

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİRESUN SAHİLİNDEKİ BAZI DERELERİN DENİZE DEŞARJ OLDUĞU
NOKTALARDAKİ SU VE SEDİMENTTE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ

SELİN AKBULUT

ŞUBAT 2013

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı

Doç. Dr. Kültiğın ÇAVUŞOĞLU

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

Müdür

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

Doç. Dr. Murat TAŞ

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Yalçın TEPE

Doç. Dr. Bahar SÖKMEN

Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

ÖZET

Giresun Sahilindeki Bazı Derelerin Denize Deşarj Olduğu Noktalardaki Su Ve Sedimentte Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi

AKBULUT, Selin

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

Şubat 2013, 66 sayfa

Şubat 2012 ile Şubat 2013 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütölen bu çalışmada, Giresun merkezinden geçerek Karadeniz'e dökölen beş derenin (Aksu, Baltama, Boğacık, Camiyalışı, Büyük Güre) su ve sedimentindeki ağır metal birikiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen istasyonlardan toplanan örneklelerin ağır metal analizi ICP- MS cihazı ile yapılmıştır. Sudaki ağır metal konsantrasyonları; Cd:1,0656, Mn:0,2996, Fe:0,6434, Cu:0,2917, Zn:0,4432, Ni:0,0356, Pb:3,9940, Cr:0,0344 ve Co:0,0139 mg/L olarak bulunmuş, sedimentte ise; Cd:14,3834, Pb:63,8915, Mn:443,844, Fe:30099,88, Cu: 148,9627, Zn:497,1485, Ni:100,9963, Cr:170,4174, Co:137,3307 mg/kg kuru ağırlık olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Giresun, Deniz Suyu, Sediment, Ağır Metaller.

ABSTRACT

Points in Some Rivers in The Province of Giresun to the Sea Water and Sediment Samples,
Which Involved Determination of Heavy Metal Pollution

AKBULUT, Selin

University of Giresun

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry, Master Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aysun TÜRKMEN

FEBRUARY 2013, 66 pages

This study which was performed seasonally between February 2012 and February 2013 aimed to investigate accumulation of heavy metals (Co, As, Cd, Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Pb, Cr) in water and sediment of the five streams(Aksu, Baltama, Boğacık, Camiyalı, Büyük Güre), which are entering the Black Sea flowing through central Giresun. The heavy metal analysis of the samples collected from the determined stations were carried out using ICP-MS . Heavy metal concentrations in water were found as Cd:1,0656, Mn:0,2996, Fe:0,6434, Cu:0,2917, Zn:0,4432, Ni: 0,0356, Pb:3,9940, Cr:0,0344 ve Co:0,0139 mg/L and in sediment as Cd: 14,3834, Pb: 63,8915, Mn: 443,844, Fe: 30099,88, Cu: 148,9627, Zn: 497,1485, Ni: 100,9963, Cr: 170,4174, Co: 137,3307 mg/kg respectively.

Key Words: Giresun, sea water, sediment, heavy metals

TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmalarım sırasında kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösterici olan değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN'e teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarımda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Alev KARA'ya, teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailem ve tüm dostlarıma çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER DİZİNİ	XI
KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Ağır metallerin tanımı ve özellikleri.....	3
1.2. Ağır metal kirliliğine yol açan kaynaklar.....	4
1.3. Çalışılan ağır metaller ve özellikleri.....	9
1.3.1.Bakır.....	9
1.3.2.Çinko.....	9
1.3.3.Demir.....	10
1.3.4.Kadmiyum.....	11
1.3.5.Kobalt.....	12
1.3.6.Kurşun.....	12
1.3.7.Krom.....	13
1.3.8.Mangan.....	14
1.3.9.Nikel.....	14
2. MATERYAL VE METOT.....	15
2.1.Materyal	15
2.1.1.Araştırma yeri.....	15
2.1.2.Analiz edilen materyaller.....	16
2.2.Metod.....	16
2.2.1.Mikrodalga fırın.....	16
2.2.2.ICP-MS(İndüktif eşleşmeli plazma ve kütle spektrometresi).....	17

2.2.3. Deniz suyu örneklerinin alınması ve analizi.....	18
2.2.4. Sediment örneklerinin alınması ve analizi.....	20
2.2.5. İstatistik hesaplamalar.....	20
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	22
3.1. Deniz suyunda ağır metal konsantrasyonları.....	22
3.1.1. Deniz suyunda kadmiyum(Cd).....	23
3.1.2. Deniz suyunda mangan(Mn).....	24
3.1.3. Deniz suyunda demir (Fe)	26
3.1.4. Deniz suyunda bakır(Cu).....	27
3.1.5. Deniz suyunda çinko (Zn).....	29
3.1.6. Deniz suyunda nikel (Ni).....	30
3.1.7. Deniz suyunda kurşun (Pb).....	32
3.1.8. Deniz suyunda krom (Cr).....	33
3.1.9. Deniz suyunda kobalt (Co).....	35
3.2. Sedimentte ağır metal konsantrasyonları.....	36
3.2.1. Sedimentte kadmiyum (Cd).....	38
3.2.2. Sedimentte kurşun (Pb).....	39
3.2.3. Sedimentte mangan (Mn).....	41
3.2.4. Sedimentte demir (Fe).....	42
3.2.5. Sedimentte bakır (Cu).....	44
3.2.6. Sedimentte çinko (Zn).....	45
3.2.7. Sedimentte nikel (Ni).....	47
3.2.8. Sedimentte krom (Cr).....	49
3.2.9. Sedimentte kobalt (Co).....	50
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	53
4.1. Deniz suyunda ağır metal konsantrasyonları.....	53
4.2. Sedimentte ağır metal konsantrasyonları.....	56
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ.....	66

TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO

1.1. TÜİK (2010) verilerine göre, Türkiye genelinde alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı (1000 m ³ /yıl).....	2
1.2. TÜİK (2010) verilerine göre, Giresun ilinde alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı (1000 m ³ /yıl)	3
1.3. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kıtacı su kaynaklarının sınıflarına göre kalite değerleri	5
1.4. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre deniz suyunun genel kalite kriterleri (pH: 6.0-9.0).....	6
1.5. İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve müsaade edilebilir düzeyleri (mg/l).....	7
2.1. ICP-MS Analiz Parametreleri.....	18
2.2. Standart referans materyal (Certified Reference Materials EnviroMAT™ EU-H-1 Waste Water.....	19
3.1. Deniz suyunda istasyonlara göre ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/L).....	22
3.2. Deniz suyunda mevsimlere göre ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/L).....	22
3.3. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (ppm).....	23
3.4. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (ppm).....	25

3.5. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (ppm).....	26
3.6. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (ppm).....	28
3.7. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (ppm).....	29
3.8. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (ppm).....	31
3.9. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (ppm).....	32
3.10. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (ppm).....	34
3.11. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (ppm).....	35
3.12. Sedimentte istasyonlara göre ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).....	37
3.13. Sedimentte mevsimlere göre ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).....	37
3.14. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg)	38
3.15. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları(mg/kg)	40
3.16. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg).....	41

3.17. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları(mg/kg)	43
3.18. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg).....	44
3.19.Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg).....	46
3.20. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg).....	48
3.21. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/kg)	49
3.22. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları(mg/kg).....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

1.1. Metalin su ortamında izlediği yol (Rainbow1995).....	8
2.1. Giresun'da deniz suyu ve sediment numunelerinin alındığı istasyonlar.....	16
3.1. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı.....	24
3.2. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı.....	25
3.3. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı.....	27
3.4. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı.....	28
3.5. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı.....	30
3.6. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı.....	31
3.7. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı.....	33
3.8. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı.....	34
3.9. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı.....	36
3.10. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı.....	39
3.11. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı.....	40
3.12. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı.....	42
3.13. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı.....	43

3.14. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı.....	45
3.15. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı.....	47
3.16. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı.....	48
3.17. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı.....	50
3.18. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı.....	51

SİMGELER DİZİNİ

SİMGE

K :Ağır Metal Konsantrasyonu

Cd:Kadmiyum

Cr:Krom

Cu:Bakır

Co:Kobalt

Fe:Demir

mg/kg:Miligram/kilogram

mg/L:Miligram/litre

μ g/g:mikrogram/gram

ml/dk:mililitre/dakika

g/mol:gram/mol

ng/l:nanogram/litre

Mn:Mangan

Ni:Nikel

Pb:Kurşun

Zn:Çinko

KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMA

SH:Standart Hata

Ö.K.a.:Ölçüm kriterinin altında

N:Örnek sayısı

ICP-MS:İndüktif eşleşmeli plazma-kütle spektrometresi

TÜİK:Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Bütün canlıların temel ve vazgeçilmez ihtiyacı olan su, başta canlı hayatının devamını sağlayan içme suyu olmak üzere, temizlik, tarımsal ve endüstriyel amaçlı kullanılan ve ikamesi mümkün olmayan bir maddedir. Dünya nüfusunun hızlı artışı ile yoğun kentleşme, teknolojik gelişmeler, endüstriyel faaliyetler ve su kaynaklarının bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı, su kirliliği sorunsalını doğurmuştur.

Doğal sucul ortamlarda ve insanlar tarafından oluşturulan yapay sucul ortamlarda önemli problemlere yol açan su kirliliği, çevre kirliliğinin ana sebeplerinden birini oluşturur. Su kalitesi; genellikle hızlı nüfus artışı ve endüstri merkezleri sebebiyle olumsuz etkilenmekle birlikte, her bölgenin kendine has özellikleri, kirliliğe yol açan kaynakların farklılık arz etmesine neden olabilir (1).

Teknolojik gelişmeler ve yoğun sanayileşme günümüzde su kullanımını arttırmakla kalmamış, artan su ihtiyacı, su kaynaklarının sınırsız ve bilinçsiz kullanımı ile atık suların yarattığı kirliliğin giderilmesi gibi sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Atık suların, birçok ülkede arıtma işlemine tabi tutulmadan akarsulara deşarjı, akarsu kirliliğinin göz ardı edilemeyecek bir seviyeye gelmesi sonucunu doğurmuş, bu durum akarsulardan azami derecede yararlanma olanağını da imkansız hale getirmiştir (2).

Akarsuların, arıtma tesisleri kurulmadan, atık sular ve diğer atıklar için doğal bir temizleyici olarak görülmesi, birçok ülkeyi toplum sağlığına yönelik tehlikeli ve yüksek maliyetli sonuçlarla karşı karşıya bırakmıştır. Öyle ki; patojen bakteriler ve toksik maddeler sebebiyle önemli bir hastalık kaynağı olan kirletilmiş sular, içme sularına kanalizasyon sularının karışması veya şehir merkezlerinde yoğunlaşan nüfus için yeterince temiz suyun sağlanamaması, dünyada olduğu kadar ülkemizde de yeni ve ivedi tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir (2).

Endüstriyel, zirai ve evsel atık suların; okyanus, deniz, göl ve akarsular gibi sucul ortamlara deşarjı ve bu sucul ortamların doğal atık bölgeleri olarak görülmesinin yaygınlaşması, sahil ve iç bölgelerdeki sucul ortamlarda kirliliğın hızla artmasına sebep olmaktadır (3).

Türkiye İstatistik Kurumu (2010) verilerine göre, Türkiye’de belediyelerden kanalizasyon şebekesi ile alıcı ortamlara deşarj edilen kişi başı günlük atıksu miktarının 182 litre olduğu, bu çalışmanın yapıldığı Giresun ilinde ise 171 litre olduğu bildirilmiştir. Türkiye genelinde ve Giresun ilinde alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su miktarı Tablo 1.1. ve Tablo 1.2.’de verilmiştir (4).

Tablo 1.1 TÜİK (2010) verilerine göre, Türkiye genelinde alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su miktarı (1000 m³/yıl) (4)

Deşarj edilen toplam atıksu miktarı	3 582 131
Denize	1 498 728
Göle-Gölete	76 024
Akarsuya	1 741 078
Araziye	35 091
Baraja	130 224
Diğer Ortamlara (Foseptiğ, zermine vb.)	100 985

Tablo 1.2 TÜİK (2010) verilerine göre, Giresun ilinde alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su miktarı (1000 m³/yıl) (4)

Deşarj edilen toplam atıksu miktarı	12 846
Denize	8 435
Göle-Gölete	0
Akarsuya	4 067
Araziye	343
Baraja	0
Diğer Ortamlara (Foseptiğe, zezemine vb.)	0

Günümüzde, gelişmiş ülkelerde dahi sucul ortamların atıklar için doğal ve düşük maliyetli bir deşarj alanı olarak görülmesi, zehirli kimyasal maddelerin biyolojik birikiminin ve kimi kirleticilerin sucul ortamlarda uzun süre kalması nedeniyle ekolojik zehirlenmenin tehlikeli boyutlara ulaşmasına yol açmıştır. Bu durum, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemekte olup, su kirliliğini belirleyen bu özelliklerin devamlı surette takibi ve tetkikiyle, kirliliğe bağlı sorunların giderilmesine yönelik çözümler geliştirilmektedir. Söz konusu tetkikler için, kirleticilerin konsantrasyonları kimyasal olarak tahlil edilmektedir (3).

Bu çalışmanın amacı, Giresun şehir merkezinin sahilindeki bazı derelerin deltalarından alınan su ve sediment örneklerinde ağır metal kirliliğinin belirlenmesi, saptanan değerlerin ulusal ve uluslar arası mevzuatlardaki müsaade edilebilir düzeyler ve benzer çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmesidir.

1.1. Ağır Metallerin Tanımı ve Özellikleri

Ağır metal ifadesi, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³ den daha yüksek olan metaller için kullanılır. Başta kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal bu gruba dahildir (5). İz metalle eş anlamlı olarak kullanılan ağır metal kavramı esansiyel olan ve olmayan iz metalleri kapsar. Yani, kimyasal olarak; elektron verip (+) değerlikli iyon olabilen, asitlerde bulunan H iyonlarıyla yer değiştirebilen, ametallerle bileşik oluşturabilen fakat kendi aralarında oluşturamayan, oksitleri bazik olan, fiziksel olarak ise; cıva hariç normal şartlarda katı olan, ısı ve elektriği iyi ileten, levha ve tel haline gelebilen ve metalik bir renk ve parlaklığa sahip olan bütün maddeler ağır metal olarak tanımlanmaktadır (6).

Canlı organizmalar için esansiyel olan bazı ağır metaller yüksek konsantrasyonda ise toksiktirler. Bunlar bakır (Cu), krom (Cr⁺³ formu), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel (Ni)'dir. Bununla birlikte kadmiyum (Cd), krom (Cr⁺⁶ formu), cıva (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller canlılar için esansiyel olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösterebilir (7).

1.2. Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar

Ağır metaller sucul ekosistemlerde önemli bir kirlilik kaynağıdır. Kirlenme, zararlı maddelerin ekosistem için o ortam tarafından yok edilemeyecek seviyeye ulaşması sonucu ortaya çıkar (8). Ağır metaller, sucul ortamlara, endüstriyel atıklar veya asit yağmurları vasıtasıyla, toprak ile bileşimde bulunan ağır metallerin çözünmesi ve çözünen ağır metallerin akarsu, göl ve yer altı sularına nüfuz etmesiyle geçerler. Sucul ortamlara geçen ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olan sediment tabakası sebebiyle suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verilmesi ve çevrenin korunmasına yönelik yeterli tedbirlerin alınmaması, başta tuz ihtiyacımızın karşılandığı Tuz Gölü olmak üzere Türkiye sınırları içinde yer alan kapalı göllerimizde, ağır metal konsantrasyonunun sürekli olarak yükselmesine sebep olmaktadır (5).

Türkiye’de yürürlükte olan mevzuata ve uluslar arası kriterlere göre çalışmaya konu olan ağır metallerin sucul ortamda kabul edilebilir değerleri Tablo 1.3., Tablo 1.4. ve Tablo 1.5.’de verilmiştir (9-12).

Tablo 1.3 Çevre ve Orman Bakanlığı’nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite değerleri (9)

Su Kalite Sınıfları	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	>10
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	>50
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	>200
Krom (Toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	20	50	200	>200
Krom ($\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{L}$)	Ö.k.a	20	50	>50
Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	>200
Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	>200
Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	>2000
Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	>5000
Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	100	500	3000	>3000

Tablo 1.4 Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre deniz suyunun genel kalite kriterleri (pH: 6.0-9.0) (9).

Ağır metalin adı	Kabul edilebilir değer (mg/L)
Cu	0.01
Cd	0.01
Cr	0.1
Pb	0.1
Ni	0.1
Zn	0.1

Tablo 1.5 İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve müsaade edilebilir düzeyleri (mg/L) (10-12)

Ağır Metaller									
Al	Cu	Zn	Fe	Cd	Co	Pb	Cr	Mn	Ni
Doğal Düzeyler									
Denizlerde (10)									
0.002	0.002	0.005	0.002	----	5×10^{-6}	3×10^{-6}	3×10^{-4}	2×10^{-6}	1.7×10^{-3}
Müsaade Edilebilir Düzeyler									
İçsulara ve Denizlerde (11)									
Al	Cu	Zn	Fe	Cd	Co	Pb	Cr	Mn	Ni
0.07	0.01	0.003	0.7	0.01	1.0	0.1	0.1	1.0	0.3
İçsulara (12)									
0.75	0.013	0.12	1.0	0.0043	--	0.065	0.016	--	0.47
Denizlerde (12)									
--	0.005	0.09	--	0.042	--	0.21	0.0011	--	0.074

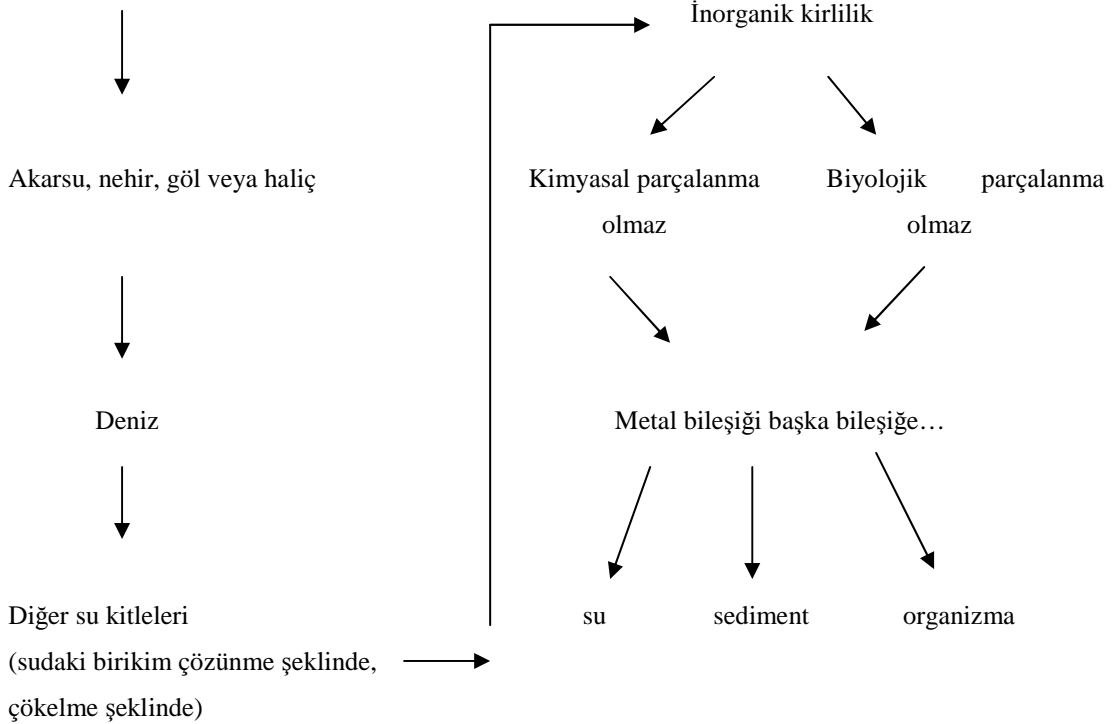
Metaller çevreye ve sucul ortamlara doğal yollarla ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan sebeplerle olmak üzere iki şekilde girer. Doğal yollar; maden yatakları, toprak ve kayaların erozyonu, rüzgarın sebep olduğu tozlar, volkanik faaliyetler ve orman yangınları, insan faaliyetlerinden kaynaklananlar ise; atmosferik taşınım ve birikim, akarsular, atıkların direk boşaltımı olarak sayılabilir(13). İnsan faaliyetleri esas olarak akarsu kenarlarında, körfez ve koy bölgelerinde çok daha fazla etkilidir. Dolayısıyla bu tür bölgeler, kıyasal endüstriyel faaliyetler ve yoğun şehirleşmeden kaynaklanan kirleticilerin akıbeti için son derece önem arz eder (14).

Sucul ortamda ağır metal kirliliğine yol açan kaynaklardan biri de atmosferik taşınımıdır. Atmosferde bulunan kimyasal kirleticiler zaman içerisinde rüzgar ve yağışlarla suya geçerler (8).

Netice itibariyle metal kirliliği genellikle sularda birikir. Sulardaki birikim, hem çözünme şeklinde, hem de çözünmeden suların dibinde çökeltme şeklinde olabilir. Bu tür kirlenme endüstriyel ve zirai atıklardan veya herhangi bir yolla atmosfere taşınan metal türü maddelerden de meydana gelebilir. Atmosfere taşınan metal türü maddeler yeryüzüne dönerek akarsular vasıtasıyla su yataklarına sürüklenirler. Organik kirlenmeler kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanırken, metal kirlenmesi bir metal bileşiğinin başka bir metal bileşiğine dönüşümü yoluyla gerçekleşir ve dönüşüm nasıl olursa olsun metal iyonu kaybolmaz (Şekil 1.1) (3,6).

Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği

Endüstriyel faaliyetler,
Zirai atıkların direkt deşarjı



Şekil 1.1 Metalin su ortamında izlediği yol (3,6)

1.3. Çalışılan Ağır Metaller ve Özellikleri

1.3.1. Bakır

Bakır 1B grubundan, atom numarası 29, atom ağırlığı 63.546 g/mol, yoğunluğu 8.96 g/cm³, erime noktası 1084,6°C, kaynama noktası 2567°C olan bir metaldir (15). M.Ö. 5000 yılından beri tanınan ve adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın Latincesinden (aes cyprium=Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra Cuprum) alan bakır, atmosfer koşullarında metalik gri tonunda bulunmayan iki metalden biridir (16). İnsanoğlu tarafından kullanılan en eski metallere birisi olan bakırın, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu yaklaşık 55 mg/kg, topraklarda ise 20-30 mg/kg olarak bildirilmiştir (17).

Bakır, ev aletleri yapımı, ağaç ve metal işletmeciliği, pestisit kullanımı, hayvansal gübreler ve foseptik atıklar gibi birçok kaynaktan ekosisteme katılmaktadır (18). Bakır aynı zamanda insanlar ve diğer canlılar için esansiyel özellik taşıyan ve doğal olarak bitki ve hayvanlarda bulunan bir elementtir (14).

Zirai yüzey akışlarından gelen çözülebilir bakır bileşikler, son derece zararlı ve tehlikeli olabilir. Bunlar, sucul ekosistemlere girmelerine müteakiben, genellikle yaklaşık bir günde sudaki parçacıklara bağlanmak suretiyle ortam şartlarına bağlı olarak çevreye daha az bir tehdit oluşturur (14). Hayvanlarda ve insanlarda bakır eksikliği; büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyonlar, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı rahatsızlıklara sebep olurken, eklemlerin kireçlenmesine ve romatizmaya karşı ise bakır bilezikler kullanılır (16). Bakırın sulara kabul edilebilir düzeyden fazla bulunması, özellikle bakteri, deniz yosunları, mantarlar ve balıklar açısından toksik etkiye neden olur. İnsanlarda bakır fazlalığı ise, karaciğerde ve midede rahatsızlıklara neden olur (18).

1.3.2. Çinko

Çinko 2B grubundan, atom numarası 30, atom ağırlığı 65,39 gr/mol, yoğunluğu 7,13 gr/cm³, erime noktası 419,73°C, kaynama noktası 907°C olan bir metaldir (15). Çinko, vücut sıvısında, dokuda, insan hücre ve organlarında bulunup esansiyel

özelliik taşıyan, hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcut olup, mineral olarak bol bulunan bir elementtir. Yerkabuğu inko bakımından oldukça zengin olup, konsantrasyonu yaklaşık 70 mg/kg, temiz topraklarda ise 10-300 mg/kg arasındadır (19).

Çinko; metalik çinko olarak genellikle demir veya çeliği galvenizlemede, oksit boya maddesi olarak ise plastik üretimi, kozmetik sanayi, fotokopi ve duvar kağıtları, yazıcı mürekkepleri, seramik sanayi, kauçuk sanayi, gübre üretimi, deri ve kas yaşlanmasını önlemek amacıyla da tıbbi ilaçlarda kullanılmaktadır (20).

Diğer taraftan, çinko insanlar ve hayvanlar ile tüm bitki formları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yaraların iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik prosesler için gerekli olup, vücudun günlük 10-20 mg düzeyinde çinkoya ihtiyacı vardır (16). Çinko ve çinko tuzlarından zehirlenme ender görülmekle birlikte, besin kaplarından çinkonun çözünməsi sebebiyle kirlenen besinin tüketilmesi veya kullanımın yaygın olduğu sanayi kollarında çinko ya da çinko oksit tozunun solunumuyla zehirlenme ortaya çıkabilmektedir. Akut zehirlenme belirtileri sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkarken, aşırı dozda elementel çinko alındığında; uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir (18).

1.3.3. Demir

Demir 8B grubundan, atom numarası 26, atom ağırlığı 55.847 g/mol, yoğunluğu 7.874 g/cm³, erime noktası 1535 °C, kaynama noktası 2750 °C olan bir elementtir (15). Alüminyumdan sonra % 4.2 ile yerkabuğunda en sık rastlanan metaldir. Temel haliyle çözülemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri sucul ortamı kirletirler. Bu sebeple aşırı demir, yer altı sularında önemli bir sorundur (21).

İnsan vücudundaki demirin ortalama miktarı yaklaşık 4.5 g'dır. Bunun yaklaşık % 65'i hemoglobine bağlıyken, % 1'i hücre içi yükseltgenmeyi denetleyen çeşitli

enzimlerde bulunur. Geri kalan demirin büyük kısmı gerektiğinde hemoglobine dönüştürülmek üzere karaciğer, dalak ve ilikte depolanır. Yetişkin bir insan, günlük gereksinimi olan 10-20 mg düzeyinde demiri et, yumurta sarısı, havuç, meyve, buğday ve yeşil sebzelerden sağlar (18).

1.3.4. Kadmiyum

Kadmiyum 2B grubundan, atom numarası 48, atom ağırlığı 112.411 g/mol, yoğunluğu 8.65 g/cm³, erime noktası 321.18°C, kaynama noktası 765°C olan bir elementtir (15). Endüstriyel dünyada son derece yaygın olarak kullanılan bir iz element olan kadmiyumun, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0.1-0.5 mg/kg olarak bildirildiği halde, tortul kayalarla, deniz fosfatları ve fosforitlerinde depolanmış olarak daha yüksek düzeylerde bulunmaktadır. Çinko ve kurşun kullanılan üretimin alanlarında oluşan bir yan ürün olduğundan, eğer ortamda çinko ve kurşundan kaynaklanan ağır metal kontaminasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur. Diğer önemli kaynakları, fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır (22).

Suda çözünme özelliği en yüksek ağır metal olan kadmiyumun, bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünme özelliğinden dolayı Cd⁺² formunda bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olma özelliğine sahiptir. İnsan vücudundaki kadmiyum seviyesi ilerleyen yaşa paralel olarak artış gösterir ve genellikle 50-60 yaş aralığında maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Kadmiyum, kurşun ve cıvanın aksine plasenta ya da kan yoluyla anne karnındaki bebeğe geçmediğinden, yeni doğmuş bebeklerde hiç kadmiyum bulunmaz. Olağan şartlarda vücudumuzda 40 mg' a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 µg' a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Ancak bu düzeyler, kadmiyumun çoğunun topraktan yani yiyecekler yoluyla alınması nedeniyle bölgelere göre farklılık gösterebilmektedir. Kadmiyum, yiyecekler yoluyla alınabileceği gibi su boruları, sigara dumanı ve metal üretimi sonucu ortaya çıkan endüstriyel atıklar sebebiyle de alınabilir. Havadaki kadmiyum seviyesi kırsal alanlarda endüstri bölgelerine nazaran daha azdır (5).

1.3.5. Kobalt

Kobalt 8B grubundan, atom numarası 27, atom ağırlığı 58,9332 g/mol, yoğunluğu 8,9 g/cm³, erime noktası 1495°C, kaynama noktası 2870°C olan bir elementtir (15). Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır (16). Radyoaktif olmayan ve stabil kobalt olarak adlandırılan formları, önemli miktarlarda uçak motoru, mıknatıs, delici ve kesici aletler üretiminde yararlanılan metal karışımı alaşımların imalatında kullanılırken kobalt bileşikleri boya, renkli cam ve seramik yapımında kullanılmaktadır (14).

Havada toz halinde bulunan kobaltın teneffüs edilmesi ve kobalt tuzlarının deriye teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir. Toz halinde alınan element kobalt akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışır. Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda ince partiküllerin (20 nm) yarım saatte, kaba partiküllerin (11 µm) üç ile dört gün arasında yarı yarıya çözüldüğü ortaya konulmuştur. Suda çözünemeyen kobaltoksit (Co₃O₄) solunum yolu ile alındığında vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Suda çözünür kobalt bileşikleri ise ağız yolu ile alındığında % 75' i tekrar vücuttan atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanmaktadır (16).

1.3.6. Kurşun

Kurşun 4A grubundan, atom numarası 82, atom ağırlığı 207,2 g/mol, yoğunluğu 11,35 g/cm³, erime noktası 327,6°C, kaynama noktası 1740°C, olan bir metaldir (15). Yerkabuğunda yaygın bir element olan kurşun, toprakta yaklaşık 12,5 mg/kg'lık bir konsantrasyona sahip olup, toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece yüksek oranlarda absorbe edilir (17). Kurşunun çevredeki ana kaynakları; maden ve metal endüstrileri, otomobil aküleri, tıbbi ekipmanlar, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi, kaplama, bilimsel ve optik aletler, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin kullanımındadır (7).

Kurşun diğer birçok metale nazaran doğada daha uzun kalış süresine sahiptir. Bu nedenle de toprakta ve sedimentte birikme eğilimi gösterir. Düşük çözünürlük özelliği nedeniyle de besin zincirinde ve insan metabolizmasında uzun süre kalabilir.

Kurşunun kararlı formları Pb^{+2} ve Pb^{+4} formlarıdır. Genellikle kurşunun serbest Pb^{+2} iyon formu, kurşunun inorganik komplekslerinden daha zehirlidir. Bu nedenle kompleks oluşumunu başlatan her hangi bir faktör, serbest Pb^{+2} kurşun iyonu konsantrasyonunu azaltmakta, dolayısıyla kurşunun toksik etkisi de azalmaktadır (18).

Çocuklarda daha yüksek olmakla beraber, kurşunun vücuttaki emilimi normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran bile kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltıcı etki gösterir. Kurşun kana karıştıktan sonra ya kemiklere ve diğer dokulara ulaşmakta ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken ve insan vücudunda yarılanma ömrü yaklaşık yirmi yıl olan kurşun bu zaman zarfında çözünerek böbreklerde tahribata sebep olur. Kurşun bir nevi nörotoksin özelliği taşıdığından anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarının oluşmasına, sinir sisteminde iletimin azalmasına yol açmaktadır. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda, kandaki kurşun miktarı arttıkça IQ seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir (5).

1.3.7. Krom

Krom 6B grubundan, atom numarası 24, atom ağırlığı 51,9961 g/mol, yoğunluğu 7,19 g/cm³, erime noktası 1857°C, kaynama noktası 2672°C olan bir elementtir (15). Krom; kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, doğada birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr , Cr^{+3} , Cr^{+6} formlarıdır. Krom, çelik üretiminde, alaşım yapımında, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmanın kontrol altına alınmasında kullanılmaktadır. Aynı zamanda boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıdalarda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır (23).

Kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki etkileri oksidasyon kademesine, oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlıdır (5). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, su ve gıda yoluyla alınan krom, mide ülserleri, böbrek ve karaciğer hastalıkları

ve hatta ölümlere sebep olmakta, nefes yoluyla yüksek dozlarda krom ise akciğer kanseri riskini arttırmak (14).

1.3.8. Mangan

Mangan 7B grubundan, atom numarası 25, atom ağırlığı 54,93805 g/mol, yoğunluğu 7,43 g/cm³, erime noktası 1244°C, kaynama noktası 1962°C olan bir elementtir (15). İnsan vücudunun ihtiyaç duyduğu, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir, çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suya ve toprağa karışımı ise doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla veya atmosferik taşınma yoluyla olur. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir (14).

1.3.9. Nikel

Nikel 8B grubundan, atom numarası 28, atom ağırlığı 58,6934 g/mol, yoğunluğu 8,9 g/cm³, erime noktası 1453°C, kaynama noktası 2732°C olan bir elementtir (15). Nikelin büyük bir kısmı, korozyon ve ısı direncinin yüksek, sertliğinin ve dayanımının iyi olması gibi özellikleri sebebiyle alaşım üretiminde kullanılmaktadır. Nikelin ana kullanım alanı, paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleridir. Saf nikel, kimyasal katalizör olarak elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçaları ve tıbbi protezlerde değerlendirilmektedir. Nikelin atmosfere yayılması, yakıtların yanması, madencilik, rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların külleştirilmesi ile gerçekleşmektedir (18).

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Hem doğal yayılım yoluyla hem de insan faaliyetlerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyici etkiye sahiptir. Kalp-damar sistemine son derece zararlı, kanserojen ve deriyi tahriş edici özelliği olan bir metaldir. Bu zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme oldukça ender karşılaşılan bir durumdur (16).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1 Araştırma Yeri

Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümünde yer alan Giresun ili 37° 50' ve 39° 12' doğu boylamları ile 40° 07' ve 41° 08' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. İl doğusunda Trabzon ve Gümüşhane batısında Ordu güneyinde Sivas ve Erzincan güneybatısında yine Sivas illeriyle komşu olup kuzeyi Karadeniz ile kuşatılmıştır.

Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan Giresun ilinin merkezi olan Giresun şehrinin TÜİK (2011) verilerine göre nüfusu 101 127 olup, nüfus yoğunluğu olarak ifade edilen bir kilometrekareye düşen kişi sayısı 380 kişidir (41). Şehir Aksu ve Batlama vadileri arasında denize doğru uzanan bir yarımada üzerinde ve engebeli bir araziye kurulmuştur ve hemen güneyinde başlayan dağ sıraları nedeni ile sıkışık bir yapılaşmaya sahiptir. Sanayi kuruluşları Türkiye ölçeğinde yok denecek kadar azdır. Mono kültür fındık tarımı yaygın geçim kaynağını oluşturmaktadır.

Bu çalışma mevsimsel çalışma prensibine göre Şubat 2012 ile Şubat 2013 tarihleri arasında, Karadeniz Sahil Yolu boyunca uzanan şehir merkezinin doğu yakasından denize dökülen Aksu Çayı ve Boğacık Deresi ile şehir merkezinin batı yakasından denize dökülen Batlama, Büyük Güre ve Camiyalı Dereleri'ndeki istasyonlardan toplanan numuneler ile yapılmıştır.



Şekil.2.1 Giresun’da deniz suyu ve dip sediment numunelerinin alındığı istasyonlar

2.1.2. Analiz Edilen Materyaller

Araştırmada, Şubat 2012 ile Şubat 2013 tarihleri arasında Giresun sahilinde denize deşarj olan 5 istasyondan (Aksu, Baltama, Boğacık, Camiyalısı, Güre) mevsimsel olarak su ve dip sedimenti toplanarak ağır metal (Cd, Pb, Mn, Fe, Cu ,Zn, Ni, Cr, Co) içerikleri bakımından analiz edildi.

2.2. Metot

2.2.1. Mikrodalga Fırın

Bu çalışmada, sediment örneklerini çözündürmede kullanılan mikrodalga fırın, CEM MARS-Express marka olup, bir defada 40 adet numuneyi (40 adet teflon kapta) kapalı sistem çözündürme özelliğine sahiptir. Örnek çözündürme işlemi, alüminyum bloklar ve basınçlı çözündürme kapları gibi asitte ısıtma ve yakma esasına dayanan çok çeşitli işlemleri kapsayabilir (42). Açık ya da kapalı basınçlı mikro dalga sistemlerinin klasik yöntemlere göre, toplam analiz zamanı ve kimyasal malzeme

sarfiyatını azaltması, ayrıca yine kapalı sistem çözündürmenin örnek kontaminasyon riski ile uçucu element kaybını önlemesi gibi avantajları vardır (42-45).

2.2.2. İndüktif eşleşmeli Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi, örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, genellikle argon, gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tekniktir. İyonlar örnekleme ve ikinci aşama süzme konileri ara yüzeyinden geçerek vakuma alınır ve burada birleştirilmiş mercekleme sistemi iyonları quadrupol kütle spektrometresine odaklar. Burada iyonlar kütlelerine ayrılıp taramalı elektron çoğaltıcısı ile analizleşir. Örnek, genel olarak bir solüsyon halinde ve sisleştirci aracılığıyla cihaza gönderilir. ICP-MS çok hızlı bir şekilde farklı kütleleri ölçebildiği için, çoklu element ölçüm cihazı olarak düşünülebilir. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde kolaylıkla otomasyona gidilmesi, ICP-MS'i sadece araştırma amaçlı olmaktan çıkarıp rutin analizlerde de kullanılmaya başlanmıştır (46). Genel olarak ICP-MS ile içme suları, atık sular, jeolojik, jeokimya, petrokimya, gıda, hidrojeoloji alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

ICP-MS oldukça, hızlı ve uygun kütle aralığıyla çözeltilerde eser element tayinine uygundur. Düşük tayin sınırı, basit spektra ve izotop oranlarına uygunluk ICP-MS 'i cazip yapan özelliklerdir. Birçok element için gözlenebilir sınır ng/L'nin altındadır. Multi element tayin yapabilme özelliği sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi, başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun çeşitli örneklerdeki nicel ve yarı-nitel tayinlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (47).

Tablo 2.1 ICP-MS Analiz Parametreleri

	Parametreler	Ayarlar
Gaz Akışı (L/dk)	Plazma akışı	16,5
	Auxiliary akışı	1,65
	Nebulizer akışı	0,9
	Kaplama akışı	0,2
CRI Gazlar (ml/dk)	Soğutucu (He ile)	160
	Soğutucu (H ₂ ile)	100
RF	RF Güç (kW)	1,28
Numune Bilgisi	Numune derinliği(mm)	6,5
	Pompalama oranı (rpm)	5
	Stabilizasyon süresi(s)	-60
	Sprey çember (°C)	3
İyon Optikler (Volt)	1.ekstraksiyon lensi	-1
	2.ekstraksiyon lensi	-85
	3.ekstraksiyon lensi	-175
	Köşe lensleri	-197
	Sol ayna lensi	25
	Sağ ayna lensi	22
	Alt ayna lensi	25
	Giriş lensi	0
	Giriş levhası	-10
	Işık dalgalarının kenar sapması	-1
	Uç sapma	0
	Kuadrapol Tarama	Tarama modu
Bekletme süresi (ms)		20
Pik başına düşen noktalar		1
Taramalar/tekrarlar		50
Taramalar/numune		3

2.2.3. Deniz Suyu Örneklerinin Alınması ve Analizi

Her mevsim her bir istasyondan 3 adet (3 tekerrür) olmak üzere yüzeyden itibaren 1 m'nin altındaki derinlikten Nansen şişesi yardımıyla alınan su örnekleri, 0,45 µm'lik Whatman tipi membran filtrelerle süzülerek polietilen şişelere konulmuştur. Hem Nansen şişesi hem de polietilen şişeler ortam suyuyla en az üç defa çalkalanmıştır

(48). Her bir litre suya, pH'nın 2'nin altına düşmesi için 10 ml 0.1 N HNO₃ ilave edildikten sonra buz korumalı kaplarda laboratuara getirilip, + 4 °C'de en fazla bir hafta bekletildikten sonra (49), ICP-MS cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir.

Tablo 2.2 Standart referans materyal (Certified Reference Materials EnviroMAT™ EU-H-1 Waste Water) referansı kullanıldı. Bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonlar mg/L olarak kabul edilmiştir.

EnviroMAT™ EU-H-1 Waste water		
Ağır Metal	Sertifika Edilen	Analiz Edilen(n:24)
Krom (Cr)	0.45-0.47	0.47
Mangan (Mn)	0.51-0.53	0.51
Demir (Fe)	0.62-0.68	0.62
Kobalt (Co)	0.72-0.76	0.70
Nikel (Ni)	0.86-0.90	0.88
Bakır (Cu)	0.91-0.95	0.94
Çinko (Zn)	0.97-1.03	0.99
Arsenik (As)	0.81-0.91	0.90
Kadmiyum (Cd)	0.30-0.32	0.31
Kurşun (Pb)	0.72-0.74	0.73

2.2.4. Sediment Örneklerinin Toplanması ve Analizi

Sediment örnekleri, mevsimsel olarak her bir istasyondan 3 noktadan olmak üzere Ekman Tipi (15x15x15 cm) sediment kepçesiyle alınmıştır. Herhangi bir bulaşmayı önlemek için örnekleyicinin orta kısmından dikkatli bir şekilde plastik spatulayla alınan sedimentler yine plastik bir kapta karıştırıldıktan sonra 10'ar gramlık 3 adet alt örnek (3 tekerrür) alınarak ayrı ayrı, polietilen kaplara konulmuş ve üzerine nitrik asit ilave edilmiştir (50). Buz korumalı kaplarda laboratuara getirilen bu alt örnekler, etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 70 °C'de kurutulup havanda öğütüldükten sonra, büyük parçacıklar plastik eleklerle elenerek atılmış ve alınan 0.5'er gramlık alt örnekler (51-54), CEM MARS-Express marka mikro dalga fırında asit muamelesiyle sediment için tarif edilen prosedüre göre aşağıdaki şekilde çözülmüştür. Alt örneklerin üzerine %70'lik 6 ml nitrik asit, %49'luk 4 ml hidroklorik asit, 3 ml %37'lik hidroklorik asit ve 5 ml deiyonize su ilave edilip karıştırılmıştır. Bu karışım bilgisayar destekli mikro dalga fırına yerleştirilip, 300 psi basınç ve 210 °C sıcaklığa gelecek şekilde 30 dakikalık çözünme ve 20 dakikalık bekleme süresi olmak üzere toplam 50 dakikaya programlanarak işleme tabi tutulmuştur. Bu işlemde sonra fırında soğumaya bırakılan solüsyonun üzerine soğumayı takiben 30 ml %4'lük borik asit solüsyonu ilave edilip, tekrar fırın 100 psi basınç, 210 °C sıcaklık ve 10 dakika çözünme ve 5 dakika bekleme süresine programlanıp işleme devam edilmiştir. Elde edilen renksiz ve berrak solüsyon, soğumaya terk edildikten sonra filtre edilip, deiyonize su ilavesiyle 100 ml'ye tamamlanarak, ICP-MS cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir.

Örnek toplama ve analize hazırlama aşamasında kullanılan bütün alet ve ekipmanlar deterjan ve çamaşır suyu karşımında 15-20 saat bekletilip, çeşme suyu ile tamamen yıkandıktan sonra, 10-15 saat asit banyosunda (1:2:9 konsantre HNO₃, HF, su), 2-3 kez saf su ile yıkanmış ve açık havada kurutulmuştur (54).

2.2.5. İstatistik Hesaplamalar

Deniz suyu ve dip sedimentinin analizinden elde edilen veriler mevsimlere ve istasyonlara göre gruplandırılıp, Excel ortamına aktarılarak, ortalama ve standart hata

değerleri hesaplanmıştır. Normal dağılıma uygunluğu ve varyansların homojenliğini sağlamak için veriler logaritmaya dönüştürülmüştür. Sudaki ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere ve istasyonlara göre farklılıkları tek yönlü varyans analiziyle (ANOVA) incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu durumlarda Post-Hoc testi (Tukey) uygulanmıştır. (55-56). Bütün istatistiksel analizler SPSS ve STATISTICA paket programlar yardımıyla yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin deniz suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd:1.065661, Mn:0.299633, Fe:0.64345, Cu:0.29175, Zn:0.44329, Ni:0.03569, Pb:3.994008, Cr:0.0344 ve Co:0.01393 mg/L olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her bir istasyondaki değer, analiz edilen üç ayrı örneğin (3 tekerrür) ortalamasıdır (ayrıca her bir örnek üç paralelli analiz edilmiştir). İstasyonların ortalama değerleri Tablo 3.1’de, mevsimlerin ortalama değerleri ise, Tablo 3.2.’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Deniz suyunda istasyonlara Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları (ppm)

	Cd	Mn	Fe	Cu	Zn	Ni	Pb	Cr	Co
Aksu	0.4838	0.0295	0.8389	0.1006	0.4347	0.0326	5.5975	0.0243	0.0127
Batlama	0.6126	0.2159	0.5312	0.3629	0.6721	0.0334	5.7917	0.0229	0.0081
Boğacık	1.1601	0.1137	0.6090	0.3519	0.5913	0.0329	5.5694	0.0555	0.0182
Camiyalısı	1.7082	0.8616	0.6770	0.2870	0.3897	0.0539	2.7204	0.0572	0.0259
Güre	1.3635	0.2773	0.5612	0.3562	0.1287	0.0256	0.2910	0.0121	0.0048

Tablo 3.2 Deniz suyunda mevsimlere Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları (ppm)

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	2.4961	0.7605	0.7218	0.2842
Mn	0.7362	0.1372	0.1790	0.1459
Fe	1.5678	0.5006	0.4692	0.0360
Cu	0.1498	0.0356	0.0075	0.9740
Zn	1.3058	0.2630	0.0256	0.1788
Ni	0.0736	0.0360	0.0049	0.0281
Pb	2.8072	12.659	0.0691	0.4397
Cr	0.0910	0.0115	0.0089	0.0260
Co	0.0370	0.0105	0.0054	0.0027

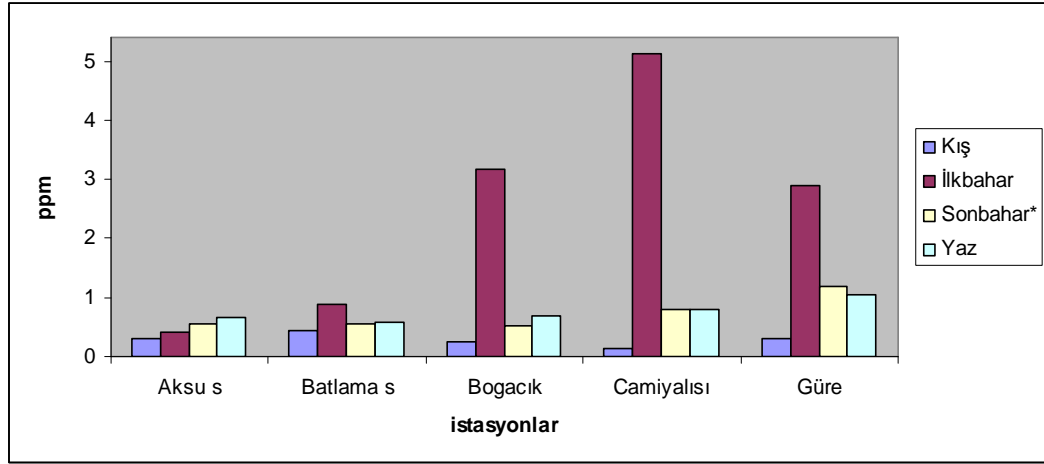
3.1.1. Deniz Suyunda Kadmiyum (Cd)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Cd konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.3, dağılımı ise Şekil 3.1.'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.1293 (Kış, Camiyalı), maksimum 3.1727 (İlkbahar, Boğacık) mg/L olarak bulunmuştur İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Cd konsantrasyonu minimum 0.28422 ppm ile kış, maksimum 2.49608 ppm ile ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise, kış < sonbahar < yaz < ikbahar şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). İlkbahar-Sonbahar, İlkbahar-Kış mevsimleri birbirinden ve diğer mevsimlerden istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$)

Tablo 3.3 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (ppm)

Cd	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.3051	0.4332	0.2535	0.1293	0.3001	0.2842^a 0.0978
İlkbahar	0.4231	0.8756	3.1727	5.113	2.896	2.4961^b 1.6964
Sonbahar	0.5532	0.5522	0.5154	0.7901	1.1983	0,7218 ^a 0.2575
Yaz	0.6542	0.5894	0.6989	0.8003	1.0598	0.7605 ^{ab} 0.1647
K ±SH N=12	0.4838^a 0.1522	0.6126 ^a 0,1875	1.1601 ^a 1.3541	1.7082^a 2.2915	1.3635 ^a 1.0953	1,065661 0,8916 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.1 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonlarının 0.483875 ppm ile Aksu da minimum, 1.708175 ppm ile Camiyalı s'nda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Aksu < Batlama < Boğacık < Güre < Camiyalı s şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

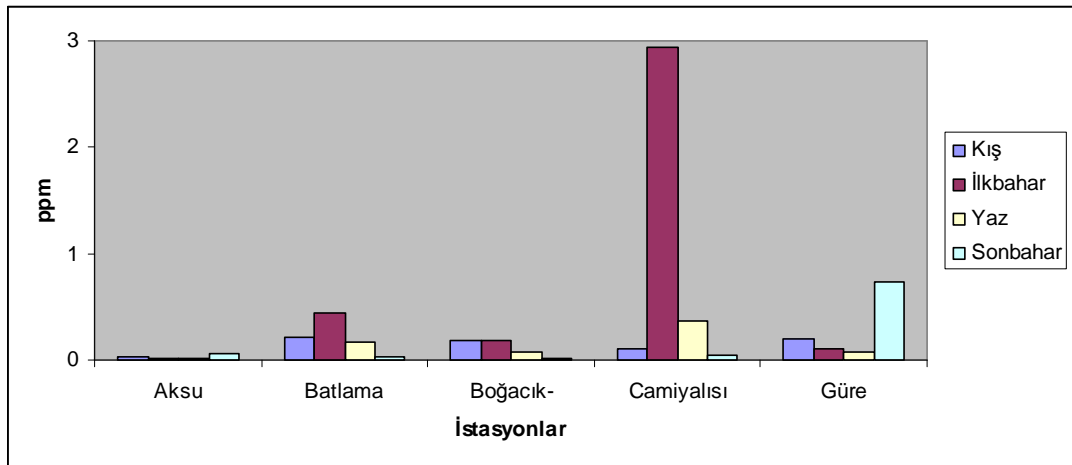
3.1.2. Deniz Suyunda Mangan (Mn)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Mn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.4. dağılımı ise Şekil 3.2.'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.1293 (Kış, Camiyalı s), maksimum 3.1727 (İlkbahar, Boğacık) mg/L olarak bulunmuştur İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Mn konsantrasyonu minimum 0.137233 ppm ile yaz, maksimum 0.736269 ppm ile ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; yaz < kış < sonbahar < ilkbahar şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tablo 3.4 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (ppm)

Mn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.0251	0.2212	0.1825	0.1008	0.2005	0.1459 ^b 0.0816
İlkbahar	0.0138	0.4422	0.1857	2.9373	0.1024	0.7362^a 1.2407
Yaz	0.0105	0.1663	0.0778	0.3609	0.0707	0.1372^b 0.1368
Sonbahar	0.0686	0.03415	0.0092	0.0477	0.7357	0.1790 ^{ab} 0.3119
K ±SH N=12	0.0295^a 0.0268	0.2159 ^a 0.1700	0.1137 ^a 0.0859	0.8616^a 1.3905	0.2773 ^a 0.3105	0.2996 ^a 0.5657 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.2 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı

Mevsim farkı gözlemlenmeden istasyonlar bazında Mn konsantrasyonlarının 0.02949 ppm ile Aksu da minimum, 0.86163 ppm ile Camiyalı'sında maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Aksu < Boğacık <

Batlama < Güre < Camiyalısi şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

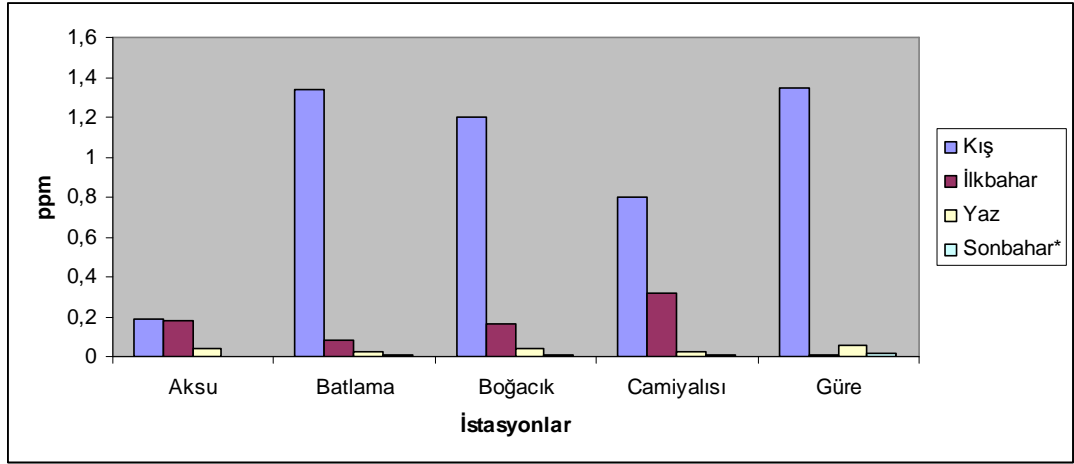
3.1.3. Deniz suyunda Demir (Fe)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Fe konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.5, dağılımı ise Şekil 3.3’de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.00731 (Yaz, Aksu), maksimum 1.98553 (İlkbahar, Aksu) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Fe konsantrasyonu minimum 0.036007 ppm ile kış, maksimum 1.567897 ppm ile ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; kış < sonbahar < yaz < ilkbahar şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). İlkbahar-Yaz, -Sonbahar, İlkbahar-Kış mevsimleri birbirinden ve diğer mevsimlerden istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.5 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (ppm)

Fe	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.0404	0.0249	0.0405	0.0174	0.0567	0.0360^b 0.0153
Yaz	0.0073	0.6879	0.6509	0.8675	0.2896	0.5006 ^b 0.3465
Sonbahar	1.3226	0.1132	0.1447	0.1335	0.6322	0.4692 ^b 0.5243
İlkbahar	1.9855	1.2985	1.5998	1.6898	1.2658	1.5678^a 0.2975
K ±SH N=12	0.8389^a 0.9794	0.5312^b 0.5900	0.609 ^b 0.7123	0.67703 ^b 0.7729	0.5612 ^b 0.5259	0.64345 0.1765 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.3. Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonlarının 0.53117 ppm ile Batlama da minimum, 0.83898 ppm ile Aksu'da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Baltama < Güre < Boğacık < Camiyalı < Aksu şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında Aksu-Batlama, Aksu-Boğacık, Aksu-Camiyalısı, Aksu-Güre istasyonları arasında oluşan fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

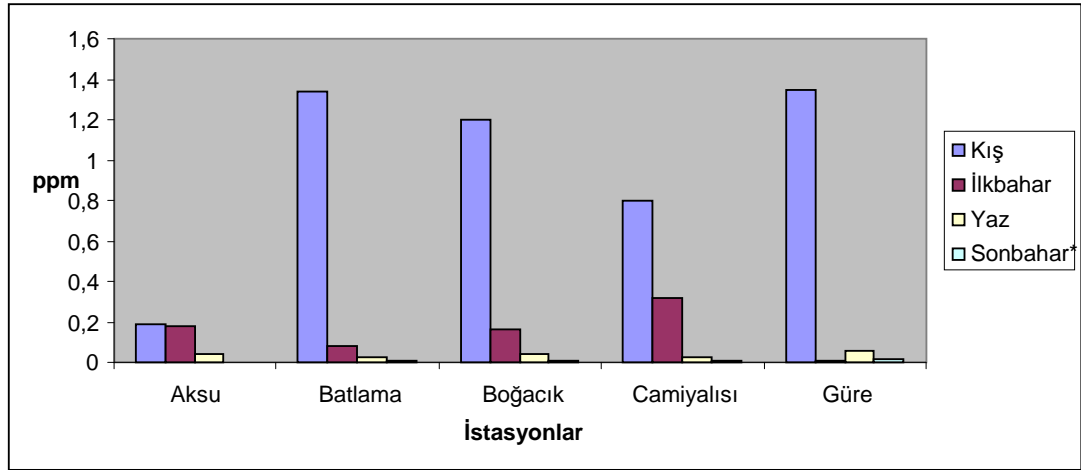
3.1.4. Deniz Suyunda Bakır (Cu)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Cu konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.6, dağılımı ise Şekil 3.4'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.00225 (Sonbahar, Aksu), maksimum 1.19747 (Kış, Boğacık) mg/L olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Cu konsantrasyonu minimum 0.007509 ppm ile Sonbahar, maksimum 0.97405 ppm ile Kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; sonbahar < yaz < ilkbahar < kış şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). İlkbahar-Kış, Yaz-Kış, Sonbahar-Kış mevsimleri birbirinden ve diğer mevsimlerden istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.6 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (ppm)

Cu	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.1860	1.338	1.1975	0.8035	1.3449	0.9740^b 0.4925
İlkbahar	0.1758	0.0801	0.1664	0.3188	0.0070	0.1498 ^a 0.1169
Yaz	0.0385	0.0268	0.0384	0.0213	0.0531	0.0356 ^a 0.0123
Sonbahar	0.0023	0.0055	0.0055	0.0045	0.0198	0.0075^a 0.0069
K ±SH N=12	0.1006^a 0.0939	0.3629^a 0.6511	0.3519 ^a 0.5679	0.2870 ^a 0.3733	0.3562 ^b 0.6594	0.2917 0.2393 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.4 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 0.10065 ppm ile Aksu da minimum, 0.36291 ppm ile Batlama'da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Aksu < Camiyalı < Boğacık < Güre < Batlama şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli

bulunmuştur ($p<0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında Aksu-Güre, Baltama-Güre, Boğacık-Güre, Camiyalı-Güre istasyonları arasında oluşan fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur($p<0.05$).

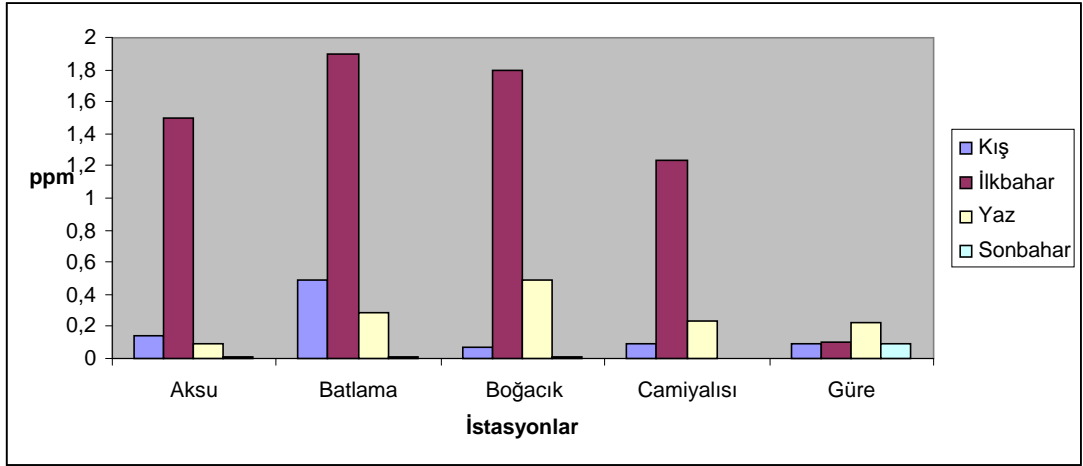
3.1.5. Deniz Suyunda Çinko (Zn)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.7, dağılımı ise Şekil 3.5’de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.00296 (Sonbahar, Camiyalı), maksimum 1.90198 (İlkbahar, Batlama) mg/L olarak bulunmuştur İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Zn konsantrasyonu minimum 0.02558 ppm ile Sonbahar, maksimum 0.7217461 ppm ile İlkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; sonbahar< kış <sonbahar< İlkbahar şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). İlkbahar-Yaz, İlkbahar-Sonbahar, İlkbahar-Kış mevsimleri birbirinden ve diğer mevsimlerden istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur($p< 0.05$).

Tablo 3.7 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (ppm)

Zn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.1417	0.4946	0.0743	0.0882	0.0952	0.1788 ^a 0.1783
İlkbahar	1.4971	1.9019	1.7922	1.2361	0.1015	1.3058^b 0.7217
Yaz	0.0881	0.2843	0.4856	0.2315	0.2256	0.2630 ^a 0.1440
Sonbahar	0.0119	0.0074	0.0132	0.0029	0.0923	0.0256^a 0.0376
K ±SH N=12	0.4347 ^a 0.7103	0.6721^b 0.8439	0.5913 ^b 0.8276	0.3897 ^b 0.5721	0.1287^b 0.0647	0.44329 0.3204 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$)



Şekil 3.5 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 0.12871 ppm ile Güre de minimum, 0.67206 ppm ile Batlama'da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Camiyalı < Aksu < Boğacık < Batlama şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında Aksu-Batlama, Aksu-Boğacık, Aksu-Camiyalısı, Aksu-Güre istasyonları arasında oluşan fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

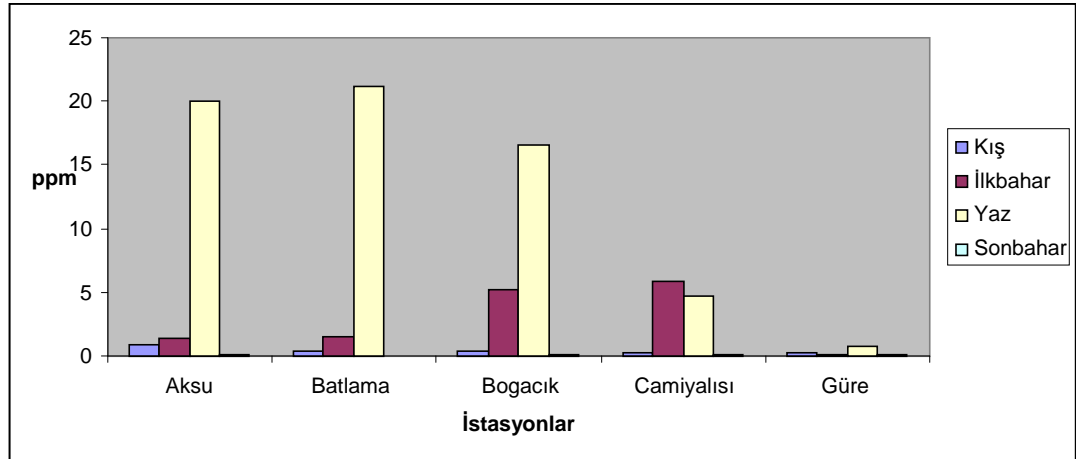
3.1.6. Deniz Suyunda Nikel (Ni)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Ni konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.8, dağılımı ise Şekil 3.6 'da sunulmuştur Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.00329 (Sonbahar, Aksu), maksimum 0.14935 (İlkbahar, Camiyalı) mg/L olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Ni konsantrasyonu minimum 0.00492 ppm ile Sonbahar, maksimum 0.073623 ppm ile İlkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; sonbahar < kış < sonbahar < İlkbahar şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.8 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (ppm)

Ni	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.0234	0.0479	0.0104	0.0304	0.0286	0.0281 ^{ab} 0.0135
İlkbahar	0.0827	0.0471	0.0867	0.1494	0.0023	0.0736^a 0.0542
Yaz	0.0211	0.0339	0.0304	0.0319	0.0630	0.0360 ^{ab} 0.0542
Sonbahar	0.0033	0.0045	0.0043	0.0041	0.0084	0.0049^b 0.0020
K ±SH N=12	0.0326 ^a 0.0346	0.0334 ^b 0.0203	0.0329 ^b 0.0375	0.0539^b 0.06487	0.0256^b 0.02736	0.03569 0.017 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.6 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 0.0256 ppm ile Güre de minimum, 0.05395 ppm ile Camiyalı'sında maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Aksu < Boğacık

< Baltama < Camiyalısi şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında Aksu-Batlama, Aksu-Boğacık, Aksu-Camiyalısı, Aksu-Güre istasyonları arasında oluşan fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur(p<0.05).

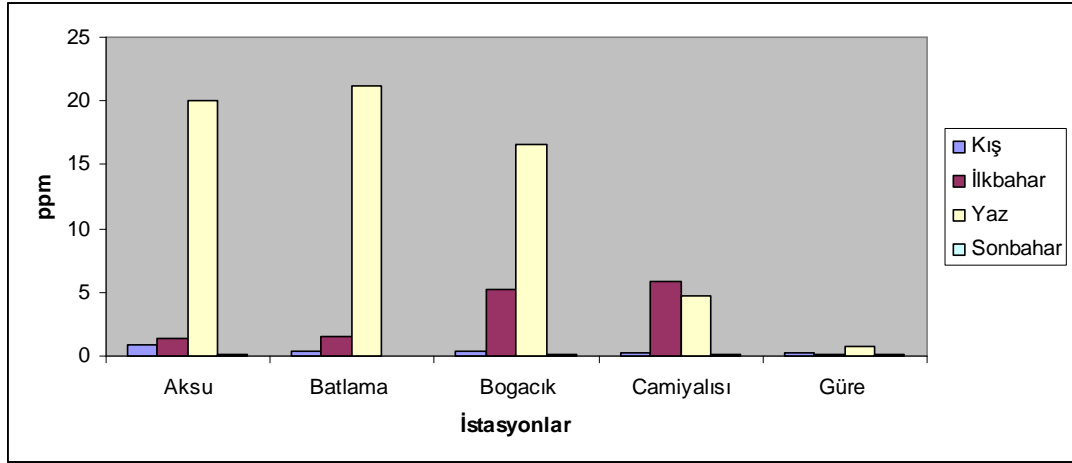
3.1.7. Deniz Suyunda Kurşun (Pb)

Mevsimplere ve istasyonlara göre Pb konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.9, dağılımı ise Şekil 3.7’de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.009687 (Sonbahar, Atlama), maksimum 21.22578 (Yaz,Batlama) mg/L olarak bulunmuştur.İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Pb konsantrasyonu minimum 0.069141 ppm ile Sonbahar, maksimum 12.65992 ppm ile Yaz mevsiminde gerçekleşmiştir.Sıralama ise; sonbahar < kış < ilkbahar < yaz şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p <0.05). Sonbahar-Yaz istasyonları arasında oluşan fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05)

Tablo 3.9 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (ppm)

Pb	Aksu	Batlama	Bogacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.9125	0.4314	0.3544	0.2759	0.2246	0.4397 ^{ab} 0.2756
İlkbahar	1.4153	1.4999	5.1938	5.8521	0.0749	2.8072 ^a 2.5534
Yaz	19.9967	21.2258	16.6433	4.6656	0.7682	12.659^b 9.3326
Sonbahar	0.0654	0.0097	0.0860	0.0881	0.0966	0.0691^a 0.0352
K ±SH N=12	5.5975 ^a 9.6156	5.7917^b 10.3085	5.5694 ^a 7.7467	2.7204 ^a 2.9718	0.2910^a 0.3249	3.9940 4.3553 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.7 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 0.291068 ppm ile Güre de minimum, 5.791707 ppm ile Baltama 'da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Camiyalı < Bogacık < Aksu < Batlama şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında Aksu-Batlama, Baltama-Camiyalısı istasyonları arasında oluşan fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

3.1.8. Deniz Suyunda Krom (Cr)

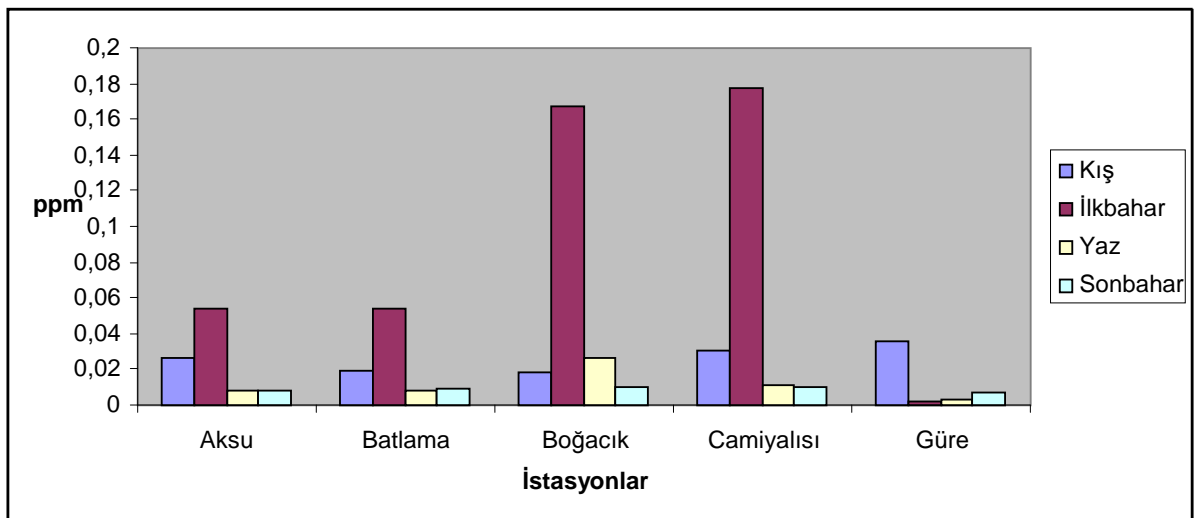
Mevsimlere ve istasyonlara göre Cr konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.10, dağılımı ise Şekil 3.8.'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.00217 (İlkbahar, Güre), maksimum 0.17726 (İlkbahar, Camiyalı) mg/L olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Cr konsantrasyonu minimum 0.008946 ppm ile Sonbahar, maksimum 0.091084 ppm ile İlkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise;

sonbahar < yaz < kış < ilkbahar şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p <0.05)

Tablo 3.10 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (ppm)

Cr	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.0267	0.0194	0.0182	0.0302	0.0358	0.0260 ^{ab} 0.0074
İlkbahar	0.0541	0.0545	0.1674	0.1773	0.0022	0.0910^a 0.0772
Yaz	0.0082	0.0083	0.0266	0.0114	0.0031	0.0115 ^b 0.0089
Sonbahar	0.0082	0.0095	0.0098	0.0099	0.0073	0.0089^b 0.0011
K ±SH N=12	0.0243 ^a 0.0217	0.0229 ^b 0.0216	0.0555 ^b 0.0749	0.0572^b 0.0806	0.0121^b 0.0159	0.0344 0.0319 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).



Şekil 3.8 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonlarının 0.01209 ppm ile Güre de minimum, 0.05719 ppm ile Camiyalısı'nda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Baltama < Aksu < Boğacık < Camiyalısı şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aksu-Batlama, Aksu-Boğacık, Aksu-Camiyalısı, Aksu-Güre istasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında Aksu-Batlama Aksu-Boğacık, Aksu-Camiyalısı, Aksu-Güre istasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

3.1.9. Deniz Suyunda Kobalt (Co)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Co konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.11, dağılımı ise Şekil 3.9'da sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.00096 (Kış, Güre), maksimum 0.08688 (İlkbahar, Camiyalısı) mg/L olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Co konsantrasyonu minimum 0.002734 ppm ile Kış, maksimum 0.037031 ppm ile İlkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; kış < sonbahar < yaz < ilkbahar şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

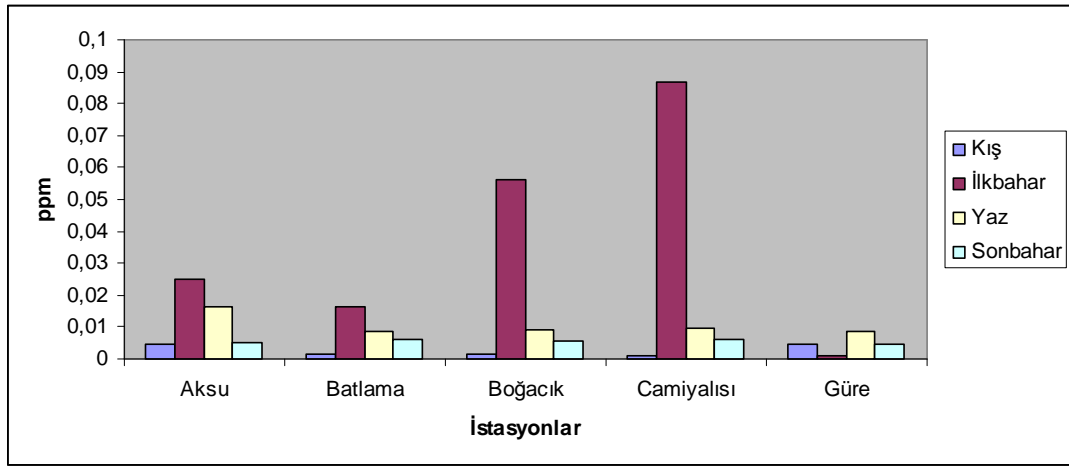
Tablo 3.11 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (ppm)

Co	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
Kış	0.0047	0.0014	0.0017	0.001	0.0048	0.0027^b 0.0019
İlkbahar	0.0250	0.0161	0.0562	0.0869	0.0009	0.0370^a 0.0344
Yaz	0.0162	0.0089	0.0090	0.0096	0.0088	0.0105 ^{ab} 0.0032
Sonbahar	0.0051	0.0060	0.0057	0.0059	0.0047	0.0054 ^b 0.0006

Tablo 3.11'in devamı

K	0.0127 ^a	0.0081 ^b	0.0182 ^b	0.0259^b	0.0048^b	0.0139
±SH	0.0098	0.0062	0.0255	0.0408	0.0032	0.01582
N=12						N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.9 Deniz Suyunda mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 0.0048 ppm ile Güre de minimum, 0.02586 ppm ile Camiyalı'nda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Baltama < Aksu < Boğacık < Camiyalı şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında Aksu-Baltama, Aksu-Boğacık, Aksu-Camiyalı, Aksu-Güre istasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

3.2. Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentte ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd:14.38343, Pb:63.89147, Mn:443.8436, Fe:30099.88, Cu: 148.9627, Zn:497.1485, Ni:100.9963, Cr:170.4174 ve Co:137.3307 mg/kg kuru

ağırlık olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her bir istasyondaki değer, analiz edilen üç ayrı örneğin (3 tekerrür) ortalamasıdır (ayrıca her bir örnek üç paralelli analiz edilmiştir). İstasyonların ortalama değerleri Tablo 3.12’de, mevsimlerin ortalama değerleri ise, Tablo 3.13’de verilmiştir.

Tablo 3.12 Sedimentte istasyonlara Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları(mg/kg)

	Cd	Pb	Mn	Fe	Cu	Zn	Ni	Cr	Co
Aksu	13.6953	39.8532	388.5445	21335.42	78.1637	644.2978	72.2808	242.57 4	217.2 84
Batlama	6.0262	49.7684	368.4445	44298.6	188.0690	589.8048	63.4323	160.48 18	75.05 21
Boğacık	44.5994	35.7233	639.1518	27112.42	281.7298	604.6483	45.2250	202.42 75	138.2 16
Camiyalısı	4.9162	125.4597	461.4018	34267.42	145.4641	389.9773	80.3822	199.09 73	79.12 97
Güre	2.6800	68.6528	361.6763	23485.53	51.3868	257.0143	243.6615	47.506 3	176.9 708

Tablo 3.13 Sedimentte mevsimlere Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg)

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	7.4029	46.8808	0.3193	2.9306
Pb	27.5055	172.7290	9.6168	45.7144
Mn	541.003	388.205	615.178	230.987
Fe	18183.38	19934.22	31537.71	50744.2
Cu	38.5318	80.6666	26.4862	450.1662
Zn	72.7194	41.5806	69.7064	1804.587
Ni	17.9862	40.5274	37.5438	307.9278
Cr	23.9877	33.1533	37.6595	709.78
Co	19.175	29.5915	35.2568	465.299

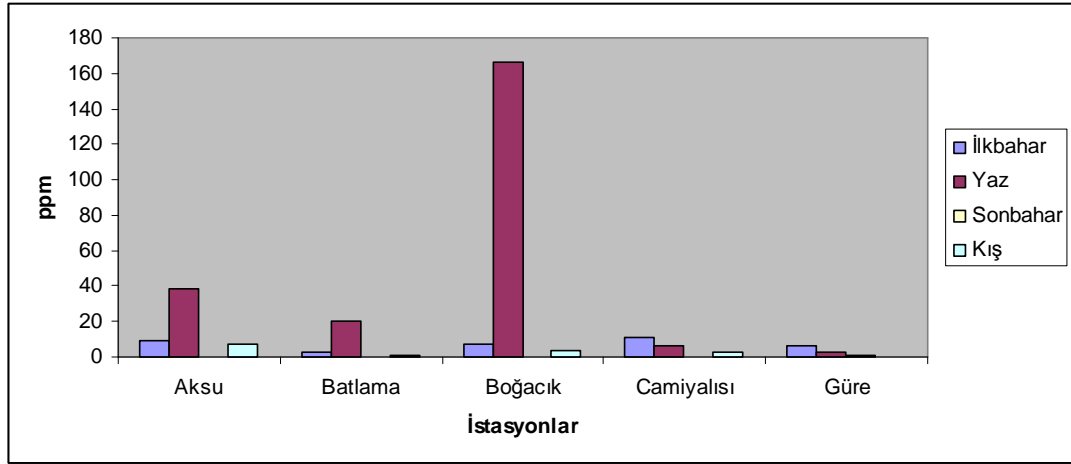
3.2.1. Sedimentte Kadmiyum (Cd):

Mevsimler ve istasyonlara göre Cd konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.14 dağılımı ise Şekil 3.10'da sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0.1181 (Sonbahar, Camiyalı), maksimum 166.3442 (Yaz, Boğacık) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 0.31934 mg/kg Sonbahar, maksimum 46.88084 mg/kg ile Yaz mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Sonbahar < Kış < İlkbahar < Yaz şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Tablo 3.14 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg)

Cd	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalı	Güre	Ort.,K ±SH N=15
İlkbahar	8.8515	2.9510	7.7847	10.6087	6.8188	7.4029 ^a 2.8584
Yaz	38.5835	20.2769	166.3442	6.0399	3.1597	46.8808^a 68.2415
Sonbahar	0.3190	0.3767	0.2069	0.1181	0.5760	0.3193^a 0.1749
Kış	7.0272	0.5001	4.0619	2.89817	0.1656	2.9306 ^a 2.8114
K ±SH N=12	13.6953 ^a 16.9929	6.0262 ^a 9.5742	44.5994^a 9.5742	4.9162 ^a 4.5004	2.6800^a 3.061	14.3834 32.9618 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.10 Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonlarının 2.6800 mg/kg ile Güre’de minimum iken 44.5999 mg/kg ile Boğacık’da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Camiyalı < Baltama < Aksu < Boğacık şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

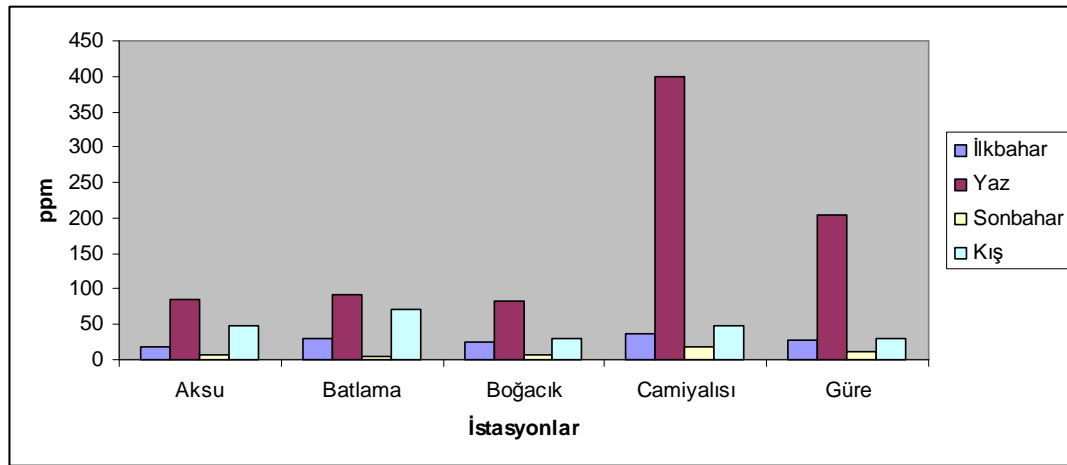
3.2.2. Sedimentte Kurşun (Pb)

Mevsimler ve istasyonlara göre Pb konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.15, dağılımı ise Şekil 3.11’de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 5.6220 (Sonbahar, Batlama), maksimum 398.9376 (Yaz, Camiyalı) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 9.6169 mg/kg Sonbahar, maksimum 172.7291 mg/kg ile Yaz mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Sonbahar < İlkbahar < Kış < Yaz şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tablo 3.15 Sedimette seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg)

Pb	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
İlkbahar	19.5093	29.3720	25.2298	35.7915	27.6248	27.5055 ^a 5.9429
Yaz	85.3921	91.8456	82.3753	398.9376	205.0947	172.7290^b 136.5206
Sonbahar	5.9675	5.6220	6.2396	19.0104	11.2449	9.6168^a 5.7352
Kış	48.5440	72.2339	29.0483	48.0991	30.6469	45.7144 ^a 17.4769
K ±SH N=12	39.8532 ^a 35.1731	49.7684 ^a 35.1730	35.7233^a 32.6617	125.4597^a 182.7080	68.6528 ^a 91.3597	63.8915 64.2497 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.11 Sedimette mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 35.7233 mg/kg ile Boğacık 'da minimum iken 125.4597 mg/kg ile Camiyalı'nda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Boğacık < Aksu < Baltama < Güre < Camiyalı şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

3.2.3. Sedimentte Mangan (Mn)

Mevsimler ve istasyonlara göre Mn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.16, dağılımı ise Şekil 3.12'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 108.403 (Sonbahar, Güre), maksimum 967.0850 (Sonbahar, Boğacık) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 230.9870 mg/kg. Kış, maksimum 615.1788 mg/kg ile Sonbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Kış < Yaz < İlkbahar < Sonbahar şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

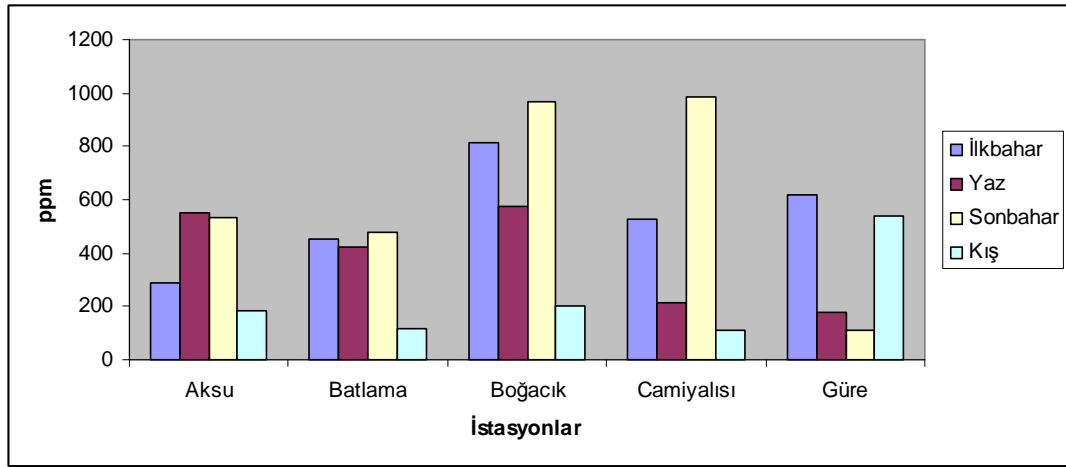
Tablo 3.16 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg)

Mn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalı	Güre	Ort., K ±SH N=15
İlkbahar	289.6831	453.6722	811.7722	529.4751	620.4160	541.003 ^a 193.9998
Yaz	550.4211	422.0232	574.5812	216.1201	177.8801	388.205 ^a 184.4204
Sonbahar	531.9223	480.2441	967.0851	988.2403	108.4032	615.178^a 369.1116
Kış	182.1490	117.8391	203.1693	111.7722	540.0061	230.987^a 177.2473

Tablo 3.16'ın devamı

K	388.5445 ^a	368.4445 ^a	639.1518^a	461.4018 ^a	361.6763^a	443.844
±SH	181.7817	168.7569	332.4597	393.5296	256.0444	96.6015
N=12						N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.12 Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı

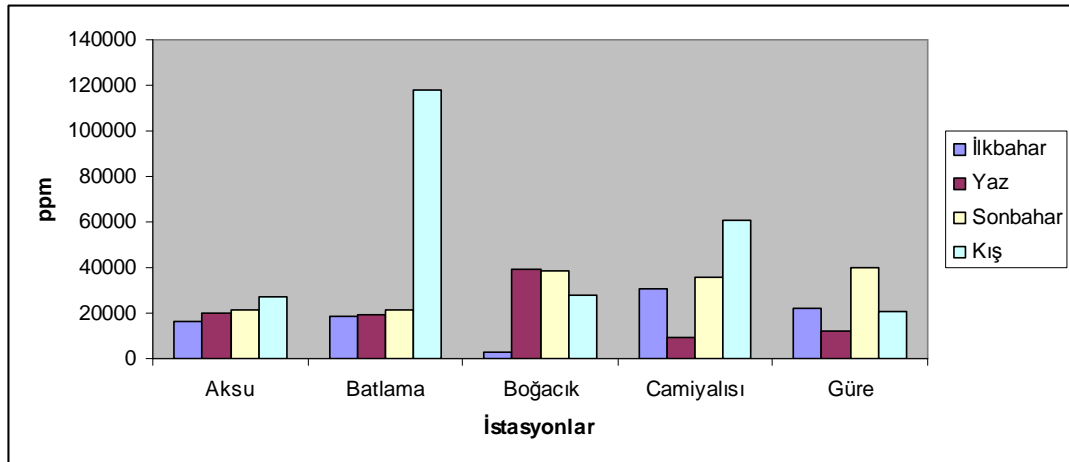
3.2.4. Sedimentte Demir (Fe)

Mevsimler ve istasyonlara göre Fe konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.17, dağılımı ise Şekil 3.13'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 11797.37 (Yaz, Güre), maksimum 60439.51 (Kış, Camiyalı) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 18183.38 mg/kg İlkbahar, maksimum 50744.2 mg/kg ile Kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; İlkbahar < Yaz < Sonbahar < Kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tablo 3.17 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg)

Fe	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
İlkbahar	16575.06	18515.16	2919.767	31036.98	21869.93	18183.38^a 10179.39
Yaz	19961.38	18985.58	39308.28	9618.504	11797.37	19934.22 ^a 11714.07
Sonbahar	21758.89	21719.94	38511.83	35974.69	39723.19	31537.71 ^a 9046.285
Kış	27046.34	117973.7	27709.82	60439.51	20551.61	50744.2^a 40674.23
K ±SH N=12	21335.42^a 4371.995	44298.6^a 49137.07	27112.42 ^a 16973.77	34267.42 ^a 20863.83	23485.53 ^a 11711.72	30099.88 17102.14 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$)



Şekil 3.13 Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonlarının 21335.42 mg/kg ile Aksu'da minimum iken 44298.6 mg/kg ile Batlama'da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Aksu < Güre < Boğacık < Camiyalısi < Batlama şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

3.2.5. Sedimentte Bakır (Cu)

Mevsimler ve istasyonlara göre Cu konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.18, dağılımı ise Şekil 3.14'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 18.6 (Sonbahar, Aksu), maksimum 963.915 (Kış, Boğacık) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 26.4862 mg/kg Sonbahar, maksimum 450.1662 mg/kg ile Kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Sonbahar < İlkbahar < Yaz < Kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

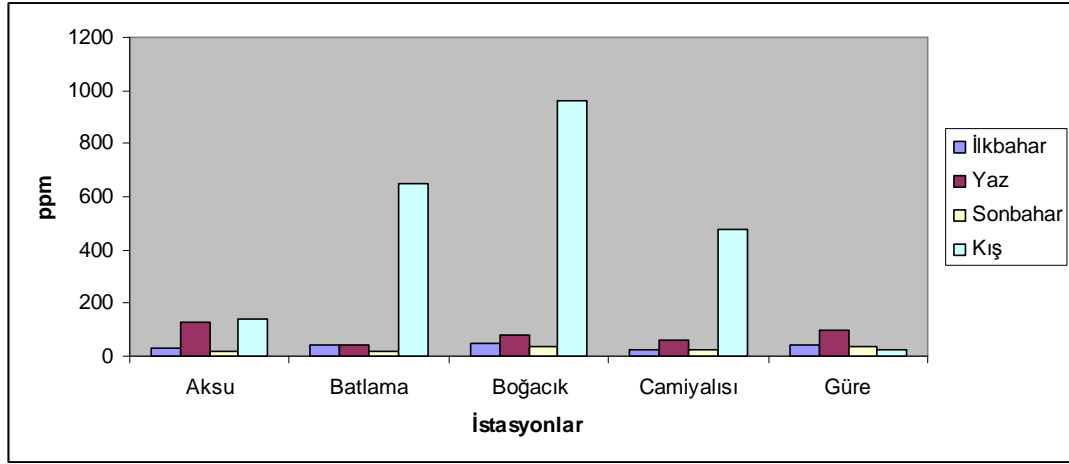
Tablo 3.18 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg)

Cu	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısi	Güre	Ort., ±SH N=15	K
İlkbahar	28.5971	43.2590	50.2891	25.9152	44.5994	38.5318 ^a 10.66856	
Yaz	127.6111	42.6232	78.7092	58.3901	96.0001	80.6666 ^a 33.1145	
Sonbahar	18.6012	19.3791	34.0063	22.5030	37.9431	26.4862^a 8.8935	
Kış	137.8471	647.0161	963.9152	475.0480	27.005	450.1662^b 380.7609	

Tablo 3.18.'in devamı

K	78.1637 ^a	188.0690 ^a	281.7298^a	145.4641 ^a	51.3868^b	148.9627
±SH	63.2767	306.1662	455.1652	220.3171	30.6138	175.3832
N=12						N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.14 Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı

Mevsim farkı gözlemeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 51.38675 mg/kg ile Güre'da minimum iken 281.7298 mg/kg ile Boğacık'da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Aksu < Camiyalı < Baltama < Boğacık şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında; Aksu-Güre, Baltama-Güre, Boğacık-Güre, Camiyalı-Güre istasyonlarında mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

3.2.6. Sedimentte Çinko (Zn)

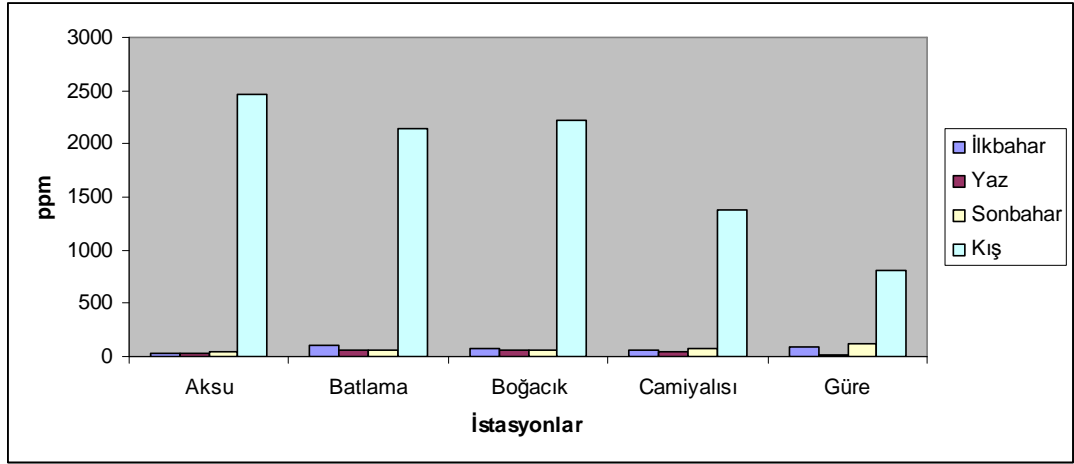
Mevsimler ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.19, dağılımı ise Şekil 3.15'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre

incelendiğinde, minimum 11.09 (Yaz, Güre), maksimum 2471.577 (Kış, Aksu) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 41.5806 mg/kg Yaz, maksimum 1804.587 mg/kg ile Kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Yaz < Sonbahar < İlkbahar < Kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Tablo 3.19 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg)

Zn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
İlkbahar	31.4381	100.3072	77.6851	63.4150	90.7520	72.7194 ^a 26.9334
Yaz	30.3020	55.3602	57.8510	53.3011	11.0904	41.5806^a 20.3029
Sonbahar	43.8742	56.5290	61.9140	70.5502	115.6651	69.7064 ^a 27.4526
Kış	2471.577	2147.023	2221.143	1372.644	810.55	1804.587^b 691.0755
K ±SH N=12	644.2978^a 1218.202	589.8048 ^a 1038.356	604.6483 ^a 1077.697	389.9773 ^{ab} 655.1494	257.0143^b 371.7093	497.1485 348.9828 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).



Şekil 3.15 Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 257.0143 mg/kg ile Güre’da minimum iken 644.2978 mg/kg ile Aksu’da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Camiyalı < Baltama < Boğacık < Aksu şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında; Aksu-Güre, Baltama-Güre, Boğacık-Güre istasyonlarında mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

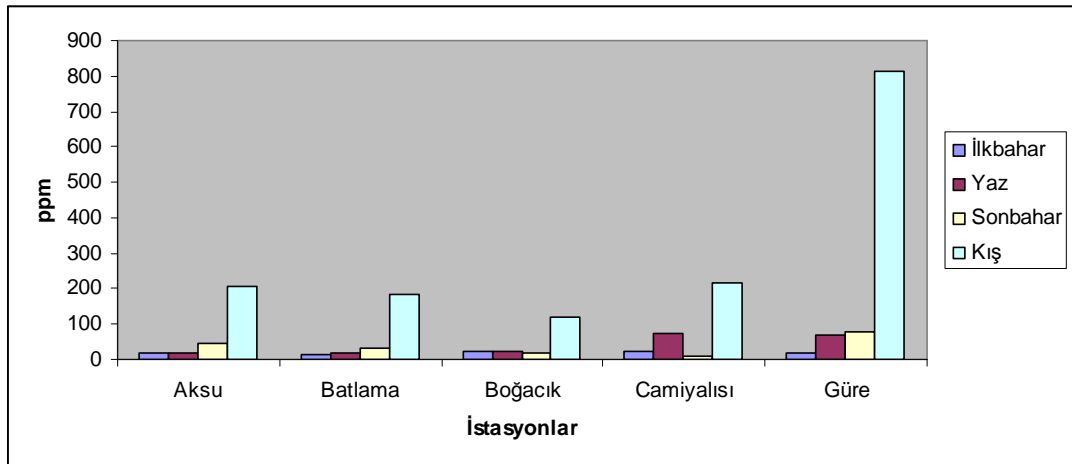
3.2.7. Sedimentte Nikel (Ni)

Mevsimler ve istasyonlara göre Ni konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.20, dağılımı ise Şekil 3.16’da sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 11.294 (Sonbahar, Camiyalı), maksimum 813.09 (Kış, Güre) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 17.9862 mg/kg İlkbahar, maksimum 307.9278 mg/kg ile Kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; İlkbahar < Sonbahar < Yaz < Kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.20 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg)

Ni	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
İlkbahar	16.1693	14.9593	21.1412	21.2862	16.3760	17.9862^a 2.9958
Yaz	19.2211	19.1932	23.5430	72.2902	68.3933	40.5274 ^a 27.3074
Sonbahar	47.8810	34.2504	17.5050	11.2941	76.7910	37.5438 ^a 26.2133
Kış	205.8531	185.3270	118.7111	216.6582	813.0902	307.9278^b 284.9440
K ±SH N=12	72.28075 ^a 90.18649	63.43225 ^a 81.6837	45.225^a 49.0535	80.3822 ^a 94.6962	243.6615^a 380.5582	100.9963 136.0801 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.16. Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 45.225 mg/kg ile Boğacık'da minimum iken 243.6615 mg/kg ile Güre'de maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Boğacık < Baltama < Aksu < Camiyalısı < Güre şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

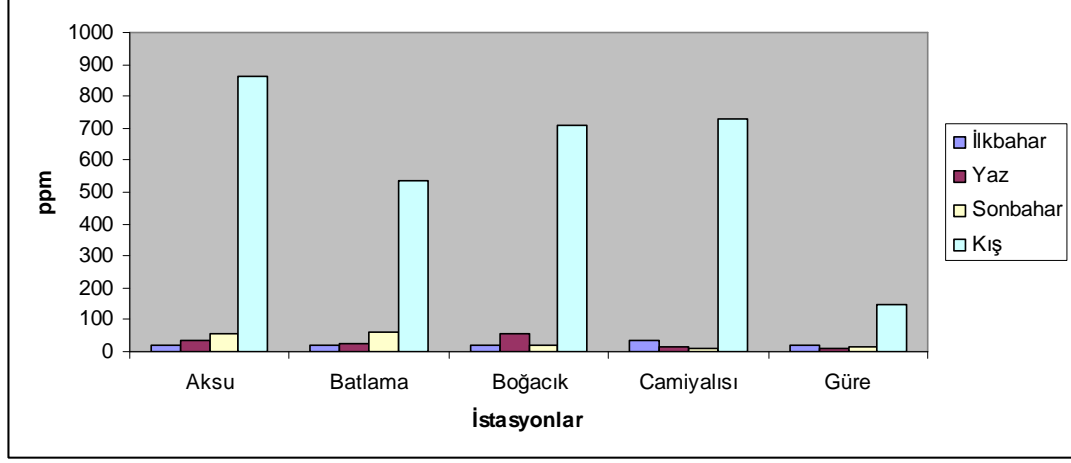
3.2.8. Sedimentte Krom (Cr)

Mevsimler ve istasyonlara göre Cr konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.21, dağılımı ise Şekil 3.17'de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 10.76 (Yaz, Güre), maksimum 860.511 (Kış, Aksu) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 23.98775 mg/kg İlkbahar, maksimum 709.78 mg/kg ile Kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; İlkbahar < Yaz < Sonbahar < Kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 3.21 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/kg)

Cr	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
İlkbahar	19.0513	18.2640	22.5870	36.0491	18.1112	23.9877^a
Yaz	33.8040	25.3652	57.7941	15.6500	10.7611	33.15325 ^a
Sonbahar	56.9302	62.1811	18.8671	12.6612	13.2240	37.6595 ^a
Kış	860.5110	536.1181	710.4622	732.0293	147.9303	709.78^b
K ±SH N=12	242.574^a 412.2529	160.4818 ^a 251.1628	202.4275 ^a 339.1435	199.0973 ^{ab} 355.4398	47.50625^b 67.0188	170.4174 134.8586 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.17 Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonlarının 47.50625 mg/kg ile Güre’de minimum iken 242.574 mg/kg ile Aksu’da maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre < Baltama < Boğacık < Camiyalı < Aksu şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında; Aksu-Güre, Baltama-Güre, Boğacık-Güre istasyonlarında mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

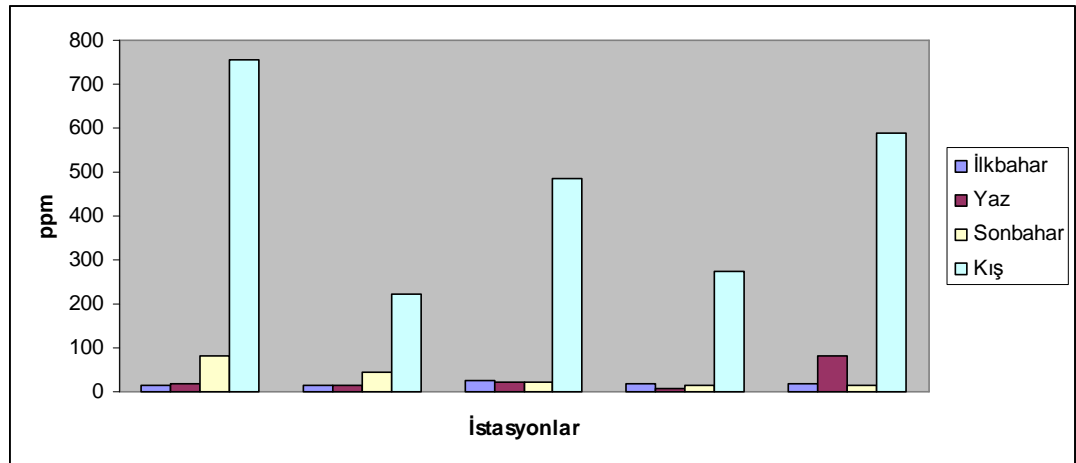
3.2.9. Sedimentte Kobalt (Co)

Mevsimler ve istasyonlara göre Co konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.22, dağılımı ise Şekil 3.18’de sunulmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 8.5998 (Yaz, Camiyalı), maksimum 757.097 (Kış, Aksu) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında ise minimum 19.175 mg/kg İlkbahar, maksimum 465.2995 mg/kg ile Kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; İlkbahar < Yaz < Sonbahar < Kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.22 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg)

Co	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ort., K ±SH N=15
İlkbahar	15.5910	15.8661	25.2371	19.8311	19.3510	19.175^a 3.9052
Yaz	16.7400	16.2082	23.4103	8.5998	83.0001	29.5915 ^a 30.3134
Sonbahar	79.7101	45.9611	20.3960	14.9861	15.2322	35.2568 ^a 27.9436
Kış	757.0972	222.1743	483.823	273.1031	590.3001	465.299^b 222.0155
K ±SH N=12	217.284^a 361.1199	75.0521^a 99.0906	138.216 ^a 230.4131	79.1297 ^a 129.3973	176.9708 ^a 277.2935	137.3307 107.3921 N:60

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 3.18 Sedimentte mevsimlere göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı

Mevsim farkı gözlemeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 75.052 mg/kg ile Batlama'da minimum iken 217.2845 mg/kg ile Aksu'da maksimum olduğu

görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Baltama < Camiyalı < Boğacık < Güre < Aksu şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı mevsimlerde farklı istasyonların karşılaştırılmasında; Aksu-Güre, Baltama-Güre istasyonlarında mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1. Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevcut çalışmada, mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin deniz suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd:1.0656, Mn:0.2996, Fe:0.6434, Cu:0.2917, Zn:0.4432, Ni:0.0356, Pb:3.9940, Cr:0.0344 ve Co:0.0139 mg/L olarak bulunmuştur. Metallerin denizlerdeki ve iç sulardaki doğal düzeyleri Tablo 1.5 ile karşılaştırıldığında bu değerlerin çok yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Diğer taraftan, denizlerde ve iç sulardaki müsaade edilebilir değerlerle mukayese edildiğinde Tablo 1.5 ise, Mn, Fe, Ni ve Co konsantrasyonlarının düşük, diğerlerinin ise yüksek olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Giresun deniz sularının, Cd, Cu, Zn, Pb ve Cr bakımından metal kirliliğine maruz kaldığı söylenebilir.

Yapılan çalışmalarda, Türkmen (2003), İskenderun Körfezinde deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0.0550, Fe: 0.2995, Cu: 0.0652, Pb: 0.6173, Zn: 0.0709, Co:0.2589, Cr:0.1689, Al:0.1875, Mn:0.1079 ve Ni:0.2769 mg/L olarak bulunmuştur (14), Atayeter (1996), Gemlik Körfezi, Kacaali yöresinde deniz suyundaki ortalama ağır metal düzeyleri; Pb: 202 (Ocak)-574 (Temmuz), Cu: 0.050 (Şubat, Mart)-0.096 (Aralık), Cd:0.085 (Aralık)-0,228 (Ağustos) mg/L (24), Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü suyunda, Cu:0.025-0.22, Fe:0.062, Mn:0.0039-0.0041, Zn: 0.064-0.197 mg/L (25), Akçay ve diğ.(2003) Büyük Menderes Nehri sularında ağır metal konsantrasyonları; yaz-kış aylarında, Fe: 0.58-0.65 (% olarak), Co: 0.005-0.010, Cr: 0.011-0.013, Cu:0.010-0.012, Mn:0.090-0.098, Ni:0.009-0.010, Pb: 0.020-0.022, Zn:0.053-0.056 mg/L, Gediz Nehri'nde ise aynı şekilde; Fe:1.20-1.10 (% olarak), Co:0.007-0.011, Cr:0.020-0.028, Cu:0.013-0.011, Mn:0.053-0.050, Ni: 0.013-0.011, Pb:0.048-0.040, Zn:0.080-0.076 mg/L (29), Angelidis ve Aloupi (2000), Ege Denizi Yunanistan sahil suları ve Mytilen Limanı'nda; Cd:0.030-0.495, Cr:40-154, Cu:5.34-86.2, Mn:171-360, Pb:20.7-93, Zn:12.9-230 µg/g, Fe: % 0.77-2.81 (33), Sarı ve Çağatay (2001), Ege Denizi Türkiye suları Saroz Körfezi'nde; Cu:19, Mn:2,79, Ni:60, Pb:22, Zn:73 µg/g, Fe: %2.79 (34), Minareci ve diğ.(2004), Temmuz 2001 – Nisan 2002 tarihleri arasında Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi'nin Gediz Nehri'ne boşalttığı su örneklerinde elde edilen analiz

sonuçlarına göre; su örneklerinde ağır metallerin ortalama değerleri; bakır 0.0161 ppm, demir 0.0103 ppm, mangan 0.0075 ppm, çinko 1.0579 ppm, kadmiyum 0.0036 ppm, kobalt 0.0063 ppm, krom 0.1055 ppm, nikel 0.0796 ppm, kurşun 0.2183 ppm (38) olarak belirtilmiştir.

Özözen (2005), Demirköprü ve Avşar barajlarından alınan su ve sediment örneklerinde ağır metal düzeylerinin sıralanışı suda; Fe > Pb > Cu > Ni > Cr > Cd, (37), Kır ve diğ.(2007), Kovada Gölü suyunda yapılan ağır metal analizinde Fe her mevsimde, Zn İlkbahar-2005 ve Kış-2006'da, Al sadece Yaz-2005'de ve Ni sadece İlkbahar-2005'de belirlenmiştir. Buna karşın Mn Kış-2006'da, Cd, Cr, Cu ve Pb ise tüm mevsimlerde ICP-OES'nin analiz limitinin altında çıktığı görülmüştür.. Suda yapılan analizler sonucunda Mn:(0.15 mg/L), Ni:(0.01mg/L) ve Zn:(0.027 mg/L) İlkbahar-2005'de, Fe:(0.79 mg/L) ve Al: (0.038mg/L) Yaz-2005'de en yüksek oranda belirlenmiştir. Suda en fazla rastlanılan metalin Fe olduğu görülmüştür (40). Yukarıdaki çalışmalardan Türkmen ve diğ. (2003)' nın Büyük Menderes Nehri sularında yapmış olduğu çalışmada Fe miktarının bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Mevcut çalışmada elde edilen değerler diğer bölgelerdeki sonuçlarla karşılaştırıldığında, incelenen bazı metaller bakımından benzerlikler olmakla birlikte farklılıkların da olduğu görülmektedir. Bu durum, incelenen bölgeleri çevreleyen karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler, atık su deşarjı, incelenen nehirler üzerindeki hidroelektrik santralleri, ortamın özellikleri gibi bölgeler arasındaki farklılık ve benzerliklerden kaynaklanabilir.

Bu çalışmada, istasyon farkı gözetmeksizin mevsimler bazında deniz suyundaki ağır metallerin konsantrasyonlarının oranına bakıldığında, Kışın en fazla Cu ve Cd,en az Co, İlkbahar da en fazla Pb ve Cd,en az Ni, Sonbaharda en fazla Pb ve Cd,en az Co, Yazın ise en fazla Fe ve Cd,en az Ni olduğu bulunmuştur. Mevsim farkı gözetmeksizin deniz suyundaki istasyon bazında ağır metallerin konsantrasyonlarının oranına bakıldığında, Aksu da en fazla Pb ve Fe,en az Co, Baltama da en fazla Pb ve Zn, en az Cr, Boğacık da en fazla Pb ve Cd, en az Co, Camiyalısında en fazla Pb ve Cd,en az Co, Güre de ise en fazla Cd ve Fe, en az Co olduğu bulunmuştur. Mevsimler ve istasyonlara göre deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları sırasıyla, Cd;minimum (Kış, Camiyalısı), maksimum (İlkbahar, Boğacık), Mn;

minimum (Kış, Camiyalı), maksimum (İlkbahar, Boğacık), Cu;minimum (Sonbahar, Aksu), maksimum (Kış, Boğacık), Fe;minimum (Yaz, Aksu), maksimum (İlkbahar, Aksu), Zn;minimum (Sonbahar, Camiyalı), maksimum (İlkbahar, Batlama), Ni;minimum (Sonbahar, Aksu), maksimum (İlkbahar, Camiyalı), Pb;minimum (Sonbahar, Batlama), maksimum (Yaz,Batlama), Cr;minimum (İlkbahar, Güre), maksimum (İlkbahar, Camiyalı), Co;minimum (Kış, Güre), maksimum (İlkbahar, Camiyalı) olarak bulunmuştur.

İstasyonlar dikkate alınmadan sadece mevsimler arasında yapılan Tukey testinde bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Türkmen ve diğ. (2003), İskenderun Körfezi'nde yapılan bir çalışmada, istasyonlar dikkate alınmadan sadece aylar arasında yapılan Duncan testinde bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu bildirilmiştir(14).

Yapılan pek çok çalışmada sularda ağır metal düzeylerinin mevsimsel olarak farklılık gösterdiği bildirilmektedir. Morley ve diğ.(1997), Batı Akdeniz sularında yaz aylarında, Co:0.033, Fe:0.81, Ni:1.65, Pb:0.044 nM, iken kış aylarında, Co:0.139, Fe:5.31, Ni:4.46, Pb:0,321 nM olarak bildirilmiştir (57). Jain ve Sharma (2001), Hindistan'da bir nehir sisteminde sudaki konsantrasyonların yağışlı dönemlerde yükseldiği bildirilmiştir (58).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında yapılan Tukey testinde Fe, Cu, Zn, Ni, Pb, Cr ve Co metallerinde farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında yapılan Tukey testinde Cd, Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Pb, Cr ve Co metallerinde istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür($p<0.05$).Buradan hareketle, deniz suyundaki Fe, Cu, Zn, Ni, Pb, Cr ve Co konsantrasyonlarının diğer metallere oranla, mevsimsel değişimlerden daha fazla etkilenmiş olabileceği söylenebilir.

4.2. Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentteki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd:14.3834, Pb:63.8915 , Mn:443.844, Fe:30099.88 , Cu: 148.9627 , Zn:497.1485 , Ni:100.9963, Cr:170.4174 , Co:137.3307 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur.

Sedimentte yapılan çalışmalarda; Türkmen (2003), İskenderun Körfezinde sedimentteki ağır metal konsantrasyonları, Cd:4.4725, Fe:49921, Cu:37.053, Pb: 141.63, Zn:232.87, Co:79.040, Cr:1419.8, Al:25574, Mn 1304.5 ve Ni:795.81 mg/kg (14), Atayeter (1996), Gemlik Körfezi, Kacaali yöresinde farklı istasyonlarda yapılan çalışmada ortalama ağır metal düzeyleri sedimentte; Pb 32.675 (Ocak)-79.703 (Eylül), Cu 32.041 (Ocak)-80.076 (Ekim), Cd 2.960 (Kasım)-8.960 (Temmuz) mg/kg (24), Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü sedimentinde ise, Cu 14.5-22.7, Fe 12587-19265, Mn 73.6-514.07, Ni 43.69-139.69, Zn 59.4-60.79 mg/kg (25), Akçay ve diğ.(2003), Büyük Menderes Nehri sedimentinde ağır metal konsantrasyonları; Fe 18500, Co 29, Cr 165, Cu 137, Mn 388, Ni 315, Pb 54, Zn 120 µg/g kuru ağırlık, Gediz Nehri sedimentinde, Fe 25500, Co 38, Cr 200, Cu 140, Mn 510, Ni 106, Pb 128, Zn 160 µg/g kuru ağırlık (29), Yücesoy (1991), Karadeniz'in güney suları sedimentlerinde; Cu 49, Mn 570, Ni 77, Pb 34, Zn 87 µg/g, Fe %3.28 (30), Çağatay ve diğ.(1996), Kuzey Marmara Denizi'nde; Cu 21, Mn 404, Pb 24, Zn 71 µg/g, Fe %2.97 (31), Balkız (1998), Erdek Körfezi'nde; Cu 28, Mn 384, Ni 52, Pb 40, Zn 125 µg/g, Fe %3 (32), Angelidis ve Aloupi (2000), Ege Denizi Yunanistan suları Evoikes Koyu sedimentlerinde; Cd 0.095-0.652, Cr 247-404, Cu 11.4-43, Mn 331-536, Ni 246-698, Pb 7.29-36.7, Zn 39.5-129 µg/g, Fe %1.93-5.28, Al %3.75-6.1, Ege Denizi Yunanistan sahil suları ve Mytilen Limanı'nda; Cd 0.030-0.495, Cr 40-154, Cu 5.34-86.2, Mn 171-360, Pb 20.7-93, Zn 12.9-230 µg/g, Fe %0.77-2.81 (33), Sarı ve Çağatay (2001), Ege Denizi Türkiye suları Saroz Körfezi'nde; Cu 19, Mn 2.79, Ni 60, Pb 22, Zn 73 µg/g, Fe %2.79 (34), Minareci ve diğ.(2004), Temmuz 2001 – Nisan 2002 tarihleri arasında Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi'nin Gediz Nehri'ne boşalttığı sediment örneklerinde ortalama değerler; bakır 346 ppm, demir 3072 ppm, mangan 145 ppm, çinko 631 ppm, kadmiyum 0.95 ppm, kobalt 0.98 ppm, krom 159 ppm, nikel 135 ppm, kurşun 25.5 ppm (38), Mendil ve Uluözülü

(2007), Tokat'taki Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy ve Akın göllerinde, sediment örneklerinde en yüksek Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr ve Ni konsantrasyonları sırasıyla 2138 µg/g, 232 µg/g, 38.90 µg/g, 8.20 µg/g, 7.00 µg/g, 10.70 µg/g ve 55.40 µg/g (39) olarak belirtilmiştir.

Özmen ve diğ.(2004) Hazar Gölü'nün sedimentinde bazı ağır metal (Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, Cr, Co ve Pb) birikimini araştırmışlardır. Pb dışında tüm metallere rastlamışlardır. Sedimentte en fazla Fe'in, en az ise Pb'un biriktiğini kaydetmişlerdir (36).

Özözen (2005), Demirköprü ve Avşar barajlarından alınan sediment örneklerindeki analiz sonuçlarına göre ağır metal düzeylerinin sıralanışı sedimentte; Fe > Ni > Cu > Cr > Pb > Cd şeklinde sıralanmıştır (37).

Sediment için mevcut çalışmada elde edilen ağır metal konsantrasyonları, diğer bölgeler için bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında; bölgelerin kirlilik durumları arasındaki benzerlik ve farklılıklar belirgin olarak görülmektedir.

Bu çalışmada istasyonlar dikkate alınmadan sadece mevsimler arasında yapılan Tukey testinde sedimentte incelenen Cd, Mn, Fe metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($p>0.05$), Zn, Ni, Cr, Co, Pb, Cu metalleri bakımından istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Dolayısıyla bazı metallerin mevsimsel değişimlerden çok fazla etkilenmediği görülmektedir. Sediment ağır metal konsantrasyonlarının kısa süreli olarak çok fazla değişken olmadığı, fakat uzun zaman süreçlerinde önemli farklılıkların olabileceği bildirilmektedir (59-62,54).

Edwards ve diğ. (2001), Güney Avustralya'da endüstriyel ve metropolitan merkezlere yakın bölgelerde yapılan çalışmada, Cd, Pb, Cu ve Zn gibi ağır metal konsantrasyonlarında önemli mevsimsel farklılıkların olduğu ve genellikle kış değerlerinin ilkbahar değerlerinden daha yüksek çıktığı bildirilmektedir (63). Wright ve Mason (1999), aynı şekilde, sedimentteki Cd, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel olarak önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir (64).

Yaptığımız çalışmada mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar bazında yapılan Tukey testinde Cu, Zn, Cr ve Co metalleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler bazında sedimentteki ağır metallerin konsantrasyonlarının oranına bakıldığında Kışın en fazla Cu ve Pb, en az Co, İlkbahar da en fazla Pb ve Cd, en az Co, Sonbahar da en fazla Pb ve Cd, en az Co, Yazın ise en fazla Fe ve Cd, en az Ni olduğu bulunmuştur. Mevsimler dikkate alınmadan istasyon bazında sedimentteki ağır metallerin konsantrasyonlarının oranına bakıldığında Aksu da en fazla Pb ve Fe, en az Co, Baltama da en fazla Pb ve Zn, en az Co, Boğacık'da en fazla Pb ve Cd, en az Co, Camiyalısı'nda en fazla Pb ve Cd, en az Co, Güre de ise en fazla Cd ve Fe, en az Co olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

1. Buckley, D.E., Smith, J.N., Winters, G.V. 1995. Accumulation of Contaminant Metals in Marine Sediments of Halifax Harbour, Nova Scotia: Enviromental Factors and Historical Trends. *Applied Geochemistry*, 10: 175-195.
2. Toroğlu, E., Toroğlu, S., Alaeddinoğlu, F. 2006. Aksu ayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4 (1): 93-103.
3. Taylan, Z.S., zko, H.B. 2007. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2): 17-33.
4. Anonim. 2012. Türkiye İstatistik Kurumu, Belediye Atıksu İstatistikleri-Dönemi: 2010. <http://www.tuik.gov.tr> Web adresinden 05 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.
5. Kahvecioğlu, ., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2003. Metallerin evresel Etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136: 47-53.
6. Rainbow, P.S. 1995. Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31 (4-12): 183-192.
7. Çalışkan, E. 2005. Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 75, Hatay.
8. Ağcasulu, . 2007. Sakarya Nehri eltike ayı'nda Yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 43, Ankara.
9. Anonim. 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, evre ve Orman Bakanlığı.
10. Kocataş, A. 1986. *Oseanoloji (Deniz Bilimlerine Giriş)*. Ege Üniversitesi Basımevi, pp. 358, İzmir
11. Anonim. 2002. Su rnleri Yönetmeliği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı.

12. Anonymous. 2002. US Enviromental Protection Agency, National Recommended Water Quality Criteria. <http://www.epa.gov> Web adresinden 05 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.
13. Clark, R.B. 2001. *Marine Pollution*. Oxford University Press, pp. 248, London.
14. Türkmen, A. 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 152, Erzurum.
15. Anonim. 2012. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Periyodik Tablo. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr> Web adresinden 05 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.
16. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II. *Metalurji Dergisi*, 137: 46-51.
17. Kessler, S.E. 1994. *Mineral Resources, Economics and the Environment*. Macmillan College Publishing Company, Inc., pp. 223, USA.
18. Özden, Y. 2008. Enne ve Porsuk Barajı Sedimentine Bağlı Ağır Metallerin *Cyprinus carpio*'nun Değişik Dokularına Biyoakümülyasyonunun Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 54, Kütahya.
19. Griscom, S., Fischer, N.C., Luoma, S.N. 2000. Geochemical Influences on Assimilation of Sediment-Bound Metals in Clams and Mussels. *Enviromental Science and Technology*, 34: 91-99.
20. Çınar, Ö. 2008. *Çevre Kirliliği ve Kontrolü*. Nobel Yayınevi, pp. 201, Ankara.
21. Gray, N.F. 1994. *Drinking Water Quality: Problems and Solutions*. John Wiley & Sons, Ltd., pp. 315, England.
22. Cook, M.E., Morrow, H. Anthropogenic Sources of Cadmium in Canada. In *National Workshop on Cadmium Transport into Plants*, Canadian Network of Toxicology Centres, 20-21 June 1995, Ottawa-CANADA.

23. Tumantozlu, H. 2010. Karacaören II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 54, Isparta.
24. Atayeter, S. 1996. Gemlik Körfezi Karacaali Yöresi Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Pb, Cu, Cd ve Hg Düzeylerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 97, Ankara.
25. Karadede, H., Ünlü, E. 2000. Concentrations of Some Heavy Metals in Water Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41: 1371-1376.
26. Haraldson, C. and 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*, 351: 161-172.
27. Medinets, V.I., Kolosov, A.A. and Kolosov, V.A. 1994. Investigation of the Black Sea Ecosystem. *Collection of Papers of Ukrainian Scientific Center of the Sea Ecology*, 1: 47-53.
28. Zeri, C., Voutsinou-Taliadouri, F., Romanov, A.S., Ovsjany, E.I., Moriki, A. 2000. A Comparative Approach of Dissolved Trace Element Exchange in Two Interconnected Basins: Black Sea and Aegean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (8): 666-673.
29. Akçay, H., Oğuz, A., Karapire, C. 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments. *Water Research*, 37: 813-822.
30. Yücesoy, F. 1991. Geochemistry of Heavy Metals in the Surface Sediments from the Southern Black Sea Shelf and Upper Slope. Middle East Technical University, Institute of Marine Sciences, MSc Thesis, pp. 150, İstanbul.

31. Çağatay, M.N., Algan, O., Kıratlı, N., Balkıs, N., Sarı, E. 1996. Geochemistry of Sediments on the Northern Shelf of the Sea of Marmara from the View Point of Pollution for Benthic Marine Organisms. *Tübitak Project Report*, 251/G, Ankara.
32. Balkıs, N. 1998. Geochemistry of Sediments of the Erdek Bay. University of İstanbul, Institute of Marine Sciences and Management, PhD Thesis, pp. 209, İstanbul.
33. Angelidis, M.O., Aloupi, M. 2000. Geochemical Study of Coastal Sediments Influenced by River-transported Pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (1): 77-82.
34. Sarı, E., Çağatay, M.N. 2001. Distributions of Heavy Metals in the Surface Sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea. *Environment International*, 26: 169-173.
35. Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ. 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turk. J. Vet. Anim. Sc.* 24: 93-96.
36. Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A., Doğru, M. 2004. Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*, 55: 401-408
37. Özözen, G. 2005. Demirköprü ve Avşar Barajlarından Alınan Balık, Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 74, Manisa.
38. Minareci, O., Öztürk, M., Minareci, E. 2004. Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi'nin, Gediz Nehri'nin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi. *Trakya Univ J Sci*, 5 (2): 135-139.
39. Mendil, D., Uluözlü Ö. D. 2007, Determination of Trace Metal Levels in Sediment and Five Fish Species from Lakes in Tokat Turkey. *Food Chemistry*, 101 (2): 739-745.

40. Kır, İ., Özcan, S.T., Tuncay, Y. 2007. Kovada Gölünün Su ve Sedimentteki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24 (1-2): 155-158.
41. Anonim. 2012. Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları-2011. <http://www.tuik.gov.tr> Web adresinden 05 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.
42. Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal, M., 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.
43. Sures, B., Taraschewski, H., Haug, C. 1995. Determination of Trace Metals (Cd, Pb) in Fish by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry After Microwave Digestion. *Analytica Chimica Acta*, 311: 135-139.
44. Smith, F.E., Arsenault, E. A. 1996. Microwave-assisted Sample Preparation in Analytical Chemistry. *Talanta*, 43 (8): 1207-1268.
45. Jin, Q., Liang, F., Zhang, H., Zhao, L., Huan, Y., Song, D. 1999. Application of Microwave Techniques in Analytical Chemistry. *Trac Trends in Analytical Chemistry*, 18 (7): 479-484.
46. Ertaş, Ö.S. 2007. Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS), Ege Üniversitesi Yaz Okulu. http://sci.ege.edu.tr/~eubio/yaz_okulu/icp_ms.htm Web adresinden 04 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.
47. Montaser, A., Golightly, G.W. 1992. *Inductively coupled plasmas in analytical atomic spectrometry*. VCH Publishers, pp. 1017, New York.
48. Alam, M.G.M., Tanaka, A., Stagnitti, F., Allinson, G., Maekawa, T. 2001. Observations on the Effects of Caged Carp Culture on Water and Sediment Metal Concentrations in Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48: 107-115.

49. Garcia-Hernandez, J., Glenn, E.P., Artiola, J., Baumgartner, D.J. 2000. Bioaccumulation of Selenium (Se) in the Cienega de Santa Clara Wetland, Sonora, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46: 298-304.
50. Moody, J.R., Lindstrom, R.N. 1977. Selection and Cleaning of Plastic Containers for Storage of Trace Element Samples. *Analytical Chemistry*, 49: 2264-2267.
51. Agemian, H., Chau, A.S.Y. 1975. An Atomic Absorption Method for the Determination of 20 Elements in Lake Sediments After Acid Digestion. *Analytica Chimica Acta*, 80: 61-66.
52. Lorin, H.D., Rantala, R.T.T. 1992. Manual for the Geochemical Analyses of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter. *Earth-Science Reviews*, 32: 235-383.
53. Bilos, C., Colombo, J.C., Presa, M.J.R. 1998. Trace Metals in Suspended Particles, Sediments and Asiatic Clams (*Corbicula fluminea*) of the Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Pollution*, 99: 1-11.
54. Tanner, P.A., Leong, L.S. 2000. Metals in a Marine Sediment Core from Near Ma Wan, Hong Kong. *Water, Air and Soil Pollution*, 121: 309-325.
55. Şenocak, M. 1998. *Biyoistatistik*. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, pp. 314, İstanbul.
56. Özdamar, K. 1999. *SPSS İle Biyoistatistik*. Kaan Kitapevi Yayınları, pp. 454, Eskişehir.
57. Morley, N.H., Burton, J.D., Tankere, S.P.C., Martin, J.M. 1997. Distribution and Behavior of Some Dissolved Trace Metals in the Western Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 2 (44): 675-691.
58. Jain, C.K., Sharma, M.K. 2001. Distribution of Trace Metals in the Hindon River System, India. *Journal of Hydrology*, 253: 81-90.

59. Bradford, W.L., Luoma, S.N. 1980. Some Perspectives on Heavy Metal Concentrations in Shellfish and Sediment in San Francisco Bay, California. *Contaminants and Sediments*, 2: 501-531.
60. Maedor, J.P., Robisch, P.A., Clark, R.C., Ernest, D.W. 1998. Elements in Fish and Sediment from the Pacific Coast of the United States: Results from the National Benthic Surveillance Project. *Marine Pollution Bulletin*, 37: 56-66.
61. Esslemont, G. 2000. Heavy Metals in Seawater, Marine Sediments and Corals from the Townsville Section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland. *Marine Chemistry*, 71: 215-231.
62. Rubio, B., Nombela, M.A., Vilas, F. 2000. Geochemistry of Major and Trace Elements in Sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): An Assessment of Metal Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (11): 968-980.
63. Edwards, J.W., Edyvane, K.S., Boxalls, V.A., Hamann, M., Soole, K.L. 2001. Metal Levels in Seston and Marine Fish Flesh Near Industrial and Metropolitan Centres in South Australia. *Marine pollution Bulletin*, 42 (5): 389-396.
64. Wright, P., Mason, C.F. 1999. Spatial and Seasonal Variation in Heavy Metals in the Sediments and Biota of the Adjacent Estuaries, the Orwell and the Stour in Eastern England. *The Science of The Total Environment*, 226: 139-156.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Ordu'da doğdu. İlköğrenimini Cumhuriyet İlkokulu'nda tamamladı. Orta ve lise öğrenimini Giresun Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesi'nde tamamladı.1998 yılında girdiği Gazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünden 2003 yılında mezun oldu. 2011 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek-Lisans programında öğrenim görmeye devam etmektedir.