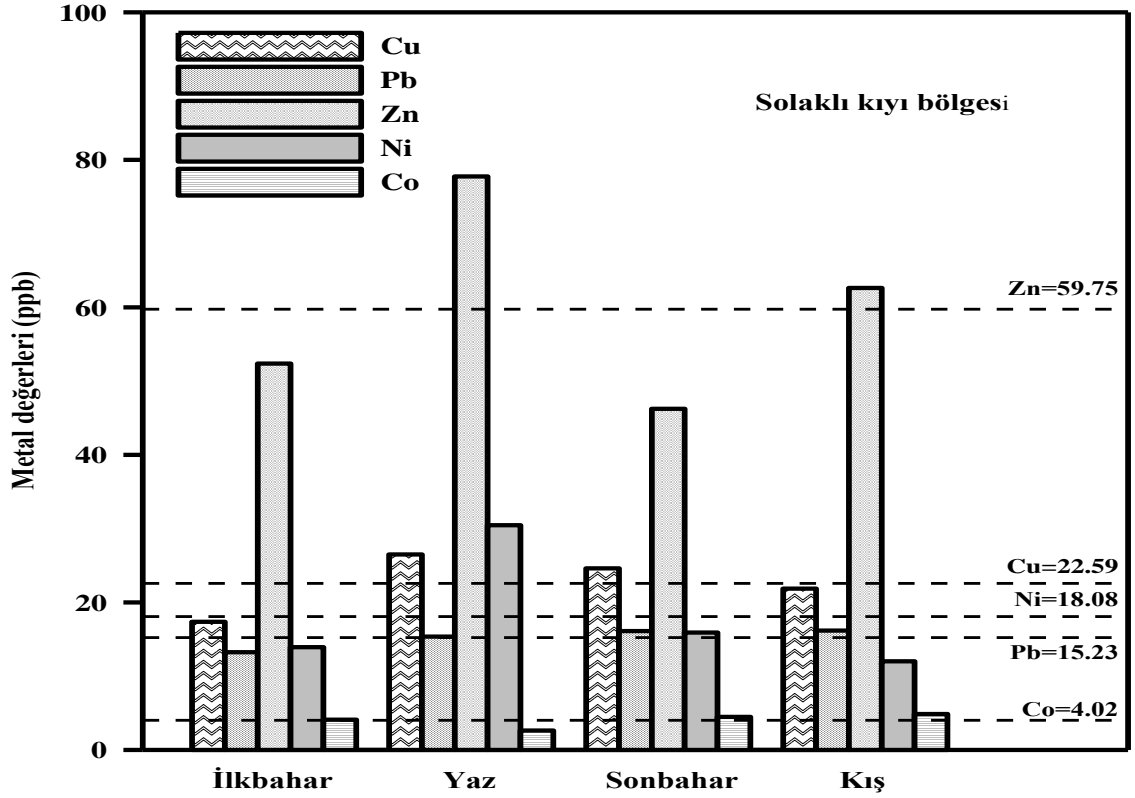
Solaklı Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonları irdelendiğinde sonuçların Tablo 38'deki gibi olduğu görülmüştür. Solaklı Bölgesi'ne ait deniz ve dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırıldıklarında dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinin deniz suyu örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 38. Solaklı Bölgesi'ne ait dere suyu örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi

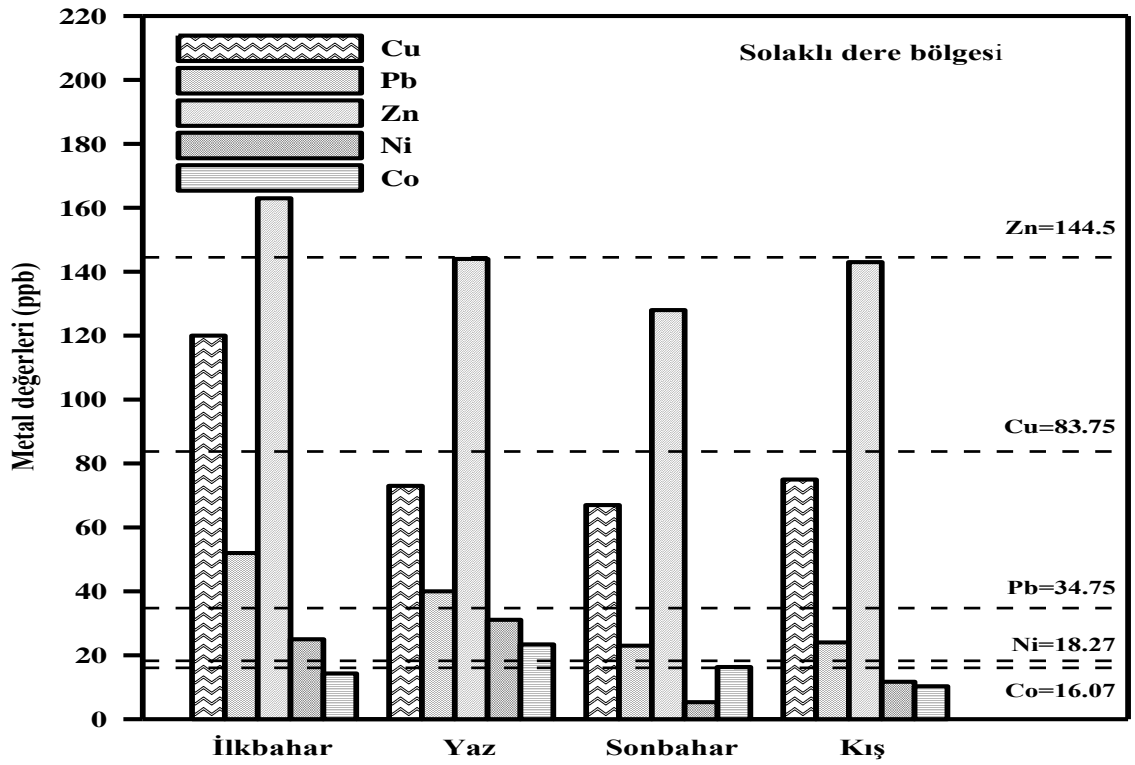
Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	120	52	163	25	14,3
Yaz	73	40	144	31,1	23,4
Sonbahar	67	23	128	5,3	16,3
Kış	75	24	143	11,7	10,3
Yıllık ort.	83,75 ± 24,40	34,75 ± 13,88	144,5 ± 14,34	18,27 ± 11,85	16,07 ± 5,48

Solaklı Bölgesi kıyılarında su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimi irdelendiğinde sıralamanın Cu elementi için Yaz > Sonbahar > Kış > İlkbahar; Pb elementi için Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar; Zn elementi için Yaz > Kış > İlkbahar > Sonbahar; Ni elementi için Yaz > Sonbahar > İlkbahar > Kış ve Co elementi için Kış > İlkbahar > Sonbahar > Yaz şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Araştırılan elementlerin eşik değerleriyle mevsimsel metal değerleri karşılaştırıldığında Yaz mevsimine ait metal değerlerinin genelde yüksek olduğu, İlkbahar mevsiminin ise düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 38).

Yanbolu Bölgesi dere su örneklerinde süspanse olmuş metal içeriklerinin mevsimsel değişimleri irdelendiğinde ise sıralamanın Cu ve Zn elementleri için İlkbahar > Kış > Yaz > Sonbahar; Pb elementi için İlkbahar > Yaz > Kış > Sonbahar; Ni elementi için Yaz > İlkbahar > Kış > Sonbahar ve Co elementi için Yaz > Sonbahar > İlkbahar > Kış şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Şekil 39). Değirmendere Bölgesi'ne ait dere ve deniz su örneklerinde süspanse olmuş metal örneklerinde elementlerin eşik değerleri karşılaştırıldığında deniz sediment su örneklerinde süspanse olmuş metal değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 38. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspansel olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri



Şekil 39. Solaklı Dere Bölgesi'ne ait su örneklerinde süspansel olmuş metal içeriklerinin mevsimsel ortalama metal değerleri

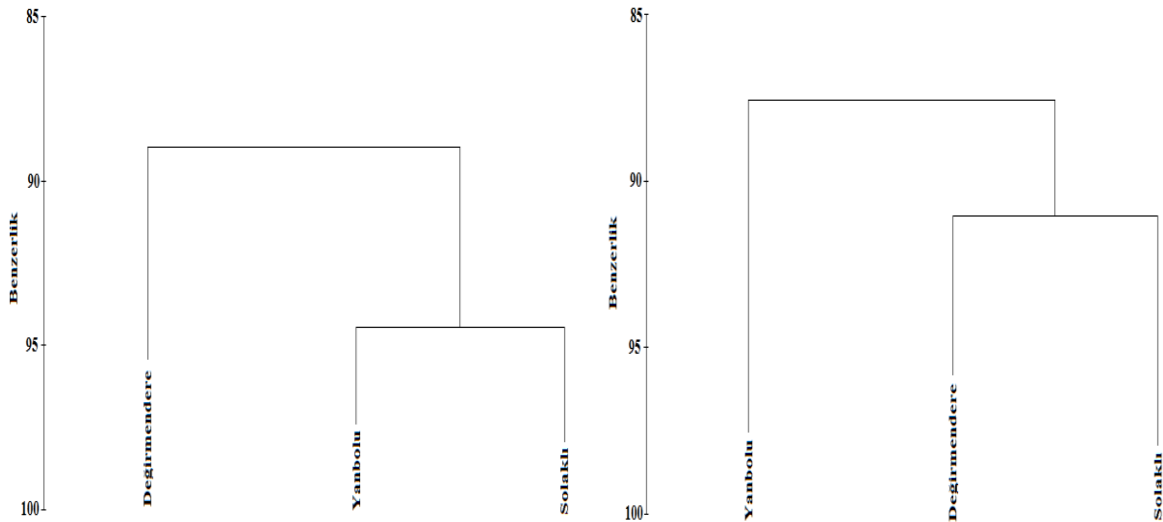
Solaklı Kıyusal Bölgesi'nde, Cu, Pb, Zn ve Co element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının önemli olmadığı, Ni element değerlerinin mevsimler arasındaki farkının ise önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 39).

Tablo 39. Solaklı Kıyusal Bölgesi'nde su örneklerinde süspans olmuş metal değerlerinin mevsimsel farklılığı

Dönem	Cu (ppb)	Pb (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Co (ppb)
İlkbahar	17,37 ± 12,93 ^A	13,25 ± 2,71 ^A	52,37 ± 36,08 ^A	13,93 ± 4,38 ^{AB}	4,10 ± 3,31 ^A
Yaz	26,50 ± 10,41 ^A	15,37 ± 9,08 ^A	77,75 ± 46,16 ^A	30,47 ± 25,12 ^A	2,63 ± 1,81 ^A
Sonbahar	24,62 ± 23,17 ^A	16,12 ± 10,41 ^A	46,25 ± 46,20 ^A	15,91 ± 2,32 ^{AB}	4,48 ± 7,08 ^A
Kış	21,87 ± 3,97 ^A	16,18 ± 7,83 ^A	62,62 ± 13,10 ^A	12,01 ± 5,08 ^B	4,87 ± 1,81 ^A
Yıllık ort.	22,59	15,23	59,74	18,08	4,02

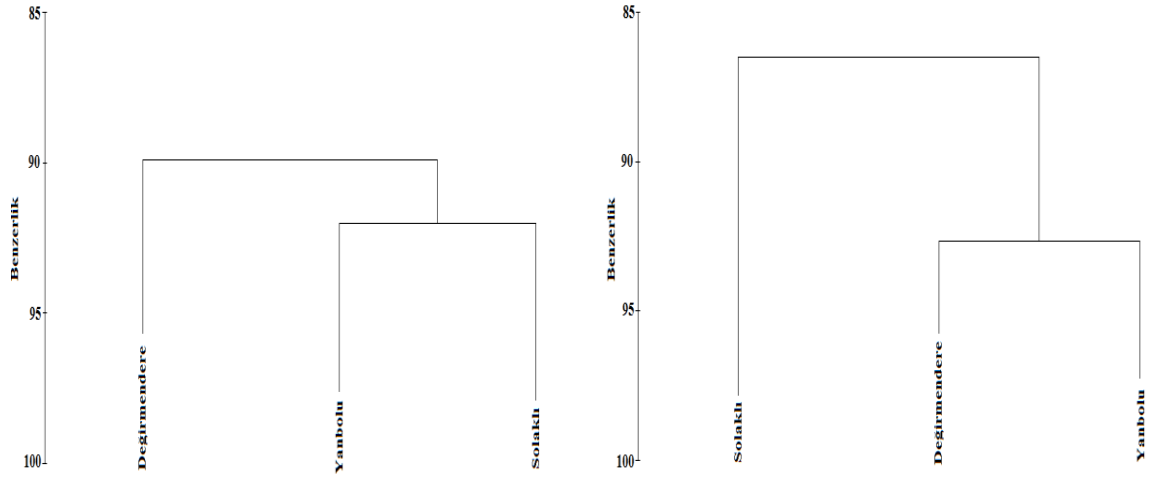
* n:4, Std.Sapma, ^{A, B}: Sütundaki farklı harfler mevsimler arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$)

Bray curtis benzerlik indeksi uygulamasına göre araştırma yapılan kıyı bölgeleri ortalama süspans olmuş metal konsantrasyonları arasında Cu elementi açısından benzerlik oranının % 85'den fazla olduğu saptanmıştır. Yanbolu ve Solaklı Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 94,4 olarak tespit edilirken Değirmendere Araştırma Bölgesi'nin benzerlik oranı ise % 88 dir. Benzer ilişki Pb elementi için irdelendiğinde benzerlik oranının % 85'den fazla olduğu saptanmıştır. Bu metal değeri açısından Değirmendere ve Solaklı Araştırma Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 91,05 olarak tespit edilirken Yanbolu Araştırma Bölgesi'nin benzerlik oranı ise % 87,6 dır (Şekil 40).



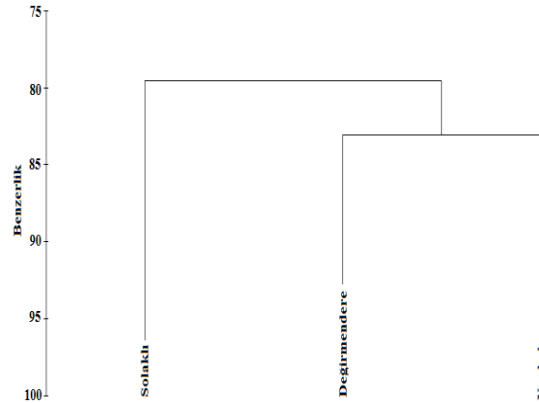
Şekil 40. Cu ve Pb elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

Zn elementi açısından benzerlik oranının % 85'den fazla olduğu saptanmıştır. Bu metal konsantrasyonu açısından Yanbolu ve Solaklı Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 92,01 olarak tespit edilirken Değirmendere Bölgesi'nin benzerlik oranı % 89,9 dur. Benzer ilişki Ni elementi için irdelendiğinde benzerlik oranının % 85'den fazla olduğu belirlenmiştir. Değirmendere ve Yanbolu Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 92,66 olarak tespit edilirken Solaklı Araştırma Bölgesi'nin benzerlik oranı % 86,5 dir (Şekil 41).



Şekil 41. Zn ve Ni elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

Co elementi açısından benzerlik oranının % 75'den fazla olduğu saptanmıştır. Bu metal konsantrasyonu açısından Değirmendere ve Yanbolu Bölgeleri arasında benzerlik oranı % 83,09 olarak tespit edilirken Solaklı Araştırma Bölgesi'nin benzerlik oranı ise % 79,54'tür (Şekil 42).



Şekil 42. Co elementinin araştırılan bölgeler arasındaki benzerlik indeksi değerleri

3.5. Sediment Kirlilik İndekslerinin Belirlenmesi

3.5.1. Sediment Zenginleşme Faktörü

Değirmendere Bölgesi'nde araştırılan elementler kapsamında sediment zenginleşme faktörü (SZF) sınıflaması açısından yapılan kıyaslamada Cu elementi'nin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 2,03; en düşük İlkbahar mevsiminde 1,64 olarak tespit edilmiştir. Değirmendere Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,80 olarak belirlenmiştir.

Pb elementinin en yüksek SZF değeri Kış mevsiminde 3,49; en düşük Yaz mevsiminde 2,49 olarak tespit edilmiştir. Değirmendere Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 2,92 olarak belirlenmiştir.

Zn elementinin en yüksek SZF değeri Kış mevsiminde 1,68; en düşük İlkbahar mevsiminde 1,35 olarak tespit edilmiştir. Değirmendere Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,46 olarak belirlenmiştir.

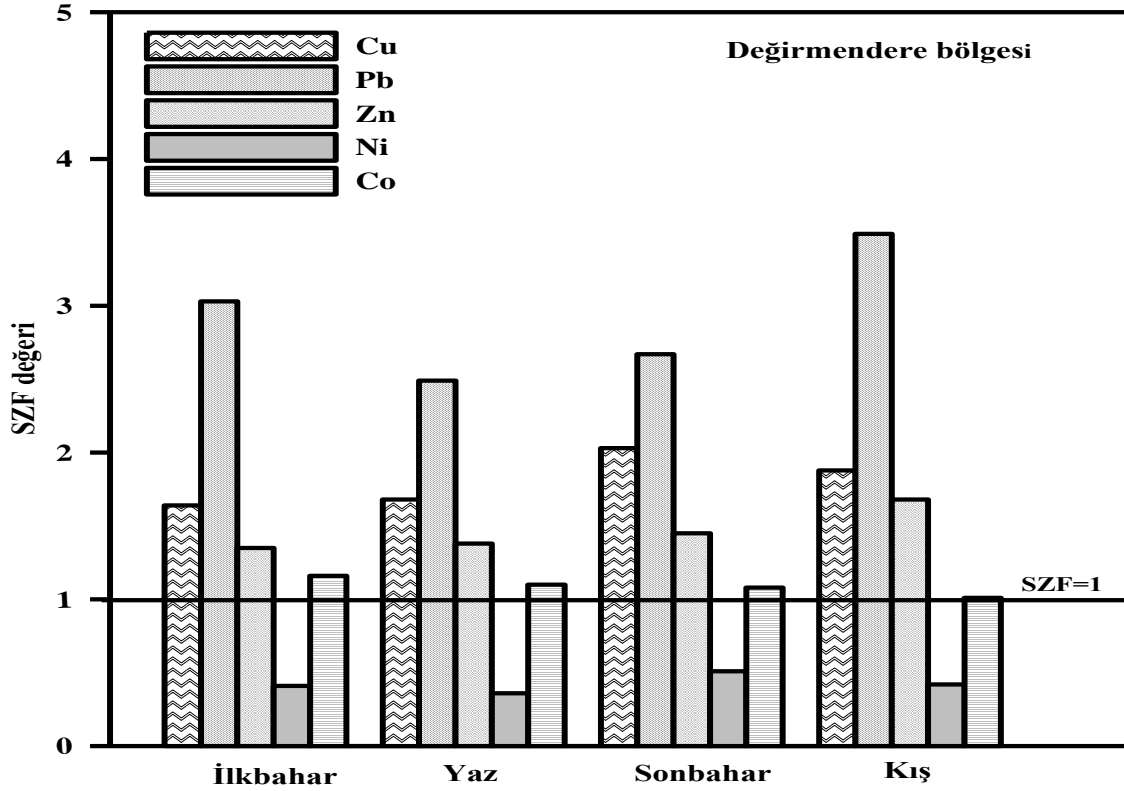
Ni elementinin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 0,51; en düşük Yaz mevsiminde 0,36 olarak tespit edilmiştir. Değirmendere Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 0,42 olarak belirlenmiştir.

Co elementinin en yüksek SZF değeri İlkbahar mevsiminde 1,16; en düşük Kış mevsiminde 1,01 olarak tespit edilmiştir. Değirmendere Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,08 olarak belirlenmiştir (Tablo 40).

Tablo 40. Değirmendere Bölgesi'ne ait ortalama SZF değerleri

Dönem	Element	1.ist.	2.ist.	3.ist.	4.ist.	5.ist.	6.ist.	7.ist.	8.ist.	Ortalama
İlkbahar	Cu	1,61	1,81	1,49	1,73	1,59	1,7	1,61	1,6	1,64
	Pb	2,91	2,83	3,21	3,02	3,26	2,82	3,5	2,7	3,03
	Zn	0,34	1,53	1,43	1,6	1,54	1,36	1,58	1,45	1,35
	Ni	0,37	0,41	0,33	0,38	0,4	0,56	0,39	0,43	0,41
	Co	1,07	1,17	1,2	1,07	1,12	1,25	1,14	1,25	1,16
Yaz	Cu	1,59	1,78	1,9	1,64	1,69	1,89	1,82	1,14	1,68
	Pb	2,22	2,36	2,97	2,28	2,39	2,57	2,6	2,56	2,49
	Zn	1,37	1,37	1,46	1,37	1,36	1,39	1,42	1,29	1,38
	Ni	0,39	0,39	0,4	0,37	0,32	0,3	0,32	0,35	0,36
	Co	1,07	1,04	1,05	1,05	1,16	1,08	1,14	1,17	1,1
Sonbahar	Cu	2,22	2	2,08	2,03	1,89	1,98	2,05	1,97	2,03
	Pb	2,65	2,56	2,63	2,72	3,05	2,78	2,39	2,58	2,67
	Zn	1,55	1,51	1,55	1,56	1,37	1,31	1,44	1,32	1,45
	Ni	0,38	0,39	0,44	0,43	0,54	0,66	0,56	0,66	0,51
	Co	1,01	1,03	0,98	0,98	1,1	1,2	1,16	1,19	1,08
Kış	Cu	1,74	1,76	1,81	1,78	1,71	2,06	1,9	2,24	1,88
	Pb	3,16	3,23	3,24	3,11	3,1	3,69	3,5	4,88	3,49
	Zn	1,6	1,6	1,75	1,51	1,5	1,78	1,67	2	1,68
	Ni	0,42	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,44	0,43	0,42
	Co	0,96	0,98	0,98	1,01	1,02	1,02	1,05	1,05	1,01

Değirmendere Bölgesi'nde, Cu elementi; Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar sıralaması şeklinde, Pb elementi; Kış > İlkbahar > Sonbahar > Yaz sıralaması şeklinde; Zn elementi; Kış > Sonbahar > Yaz > İlkbahar sıralaması şeklinde, Ni elementi; Sonbahar > Kış > İlkbahar > Yaz sıralaması şeklinde ve Co elementi; İlkbahar > Yaz > Sonbahar > Kış sıralaması şeklinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 43). Değirmendere Bölgesi'nde SZF değerlerinin genelde Sonbahar ve Kış mevsimlerinde yüksek olduğu görülmektedir. Bölgede araştırılan elementler içerisinde en yüksek SZF değerleri bütün araştırma dönemleri için Pb elementi için belirlenmiştir. Bütün bu sonuçlar doğrultusunda Değirmendere Bölgesi'nde araştırılan elementler için Ni elementi haricinde diğer elementler için SZF>1 olduğu ve bunun neticesinde bölgede araştırılan elementler için metal kirliliğinin mevcut olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 43. Değirmendere Bölgesi'ne ait SZF değerlerinin mevsimsel değişimi

Yanbolu Bölgesi'nde araştırılan elementler kapsamında sediment zenginleşme faktörü sınıflaması açısından yapılan kıyaslamada Cu elementi'nin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 1,66; en düşük İlkbahar mevsiminde 1,39 olarak tespit edilmiştir. Yanbolu Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,54 olarak belirlenmiştir.

Pb elementinin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 3,14; en düşük İlkbahar mevsiminde 2,75 olarak tespit edilmiştir. Yanbolu Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 2,89 olarak belirlenmiştir.

Zn elementinin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 1,40; en düşük Kış mevsiminde 1,35 olarak tespit edilmiştir. Yanbolu Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,37 olarak belirlenmiştir.

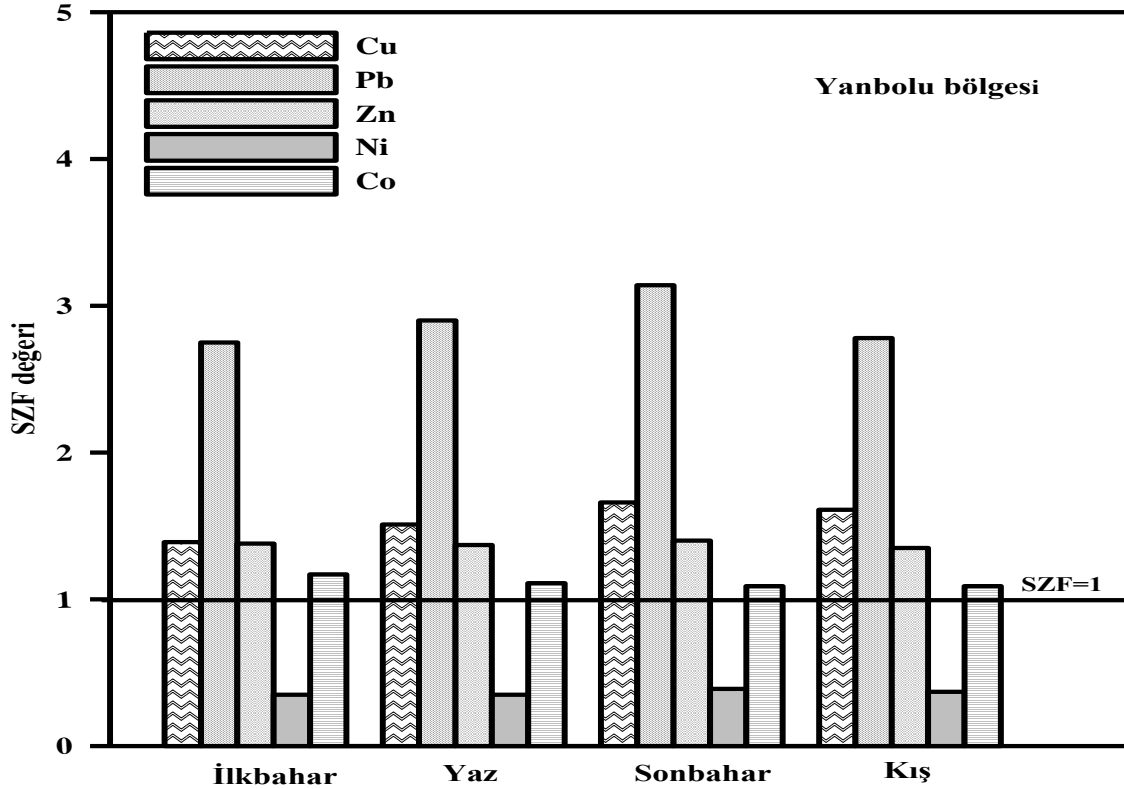
Ni elementinin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 0,39; en düşük İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde 0,35 olarak tespit edilmiştir. Yanbolu Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 0,36 olarak belirlenmiştir.

Co elementinin en yüksek SZF değeri İlkbahar mevsiminde 1,17; en düşük Sonbahar ve Kış mevsimlerinde: 1,09 olarak tespit edilmiştir. Yanbolu Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,11 olarak belirlenmiştir (Tablo 41).

Tablo 41. Yanbolu Bölgesi'ne ait ortalama SZF değerleri

Dönem	Element	1.ist.	2.ist.	3.ist.	4.ist.	5.ist.	6.ist.	7.ist.	8.ist.	Ortalama
İlkbahar	Cu	1,3	1,52	1,68	0,53	1,42	1,51	1,46	1,72	1,39
	Pb	2,3	3,32	3,07	1,15	2,87	3,2	3,05	3,02	2,75
	Zn	1,34	1,44	1,57	1,04	1,4	1,37	1,46	1,42	1,38
	Ni	0,3	0,34	0,41	0,36	0,33	0,35	0,34	0,35	0,35
	Co	1,11	1,25	1,11	1,1	1,17	1,16	1,19	1,24	1,17
Yaz	Cu	1,17	1,52	1,4	1,48	1,54	1,57	1,61	1,82	1,51
	Pb	2,44	3,05	2,91	2,94	3,14	3,06	2,55	3,07	2,9
	Zn	1,35	1,32	1,46	1,32	1,35	1,35	1,34	1,45	1,37
	Ni	0,35	0,32	0,34	0,33	0,33	0,34	0,33	0,48	0,35
	Co	1,16	1,06	1,12	1,18	1,06	1,17	1,08	1,05	1,11
Sonbahar	Cu	1,56	1,41	1,72	1,6	1,86	1,81	1,62	1,72	1,66
	Pb	3,28	3,69	2,62	2,96	2,96	3,16	3,59	2,86	3,14
	Zn	1,4	1,35	1,3	1,3	1,41	1,47	1,47	1,46	1,4
	Ni	0,38	0,39	0,35	0,4	0,31	0,48	0,37	0,47	0,39
	Co	1,13	1,03	1,18	1,08	1,09	1,02	1,16	1,06	1,09
Kış	Cu	1,2	1,72	1,63	1,62	1,62	1,69	1,65	1,72	1,61
	Pb	2,4	3,14	2,7	2,98	2,69	2,82	2,63	2,87	2,78
	Zn	1,21	1,38	1,36	1,43	1,3	1,44	1,3	1,4	1,35
	Ni	0,31	0,3	0,37	0,39	0,39	0,44	0,38	0,41	0,37
	Co	1,15	1,08	1,1	1,07	1,06	1,13	1,03	1,1	1,09

Yanbolu Bölgesi'nde, Cu elementi; Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar sıralaması şeklinde; Pb elementi; Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar sıralaması şeklinde; Zn elementi; Sonbahar > İlkbahar > Yaz > Kış sıralaması şeklinde; Ni elementi; Sonbahar > Kış > İlkbahar = Yaz sıralaması şeklinde ve Co elementi; İlkbahar > Yaz > Sonbahar = Kış sıralaması şeklinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 44). Yanbolu Bölgesi'nde SZF değerlerinin genelde Sonbahar mevsiminde yüksek olduğu görülmektedir. Bölgede araştırılan elementler içerisinde en yüksek SZF değerleri bütün araştırma dönemleri için Pb elementi için belirlenmiştir. Bütün bu sonuçlar doğrultusunda Yanbolu Bölgesi'nde araştırılan elementler için Ni elementi haricinde diğer elementler için SZF>1 olduğu ve bunun neticesinde bölgede araştırılan elementler için metal kirliliğinin mevcut olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 44. Yanbolu Bölgesi'ne ait SZF değerlerinin mevsimsel değişimi

Solaklı Bölgesi'nde araştırılan elementler kapsamında sediment zenginleşme faktörü sınıflaması açısından yapılan kıyaslamada Cu elementinin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 2,60; en düşük İlkbahar mevsiminde 1,80 olarak tespit edilmiştir. Solaklı Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise: 2,16 olarak belirlenmiştir.

Pb elementinin en yüksek SZF değeri Sonbahar mevsiminde 2,15; en düşük İlkbahar mevsiminde 1,69 olarak tespit edilmiştir. Solaklı Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,95 olarak belirlenmiştir.

Zn elementinin en yüksek SZF değeri Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde 1,49; en düşük İlkbahar mevsiminde 1,22 olarak tespit edilmiştir. Solaklı Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,39 olarak belirlenmiştir.

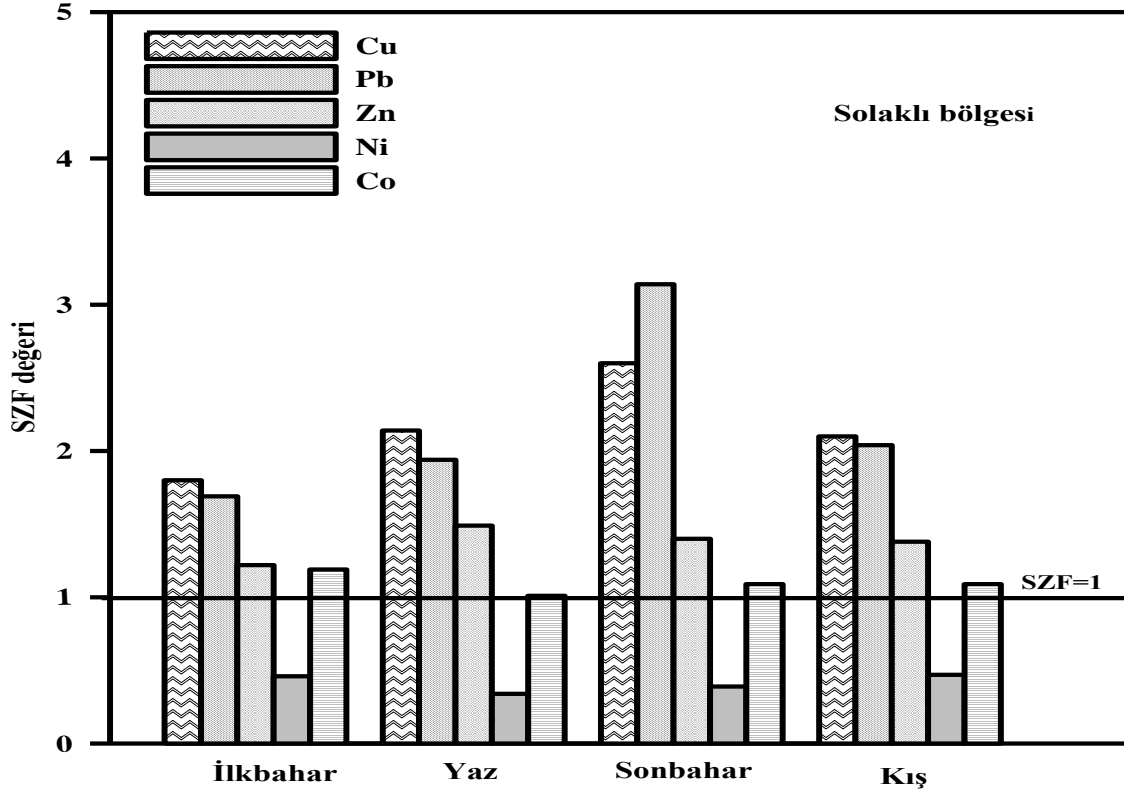
Ni elementinin en yüksek SZF değeri Kış mevsiminde 0,47; en düşük Yaz mevsiminde 0,34 olarak tespit edilmiştir. Solaklı Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 0,41 olarak belirlenmiştir.

Co elementinin en yüksek SZF değeri İlkbahar mevsiminde 1,19; en düşük Sonbahar mevsimlerinde 1,00 olarak tespit edilmiştir. Solaklı Bölgesi'nde ortalama SZF değeri ise 1,07 olarak belirlenmiştir (Tablo 42).

Tablo 42. Solaklı Bölgesi'ne ait ortalama SZF değerleri

Dönem	Element	1.ist.	2.ist.	3.ist.	4.ist.	5.ist.	6.ist.	7.ist.	8.ist.	Ortalama
İlkbahar	Cu	1,65	2	2,56	1,67	1,68	1,62	1,54	1,65	1,8
	Pb	1,6	1,76	1,75	1,89	1,68	1,62	1,54	1,65	1,69
	Zn	1,2	1,32	1,51	1,15	1,24	1,1	1,18	1,07	1,22
	Ni	0,44	0,46	0,39	0,51	0,46	0,52	0,43	0,49	0,46
	Co	1,1	1,12	1,08	1,29	1,23	1,24	1,21	1,24	1,19
Yaz	Cu	1,41	1,9	2,27	1,87	3,05	3,11	1,79	1,72	2,14
	Pb	2,8	1,12	1,35	1,22	1,59	1,89	2,85	2,66	1,94
	Zn	1,31	1,37	1,57	1,39	1,84	1,64	1,39	1,42	1,49
	Ni	0,36	0,32	0,35	0,27	0,25	0,37	0,5	0,32	0,34
	Co	1,13	0,92	0,98	0,95	0,88	0,99	1,09	1,13	1,01
Sonbahar	Cu	2,79	2,07	2,03	2,18	1,57	2,53	2,2	5,44	2,6
	Pb	1,72	1,88	1,87	1,86	1,78	1,88	1,83	4,36	2,15
	Zn	1,56	1,36	1,36	1,42	1,48/	1,43	1,04	2,29	1,49
	Ni	0,36	0,39	0,42	0,39	0,37	0,41	0,22	0,4	0,37
	Co	0,95	1,02	1,02	1	1,02	1,04	0,72	1,23	1
Kış	Cu	2,52	2,21	1,52	1,59	1,83	1,91	1,88	3,34	2,1
	Pb	1,63	1,58	1,57	1,38	3,34	1,82	1,66	3,34	2,04
	Zn	1,5	1,3	1,19	1,07	1,59	1,42	1,38	1,55	1,38
	Ni	0,41	0,45	0,62	0,44	0,49	0,45	0,43	0,48	0,47
	Co	1,02	1,14	1,11	1,13	1,1	1,1	1,06	1,06	1,09

Solaklı Bölgesi'nde, Cu elementi; Sonbahar > Yaz > Kış > İlkbahar sıralaması şeklinde, Pb elementi; Sonbahar > Kış > Yaz > İlkbahar sıralaması şeklinde; Zn elementi; Sonbahar = Yaz > Kış > İlkbahar sıralaması şeklinde; Ni elementi; Kış > İlkbahar > Sonbahar > Yaz sıralaması şeklinde ve Co elementi; İlkbahar > Kış > Yaz > Sonbahar sıralaması şeklinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 45). Solaklı bölgesinde SZF değerlerinin genelde Sonbahar mevsiminde yüksek olduğu görülmektedir. Bölgede araştırılan elementler içerisinde en yüksek SZF değerleri bütün araştırma dönemleri için Pb elementi için belirlenmiştir. Bütün bu sonuçlar doğrultusunda Solaklı Bölgesi'nde araştırılan elementler için Ni elementi haricinde diğer elementler için $SZF > 1$ olduğu ve bunun neticesinde bölgede araştırılan elementler için metal kirliliğinin mevcut olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 45. Solaklı Bölgesi'ne ait SZF değerlerinin mevsimsel değişimi

Araştırılan elementler için ortalama SZF değerleri bölgesel olarak irdelendiğinde sıralamanın Cu elementi için Solaklı > Değirmendere > Yanbolu; Pb elementi için Yanbolu > Değirmendere > Solaklı; Zn elementi için Değirmendere > Yanbolu > Solaklı; Ni ve Co elementleri için Değirmendere > Solaklı > Yanbolu şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırma Bölgeleri'nde Solaklı Bölgesi haricinde en yüksek SZF değerleri Pb elementi için belirlenmiştir ve araştırma bölgelerinin tümü için Ni elementi haricinde SZF değerlerinin $SZF > 1$ kirlilik sınırlarının üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

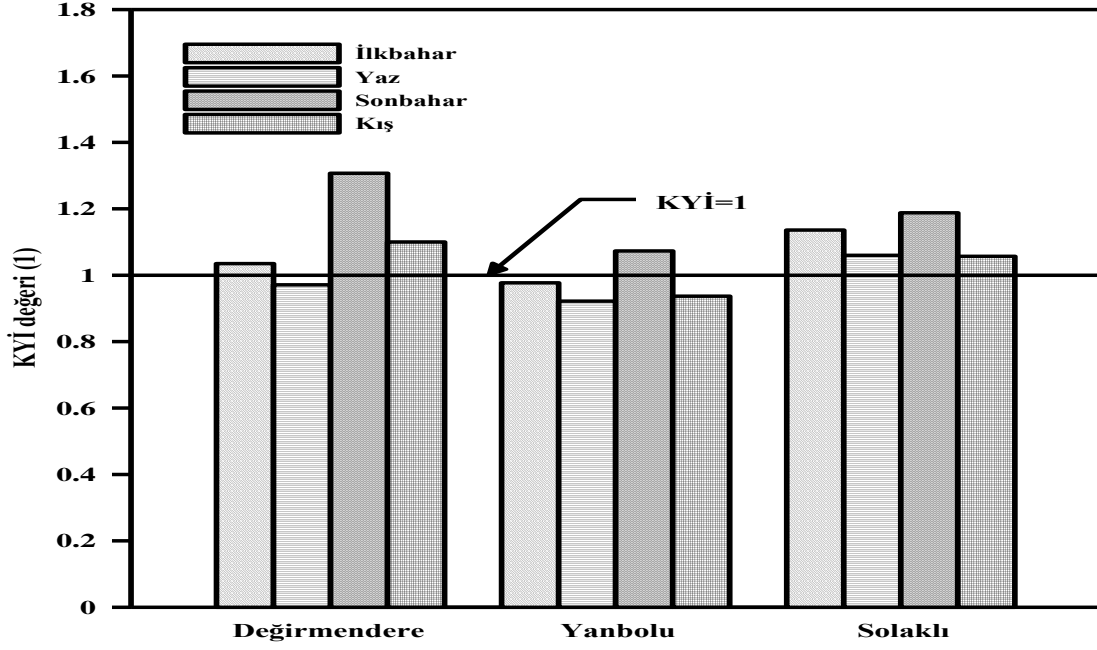
3.5.2. Kirlilik Yük İndeksi

Değirmendere Bölgesi'nde en yüksek Kirlilik Yük İndeksi (KYİ) değeri Sonbahar mevsiminde 1,307 en düşük Yaz mevsiminde 0,971; Yanbolu Bölgesi'nde en yüksek KYİ değeri Sonbahar mevsiminde 1,073 en düşük Yaz mevsiminde 0,922; Solaklı Bölgesi'nde ise en yüksek KYİ değeri Sonbahar mevsiminde 1,307 en düşük Kış mevsiminde 0,971 olarak tespit edilmiştir (Tablo 43).

Tablo 43. Araştırma bölgelerine ait KYİ değerlerinin mevsimsel değişimi

Bölge	Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	Ort.
Değirmendere	İlkbahar	0,78	1,2	0,7	1,07	1,15	1,25	1,14	0,99	1,035
	Yaz	0,86	0,92	1,1	0,88	1,07	1,11	1,09	0,74	0,971
	Sonbahar	1,18	1,62	1,18	1,19	1,31	1,34	1,3	1,34	1,307
	Kış	1,022	1,03	1,02	0,99	1,05	1,16	1,2	1,33	1,1
Yanbolu	İlkbahar	0,88	0,96	1,37	0,63	0,96	1,07	0,97	0,98	0,977
	Yaz	0,74	0,96	0,86	0,9	0,93	0,96	0,96	1,07	0,922
	Sonbahar	0,95	1,06	1,06	1,19	1,14	1,11	1,01	1,07	1,073
	Kış	0,74	0,99	0,92	0,96	0,93	1,03	0,99	0,94	0,937
Solaklı	İlkbahar	1,08	1,13	1,21	1,32	1,05	1,18	0,97	1,15	1,136
	Yaz	0,87	0,85	0,95	0,84	1,41	1,24	1,19	1,13	1,06
	Sonbahar	1,18	1,06	1,04	1,09	1,17	1,13	1,31	1,53	1,188
	Kış	1,09	0,96	0,82	0,95	1,19	1,15	1,1	1,2	1,057

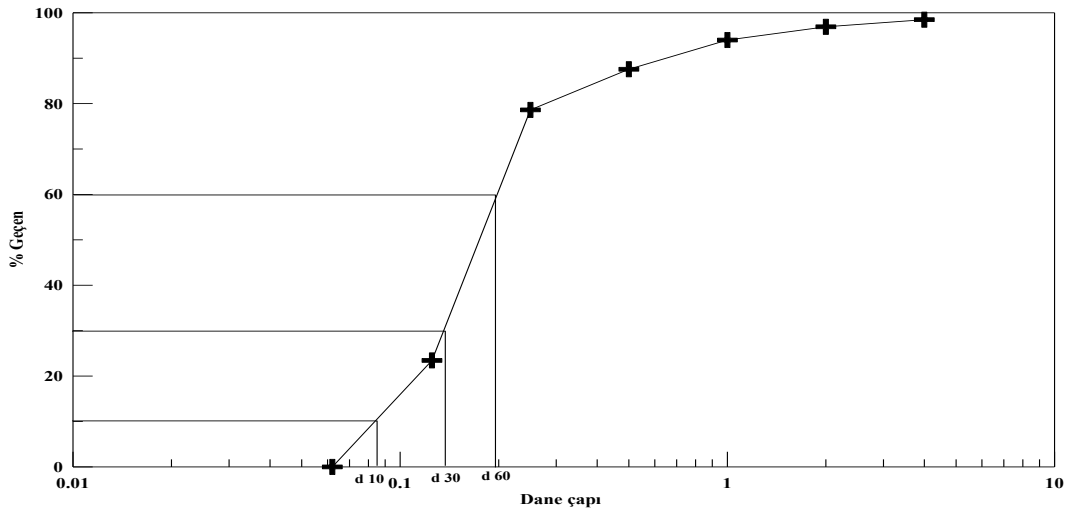
Kirlilik Yük İndeksi (KYİ) değerleri Değirmendere ve Yanbolu Bölgeleri'nde Sonbahar > Kış > İlkbahar > Yaz; Solaklı Bölgesi'nde ise Sonbahar > İlkbahar > Yaz > Kış şeklinde sıralanmışlardır (Şekil 46). KYİ değerleri mevsimdel olarak irdelendiğinde Sonbahar mevsiminin maksimum değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bölgelere ait kirlilik durumunu tespit edebilmek için uygulanan etkin yöntemlerden biri olan Kirlilik Yük İndeksi (KYİ) değerlerinin Sediment Zenginleşme Faktörü (SZF) değerleriyle benzer olduğu ve bölgelerde kirlilik durumunun mevcut olduğu en yüksek değerlerin ise Sonbahar mevsiminde belirlendiği tespit edilmiştir.



Şekil 46. Bölgelere ait KYİ değerlerinin mevsimsel değişimi

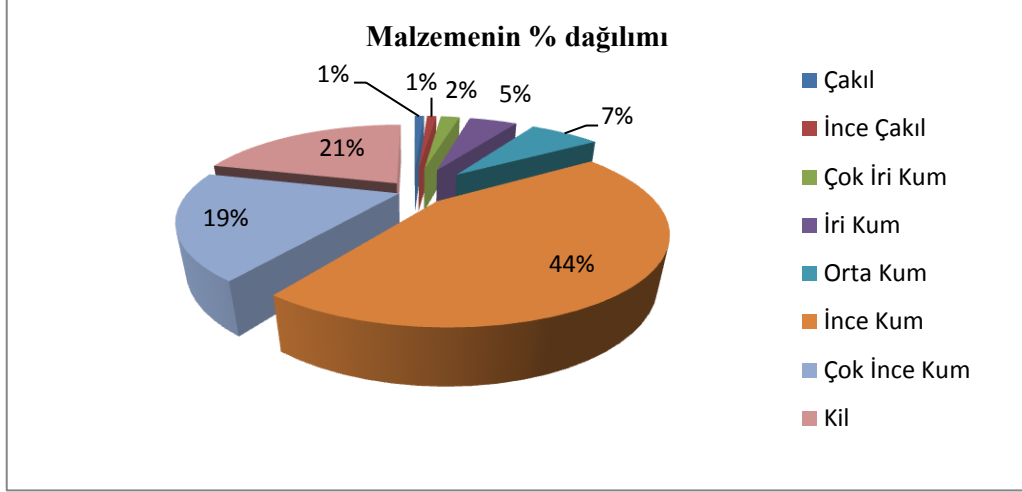
3.6. Sediment Dane Boyu Dağılımının Belirlenmesi

Değirmendere Bölgesi'nde sediment dane boyu dağılımı analizi eğrisinin d_{10} , d_{30} ve d_{60} etkin değerleri belirtilen formüle göre hesaplandığında $C_u=3,16$ ve $C_g=1,66$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, Değirmendere Bölgesi sedimentlerinin üniform olmayan iyi derecelenmiş malzemelerden meydana gelmiş olduğu bulunmuştur (Şekil 47).



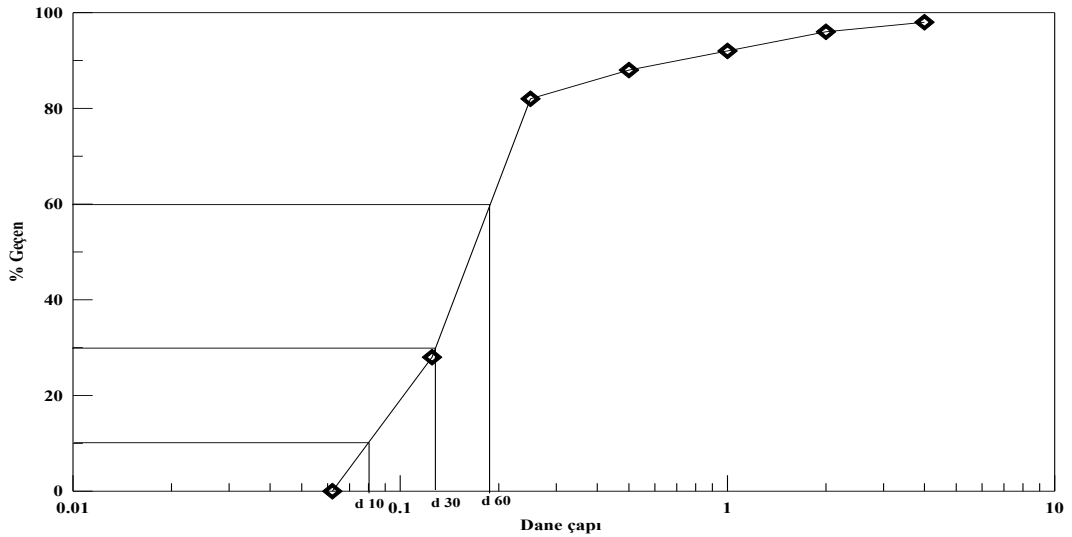
Şekil 47. Değirmendere Bölgesi'ne ait granülometri eğrisi

Bölgedeki sedimentlerin oransal dağılımı irdelendiğinde malzemenin % 21'i kil, % 78'i kum, % 1'i çakıl malzemeden oluşmuş olduğu belirlenmiş ve oransal dağılımı Şekil 48' de ki gibi gösterilmiştir.



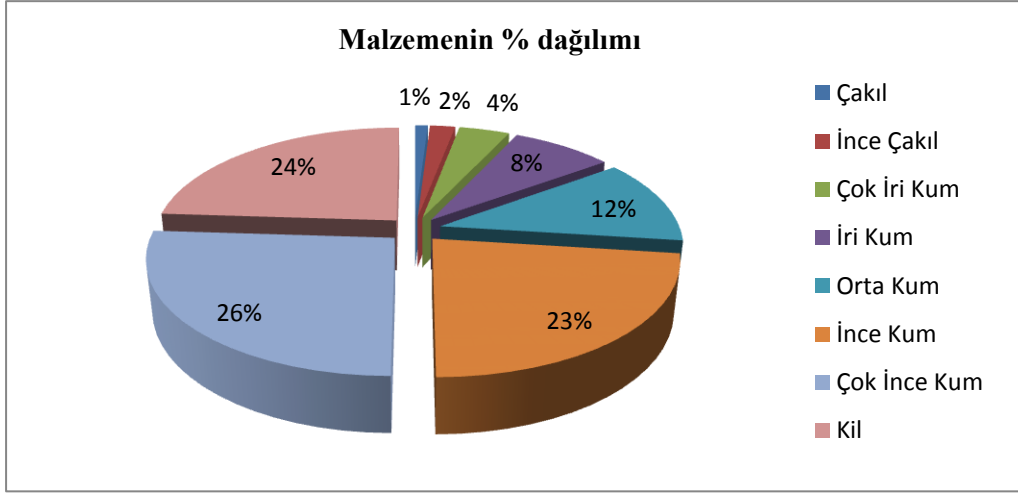
Şekil 48. Değirmendere Bölgesi'ne ait malzemenin yüzdelerle dağılımı

Yanbolu Bölgesi'nde sediment dane boyu dağılımı analizi eğrisinde d_{10} , d_{30} ve d_{60} etkin değerleri belirtilen formüle göre hesaplandığında $C_u=3,16$ ve $C_g=1,26$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, Yanbolu Bölgesi sedimentlerinin üniform olmayan iyi derecelenmiş malzemelerden meydana gelmiş olduğu bulunmuştur (Şekil 49).



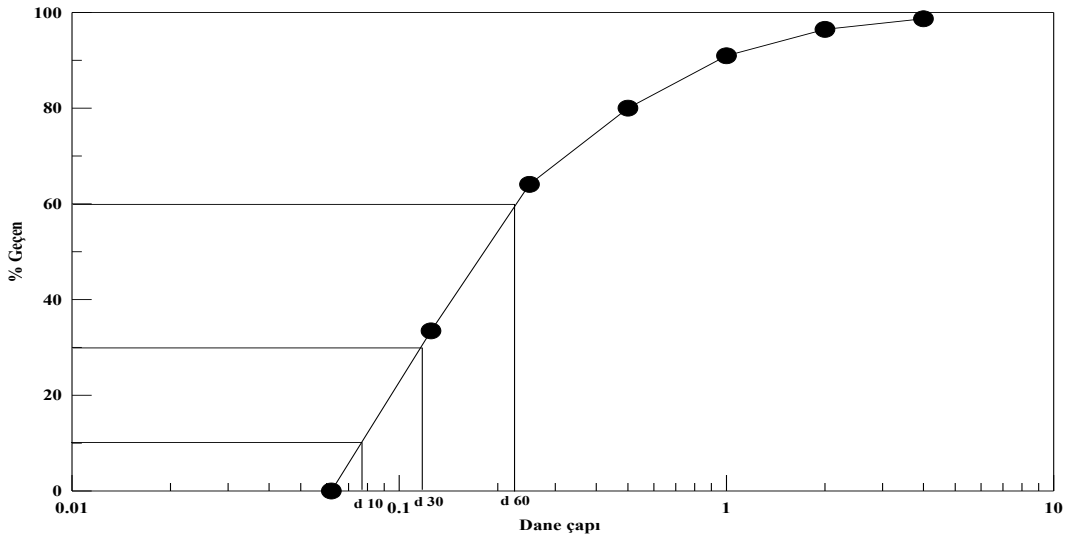
Şekil 49. Yanbolu Bölgesi'ne ait granülometri eğrisi

Bölgedeki sedimentlerin oransal dağılımı irdelendiğinde malzemenin % 16'sı kil, % 82'i kum, % 2'si çakıl malzemeden oluşmuş olduğu belirlenmiş ve oransal dağılımı Şekil 50' de ki gibi gösterilmiştir.



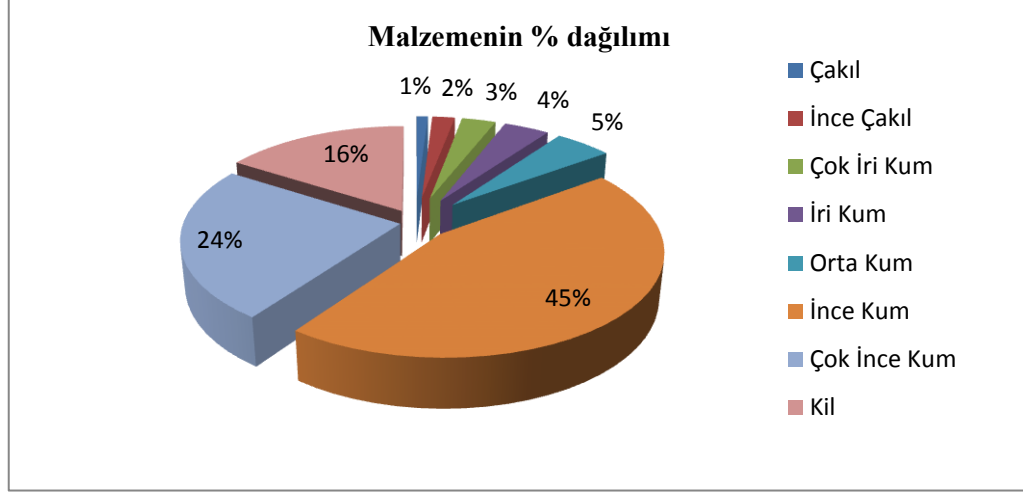
Şekil 50. Yanbolu Bölgesi'ne ait malzemenin yüzdelik dağılımı

Solaklı Bölgesi'nde sediment dane boyu dağılımı analizi eğrisinde d_{10} , d_{30} ve d_{60} etkin değerleri belirtilen formüle göre hesaplandığında $C_u=4,74$ ve $C_g=1,01$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, Solaklı Bölgesi sedimentlerinin üniform olmayan iyi derecelenmiş malzemelerden meydana gelmiş olduğu bulunmuştur (Şekil 51).



Şekil 51. Solaklı Bölgesi'ne ait granülometri eğrisi

Bölgedeki sedimentlerin oransal dağılımı irdelendiğinde malzemenin % 24'ü kil, % 75'i kum, % 1'i çakıl malzemeden oluşmuş olduğu belirlenmiş ve oransal dağılımı Şekil 52' de ki gibi gösterilmiştir.



Şekil 52. Solaklı Bölgesi'ne ait malzemenin yüzdelerle dağılımı

3.7. Sediment Gözenek Hacimlerinin Belirlenmesi

Değirmendere havzasında sediment gözenek hacimlerinin mevsimsel kıyaslaması yapıldığında en düşük Sonbahar mevsiminde % 47,93, en yüksek İlkbahar mevsiminde % 48,62 olduğu ve yıl ortalamasının ise % 48,32 olduğu belirlenmiştir (Tablo 44).

Yanbolu havzasında ise sediment gözenek hacimlerinin mevsimsel kıyaslaması yapıldığında en düşük Sonbahar mevsiminde % 50,25, en yüksek Kış mevsiminde % 50,87 olduğu ve yıl ortalamasının ise % 50,48 olduğu görülmüştür (Tablo 44).

Solaklı havzasında ise sediment gözenek hacimlerinin mevsimsel kıyaslaması yapıldığında en düşük İlkbahar mevsiminde % 55, en yüksek Kış mevsiminde % 56 olduğu ve yıl ortalamasının ise % 55,43 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 44).

Sediment gözenek hacimleri açısından araştırma havzaları kıyaslandığında en yüksek değer Solaklı havzasında, en düşük değer ise Değirmendere havzasında tespit edilmiştir.

Tablo 44. Araştırma bölgelerine ait sediment gözenek hacimleri

Değirmendere bölgesi (%)	İstasyon	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
	1	37	38	37,5	39
	2	46	46	48	50
	3	47	47	45	42
	4	52	52	53	53
	5	52	52	51	54
	6	52	52	52	52
	7	53	51	50	51
	8	50	49	47	46
	Mevsimsel ort.	48,625	48,375	47,9375	48,375
Yıllık ort.	48,32				
Yanbolu bölgesi (%)	İstasyon	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
	1	42	43	43	42
	2	62,5	61	58	56
	3	51	50	52	54
	4	50	50	50	58
	5	55	53	51	51
	6	55	55	54	54
	7	55	55	56	52
	8	33	36	38	40
	Mevsimsel ort.	50,4375	50,375	50,25	50,875
Yıllık ort.	50,48				
Solaklı bölgesi (%)	İstasyon	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
	1	55	56	55	55
	2	66	63	61	60
	3	54	55	56	58
	4	25	30	32	36
	5	70	68	67	64
	6	63	65	68	67
	7	54	52	50	53
	8	53	53	55	55
	Mevsimsel ort.	55	55,25	55,5	56
Yıllık ort.	55,43				

4. TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanına Ait Oşinografik Özellikler

Denizlerde su içerisindeki canlı ve cansız hayatı etkileyen en önemli parametrelerden birisi deniz suyu sıcaklığıdır. Deniz suyu sıcaklığı, güneş ışınlarının soğurulması, yerin iç ısısının deniz tabanında konveksiyonla alınması, kinetik enerjinin ısıya dönüşmesi, su buharının yoğunlaşması, kimyasal ve biyolojik olaylar sonucu değişmektedir. Bu etkenlerden güneş ışınlarının soğurulması deniz suyu sıcaklığında en belirgin rolü oynar (Kocataş, 2005).

Ünsal vd. (2004) tarafından yapılan çalışmaya göre; Karadeniz’de yüzey suyu sıcaklığı mevsimsel ve yerel değişimler gösterir. Kışın (Şubat-Mart) su sıcaklığı ortalama 6-7 °C’ ye kadar düşerken; güney kesimlerinde 8-9 °C, kuzey kesimlerinde ise 2-3 °C’dir. Yaz aylarında (Temmuz-Ağustos) ise ortalama 20-22 °C olan yüzey suyu sıcaklığı, doğu ve güney kıyılarında 24-25 °C’ ye kadar yükselmektedir. Bu çalışmaya göre, Karadeniz üst karışım tabakası akarsu girişlerinin etkisi altında olup, derinliği 150 m’ ye ulaşır. Bu üst tabakanın ilk 30-40 m’ si mevsimsel sıcaklık ve tuzluluk değişimlerinin etkisi altındadır.

Ünal (2002) Güney Karadeniz Bölgesi’nde yapmış olduğu bir çalışmada kıyısal istasyonda sıcaklık bakımından Temmuz ayında maksimum değeri 29,1 °C olarak belirlerken, Mart ayında açık istasyonda minimum sıcaklık değeri 6,6 °C olarak tespit edilmiştir.

Kayhan (2008) tarafından Rize Bölgesi’nde yapılan çalışmada yüzey suyu sıcaklığı yaz döneminde 27,3 °C olarak saptanmıştır. Anı bölgede yapılan başka bir çalışmada sıcaklık değerinin 7,98-28,9 °C arasında değiştiği bildirilmiştir (Karakoç, 2010). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Araştırma Enstitüsünün Karadeniz’de yıl boyunca yaptıkları ölçümlere göre yüzey suyu sıcaklığı en düşük Mart (8 °C), en yüksek Ağustos ayında (25,2 °C) tespit edilmiştir (URL-6, 2011).

Bu çalışma kapsamında mevsimsel olarak yapılan ölçümlerde, yüzey suyu sıcaklık değerlerinin Değirmendere Bölgesi’nde, en yüksek Yaz döneminde 27,4 °C ve en düşük Kış döneminde 10,1 °C olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7). Yanbolu Bölgesi’nde ise en yüksek Yaz döneminde 25,3 °C ve en düşük Kış döneminde 10,5 °C olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Solaklı bölgesinde ise sıcaklığının en yüksek Yaz döneminde 25,2 °C ve en

düşük Kış döneminde $10,3^{\circ}\text{C}$ olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9). 40 m derinlikte en yüksek su sıcaklığı değerleri Sonbaharda ve Değirmendere Bölgesi'nde $14,5^{\circ}\text{C}$, Yanbolu ve Solaklı Bölgeleri'nde ise $14,2^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Fotik zonun alt sınırı olan 70 metrede yapılan ölçümlerde Değirmendere Bölgesi'nde en yüksek su sıcaklığı Kış mevsiminde $9,7^{\circ}\text{C}$ ve en düşük su sıcaklığı ise $7,2^{\circ}\text{C}$ ile İlkbahar mevsiminde ölçülmüştür. Yanbolu ve Solaklı Bölgeleri'nde ise en yüksek su sıcaklığı $9,8^{\circ}\text{C}$ değeri ile Kış mevsiminde ve en düşük su sıcaklığı $7,5^{\circ}\text{C}$ değeri ile İlkbahar mevsiminde ölçülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bölgede daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir.

Oğuz vd. (1993) tarafından yapılan çalışmada Karadeniz üst tabakasının akarsu girişlerinin etkisi altında olduğu, derinliğinin 150 m' ye ulaştığı ve bu üst tabakanın ilk 30-40 m'si mevsimsel sıcaklık ve tuzluluk değişimlerinin etkisi altında olduğu bildirilmiştir. Üst 30-40 m'lerde tuzluluk ‰ 18 civarında olup mevsimsel değişimleri ‰ 0,5-1,0 arasında olduğu ve haloklin içinde, ilk 75 m' de tuzluluk ‰ 19,5 ve 125 m' de ise ‰ 20,5 değerlerinde bulunduğu bildirilmiştir.

Yapılan çalışmada deniz suyunun fiziksel özelliklerinden biri olan tuzluluğun alana, mevsime ve derinliğe bağlı olarak değişimi belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerde, tuzluluğun ‰ 17-22 arasında değiştiği belirlenmiştir. Tuzluluk değerlerindeki değişimler irdelendiğinde, bölgelerde en yüksek ‰ 17,6 değeri ile Sonbahar mevsiminde ve en düşük ‰ 17,2 değeri ile Yaz mevsiminde tespit edilmiştir (Şekil 7, 8, 9). Tuzluluğun derinlikle değişimi incelendiğinde çalışılan bölgelerde yüzey suyu tuzluluğu ‰ 17,2 ve ‰ 17,6 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. 40 m derinlikte tuzluluk ‰ 18,5 değeri ile Değirmendere'de, ‰ 18,3 değeri ile Yanbolu'da ve ‰ 18,4 değeri ile Solaklı'da ölçülmüştür. 70 m derinlikte ise Değirmendere bölgesi ‰ 19,2, Yanbolu Bölgesi ‰ 19,8, Solaklı Bölgesi ‰ 18,9 olarak belirlenmiştir. Kocataş (2005), buharlaşma, deniz suyunun donması, ve düşey karışımlar tuzluluğu artırırken, yağışlar ve nehir sularının tuzluluğu azalttığını belirtmiştir. Sorokin (1986) denizlerde mevsimsel farklılıklardan kaynaklanan tuzluluk değişiminin ilk 150 m'de gözlemlendiği belirtilmiştir. Oğuz vd. (1989) Ağustos 1989'da Batı ve Orta Karadeniz'de yaptıkları çalışmalarda tuzluluğun ilk 18 m derinliğe kadar çok az değiştiği, 50 ile 170 m arasında ise hızlı bir değişimin olduğu vurgulanmıştır. Kayhan (2008) tarafından Rize (Çayeli) açıklarında yapılan bir çalışmada yüzey suyu tuzluluk değerlerinin ‰ 16,74-18,24 arasında değiştiği bildirilmiştir. Gedik (2010),

tarafından aynı bölgede yapılan çalışmada yüzey suyu tuzluluk değerlerinin ‰ 15,43-17,68 arasında değiştiği rapor edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bölgede elde edilen diğer sonuçlarla uyumludur ve değişim irdelendiğinde bölgede deniz suyunda tuzluluk değerlerinin alana, mevsime ve derinliğe bağlı değişimlerinin dikey karışım, akıntı, tatlı su girdisindeki zamansal değişimden kaynaklandığı söylenilebilir.

Deniz suyunda biyolojik ve kimyasal aktiviteler üzerinde önemli rolü olan pH'nın biyolojik olaylara ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği ve genelde kış aylarında düşük değerler, yaz aylarında ise yüksek değerler gösterdiği bildirilmiştir (Kocataş, 2005). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde deniz suyunda pH değişimi konusunda yapılan çalışmalardan, Egemen ve Başaran (2002) tarafından yapılan çalışmada pH değerinin yüzeyde ortalama 8,29-8,31 arasında değiştiği belirlenmiştir. Karakoç (2010) tarafından Rize sahillerinde yapılan bir çalışmada pH değerlerinin 7,80 ile 8,60 arasında değiştiğini bildirmiştir. Gedik (2010) tarafından aynı bölgede yapılan çalışmada pH değerlerinin 7,79 ile 8,51 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Riley ve Skirrow (1975) tarafından yapılan çalışmada, yüzey altı sularda, oksijen tüketimi ve buna bağlı olarak CO₂ üretimi sonucu pH'nın sürekli haloklin tabakasında 8,00'e kadar düştüğü bildirilmiştir. Yapılan bu çalışmada ölçülen yüzey suyu pH değerlerine göre irdelendiğinde ise, en yüksek değerler Değirmendere (Şekil 7) ve Yanbolu (Şekil 8) Bölgeleri'nde Sonbahar mevsiminde 8,4 ve 8,2, en düşük değerler ise Kış mevsiminde sırası ile 7,3 ve 7,4 olarak belirlenirken Solaklı Bölgesi'nde (Şekil 9) en yüksek pH değeri 8,3 ile İlkbahar mevsiminde ve en düşük 7,7 değeri ile Kış mevsiminde olduğu ölçülmüştür. 40 m derinlikte değerler Değirmendere Bölgesi'nde 7,3 ile 8,1 arasında, Yanbolu Bölgesi'nde 7,3 ile 7,9 arasında ve Solaklı Bölgesi'nde ise 7,4 ile 8,0 arasında değişim göstermiştir. 70 m derinlikte ise Değirmendere Bölgesi'nde 7,2 ile 7,8 arasında, Yanbolu Bölgesi'nde 7,2 ile 7,8 arasında ve Solaklı Bölgesi'nde ise 7,3 ile 7,9 arasında değişim göstermiştir. Bölgede yapılan diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar benzerlik göstermiştir.

4.2. Element Bulgularının İrdelenmesi

Bu çalışmada, Değirmendere, Yanbolu, ve Solaklı dereleri açığında farklı derinliğe sahip 8 farklı istasyondan ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemleri olmak üzere 4 farklı mevsimde sediment ve su örnekleri alınarak ağır metal konsantrasyonları irdelendiğinde

Cu, Pb, Zn, Ni ve Co'nun bölgesel ve mevsimsel değerleri arasında anlamlı farklılık ($P < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Deniz suyunda incelenen metallere Cu, Pb, Zn, Ni ve Co su kolonunun yüzey ve dip olmak üzere 2 ayrı derinliğindeki konsantrasyonları US EPA ve Türkiye çevre kriterlerine göre kıyaslandığında değerlerin genelde limitlerin altında olduğu görülmüştür (Tablo 6). Bölgelere göre irdelenen elementlerden Cu, Zn, Ni ve Co'nun en yüksek konsantrasyonları Solaklı Bölgesi'nde Pb'nin ise en yüksek konsantrasyonunun Değirmendere bölgesinde olduğu bulunmuştur. Mevsimlere bağlı olarak incelendiğinde ise Cu, Pb, Zn, Ni'nin en yüksek konsantrasyonu Sonbahar mevsiminde Co'nun ise İlkbahar mevsiminde olduğu tespit edilmiştir.

Güney Karadeniz'de yapılan bir çalışmada, Cr, Ni, Cu ve daha az oranda Fe ile Mn'nin Doğu Karadeniz sedimentlerinde diğer bölgelerdeki sedimentlere oranla yüksek düzeylerde olduğu rapor edilmiştir. Bu alışmada, Güney Karadeniz kıyı sedimentlerinde belirlenen, 21 ppm'lik Co ve 138 ppm'lik Zn değerleri bütün istasyonlarda elde edilen en yüksek değerler olup bizim elde ettiğimiz Co (Değirmendere: 17,65 ppm, Yanbolu: 17,20 ppm, Solaklı: 18,91 ppm) ve Zn (Değirmendere: 115,46 ppm, Yanbolu: 106,62 ppm, Solaklı: 123,15 ppm) değerleri her üç çalışmada elde edilen sonuçlardan daha düşük bulunmuştur (Yücesoy ve Ergin, 1992). Co, Zn ve Cu konsantrasyonları bu çalışmada elde edilen Co (Değirmendere: 17,65 ppm, Yanbolu: 17,20 ppm, Solaklı: 18,91 ppm), Zn (Değirmendere: 115,46 ppm, Yanbolu: 106,62 ppm, Solaklı: 123,15 ppm) ve Cu (Değirmendere: 70,1 ppm, Yanbolu: 56,86 ppm, Solaklı: 88,07 ppm) değerlerinden yüksektir (Topcuoğlu vd., 2002).

Trabzon bölgesinde Özşeker ve Erüz (2009) tarafından yapılan bir çalışmada kıyısal deniz sedimentlerinde bakır elementinin dağılımı ve SZF değerleri belirlenmiştir. Bakırın ortalama değeri 59,75 ppm ve SZF değeri ise 1,32 olarak bildirilmiştir. Yapılan çalışmada bulunan bakır değerleriyle Özşeker ve Erüz (2009) tarafından bulunan bakır değerleri kıyaslandığında Değirmendere (70,1 ppm) ve Solaklı (88,07 ppm) Bölgeleri'nde bulunan bakır değerleri daha yüksek, Yanbolu (56,86 ppm) Bölgesi'nde ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. SZF değerleri kıyaslandığında ise Değirmendere (1,80), Yanbolu Bölgesi (1,56) ve Solaklı Bölgesi (2,16) değerlerinin Özşeker ve Erüz (2009) tarafından sunulan değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Özşeker ve Erüz (2011) tarafından Trabzon Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada Trabzon Bölgesi'nin batı ve doğu bölgeleri ağır metal konsantrasyonu bakımından kıyaslanmıştır. Trabzon'un batı bölgesinde çinko 81,37 ppm, bakır 62,33 ppm, nikel 57,10

ppm ve kurşun 25,66 ppm olarak bildirilmişken, doğu bölgesinde çinlo 101,69 ppm, bakır 57,83 ppm, nikel 20,40 ppm ve kurşun 28,45 ppm olarak ve SZF değerlerinin ise SZF>1 olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmada bulunan değerlerle Özşeker ve Erüz (2011) tarafından bulunan değerler karşılaştırıldığında çalışma alanının doğu bölgesindeki (Solaklı Bölgesi) değerlerin batı bölgelerinden yüksek çıkması ve yukarıda bildirilen değerlerde de Trabzon'un doğu bölgesinin batı bölgesinden yüksek çıkması benzeşmektedir. Aynı doğrultuda her iki çalışmada SZF değerlerinin SZF>1 olması değerlerin benzerliğini kuvvetlendirmektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Cu, Zn ve Mn madenleri, bu metallerin en önemli kaynakları arasında yer almaktadır. Ayrıca, Kretase'den Tersiyer'e volkanik aktiviteler sonucu oluşan Cu (Ketin, 1983) ve Zn-Cu sülfatları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Yücesoy ve Ergin, 1992). Bölgemizde ekonomik sebeplerden dolayı artan, sanayi işletmelerinde, düşük kalitede fueloil ve ev ve iş yerlerinde kalorifer yakıtı olarak kömür kullanımı As, Cu, Pb, Cd, Sb ve Zn konsantrasyonlarının artışına yol açmış olabilir. Zira uçan kömür kaynaklı küllerin bu metallerin atmosfere karışmasına önemli katkı sağlandığı bilinmektedir (Natusch vd., 1975). Bu tez çalışmasında, sonbahar örneklemelerinde metal konsantrasyonlarının diğer örneklemelere oranla yüksek bulunması bu düşüncüyü desteklemektedir. Araştırma bölgelerine yakın olan Petrol ofisi dolun tesisleri ve Arsin Organize Sanayi Bölgesi'ndeki küçük ve orta ölçekli sanayi kuruluşlarının atıkları, farklı metal konsantrasyonlarının oluşmasına neden olabilecek unsurlar olarak değerlendirilebilir. Çalışma sahalarının yerleşim birimlerine ve akarsulara yakın olması nedeniyle evsel atıkların ve akarsuların taşıdığı kara kökenli maddelerin metal kompozisyonunu etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu etkenlerin yanı sıra çalışma alanlarının da içinde bulunduğu Trabzon ili maden yatakları açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bölge Müdürlüğü'nün çalışmaları sonucu il sınırları içinde 54 adet metalik maden (Bakır, Kurşun, Çinko, Demir ve Manganez) yatak ve zuhuru tespit edilmiştir. Bu yataklarda 97704 ton metal bakır, 24940 ton metal kurşun ve 30590 ton metal çinko belirlenmiştir (Altınbaş vd., 2010). çalışılan bölgelerle alakalı olarak Sürmene Aksu ve Kutlular bakır, çinko ve mangan maden yatakları, Yomra bakır, çinko ve mangan maden yatakları, Arsin Özlü ve Bardaklı bakır, çinko ve kurşun maden yatakları, Maçka Yenimahalle ve Orman üstü bakır, çinko ve kurşun maden yataklarının bölgelerde mevcut olması yapılan çalışmada bulunan yüksek konsantrasyon değerleriyle ilişkili ve bu kapsamda hesaplanan SZF ve KYİ değerleriyle örtüşmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapılan bölgesel ve mevsimsel örneklemelelerde metal analizleri 63 μ 'dan küçük partikül boyutlarına ayrılarak analiz edilmiştir. Literatürde tanecik boyutu azalan sedimentlerin daha kapsamlı metal biriktirebileceği rapor eden (Groot vd., 1982; Soares vd., 1999) çalışmaların sonucuyla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Özşeker (2006) tarafından tane boyutu dağılımı üzerine Trabzon kıyılarında yapılan bir araştırmada Trabzon Bölgesi'nden 29 farklı istasyondan örnekleme yapılmıştır ve malzeme dağılımının % 14,6'nın ince çakıl, % 7,13'nün çok iri kum, % 4,88'nin iri kum, % 7,88'nin orta kum, % 6,62'nin ince kum, % 39,5'nin çok ince kum ve % 19,5'nin kilden oluştuğunu ortaya koymuştur. Yapılan çalışmada sonuçların benzer olduğu, Çalışılan Bölgeler arasında malzeme dağılımı açısından fark olmasının yanında Trabzon ili genelinde malzemenin % 21,69'nun kil, 62,38'nin kum ve 15,91'nin çakıl malzemesinden oluştuğu ortaya konulmuştur.

Haşimoğlu (2010) tarafından yürütülen çalışmalarda sedimentte kil ve kum olmak üzere iki farklı sınıflandırma yapılmıştır. Değirmendere ve Yanbolu dere sedimentinin ağırlıklı olarak kum Solaklı Bölgesi'nin ise kil karakterli malzemedan oluştuğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla DSI'ne ait sediment analiz sonuçları birebir benzerlik göstermiştir.

Su kolonunun yüzeyi ve dibinden alınan su örnekleri 45 μ filtreden geçirilmek sureti ile, su içerisindeki mevcut elementler; çözünmüş ve süspanse olmuş olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenmişlerdir. Yapılan çalışmalarda su içerisinde çözünmüş örnekler için yüzey ve dip bölgesi arasında fark olmadığı ($P < 0,05$) tespit edilmiştir. İlkbahar mevsimi haricinde çalışılan diğer mevsimlerde çalışılan metallerin Pb elementi haricinde kabul edilebilir değerlerin altında olduğu belirlenmiştir. Ergül (2004) tarafından Trabzon'un Yomra ilçesinde yapılan bir çalışmada su kolonunun 40. metresinde Cu; 0,8 ppb, Pb; 0,83 ppb ve Zn; 13 ppb değerlerinde ve 70. metresinde Cu; 0,5 ppb, Pb; 0,78 ppb ve Zn; 16 ppb değerlerinde olduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmadaki değerlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Alemdağ (1999) tarafından Rize'de (Çayeli) yapılan bir araştırmada, su kolonunun 2. ve 600. metreleri arasında 16 farklı derinlikte metal düzeyleri belirlenmiştir. Bu çalışmada, belirlenen yüzey ve dip sularındaki metal konsantrasyonları yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırıldığında; Yapılan çalışmada Cu, Zn, Pb ve Co değerlerinin Çayeli'nde her iki derinlik tabakasında belirlenen değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ünsal vd. (2004) tarafından Çayeli’nde yapılan çalışmada 7 ayrı derinlikten alınan deniz suyu örneklerinde metal analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada belirlenen metal konsantrasyonları ile yapılan çalışmadaki bulunan değerler karşılaştırıldığında belirlenen Cu düzeyinin düşük, diğer elementlerin ise düzeylerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Gedik (2010) tarafından Rize sahillerinde yapılan bir çalışmada metal değerleri aylık olarak ölçülmüştür. En yüksek bakır değeri Şubat ayında 16 ppb ve kurşu değeri ise 23 ppb olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada incelenen metallere çinko konsantrasyonunun yüzey su kolonunda 48-71 ppb olarak bildirilmiştir. Yapılan çalışmada bulunan sonuçlarla Gedik, (2010) tarafından bulunan sonuçlar kıyaslandığında yapılan çalışmadaki değerlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Karadeniz’de yürütülen başka bir çalışmada, bakır miktarının yüzeyde 0,16 ppb, 15 m’de 0,13 ppb olduğu ve derinliğe doğru azalmanın devam ettiği bildirilmiştir (Landing ve Lewis, 1991).

Kayhan (2008) tarafından yapılan çalışmada yüzey suyunda çinko konsantrasyonunun 2,79-112,27 ppb arasında değiştiği saptanmıştır. Bakan ve Özkoç (2007) Orta Karadeniz sahillerinde yapmış oldukları bir çalışmada deniz suyunda çinko konsantrasyonunun 109,55-261,65 ppb arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Altaş ve Büyükgüngör (2007) Orta Karadeniz’de yapmış oldukları bir çalışmada çinko değerinin bazı zamanlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)’de verilen deniz suyu kalite kriterlerinden yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada elde edilen çinko değerlerinin, Bakan ve Özkoç (2007) ile Altaş ve Büyükgüngör (2007) tarafından yapılan çalışma sonuçlarından daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Orta Karadeniz’de Zn değerinin yüksek olmasının nedeni bu bölgedeki sanayileşmenin yoğun bir şekilde olmasından kaynaklandığı söylenilebilir (Çoban vd., 2009). Çayeli açıklarında yapılan bir çalışmada kurşun miktarının yüzeyde 0,46-164 ppb arasında değiştiği belirlenmiştir (Kayhan, 2008). Yapılan çalışmada elde edilen kurşun değerlerinin Kayhan (2008) tarafından bildirilen değerlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Korzeniewski ve Neugebauer (1991) Romanya kıyılarında yaptıkları çalışmada ortalama kurşun konsantrasyonunun 0,83 ppb olduğunu tespit etmişlerdir. Karadeniz’de yapılan bir çalışmada yüzey suyunda kurşun konsantrasyonunun ortalama 0,56 ppb olduğu ve kurşunun alansal dağılımında farklılıkların bulunduğu bildirilmiştir (Haraldson ve Westerlund, 1991).

Zoller vd. (1974) ve Weisel vd. (1984) yaptıkları çalışmalarda denizdeki kurşun kaynaklarının en önemlilerinden birinin atmosfer olduğunu bildirilmektedir. Anwari vd.,

(1991) Karadeniz' in doğu ve batısında atmosferden deniz suyuna geçen kurşun miktarının sırasıyla 1500 ve 2400 ton/yıl olduğunu saptamışlardır. Kayhan (2008) tarafından Çayeli açıklarında yapılan çalışmada yzeyde 0,46-3,07 ppb, 75 m'de ise 0,48-15,40 ppb arasında değişen kurşun değerleri tespit edilmiştir. Yine Çayeli açıklarında yapılan başka bir çalışmada kurşun miktarının yzeyde 1,00-3,20 ppb, 25 m'de ise 1,04-2,26 ppb arasında değiştiği saptanmıştır (Alemdağ, 1999). Yapılan çalışmada verilen değerlerle Kayhan (2008) ve Alemdağ (1999) tarafından sunulan değerlerin benzerlik gsterdiği görülmüştür. Deniz ortamında yapılan çalışmalarda analiz sonuçlarının sağlıklı olarak yorumlanabilmesi için çözünürlüğü etkileyen sıcaklık, elektriksel iletkenlik, tuzluluk ve pH gibi faktörlerin de göz önüne alınması gerekir. Yapılan çalışmada denizel ortama ait fiziksel ve kimyasal parametreler değerlendirilmiştir.

5. SONUÇLAR

Çalışma bölgelerine ait deniz suyu sıcaklıkları irdelendiğinde bölge değerlerinin benzer olduğu ve bölge karakterini yansıttığı görülmüştür. Yüzey suyu sıcaklığı en yüksek 27,4 °C ve en düşük 10,1 °C değerlerinde Değirmendere Bölgesi'nde tespit edilmiştir. Tuzluluk değerlerindeki değişimler irdelendiğinde, ölçülen yüzey suyu tuzluluğu en yüksek Sonbahar mevsiminde ‰ 17,6 ve en düşük Yaz mevsiminde ‰ 17,2 değerlerinde ölçülmüştür. Bölgelerin genelinde yüzey suyu tuzluluğu ‰ 17,2 ve ‰ 17,6 arasında değişim göstermiştir. Yüzey suyu pH değerleri, Değirmendere Bölgesi'nde en yüksek Sonbahar mevsiminde 8,4 ve en düşük Kış mevsiminde 7,3 değerlerinde, Yanbolu Bölgesi'nde en yüksek Sonbahar mevsiminde 8,2 ve en düşük Kış mevsiminde 7,4 değerlerinde, Solaklı Bölgesi'nde en yüksek İlkbahar mevsiminde 8,3 ve en düşük Kış mevsiminde 7,7 değerlerinde tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada elde edilen oşinografik sonuçların mevsimler arasındaki değişiminin farklı olduğu, mevcut çalışmalarla benzerlik gösterdiği ve Karadeniz'in genel oşinografik özelliklerini yansıttığı sonucu ortaya konulmuştur.

Sedimentin taşınımı ve birikimi üzerinde etkin bir faktör olan akıntı bölgeler arasındaki değişimi irdelendiğinde, akıntı hızı 35 cm/s ile 10 cm/s arasında ve 10-90° arasında kuzey doğu yönlü olarak belirlenmiştir. En yüksek akıntı hızı Değirmendere Bölgesi'nde ve en düşük akıntı hızı Yanbolu bölgesinde tespit edilmiştir. Çalışılan bölgeye ait metal değerleri her bir bölge için batıdan doğuya ve kıyıdan açığa doğru atış göstermiştir. Bu durum bölgedeki mevcut akıntı sistemin bir etkisi olarak görülmektedir.

Yapılan çalışmada, bölgelere ait deniz ve dere sedimentlerinin konsantrasyonları, ortalama şeyl verileri (Tablo 5) ve US EPA (Tablo 7) kriterleri ile kıyaslandığında Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının ortalama şeyl verilerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bölgelerde Cu, Pb ve Zn elementlerinin SZF VE KYİ değerlerinin sınır değerlerinden (SZF ve KYİ > 1) yüksek olması dolayısıyla söz konusu elementler için bölgelerde metal kirliliği durumu söz konusudur. Kirlilik seviyesi düzeyleri US EPA kriterleriyle karşılaştırıldığında Cu ve Pb elementlerinin kirlilik seviyesinin yoğun, diğer elementlerin kirlilik seviyelerinin orta derecede olduğu sonucu ortaya konulmuştur.

Bu sonuçlar çalışılan bölgelerin jeokimyasal yapı bakımından zengin olmasının yanı sıra bölgede antropojenik girdinin de etkili olduğu ve çalışılan elementlerin bölgede

mevcut konsantrasyonların üzerine çıkması sonucunu ortaya koymaktadır. Limitlerin üzerinde bulunan elementlerin kaynağı; Değirmendere kıyılarında kısmen havzada bulunan metal işleme, sanayi tesisleri olmakla birlikte her üç havzada bulunan zengin maden yataklarından yıkanarak gelen doğal mineraller oluşturmaktadır.

Çalışılan metaller, bölgeler bazında mukayese edildiklerinde en yüksek metal değerlerinin Solaklı Bölgesi'nde en düşük metal değerlerinin ise Yanbolu Bölgesi'nde olduğu tespit edilmiştir. Metal değerlerinin mevsimsel dağılımı irdelendiğinde ise en yüksek konsantrasyonların Sonbahar mevsiminde olduğu görülmüştür.

Deniz sedimentlerinin ana kaynağını teşkil eden bölgeye ait derelerden örneklenen sedimentin içerdiği metal değerleriyle, karasal sedimentin taşınarak biriktiği aynı bölgelerin deniz sedimentine ait ortalama metal değerleri karşılaştırıldığında sonuçların birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında bölge akarsuları ile kıyısız deniz alanları ağır metal açısından irdelendiğinde, akarsulardaki olası metal kirliliğinin kıyısız alanlardaki kirliliğin kaynağı ve göstergesi olduğunu söylemek mümkündür.

Araştırma bölgelerine ait su (yüzey ve dip) örneklerindeki metal konsantrasyonları çözülmüş ve süspanse olmuş olarak iki ayrı kısımda incelenmiştir. Çözülmüş metal değerleri Yaz, Sonbahar ve Kış mevsimlerinde saptama limitlerinin altında tespit edildiğinden dolayı sadece İlkbahar mevsimine ait çözülmüş metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Su örneklerindeki metal konsantrasyonları EPA ve Türkiye çevre kriterleri (TEG) (Tablo 6) ile kıyaslandığında Cu elementinin deniz ve dere ortamında kirlilik sınırlarının üzerinde olduğu, Zn elementinin sadece dere ortamında kirlilik sınırlarının üzerinde bulunduğu ve diğer elementlerin ise kirlilik sınırlarının altında bulunduğu belirlenmiştir. Metal konsantrasyonları dere ve deniz suyu olmak üzere karşılaştırıldıklarında dere ortamına ait su örneklerindeki metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Araştırma bölgelerinde sedimentin en baskın unsuru olarak görülen litojenik maddeler, kıyı bölgelerindeki sedimantasyonda, kara kökenli maddelerin etkin olduğunu göstermektedir.

Mevsimplere göre bölgelerin malzeme dağılımı irdelendiğinde Değirmendere, Yanbolu ve Solaklı Bölgeleri'nin sediment yapısının üniform olmayan iyi derecelenmiş malzemedan oluştuğu ve malzemenin büyük kısmının ince kum'dan meydana geldiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra araştırma bölgelerinde sediment malzeme yapısının kıyıda açığa doğru gidildikçe küçüldüğü ve en derin istasyonda (6.istasyon) ise malzemenin kil

ağırlıklı olduğu tespit edilmiştir. Sedimentlerde dane boyu küçüldükçe buna bağlı olarak yüzey alanı, yüzey yükü ve organik madde gibi özellikleri artar. Bunun sonucunda daha yüksek konsantrasyonlarda ve homojen olarak metal içerirler (Loring, 1991). Araştırma bölgelerinde metal konsantrasyonlarının alansal dağılımı irdelendiğinde kıyıda açık denize doğru malzeme boyutu küçüldüğünden dolayı en yüksek metal konsantrasyonları bu noktalarda tespit edilmiştir (Şekil 19, 20, 21, 22, 23).

Mevsimplere göre bölgelerin sediment gözenek hacimleri irdelendiğinde sonuçların sediment malzeme yapısıyla benzer olduğu Solaklı Bölgesi'nde gözenek hacimlerinin maksimum değerinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesi dağlarından doğan, dağ ve vadilerden geçerek geçtikleri bölgede aşındırdığı ya da çözümlenerek bünyesine aldığı element ve bileşiklerle birlikte havzada mevcut ev ve sanayi tesislerinin atıklarını taşıyarak endüstriyel ve endüstriyel kirleticilere maruz kalmış ve diğer havzalara göre en az antropojenik etki altındaki üç akarsu drenaj alanında yapılan bu çalışmada sonuç olarak, bölgede sediment haricinde kirlilik yükünün beklenenden az olduğu tespit edilmiştir. Solaklı deresi drenaj alanına ait metal değerlerinin diğer bölgelere göre yüksek çıkması sebebiyle antropojenik etkinin doğal kaynaklı kirlilik yüküne göre daha düşük olduğu sonucu ortaya konulmuştur. Bölgede metal kirliliğinin ana kaynağı doğal mineral yatakları ve diğer kayalardaki kirleticilerin taşınımının akarsular ve kıyı boyu akıntılarının etkisi olduğu tespit edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Türkiye balıkçılığında önemli yeri olan Karadeniz ekosisteminde son otuz yılda belirgin değişiklikler olmuştur. Akarsularla taşınan, kıyıdaki yerleşim yerleri ve endüstri tesislerinden kaynaklanan kirlenici atıklar, deniz taşımacılığı ve diğer denizcilik faaliyetlerinden dolayı oluşan kirlenme vb. gibi birçok faktör Karadeniz ekosistemini olumsuz yönde etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır.

Ekosistemle ilgili yapılan çalışmalarda zamana bağlı değişikliklerin ve etki eden faktörlerin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu sebepten dolayı dip sedimenti örneklemeleri yapılmalı ve bulunulan su kolonunun hidrokimyasal özellikleri belirlenmelidir. Deniz sedimentleri yüksek oranda metal soğurma kapasiteleri nedeniyle bu işlemler için ideal ortamlardır. Gerek atmosferdeki gerekse kara ortamındaki kirleniciler, meteorolojik olaylar ve akarsuların etkisiyle taşınarak niheyet deniz sedimentinde birikmektedirler. Bu nedenle deniz sedimentlerinde yapılacak araştırmalar, geniş bölgelere ait veriler sunacaktır.

Çalışılan bölgelerde metal değerlerinin Ni elementi haricinde yüksek değerlerde (SZF ve KYİ yöntemlerine göre belirlenen) bulunmasının sebebi bölgenin jeokimyasal yapısının ve maden yataklarınca zengin olmasının bir sonucudur. Bölgede sediment haricinde kirlilik yükünün beklenenden az olduğu ve antropojenik etkinin doğal kaynaklı kirlilik yüküne göre daha düşük olduğu ortaya konmuştur. Bölgede doğal jeokimyasal yapının yüksek olmasından dolayı bölgede yapılacak olan balıkçılık aktiviteleri, deniz turizmi ve kentsel yerleşimin kıyısız bölgelerde yoğunlaşması gibi durumlarda göz önüne alınarak bölge durumuna göre plan ve projelendirilmeye gidilmelidir. Ayrıca bölgede bulunan kömür depolama tesisleri, hazır beton ve taş kırma tesisleri, metal döküm ve mermer işleme sanayi, alabalık üretim tesisleri ve küçük sanayi sitelerinin atıkları atık arıtma sistemlerinde detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. Aksi halde zaten doğal yapısı gereği metal açısından yüksek olan bölge sanayi tesislerinin etkisiyle daha da yükselecektir. Karadeniz’de yapılan bireysel araştırmaların, özellikle Karadeniz’in kirliliğe karşı korunması sözleşmesi gereği, kurumsal bir yapıya dönüştürülmesi bölge için olumlu sonuçlar doğuracaktır.

7. KAYNAKLAR

- Akçay, H., Oğuz, A. ve Karapire, C., 2003. Study of Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River sediments, Water Research, 37, 4, 813-822.
- Akinbiyi, A., 2000. Removal of Lead from Aqueous Solutions by Adsorption Using Peat Moss, Master Thesis, University of Regina, Saskatchewan, Canada.
- Alemdağ, N., 1999. Güneydoğu Karadeniz'in Su Kolonunda Bazı Fiziksel Parametreler ve Eser Elementlerin Dağılımlarının Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Algan, O., Gazioğlu, C., Yücel, Z. ve Çağatay, N., 1997. Input of Sediment and Freshwater to the Black Sea by Turkish Rivers, IOC-BSRC Workshop: Black Sea Fluxes, İstanbul, 3-4.
- Algan, A.O., Çağatay, M.N., Sarıkaya, H.Z., Balkıs, N. ve Sarı, E., 1999. Pollution Monitoring Using Marine Sediments: A Case Study on the İstanbul Metropolitan Area, Tr. J. Of Engineering and Environmental Science, 23, 39-48.
- Altaş, L. ve Büyükgüngör, H., 2007. Heavy metal pollution in the Black Sea Shore and offshore of Turkey, Environmental Geology, 52: 469-476.
- Altınbaş, F.A., Boğuşlu, M., Dursun, Ö., Hamzaçebi, S. ve Altınbaş, S.A., 2010. MTA Doğu Karadeniz Bölge Müd., Trabzon İli Doğal Kaynaklar Envanteri, Trabzon.
- Anderson, V., Maagen, A. ve Johannessen, P.J., 1996. Bull Environmantel Contamination Toxicolgy, 12, 589-595.
- Ankley, G.T., Schubauer-Berigan, M.K. ve Dierkes, J.R., 1991. Predicting the Toxicity of Bulk Sediments to Aquatic Organism with Aquesous Test Fractions: Gözenek Water vs. Elutriate, Environ.Toxicol.chem., 10, 1359.
- Anwari, M.A., Tuncel, G. ve Ataman, O.Y., 1991. Lead and Nickel Levels in Black Sea Aerosols by ETA-AAS intern, J.Environ Anal. Chem, 478, 227-237.
- Aydın, F., 2003. Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aytekin, M., 2004. Deneysel Zemin Mekaniği; Teknik Yayınevi, Ankara.
- Bakan, G. ve Özkoç, H.B., 2007. An Ecohological Risk Assesment of the Impact of Heavy Metal in Surface Sediments on Biota from the mid-Black Sea Coast of Turkey, International Journal of Environmental Studies, 64, 1, 45-47.

- Balcı, A., 1991. Trace Metal Speciation in Black Sea Sediments. Ph.D. Thesis. Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylül Univ., İzmir.
- Balkaş, T., Dechev, G., Mihnea, R., Serbanescu, O. ve Ünlüata, Ü., 1990. State of marina environment in the black sea region. UNEP Regional Seas Reports and Studies No:124 UNEP, 41.
- Balls, P.W., 1987. Atomic Absorption Spectrometric/Hydrate Generation Determination of Tributyltin and Dibutyltin in Sea Water at the Nanogram Per Litre Level. Anal. Chim. Acta., 197, 309-313.
- Barlas, N., 1997. A Pilot Study of Heavy Metal Concentration in Various Environmnts Fishes in the Upper Sakarya River Basin, Turkey. Jhon Willey and Sons,Inc., 367-373.
- Baykurt, F., Aydın, A. ve Artüz, L., 1982. Bilimsel Açidan Karadeniz, İstanbul Üniversitesi, 3004, İstanbul.
- Boran, M., 1995. Trabzon Sahillerinde Çeşitli Kirleticilerin Zamansal ve Alansal Dağılımı, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bronfman, A.M., Ryasintseva, N.I. ve Efimov, I.I., 1992. Optimization of Sewage Discharges Taking into Account the Small-Scale Dynamic of Waters in the Coastal Zone of the Black Sea, Acops. Assesment of Land-Based Sources of Marine Polution in the Seas Adjacent to the CIS. Book of Abstracts, 1, 84-85.
- Bruland, K.W., Bertine, K., Koide, M. ve Goldberg, E.D. 1974. Environ.sci.Technol. 8, 425-432.
- Bufflap, E. ve Allen, E., 1995. Sediment Pore Water Collection Methods for Trace Metal Analysis, 29, 165-177.
- Burton, G.A., J.R., Denton, D.L., H,K. ve Ireland , S., 2003. Sediment Toxicity Testing: Issues and Metodhs In: Handbook of Ecotoxicology, 2nd ed., Hoffman, D. J.,Rattner, B.A., Burton,G.A. and Cairns, J., Lewis Publishers, CRC Pres LLC-USA.
- Carmichael, W.W., 1981. Freshwater Blue-Green Algae (Cyanobacteria) Toxins: A review, in the Ware Environment: Algal Toxins and Health, Carmichael, W.W., Ed., Plenum Pres, New York.
- Chakravarty, M. ve Patgiri, D.A., 2009. Metal Pollution Assesment in Sediments of the Dikrong River, N.E.İndia, J. Hum, Ecology, 27 ,1, 63-67.
- Chester, R., 1990. Marine Geochemistry. Unwin Hyman Ltd., 698.
- Çapkın, E., 2001. Trabzon Limanı ve Çevresinde Bazı Kirleticilerin Zamansal ve Alansal Dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Çoban, B., Balkiş, N. ve Aksu, A., 2009. Heavy Metal Levels in Sea Water and Sediment of Zonguldak, Turkey, Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 15, 23-32.
- Çomakoğlu, B., 1995. Atıksulardan Bakır ve Kadmiyum'un Kompost ile Adsorplanarak Uzaklaştırılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dauvalter, V. ve Rognerud, S., 2001. Heavy Metal Pollution in Sediments of The Pasvik River Drainage, *Chemosphere*, Vol. 42, 9-18.
- DelValls. T.A., Forja, J.M. ve Gonzalez-Mazo, E., 1998. Determining Contamination Sources in Marine Sediments Using Multivariate Analysis, Trends in Analytical Chemistry, vol. 17, no. 4, 181-192.
- DelValls, Forja, J.M. ve Para, G.A., 2002. Seasonality of Contamination Toxicity and Quality Values in Sediments from Littoral Ecosystems in The Gulf Cadiz (SW). Chemosphere, 46, 1033-1043.
- Dulski, P., 2001. Dulski, Reference materials for geochemical studies: new analytical data by ICP-MS and critical discussion of reference values, *Geostand. Newslett.* 25, pp. 87-125.
- Durham, R.W. ve Joshi, S.R., 1984. Lead-210 dating of sediments from some Northern Ontario Lakes. *Quaternary Dating Methods, Series of Developments in palaeontology and stratigraphy*, 7, 75-85.
- Egemen, Ö. ve Başaran, A.K., 2002. Doğu Karadeniz'de (Samsun) Bazı Fizikokimyasal Parametrelerin Araştırılması, *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 19, 177-182.
- Engler, R.M, Brannon, J.M. ve Rose, J. 1977. A practical selective extraction procedure for sediment characterization. In: *Chemistry of Marine Sediments* (ed. T.F.Yen), pp. 163-171, Ann Arbor Sci. Publ., Michigan.
- Ergül, H.A., 2004. Karadeniz'in Trabzon Yöresinde Oksik Zon'da Sedimantasyon Yapan Materyalin Bazı Ağır Metal, Radyonüklid, Organik Karbon ve Klorofil-a Düzeylerinin Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erinç, S., 1984. Karadeniz Çanağının Jeomorfolojik ve Yapısal Özelliklerinin Morfometrisi, İstanbul Üni. Deniz Bil. Coğr. Enst. Bülteni, 1, 15-22.
- Ertüz, C., Feyzioğlu, M., Sivri, N. ve Başar, E., 1997. Doğu Karadeniz Kıyıları Fotik Zonunda Mevsimsel Su Kütleleri, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları I. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 97, Bildiriler Kitabı, Haziran, Ankara, 801-808.
- Fonselius, S.H., 1974. Phosphorus in Black Sea. In: *The Black Sea: Geology, Chemistry and Biology*, E.T. Degens and D.A. Ross, editors, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, *Memoirs*, 20, 386-398.

- Förstner, U. 1989. Lecture Notes in Earth Sciences, 21. Contaminated sediments. 157 pp. Springer, Verlag.
- Gedik, K., 2010. Yüksek Lisans Tezi, Rize Sahillerinde Bazı Kirleticilerin Mevsimsel ve Hacimsel Dağılımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Genov, I., 2001. Lithological Features of the Upper Hologene İn the East Part Of Black Sea, Bulgarian Academy of Sciences Institute of Oceanology, 3, 43-45.
- George, D. ve Mallery, P., 2003. SPSS for Windows Step by step, A Simple Guide and Reference 15,0 Update, Furth Edition, Boston, 386.
- Gerbersdorf, U.S., Jancke T. ve Westrich, B., 2005. Physico-chemical and Biological Sediment Properties Determining Erosion Resistance of Contaminated Riverine Sediments-Temporal and Vertical pattern at the Lauffen Reservoir, 35, 132-144.
- Griffiths, R.P., 1983. The Importance of Measuring Microbial Enzymatic Functions While Assessing and Predicting Long-Term Anthropogenic Perturbations, Mar. Pollut. Bull., 14, 162.
- Groot, A.J., Zschuppe, K.H. ve Salomons, M., 1982. Standardization of methods of analysis for heavy metals in sediments., Hidrobiol., 92, 689-695.
- Güven, K.C., Okuş, E., Topcuoğlu, S., Esen, N., Küçükcezzar, R., Seddigh, E. ve Kut, D., 1997. Heavy Metal Accumulation in Algae, from the Black Sea Coast of Turkey, Toxicological and Environmental Chemistry, 67, 435-440.
- Habashi, F., 1997. Handbook of Extractive Metallurgy, 2, Wiley Publications, Germany.
- Haraldson, C. ve Westerlund, S., 1991. Total and Suspended Cadmium, Cobalt, Copper, Iron, Lead, Manganese, Nickel and Zinc in the Water Column Of the Black Sea, Black Sea Oceanography, Edited by E.İzdar ve J.W. Murray, Kluwer Academic Publishers, London.
- Haritonidis, S. ve Malea, P., 1999. Bioaccumulation of Metals by The Green Alga *Ulva rigida* from Thermaikos Gulf, Greece. Environmental, 104, 365-372.
- Haşimoğlu, A., 2010. T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Rusubat Analiz Raporu , Ankara, 22.
- Hay, B.J., 1988. Sediment Accumulation in the Central Western Black Sea. Paleoceanography, 3, 491-508.
- Horwitz, R.J., Ruppel, B., Wisniewski, S., Kıry, P., Hermanson, M. ve Gilmour, C., 1995. Mercury Concentrations in Fresh Water Fishes in New Jersey, Water Air Soil Pollution, 80, 885-888.

- İzdar, E. ve Ergin, M., 1987. Possibility of Mineral Enrichment of the Black Sea. P.G.Teleki at all (eds) Marine Minerals, by D.Riedel Pub. Co., 363-374.
- İzdar, E. ve Duman, M., 1993. Karadeniz'in Anoksik Ortamında Metal Sülfidlerin Depolanabilirliği, D.E.Ü, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü., 1-8.
- Jacobi, M., Fairey, R., Roberts, C. ve Landrau, E., 1998. Chemical and Biological Measures of Sediment Quality and Tissue Bioaccumulation in the North Coast Region Final Report, California State Water Resources Control Board, University of California.
- Karakoç, F.T., 2010. Su Ürünleri Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme olan Etkilerinin Belirlenmesi, Proje Final Raporu, 89-94, 506G207, TÜBİTAK.
- Kayhan, H., 2008. Çayeli Bakır İşletmeleri'ne Ait Derin Deniz Deşarjı ile Yapılan Atık su Boşaltımının Deniz Ekosistemine Etkilerinin Belirlenmesiyle Yayılımının Modellenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kaymakçı, N., 2001. Jeoloji Ders Notları, Jeoloji Müh. Böl. Kocaeli Üniversitesi
- Ketin, İ., 1983. A review of the Geology of Turkey, İstanbul Tech. Univ. Press, İstanbul.
- Kocataş, A., 2005. Oseanoloji, E.Ü.Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, 114, İzmir.
- Konuk, Y.T., Ergün, M., Avcı, M. ve Duman, M., 1991. The Effects of Neotectonic Movements on the Recent Sedimentation of the SW Black Sea, In: Black Sea Oceanography, edited by E. Izdar, and J.W., Murray, NATO/ASI Series, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 389-400.
- Korzeniewski, M. ve Neugebauer, E., 1991. Heavy Metals Contamination in The Polish Zone of Southern Baltic. EMEC'S 90,23.
- Krumbein, W.C. ve Sloss, L.L., 1963. Stratigraphy and Sedimentation; 2nd. Edition, Freeman, San Francisco.
- Küchler, W. ve Verlag, C. H., 1986. Chemische Technology, Band 4, Wien.
- Landing, W.M. ve Lewis, B., 1991. Thermodynamic Modeling of Trace Metals Specification, Black Sea Oceanography, 351, 125-169.
- Lamborg, C.H., Yiğiterhan, O., Fitzgerald, W.F., Balcom, P.H., Hammerschmidt, C.R. ve Murray, J. 2007. Vertical Distribution of Mercury Species at Two Sites in the Western Black Sea, Marine Chemistry, 111, 77-89.
- Loring, D.H., 1991. Normalization of Heavy Metal Data from Estuarine and Coastal Sediments. ICEOS. No. 9.
- Loring, D.H. ve Rantala, R.T.T. 1992. Earth-Science Reviews 32, 235-283.

- Luoma, S.N., 1990. Processes Affecting Metal Concentrations in Estuarine and Coastal Marine Sediments, *Heavy Metals in the Marine Environment*, 51-66.
- Lydy, M.J. ve Wissing, T.E., 1988. Effect of Sublethal Concentrations of Copper on the Critical Thermal Maxima of the Fantail and Johnny darters. *Aquatic Toxicology*, 12, 311-322.
- Mal, T.K., Adorjan, P. ve Corbett, A.L. 2002. Effect of copper on growth of an aquatic macrophyte, *Elodea canadensis*. *Environmental Pollution*, 120, 307-311.
- Manahan, S.E., 1994. *Environmental Chemistry-6th Edition*, CRC Press, Inc., USA.
- Mee, L., 1992. The Black Sea in Crisis: A Need for Concerted International Action, *Ambio*, 21, 278-286.
- Mertz, W., 1987. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, Academic Press, Fifth Edition, vol. 1.
- Millero, F., 1987. Chemical Models of Sea Water, *Chemistry International*, 9, 5, 203-204.
- Murray, J. ve İzdar, E., 1991. *Black Sea Oceanography*, Editors: İzdar, E., Murray, J.W., NATO /ASI Series, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Natusch, D.F.S., Bauer, C.F., Matusiewicz, H., Evans, C.A., Baker, J., Loth, A., Linton, R. W. ve Hopke, P.K., 1975. Characterization of trace elements in Fly Ash, Int. Conference on Heavy Metals in the Environment, Symposium Proceedings, Pathways and Cycling, Toronto, Canada, October 27-31, vol 2, 2, 553-575.
- Oğuz, T., Latif, M.A., Sur, H.I. ve Ünlüata, Ü., 1989. Batı ve Orta Karadeniz'in Oşinografisi, Ulusal Deniz Ölçme ve İzleme Programı, İçel.
- Oğuz, T., Latif, M.A., Sur, H.I., Özsoy, E. ve Ünlüata, Ü., 1991. On the Dynamics of the southern Black Sea In: *Black Sea Oceanography*, edited by E. İzdar and J..M.Murray, NATO/ASI Series, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 46-63.
- Oğuz, T., Latun, V.S., Latif, M.A., Vladimirov, V.V., Sur, H.I., Markov, A.A., Özsoy, E., Katovshchikov, B.B., Eremeev, V.V. ve Ünlüata, U., 1993. Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea, *Deep Sea Res.*, 40, 1597-1612.
- Oğuz, T., Violette, P.E. ve Ünlüata, Ü., 1994. The Upper Layer Circulation of the Black Sea: Its Variability as Inferred from Hydrographic and Satellite Observation. *Journal of Geology*, 121, 213-230.
- Oğuz, T., Latun, V.S., Latif, M.A., Vladimirov, V.V., Sur, H.I., Markov, A.A., Özsoy, E., Katovshchikov, B.B., Eremeev, V.V. ve Ünlüata, U., 2006. State of Environment Report 2001-2006, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Erdemli, Turkey.

- Ortega, R., 2002. Analytical Methods for Heavy Metals in Environment; Quantitatif Determination, Speciation and Microscopic Analysis. Heavy Metals in the Environment, Marcel Dekker, 725, Newyork.
- Öner, M., 1987. Mikrobiyal Ekoloji, Ege Üniversitesi Basımevi, Fen Fakültesi Yayını, 100, İzmir.
- Özdemir, E., 2005. Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Yayınları Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14, İzmir.
- Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A. ve Doğru, M., 2004. Concentrations of Heavy Metal and Radyoactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ) Turkey, Chemosphere, 55, 401-408.
- Özşeker, K., 2006. Yüksek Lisans Tezi, Güneydoğu Karadeniz (Trabzon) Kıta Sahanelığı Oksik Tabaka Hidrografik Özellikleri, Sedimentleri'nin Dane Boyutu Dağılımı ve Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özşeker, K. ve Erüz, C., 2009. Doğu Karadeniz (Trabzon) Kıyusal Deniz Sedimentlerin'de Cu Dağılımı, 15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Rize.
- Özşeker, K. ve Erüz, C., 2011. Heavy Metal (Ni, Cu, Pb, Zn) Distrubition in Sediments from the Coast of Trabzon in the Black Sea, Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 40, 1, 48-54.
- Polikarpov, G.G., Zaitsev, Yu.P., Zats, V.I. ve Radchenko, L.A., 1991. Pollution of the Black Sea (Levels and Sorces), Proceedings of the Black Sea Symposium Ecological Problems an Economical Prospects, September, Istanbul, 15-42.
- Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 25687.
- Resmi Gazete, 2005. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği, 25818.
- Riley, J.P. ve Skirrow, G., 1975. Chemical Oceanography, Second Edition, Academic Press, London.
- Samsunlu, A., 1999. Çevre Mühendisliği Kimyası, 4.Baskı, Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal, M. ve Rauret, G., 2002. "Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in Environmental Samples: Microwave – Assisted Total Digestion Versus Aqua Regia and Nitric Acid Extraction", Analytica Chimica Acta, 462, 59 – 72.
- Sawyer, C.N. ve Mccarty, P.L., 1978. Chemistry for Environmental Engineering, Third Edition, McGraw-Hill, Inc.
- Shaw, T.J., Gieskes, J.M. ve Jahnke, R.A., 1990. Geochimica et Cosmochimica Acta, 54, 1233-1246.

- Soares, H.M.V.M., Boaventura, R.A.R., Machado, A.A.S.C. ve Esteves Da Silva, J.C.G., 1999. Sediments as Monitors of Heavy Metal Contamination in the Ave River Basin (Portugal):Multivariate Analysis of Data, Environmental Pollution, 105, 311-323.
- Sorokin, Y.I., 1986. The Black Sea. In:Ketchum, B.H.(ed), Ecosystem of the world, Estuaries and Enclosed Seas, Elsev. Sci. Publ. Comp., Newyork. 26, 253-292.
- Sorokin, Y.I., 2002. The Black Sea: Ecology and Oceanography. Backhuys, Leiden.
- Spencer, D.W. ve Brewer, P.G., 1974. The distribution and Flux of some Trace Elements between Dissolved and Particulate Phases in the Black Sea, Marine Chemistry, 32, 25-36.
- Sprague, J.B., 1970. Measurement of Pollutant Toxicity to Fish-II, Utilizing and Applying Bioassay Results, Water Resarch, 4, 3-32.
- Strakhov, N.M., 1947. Toward Understanding the Mechanisms of Marine Sedimentation, Station I., The Black Sea. Izv. Akad. Nauk U.S.S.R., Ser. Geol., 22, 49-90.
- Sümer, G., 2001. Aydın-Çine Feldispatının Özellikleri ve Flatasyon Yöntemi ile Uzaklaştırılması, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir/Türkiye.
- Tankere, S.P.C., Muller, Burton, J.D., Statham, P.J., Guieu, C. ve Martin, J.M., 2001. Trace Metal Distrubitions in Shelf Waters of The Northwestern Black Sea, Continental Self Resarch, 21, 1501-1532.
- Tomilson D.C., Wilson J.G., Harris C.R. ve Jeffrey D.W., 1980. Problems in assessment of heavy metals in Estuaries and the Formation of Pollution Index. Helgol Meeresunters, 33: 566-575.
- Topcuoğlu, S., Güven, K.C., Okuş, E., Esen, N., Güngör, N., Eğilli, E., Kut, D., Doğan, E. ve Ünlü, S., 1998. Metal Contents of Algea and Sediments of Turkish Coasts in the Black Sea (1979-1989 and 1991-1993), In: The Proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology: M. S. Çelikkale, E. Düzgüneş, İ. Okumuş, C. Mutlu (Editors), September, Trabzon, Bildiriler kitabı, 437-439.
- Topcuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç. ve Güngör, N., 2002. Heavy Metals in Organism and Sediments From Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998, Environment International, 27, 521-526.
- Topcuoğlu, S. Ölmez, E., Kırbaşoğlu, Ç., Yılmaz, Y.Z. ve Saygın, N., 2004. Heavy Metal and Radioactivity in Biota and Sediment Samples Collected from Ünye in the Eastern Black Sea, Rapp.Comm.Int.Mer Medit, 37, 250.
- Topping. G. ve Mee. L.D., 1999. Black Sea Pollution Assessment, Black Sea Environmental Series, UN Publications, New York, 380 s.
- Tuncel, G., Tuncer, G. ve Güllü, G., 1993. Karadeniz Deniz Kirliliği Ölçüm ve İzleme Projesi. 1993 Nihai Raporu, T.C. Çevre Bakanlığı, Ankara.

- Turekian, K.K. ve Wedephol, K.H., 1961. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. Geol. Soc. Am. Bull. 72, 175-192.
- Turkish Environmental Guidelines, 1988. Publications of Turkish Foundation of Environment.
- Tüfekçi, M., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesinin Çevre Sorunları, Karadeniz Çevre Konferansı, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara, 59-67.
- US EPA, 2010. SW-846 reference methodology: Method 3050B. Standart Operating Procedure for the Digestion of sediments samples Using Beaker Digestion Technique, Chicago, Illinois.
- URL-1, <http://www.inchem.org> ,11.08.2010.
- URL-2, <http://atlas.cc.itu.edu.tr/okayn/JEO444E/MGLecture9.htm>, Marine Sediments, 15.03.2010.
- URL-3, http://en.wikipedia.org/wiki/Grain_size, 15.03.2010.
- URL-4, ce.boun.edu.tr/eng/resarch/KILYOS/RAPOR.htm, 28.12.2005.
- URL-5, <http://www.milestonesci.com/index.php/product-menu/extraction>, 09.10.2011
- URL-6, www.ims.metu.edu.tr/SeadataNet, 07.06.2011
- Ünal, E., 2002. Seasonality of zooplankton in the Southern Black Sea in 1999 and Genetics of *Calanus euxinus* (Copepoda). M.S. Thesis, IMS-Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 214 .
- Ünsal, M., Bekiroğlu, Y., Beşiktepe, Ş., Kayıkçı, Y., Alemdağ, N., Aktaş, M. ve Yıldırım, C., 2004. Trabzon açıklarında deniz suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi 2001-2003 sonuç raporu, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, 102.
- Vallee, B.L. ve Wacker, 1970. The Proteins: Composition, Structure, and Function. 2nd Edition, vol. 5-Metalloproteins New York, NY: Academic Press Inc. Publishers.
- Watts, R. J., 1997. Hazardous Wastes: Sources, Pathways, Receptors, John Wiley&Sons, Inc., United States of America.
- Weisel, A.D., Piotrowicz, S.R., Harvey, G.R., Boran, A.D. ve Springer-Young, M., 1984. Cadmium, Copper and Zinc Interactions with Marine Humus as a Function of Legends Structure, Marine Chemistry, 14, 4, 333-346.
- Witeska, M. ve Jezierska, B., 2003. The effects of Environmental Factors on Metal Toxicity to fish, Fresenius Environmental Bulletin, 12, 8, 824-829.
- Woodard, F., 2001. Industrial Waste Treatment Handbook, Butterworth-Heinemann, USA.

- Yemencioğlu, S., Erdoğan, S. ve Tuğrul, S., 2006. Distrubition of Dissolved Forms of Iron and Manganese in the Black Sea. Deep Sea Resarch, 53, 1852-1855.
- Yücesoy, F. ve Ergin, M., 1992. Heavy Metal Geochemistry of Surface Sediments from the Southern Black Sea Shelf and Upper Slope, Chemical Geology, 99, 265-287.
- Yüksel, M. 1995. Çoruh Nehri Havzasının Hidrometeorolijik Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zoller, W.H., Gladney, E.S. ve Duce, R.A., 1974. Atmospheric Concentration and Sources of Trace Metals at the South pole, Science, 183, 138-143.

8. EKLER

Ek 1. Araştırma Bölgelerine Ait Sediment Metal Konsantrasyonlarının Mevsimsel Veri Tabloları

Ek Tablo 1. Değirmendere Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

		İstasyon No							
Mevsim	Element (ppm)	1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	62,6	75,2	54	65,5	64,2	70,9	63	56,4
	Pb	50,1	51,9	51,5	50,8	58,3	52,2	60,9	42,3
	Zn	28	134	109	128	131	120	131	108
	Ni	22	25,8	18	22,1	24,4	35,7	23,3	23,1
	Co	17,5	20,4	18,3	17,1	19,1	22,1	18,9	18,6
Yaz	Cu	54	61,9	73,9	56,5	67,3	72,9	68,5	35,1
	Pb	33,4	36,5	51,4	34,9	39,9	43,9	43,4	35
	Zn	98	101	12	100	108	113	113	84
	Ni	20,1	20,7	23,8	19,5	30,2	29,4	28,5	16,5
	Co	15,2	15,4	17,2	15,3	18,4	17,6	18,1	15,2
Sonbahar	Cu	92,2	83,5	85,9	84,7	82,3	84,9	89,2	85,7
	Pb	48,8	48,1	48,2	50,3	59,1	53,1	46,3	50
	Zn	136	133	135	137	126	119	132	121
	Ni	24,1	24,9	27,3	26,9	35,8	42,8	37	43,5
	Co	17,7	18,2	17,1	17,3	20,4	21,7	21,3	21,9
Kış	Cu	62,1	63,1	62,5	62,4	63,4	76,1	74,4	85,6
	Pb	50,1	51,3	49,8	48,5	51,1	60,4	60,8	82,7
	Zn	121	121	128	112	118	139	138	161
	Ni	23	22,4	21,5	21,9	23,8	23,6	25,9	25,1
	Co	14,4	14,9	14,4	15	16,1	16	17,3	16,9

Ek Tablo 2. Yanbolu Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Mevsim	Element (ppm)	İstasyon No							
		1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	48,6	52,7	69	20,1	52,7	59,7	53	60,7
	Pb	38,1	50,9	55,2	19,5	47,4	56,3	49,2	47,3
	Zn	106	105	134	84	110	115	112	106
	Ni	17	17,7	25,1	20,7	18,6	21,2	18,6	18,8
	Co	17,6	18,3	19	17,8	18,4	19,5	18,2	18,4
Yaz	Cu	35,7	56,9	46,3	52,7	55,2	57,8	60,9	66,3
	Pb	33,1	50,6	42,8	46,3	50	50,1	42,9	49,8
	Zn	87	104	102	99	102	105	107	112
	Ni	16,4	18,3	17	17,7	18	18,8	19	26,3
	Co	15,3	16,8	15,6	15,6	16	16,6	17,3	16,2
Sonbahar	Cu	53,8	58,4	69,1	70	73,9	68,8	57,4	65
	Pb	50,4	49,5	46,8	58,2	52,3	53,3	56,5	48
	Zn	102	118	110	122	119	118	110	116
	Ni	20	24,7	21,4	27,1	25,9	27,6	20,1	27,1
	Co	16,5	18	20	20,2	18,4	16,4	17,4	17
Kış	Cu	38,9	61,5	56,5	56,9	57,4	61,8	63,6	58,4
	Pb	34,5	49,8	41,6	46,6	42,2	45,7	45,2	43,4
	Zn	82	104	100	106	97	111	106	101
	Ni	15,2	20,8	19,8	20,9	21,1	24,8	22,3	21,4
	Co	15,7	16,4	16,2	16	15,8	17,4	16,9	15,9

Ek Tablo 3. Solaklı Kıyı Bölgesi'ne ait sediment metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Mevsim	Element (ppm)	İstasyon No							
		1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	72,6	85,9	114,1	72,8	68,5	75,3	62,5	76,9
	Pb	31,2	33,6	34,6	36,5	30,4	36,3	29,1	34,1
	Zn	111	120	142	106	107	108	101	105
	Ni	29	29,9	26,3	33,4	28,6	36,6	26,3	34,8
	Co	20,4	20,3	20,4	23	21,2	24,4	20,7	24,4
Yaz	Cu	48,3	75,9	89,2	71,4	162,7	134,9	73,9	67,3
	Pb	42,8	19,9	23,5	20,7	37,7	36,4	52,2	46,3
	Zn	95	115	130	112	207	150	121	117
	Ni	18,9	19,1	20,5	18,5	25,8	24,6	31,1	30,3
	Co	16,4	15,5	16,3	15,4	19,8	18,2	18,9	18,7
Sonbahar	Cu	123,4	85,3	81,7	91,9	112,6	104,9	92,7	164
	Pb	33,8	34,5	33,5	34,8	34,7	34,6	31,5	69,3
	Zn	146	118	116	126	137	125	125	173
	Ni	24	24,7	25,9	25,1	24,7	25,5	23,6	21,8
	Co	17,8	17,8	17,4	17,8	18,9	18,3	18,5	18,6
Kış	Cu	103,8	81	49,5	66,5	70,8	83,3	81,9	72,9
	Pb	29,7	25,7	22,7	25,6	57,5	35,3	32,1	58,8
	Zn	130	103	82	95	130	131	127	130
	Ni	25,6	25,1	30,8	27,8	28,8	29,6	28,3	29,3
	Co	17,7	17,6	15,3	19,9	18	20,3	19,5	17,8

Ek 2. Araştırma Bölgelerine Ait Sediment Gözenek Suyu Metal Konsantrasyonlarının Mevsimsel Veri Tabloları

Ek Tablo 4. Değirmendere Kıyı Bölgesi' ne ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

		İstasyon No							
Mevsim	Element (ppb)	1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	7,8	23,8	10,2	9,8	8,5	8,7	8,1	8,3
	Pb	4,3	10,3	1,1	2,1	1,2	2,3	2,9	2,7
	Zn	18,7	39	12,4	32,8	14,2	18,4	43,2	19,3
	Ni	2,1	3,8	2,1	2	4,3	2,2	5,8	5,2
	Co	0,96	1,28	1,07	1,77	2,21	1,2	3,71	2,22
Yaz	Cu	13	12	12,5	13,1	26	15	11	22
	Pb	26	5	5,2	5,1	5	83	5,3	24
	Zn	20	21	21	20	58	82	21	21
	Ni	5	5	5,1	5,1	5,2	5	5,1	5
	Co	3	2	2	3	2	3	3	2
Kış	Cu	9,1	12,4	7,6	5,1	24,3	26,1	32,7	30,4
	Pb	24,4	13,2	14,2	17,6	10,3	36,5	21,7	20,3
	Zn	24,7	41,3	34,6	18,6	10,7	12,8	31,5	36,1
	Ni	3,4	4,8	5,6	5,8	5,8	7,8	10,2	11,4
	Co	3,4	3,7	4,2	4,8	3,9	5,7	7,4	6,8

Ek Tablo 5. Yanbolu Kıyı Bölgesine ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Mevsim	Element (ppb)	İstasyon No							
		1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	7,8	23,8	10,2	9,8	8,5	8,7	8,1	7,6
	Pb	2	1,3	3,1	1,2	3	1,1	10	3,1
	Zn	50,6	12,3	23,4	40,8	38,9	25,6	33	19,4
	Ni	3,6	2,7	12,8	2,1	2	4,9	2,7	2,5
	Co	1,33	1,03	1,79	1,09	1,2	1,48	3,31	2,3
Yaz	Cu	12	12,5	45	13	12	12,5	13	13,1
	Pb	25	5	5,1	5,1	5	5,3	5,1	5,4
	Zn	20	53	21	56	109	20,1	20,2	20,1
	Ni	5,1	5,2	35	5,1	5,1	5,2	5,2	5,1
	Co	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	2	1,1	1
Kış	Cu	5,7	5,9	15,4	12	24,2	21,7	20,6	18,6
	Pb	20,7	34,1	32,5	24,6	18,7	14,1	31,1	27,2
	Zn	7,8	6,9	15,6	47,8	7,5	52,1	34,3	45,6
	Ni	5,4	3,7	2,9	6,4	2,5	7,6	8,1	5,8
	Co	3,4	12,4	11,6	10,7	5,4	5,2	4,6	9,8

Ek Tablo 6. Solaklı Kıyı Bölgesine ait sediment gözenek suyu metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

		İstasyon No							
Mevsim	Element (ppb)	1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	11,2	12,2	12,5	8,7	8,8	16,8	11,6	12,3
	Pb	3,1	7,1	3,2	3,1	1,9	9,5	6,6	3,4
	Zn	33	49,4	10,4	10,4	25,2	34,1	22,7	47,1
	Ni	4,5	2	2,1	2,5	2,1	5	5,2	3,1
	Co	4,99	2,9	4,02	6,73	3,34	3,68	3,54	3,24
Yaz	Cu	25,1	64	21	14	26	24	10	10
	Pb	28	5	5,1	5,3	5,2	50	5	5,2
	Zn	78	20,1	20,2	21	21	20,3	20,2	20,1
	Ni	2,2	2,1	2	22	2,2	2,1	2	2
	Co	1,2	1,2	1,1	1	1,2	11	1,2	1,2
Kış	Cu	11,5	24,4	26,7	20,7	34,5	18,9	21,6	35,6
	Pb	5,6	8,9	24,3	21	34,2	19	41,3	40,4
	Zn	12,3	15,6	17	25	34,1	35,6	24,3	50,7
	Ni	5,6	12	12,4	4,3	2,8	11,4	16,1	10,2
	Co	4,1	5	6,2	3,6	5,1	7	12,5	11,4

Ek 3. Araştırma Bölgelerine Ait Su Örneklerinde Süspans Olmuş Metal

Konsantrasyonlarının Mevsimsel Veri Tabloları

Ek Tablo 7. Değirmendere Kıyı Bölgesine ait su örneklerinde süspans olmuş metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Mevsim	Element (ppb)	İstasyon No							
		1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	42	31	12	19	14	11	17	12
	Pb	21	16	9	15	13	6	18	9
	Zn	82	47	40	29	60	23	33	25
	Ni	21,4	13,7	13,3	30,6	17,2	14,9	13,1	13,4
	Co	13,3	1,8	1,8	7,2	2,3	2	2,3	1,3
Yaz	Cu	22,9	48	19	35	25	27	27	32
	Pb	13,8	10	18	16	18	33	8	23
	Zn	51,1	59	71	57	79	51	49	210
	Ni	20,91	11,61	30,5	10,63	57	53,3	10,17	61,9
	Co	5,21	28,1	8,8	25,8	14,2	14,8	25,4	15,7
Sonbahar	Cu	35	37	26	86	32	43	30	18
	Pb	13	19	11	39	10	23	21	8
	Zn	42,4	92,6	77	117,7	101,6	168,2	235,7	144,1
	Ni	8,4	6,6	6,2	14,8	7,8	13,2	9,4	13,5
	Co	4,5	6,7	6,3	13,8	2,7	7,8	4,5	1,4
Kış	Cu	14	20	29	35	30	44	17	32
	Pb	7	9	10	17	10	12	8	5
	Zn	22	59	35	57	32	37	23	25
	Ni	18	14,1	29	65	24,4	12,4	57	60,6
	Co	4,7	4,1	7,4	18,5	6,4	4,6	2,5	15,1

Ek Tablo 8. Yanbolu Kıyı Bölgesine ait su örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Mevsim	Element (ppb)	İstasyon No							
		1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	54	21	32	36	16	13	18	12,6
	Pb	15	10	15	9	10	15	21	9,4
	Zn	88	80	43	50	34	40	55	30,8
	Ni	50,8	11,8	24,8	38,8	15,1	54	56	67
	Co	18,1	4,6	6,6	13,2	6,5	2,3	2,1	2,3
Yaz	Cu	30	37	67	28	16	15	15	12
	Pb	53	28	57	27	30	31	31	39
	Zn	80	60	45	67	43	42	51	44
	Ni	21,6	19,9	12,8	28,9	12,3	17,8	12	53
	Co	13,1	7,3	30,4	9,5	4,7	3,5	5,3	2,8
Sonbahar	Cu	28	11	9	21	6	21	9	14
	Pb	14	9	7	12	12	8	6	14
	Zn	63	36	26	51	22	53	33	30
	Ni	28,1	26	10	39	43	11,3	30	77
	Co	8,9	2,2	1,5	3,4	1,1	3,5	1,2	2,1
Kış	Cu	99	18	14	27	19	24	26	16
	Pb	37	37	36	40	36	38	33	41
	Zn	57	57	63	148	53	45	32	69
	Ni	21,1	19	9,5	21,5	20,1	31,7	20,4	10,7
	Co	67,1	9,1	5,8	9,4	8,9	11	7,1	9,3

Ek Tablo 9. Solaklı Kıyı Bölgesi' ne ait su örneklerinde süspanse olmuş metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Mevsim	Element (ppb)	İstasyon No							
		1	2	3	4	5	6	7	8
İlkbahar	Cu	48	8	18	17	16	9	10	13
	Pb	17	14	12	14	11	11	10	17
	Zn	134	34	21	72	47	37	35	39
	Ni	10,5	8,1	12,9	16	23	14	14,2	12,8
	Co	10,5	1,2	1,5	4,3	5,5	6,6	1,6	1,6
Yaz	Cu	34	15	21	44	23	19	19	37
	Pb	14	8	10	12	36	13	10	20
	Zn	72	40	64	66	89	50	55	186
	Ni	16	80	27	59	15,8	17,3	11	17,7
	Co	1,5	1,3	1,2	1,8	4,1	4,3	1,1	5,8
Sonbahar	Cu	81	12	22	13	15	22	20	12
	Pb	40	7	7	12	16	14	16	17
	Zn	159	19	34	25	42	33	36	22
	Ni	16,3	18,7	15,6	18,7	17,5	12,4	14,4	13,7
	Co	22	2,4	2,3	2	2,3	1,6	1,2	2,1
Kış	Cu	21	24	16	29	24	21	22	18
	Pb	13,4	14,6	35	12	14,5	15,9	9,7	14,4
	Zn	59	58	85	56	69	71	40	63
	Ni	9,3	10,6	8,6	23,8	8,6	9,3	12,8	13,1
	Co	4,3	5,2	3,7	8,9	5,2	5,1	3,3	3,3

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı ilde tamamladı. 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliğinde lisans öğrenimine başladı. 2002 yılında lisans öğrenimini tamamlayarak Balıkçılık Teknolojisi Mühendisi ünvanını aldı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesine Arş. Gör. olarak atandı. 2002-2006 yılları arasında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği ABD'da " Güneydoğu Karadeniz (Trabzon) Kıta Sahaneliği Oksik Tabaka Hidrografik Özellikleri ve Sedimentlerinin Dane Boyutu Dağılımı ve Ağır metal İçeriklerinin Araştırılması" konulu yüksek lisans tez çalışması ile Balıkçılık Teknolojisi Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. 2006 yılında aynı Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.