

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

SARIÇAY (MİLAS –MUĞLA)’DA YAPAY MİDYE
TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK AĞIR METAL
BİRİKİMİNİN İZLENMESİ

DOKTORA TEZİ

TUNCER OKAN GENÇ

TEMMUZ 2016

MUĞLA

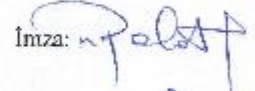
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

TUNCER OKAN GENÇ tarafından hazırlanan SARIÇAY (MİLAS -MUĞLA)'DA YAPAY MİDYE TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK AĞIR METAL BİRİKİMİNİN İZLENMESİ başlıklı tezinin, 18/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalında Doktora derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JÜRİSİ

Prof. Dr. Nazmi POLAT (Jüri Başkanı)
Biyoloji Anabilim Dalı,
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

İmza: 

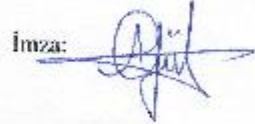
Prof. Dr. Fevzi YILMAZ (Danışman)
Biyoloji Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza: 

Prof. Dr. Murat BARLAS
Biyoloji Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza: 

Prof. Dr. Ali GÜL
Biyoloji Anabilim Dalı,
Gazi Üniversitesi, Ankara

İmza: 

Doç. Dr. Ahmet DEMİRAC
Kimya Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza: 

ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Hasan Sungur ÇİVELEK
Biyoloji Anabilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza: 

Tez çalışmalarım sırasında lde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Tuncer Okan GENÇ

18/07/2016

ÖZET
SARIÇAY (MİLAS –MUĞLA)’DA YAPAY MİDYE TEKNOLOJİSİ
KULLANILARAK AĞIR METAL BİRİKİMİNİN İZLENMESİ

Tuncer Okan GENÇ

Doktora Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Prof.Dr. Fevzi YILMAZ

Temmuz 2016, 129 sayfa

Sarıçay (Milas- Muğla) da canlı (*Unio crassus*) ve yapay midyelerde metal (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, U, Zn) birikiminin kış ve yaz mevsimindeki değişimini incelemek üzere 3 istasyon seçilmiştir. İstasyonlar kaynak bölgesi, şehir merkezi, endüstriyel ve evsel atık bakımından kirlenmiş denize yakın bölgelerdir. Her iki midye türünde Hg analiz limitlerinin altında iken U sadece yapay midye örneklerinde tespit edilmiştir. Metal konsantrasyonları canlı midye örneklerinde yapay midye örneklerine göre daha yüksek oranda belirlenmiştir. Cd ve Cr ise yalnız canlı midye örneklerinde tespit edilmiştir. Canlı midye örneklerindeki metal konsantrasyonları (Co, Cr, Cu ve Pb hariç) yaz mevsiminde oldukça yüksek değerdedir. Canlı midye örneklerinde yüksek değerde Fe, Ni, Co ve Cd konsantrasyonları daha kirli istasyon olan denize yakın bölgede yaz mevsiminde tespit edilmiş iken buna karşın yapay midye örneklerinde analiz edilen Fe, Mn, Ni ve Co konsantrasyonları yine kirli olan 3. istasyonda fakat kış mevsiminde yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Yapılan çalışma göstermektedir ki canlı ve yapay midye örnekleri tatlı sulardan metalleri bünyesine farklı zamanlarda ve farklı formlarda alabilmektedir. Her iki midye türünde metal birikiminin tespit edilmesi tatlısu ortamındaki kirliliği ortaya koymada daha kapsamlı ve daha iyi sonuçlar alınmasına neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapay Midye, *Unio Crassus*, Metal, Sarıçay, Türkiye

ABSTRACT

AN “ARTIFICIAL MUSSEL” FOR MONITORING HEAVY METALS IN SARIÇAY (MİLAS-MUĞLA)

Tuncer Okan GENÇ

Ph.D. Thesis

Graduate School of Natural and Applied Science

Supervisor: Prof.Dr. Fevzi YILMAZ

July 2016, 129 pages

Summer and winter concentrations of 11 metals (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, U, Zn) at a control site, a site polluted with domestic and industrial wastes and an intermediate site along the Sariçay Stream, Muğla (Turkey) were determined and compared, using Artificial Mussels and the native mussels *Unio crassus*. Hg was below detection limit in both native mussels and Artificial Mussels, while U was only detected in Artificial Mussels but not in native mussels. Concentrations of most metals were higher in the native mussels than Artificial Mussels, and Cd and Cr were only detected in native mussels, implying that these metals were predominantly existed in food and suspended particulates rather than water soluble form. Furthermore, concentrations of most metals (except Co, Cr, Cu and Pb) in the native mussels were significantly higher in summer months. Higher levels of Fe, Ni, Co, and Cd concentration were found in native mussels in the polluted site, and spatial variations were more pronounced during summer. In contrast, higher levels of Fe, Mn, Ni and Co were generally found in Artificial Mussels at the polluted sites, and the spatial variations were more marked in the winter months. Overall, our results suggested that Artificial mussel and native mussels may take up different species and fractions of metals from the environment, and the combined data can provide a better coverage and estimate and on temporal and spatial variations of different forms of metals in the freshwater environment.

Keywords: Artificial Mussel, *Unio Crassus*, Metals, Sariçay Stream, Turkey

ÖNSÖZ

Bu tezin yazarı, danışman Prof.Dr. Fevzi YILMAZ'a çalışmalarını sırasında göstermiş olduğu kolaylıklar ve bilimsel bir çalışmanın ve düşünmenin temellerini öğrettiği için teşekkürü bir borç bilir.

Tezin ana hatlarının belirlenmesinde değerli katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Murat BARLAS ve Doç. Dr. İbrahim KULA'ya da şükranlarımı sunarım.

Arazi çalışmalarında yardımcı olan Cengiz ACAR'a, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Hidrobiyoloji Laboratuvarlarında çalışan tüm arkadaşlara, analiz çalışmalarında katkılarını esirgemeyen Araş. Gör. Şükrü Serter ÇATAV'a, ayrıca bu çalışmayı maddi olarak destekleyen M.S.K.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın her aşamasında manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan, sabırla ve özveriyle meşguliyetlerime katlanan aileme en derin duygularla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, BAP-013-072 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Metaller	4
1.1.1. Çalışmada analiz edilen metaller	5
1.2. Ağır Metal Kirliliği	11
2. KAYNAK ÖZETİ	13
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Araştırma Alanı	18
3.2. Örneklemeye Noktaları	20
3.2.1. İstasyon I	21
3.2.2. İstasyon II	22
3.2.3. İstasyon III	22
3.3. Tatlı Su Midyesi	24
3.3.1. Genel bilgiler	24
3.3.2. Sistematikteki yeri	26
3.3.3. Tatlı su midyelerinin morfolojisi ve anatomisi	27
3.4. Yapay Midye Teknolojisi	29
3.4.1. Yapay midyenin hazırlanması	31
3.4.2. Yapay midye konuşlandırılması için standart operasyon prosedürleri ...	32
3.4.3. Saha dağıtım	32
3.5. Yöntem	35
3.5.1. Arazide uygulanan metotlar ve kullanılan ekipmanlar	35
3.5.2. Laboratuarda gerçekleştirilen fiziko-kimyasal analizler için ekipman ...	36
3.5.3. Fiziko-kimyasal su kalitesi tayin yöntemleri	36
3.5.4. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği	37
3.5.5. Klee'ye göre fiziko-kimyasal su kalitesi değerlendirmesi	38
3.6. Ağır Metal Analizi İçin Prosedür	38

3.6.1. Su örneklerinin analize hazırlanması için izlenen prosedür	38
3.6.2. Sediment örneklerinin analize hazırlanması ve yakılması için izlenen prosedür	39
3.6.3. Metal analizlerinde kullanılan cihaz ve dalga boyları	40
3.7. İstatistiksel Analizler	41
4. BULGULAR	42
4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	42
4.2. Çalışmada Kullanılan Midye Örneklerinin Boy Ağırlık Değerleri	46
4.3. Metal Analiz Sonuçları	48
4.3.1. Suda metal tespiti	48
4.3.2. Sedimentte metal tespiti	55
4.3.3. Midye örneklerinde metal analizi	62
4.4. Yapay Midye Örneklerinde Metal Analiz Sonuçları	76
4.5. Midye Örneklerinde Korelasyon Analizleri	88
4.5.1. Canlı midye örnekleri korelasyon değerleri	88
4.5.2. Yapay midye örnekleri korelasyon değerleri	91
4.5.3. Yapay ve canlı midye örnekleri arasında korelasyon değerleri ..	93
4.5.4. Suda ölçülen metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasında korelasyon değerleri	95
4.5.5. Sedimentte ölçülen metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasında korelasyon değerleri	97
5. TARTIŞMA	99
5.1. Fiziko-kimyasal Analizler	99
5.2. Su ve Sedimentte Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	101
5.3. Yapay ve Canlı Midye Örneklerinde Hesaplanan Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi	105
5.3.1. Temel bileşenler testi	108
5.3.2. Diğer çalışmalar ile karşılaştırma	110
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ	125

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Civa içeren gıdaların tüketimi sonucu görülen bazı zehirlenme olayları.....	7
Çizelge 1.2.	Temel endüstriyel kaynaklardan serbest kalan metal türleri	11
Çizelge 1.3.	Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması	12
Çizelge 3.1.	Kıtaiçi su kaynakları sınıflarına göre kalite kriterleri	37
Çizelge 3.2.	Farklı kirlenme basamaklarının istatistiki ortalama değerlerine göre kimyasal parametrelerin konsantrasyon dağılımı.....	38
Çizelge 3.3.	MWS-3 ⁺ yakma ünitesinde uygulanan prosedür.....	39
Çizelge 3.4.	AAS çalışma koşulları.....	40
Çizelge 3.5.	ICP-OAS ve ICP-MS çalışma koşulları	41
Çizelge 4.1.	Kış dönemi fiziko-kimyasal analiz sonuçları	43
Çizelge 4.2.	Yaz dönemi fiziko-kimyasal analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4.3.	Midye örnekleri kabuk uzunluk (mm), kabuk genişlik (mm), kabuk yükseklik (mm), toplam ağırlık (g) ve yaş ağırlık (g) ortalamaları	47
Çizelge 4.4.	İstasyonlarda su örneklerinde tespit edilen mevsimsel metal değerleri.....	49
Çizelge 4.5.	İstasyonlara göre sediment örneklerindeki mevsimsel metal değerleri.....	56
Çizelge 4.6.	Kış dönemi canlı midye örneklerindeki metal birikimi	63
Çizelge 4.7.	Yaz dönemi canlı midye örneklerindeki metal birikimi.....	65
Çizelge 4.8.	İstasyonlara ait canlı midye örneklerindeki metal değerlerinin mevsimsel ortalaması	67
Çizelge 4.9.	Kış dönemi yapay midye örneklerindeki metal birikimi.....	77
Çizelge 4.10.	Yaz dönemi yapay midye örneklerindeki metal birikimi	78
Çizelge 4.11.	İstasyonlara ait yapay midye örneklerindeki metal değerlerinin mevsimsel ortalaması	80
Çizelge 4.12.	Çalışmada incelenen canlı midye örneklerinde saptanan metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi	90
Çizelge 4.13.	Çalışmada incelenen yapay midye örneklerinde saptanan metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi	92

Çizelge 4.14.	Çalışmada incelenen yapay ve canlı midye örneklerinde saptanan metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon çizelgesi.....	94
Çizelge 4.15.	Çalışmada analiz edilen sudaki metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi	96
Çizelge 4.16.	Çalışmada analiz edilen sedimentteki metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi.....	98
Çizelge 5.1.	Sarıçay akarsuyundaki fiziko-kimyasal verilerin diğer yönetmeliklerle karşılaştırılması.....	100
Çizelge 5.2.	Kıtaıçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri	101
Çizelge 5.3.	Ege bölgesi tatlı su bölgelerinde sedimentte metal birikimi.....	103



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Sarıçay nehri ve örnekleme noktaları.....	19
Şekil 3.2.	İstasyon I	21
Şekil 3.3.	İstasyon II'den şehir merkezi yakınları	22
Şekil 3.4.	İstasyon III.....	23
Şekil 3.5.	Tatlı su midyesinde (<i>Unio crassus</i>) biyometrik ölçümler	26
Şekil 3.6.	Unionidae familyasına ait tatlı su midyelerinde üreme döngüsü.....	28
Şekil 3.7.	Yapay midye şeması.....	31
Şekil 3.8.	Yapay midyenin suya bırakılma düzeneği	33
Şekil 3.9.	Yapay midye örneği	34
Şekil 3.10.	Yapay midye örneklerinin etiketlenip paketlenmesi.....	34
Şekil 3.11.	Basında yapay midye teknolojisi	35
Şekil 3.12.	HACH LANGE DR 2800 model spektrofotometre	36
Şekil 3.13.	Berghof MWS3+ mikro dalga yakma ünitesi	40
Şekil 4.1.	İstasyonlarda tespit edilen suda Zn metalinin mevsimsel dağılımı.....	50
Şekil 4.2.	İstasyonlarda tespit edilen suda Ni metalinin mevsimsel dağılımı.....	50
Şekil 4.3.	İstasyonlarda tespit edilen suda Fe metalinin mevsimsel dağılımı.....	51
Şekil 4.4.	İstasyonlarda tespit edilen suda Mn metalinin mevsimsel dağılımı ...	51
Şekil 4.5.	İstasyonlarda tespit edilen suda Cu metalinin mevsimsel dağılımı	52
Şekil 4.6.	İstasyonlarda tespit edilen suda Hg metalinin mevsimsel dağılımı	52
Şekil 4.7.	İstasyonlarda tespit edilen suda Cr metalinin mevsimsel dağılımı.....	53
Şekil 4.8.	İstasyonlarda tespit edilen suda Pb metalinin mevsimsel dağılımı.....	53
Şekil 4.9.	İstasyonlarda tespit edilen suda Co metalinin mevsimsel dağılımı	54
Şekil 4.10.	İstasyonlarda tespit edilen suda Cd metalinin mevsimsel dağılımı	54
Şekil 4.11.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Zn metalinin mevsimsel dağılımı.....	57
Şekil 4.12.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Ni metalinin mevsimsel dağılımı.....	57
Şekil 4.13.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Fe metalinin mevsimsel dağılımı.....	58
Şekil 4.14.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Mn metalinin mevsimsel dağılımı.....	58

Şekil 4.15.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Cu metalinin mevsimsel dağılımı.....	59
Şekil 4.16.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Hg metalinin mevsimsel dağılımı.....	59
Şekil 4.17.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Cr metalinin mevsimsel dağılımı.....	60
Şekil 4.18.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Pb metalinin mevsimsel dağılımı.....	60
Şekil 4.19.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Co metalinin mevsimsel dağılımı.....	61
Şekil 4.20.	İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Cd metalinin mevsimsel dağılımı.....	61
Şekil 4.21.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Zn birikimi	68
Şekil 4.22.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Ni birikimi	69
Şekil 4.23.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Fe birikimi	70
Şekil 4.24.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Mn birikimi.....	71
Şekil 4.25.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Cu birikimi.....	72
Şekil 4.26.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Cr birikimi	73
Şekil 4.27.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Pb birikimi	74
Şekil 4.28.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Co birikimi.....	75
Şekil 4.29.	İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Cd birikimi.....	76
Şekil 4.30.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Zn birikimi	81
Şekil 4.31.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Ni birikimi.....	82
Şekil 4.32.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Fe birikimi.....	83
Şekil 4.33.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Mn birikimi	84
Şekil 4.34.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Cu birikimi	85
Şekil 4.35.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Pb birikimi	86
Şekil 4.36.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Co birikimi	87
Şekil 4.37.	İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde U birikimi.....	88
Şekil 5.1.	Canlı ve yapay midye örneklerinde istasyonlara göre mevsimsel olarak metal birikimi	106
Şekil 5.2.	Canlı ve yapay midye örneklerinde tespit edilen metallerin aylık olarak karşılaştırılması	107
Şekil 5.3.	Bireysel faktör haritası	108
Şekil 5.4.	Değişken faktör haritası.....	109

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrad Derece
µg	Mikrogram
µS	Mikrosimens
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi
AB	Avrupa Birliği
Al	Alüminyum
ALA	Analiz Limitlerinin Altında
As	Arsenik
BOİ ₅	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
FAO	Food and Agriculture Organization
Fe	Demir
g	Gram
Hg	Civa
ICP	Inductively Coupled Plasma
IMBI	Bireysel Metal Birikimi
K	Potasyum
Km	Kilometre
L	Litre
m	Metre
ml	Mililitre
Mn	Mangan
MÖ	Milattan Önce
MPI	Metal Kirlilik İndeksleri
Ni	Nikel

Pb	Kurşun
pH	Hidrojen İyonları Derişiminin Negatif Logaritması
ppm	Parts per million
PVC	Poli Vinil Clorur
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
U	Uranyum
WHO	World Health Organization
Zn	Çinko



1. GİRİŞ

İnsan ve çevre birbirini bütünleyen, karşılıklı etkileşim içinde olan kavramlardır. Fakat günümüzde insan-çevre ilişkilerinin olumsuz yönde giderek çeşitli boyutlara ulaştığı görülmektedir. İnsanoğlu varoluşundan bu güne kadar kendi hayatı ve kültürel faaliyetleri için doğal çevresini etkilemiş ve doğadaki dengeleri bozmuştur. Doğal çevrede tahrip sebeplerinin bazıları; düzensiz gelişen endüstri faaliyetleri, nüfus artışı, kaynakların aşırı ve bilinçsiz tüketilmesi gibi faktörler olarak açıklanabilir. Hayatın vazgeçilmez öğeleri olan hava, su ve toprakta oluşan kirliliğin ise insan hayatını ve geleceğini olumsuz yönde etkilemesi kaçınılmazdır. Doğal su kaynaklarında meydana gelen kirlilik başta tatlısular olmak üzere birçok su kaynağının sürekliliğini etkileyecek boyutlara ulaşmıştır. Teknolojinin ilerlemesi, tatlı su kaynaklarından fayda sağlanmasına katkısı olmakla birlikte, sanayileşmenin ve şehirleşmenin artması da olumsuz olarak “Su Kirliliğini” gündeme getirmiştir. Su kirliliğinin giderek kaçınılmaz boyutlara ulaşmasının ardından, ülkeler bu konuda ciddi önlemler almaya başlamış ve su kirliliği ile alakalı pek çok mevzuat ortaya çıkmıştır. Bu tür mevzuatlar ve önlemler sayesinde suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesinin önüne geçilmeye çalışılmaktadır (Yıldız vd., 2000).

Su, canlılığın olabilmesi için dünyada bulunan bileşiklerden en önemlisidir. Su, canlı yapıların hepsinin temelini oluşturan sıvı bileşendir. Bitki ve hayvanların hayatsal faaliyetleri için gerekli olan su, ayrıca bitkiler tarafından fotosentezde de kullanılmaktadır. Su, sucul canlıların; yaşadıkları, barındıkları, yiyecek buldukları, üredikleri, çözülmüş gazlardan yararlandıkları bir ortamı da oluşturmaktadır (Tanyolaç, 2006).

Varlığı tehlike altında bulunan ve ivedilikle korunması gereken tatlı su kaynaklarının kirlilik durumlarının ortaya çıkarılması ve korunması, kirlenmeye başlayan kaynakların ise iyi duruma yükseltilmesi büyük önem arz etmektedir. Günümüz

dünyasında, tatlı su kaynaklarının kullanılması ve korunması küresel ölçekte dikkatli bir şekilde uygulanmaya çalışılmaktadır. Ancak ülkelerin bilgi, izleme ve değerlendirme sistemlerinde hala önemli eksiklikler olduğu için, su kaynaklarının ekolojik durumları hakkında bilgi elde etmek oldukça zor görünmektedir (EEA, 2003). Bu bağlamda Avrupa Birliği'nin Su Çerçeve Yönergesi oldukça önemlidir (WFD, 2000). Bu yönerge sayesinde Avrupa Birliği Ülkeleri 1996 Şubat'ında, AB su politikası ile ilgili yönetmeliğin çerçevesi hakkında görüş birliğine varmışlardır. Önümüzdeki yılların en önemli doğal kaynağı olan su ile ilgili yönergedeki koşulları tek bir yönetmelik altında toplamak düşüncesi oluşmuş ve bu düşünce Su Çerçeve Yönergesi ile eylemsel hale dönüşmüştür (Wijk vd., 2003). Bu yönerge, Avrupa genelinde kabul görmüş ve su yönetimine bir yasal çerçeve oluşturmak amacı ile 22 Aralık 2000 tarihinde yürürlüğe girmiştir (WFD, 2000). Günümüzde giderek artan su kirliliğinin etkilerinin ortaya konabilmesi amacıyla biyo-izleme çalışmaları gerçekleştirilmekte ve geleceğe dönük daha büyük su kirliliği problemlerinin engellenmesi için geleceğe yönelik önlemler hakkında alt yapı oluşturulmaktadır (Genç ve Yılmaz, 2016).

Günümüzde milyonlarca kimyasal madde kullanılmaktadır ve bunlardan büyük bir kısmı da günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası konumundadır. Kimyasal kirliliğin en önemli nedenlerinden biri olarak metaller ifade edilebilir.

Avrupa Su Politikası Yönetmeliğinin yanısıra, 1992 yılında Rio de Janeiro'da (Brezilya) Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı düzenlenmiş ve bu konferansta, yerleşim yerlerinde kirlenmeye dikkat çekilmiş ve ivedilikle önlem alınması gerektiği kararı alınmıştır. Türkiye'de Haziran 1996 yılında gerçekleştirilen Habitat II Toplantısı'nda da benzer olarak şehirleşme, insan ve çevre sorunları başta olmak üzere birçok konu ele alınmıştır. Bu toplantılarda; 2003 yılında Birleşmiş Milletler, ağır metal kirliliği ile alakalı olarak hazırlanan protokol de, kadmiyum, kurşun ve civa birikiminin 1990'lı yıllardaki düzeylere düşürülmesi kararı alınmıştır. Bu protokol, başta endüstriyel kaynaklardan (demir-çelik endüstrisi vb.), yanma işlemlerinden (enerji üretim tesisleri, taşıtları), pestisitlerden, floresan lambalardan, ölçüm aletlerinden (termometre, barometre vb.), dış dolgusu olan amalgamdan ve çeşitli boyalara kadar içeriğinde metal olan ve günlük hayatın bir parçası olan bu aletlerde metal yayılımını kesmeyi amaçlamıştır (Anonim, 2003). Ayrıca kontrolsüz

nüfus artışı, düzensiz kentleşme, endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, tarımda verimi arttırmak için gereğinden fazla gübreleme ve ilaçlama gibi etkenler, ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında sayılmaktadır (Elik ve Akçay, 2000; İlhan vd., 2006).

Metal kirliliği Türkiye açısından değerlendirilirse; Akdeniz'e yılda 650 bin ton petrol ve türevleri, 100 bin ton civa, 38 bin ton kurşun, 21 bin ton çinko akıtılmaktadır. Buna ilaveten 1951 yılında işletmeye açılan Artvin-Murgul Göktaş Bakır Fabrikası bacalarından çıkan atıklar asit yağmurlarına neden olmuş ve orman alanlarında tahribatlar meydana gelmiştir. Muğla'da bulunan Yatağan Termik Santrali ise oluşturduğu kirlilik ile çevresindeki kızılçam ormanlarına zarar vermiş ve verimli tarım topraklarında tahribata yol açmıştır (Boşgelmez vd., 2000).

Son 40-50 yılda Türkiye'de ki aşırı nüfus artışı, plansız şehirleşme ve sanayileşme görülmektedir. Bu da ağır çevre problemlerine neden olmuştur (Yılmaz vd., 2006).

Tatlısu ekosistemleri metal atıklarının son noktalarından biri olarak değerlendirilebilmekte ve böylece metal çalışmalarında bir arşiv görevi görmektedir (Birch vd., 1996). Tatlısularda metallerin konsantrasyonu litrede nanogramdan miligrama kadar değişkenlik gösterebilir. Bu yüzden sularda kirleticilerin konsantrasyonunu tespit edebilmek için güvenilir birçok analitik teknikler geliştirilmiştir. Bu zorunluluk özellikle metal gibi elementlerin analizinde biyomonitörlerin kullanımına yöneltmiştir. Ancak, sularda ağır metal analizindeki en önemli dezavantaj, bunların biyolojik alınımının farklılık göstermesi ve sudaki konsantrasyonları arasında tam bir korelasyonun bulunmamasıdır. Sucul ortamda ki sediment, başta omurgasız canlılar olmak üzere sucul bir çok organizma için metal kaynağı olarak değerlendirilebilir (Yang vd., 2002). Metallerin sedimentteki konsantrasyonları, değişik jeokimyasal fazlardaki dağılımı ve taşınımı birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Metallerin farklı formlarının farklı alınabilirlikleri vardır. Yani metallerin her formu canlı tarafından alınabilir form değildir. Ayrıca sedimentte metalin bulunma durumu ve formu, ortamın pH'sına, elektriksel iletkenlik, toplam organik madde miktarı ve redoks potansiyeline bağlı olarak değişmektedir (Duman, 2005).

Çevresel kalite değişimlerinin izlenmesinde bitkilerin kullanılması konusunda birçok çalışma yapılmasına rağmen, terminoloji konusunda tam bir fikir birliğine varılamamıştır. Bu nedenle biyoindikasyon (biyolojik belirleme), biomonitöring (biyolojik izleme) ve ilgili terimlerin açıklanmasında yarar vardır. İndikasyon kendiliğinden ve aktif iken, monitoring sürekli ve pasiftir. Manning ve Feder (1980), Martin ve Coughtrey (1982) ile Markert (1993) monitör ve indikatör terimleri arasındaki farkları şöyle belirtmişlerdir: Biyoindikatör çevre kalitesiyle ilgili bilgi veren bir organizma, organizma topluluğu veya organizma parçasıdır; biyomonitör ise çevresel kaliteyi ölçen bir organizma, organizma topluluğu veya organizma parçasıdır.

1.1. Metaller

Biyoloji literatüründe, farklı araştırmacılar arasında metal tanımı ile ilgili kesin bir fikir birliği yoktur. Bazı bilim insanları iz element, semi-metalik element (metalloid), bazıları ise “hafif metal” terimlerini kullanmışlardır (Markert 1993; Öztürk vd., 1992). Literatürde genel olarak $4,5 \text{ g/cm}^3$ ’den büyük graviteye sahip olan metaller “ağır metal” olarak adlandırılır. İz elementler daha çok doğal sistemlerdeki bir grup elementin çok küçük konsantrasyonunu ifade etmekle birlikte, organizmalar tarafından eser miktarda alınan, canlının hayatsal fonksiyonlarını devam ettirmesi için gerekli olan ve fizyolojik işlevi tam olarak bilinmeyen elementleri de belirtmektedir. Birçok araştırmacı ağır metalleri de iz elementler içerisinde değerlendirmektedir. Biyomedikal ve biyokimyasal araştırmalarda elde edilen sonuçlarda, iz elementlerin bitki ve hayvan dokularında organizmanın %0,01’den daha az konsantrasyonda bulunduğu kabul edilir. Beslenmede iz elementler milyonda yirmi birim (ppm) düzeyindeki elementler olarak tanımlanırlar (Kartal, 2004).

Bazı ağır metaller organizmanın sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan ve miktarı organizmanın toplam ağırlığının %0,01’inden az olan elementlerdir. Fakat bir canlının büyüme ve gelişmesi için tüm ağır metaller gerekli değildir. Örneğin çok düşük seviyelerde dahi Kadmiyum (Cd), Arsenik (As) organizma için oldukça zararlı etkilere sahiptir. Sayısız kullanım yeri olan metaller biyolojik anlamda üç gruba ayrılabilir.

Esansiyel metaller: Canlının hayatsal faaliyetlerini devam ettirilebilmesi için mutlaka gerekli olan metallerdir. Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar [kalsiyum (Ca), potasyum (K), sodyum (Na), magnezyum (Mg) vb].

Yan metaller (Geçiş elementleri): Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yapan demir (Fe), bakır (Cu), kobalt (Co), manganez (Mn), çinko (Zn), molibden (Mo), krom (Cr) gibi metaller olarak tanımlanmaktadır.

Eser metaller (Metaloitler): Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan ve oldukça düşük konsantrasyonlarda bile hücrede toksik etki yapan (Cd) kadmiyum, As (Arsenik), civa (Hg), kurşun (Pb), kalay (Sn), selenyum (Se), berilyum (Be) gibi metallerdir (Förstner ve Wittmann, 1981).

1.1.1. Çalışmada analiz edilen metaller

Bu çalışmada analiz edilen metallere ait bilgiler detaylı olarak aşağıda verilmektedir. En önemli endüstriyel ve çevresel kirleticilerden biri olan ve canlılar üzerindeki çeşitli toksik etkileri bilinen Kadmiyum esansiyel olmayan toksik, ağır metallere biridir (Ohta ve Cherian, 1991). Kadmiyum tuzlarının çözünürlük dereceleri önemli ölçüde farklılıklar gösterir. Halojen, sülfat ve nitrat tuzları nispeten suda çözünürken; oksit, hidroksit ve karbonat bileşikleri aynı ortamda çözünmezler. Bu metal aynı zamanda yüksek buhar basıncına sahip olması bakımından özellikle oksit bileşiği işletilen maden yataklarında ve fabrika kapalı ortamında kolayca buharlaşarak solunum yolu havası yönünden tehlikeli olduğu belirtilmiştir. Kadmiyum oksidin 1 g/m^3 veya daha fazla yoğunluklarda buhar şeklinde alınması solunum yollarında tahrişe neden olabilir. Özellikle endüstriyel kirliliklerin yoğun olduğu alanlarda daha sık görülür (Dirican, 1990). Yerleşim alanlarındaki atmosferin ortalama 0.001 g/m^3 düzeyinde Kadmiyum ile kirlendiği hesaplanmıştır. Bunun zorunlu bir sonucu olarak; insanların solunum yolu ile günlük olarak 0.02 g/m^3 Kadmiyum aldıkları saptanmıştır. Kadmiyum oksidin duman şeklinde yüksek oranda solunması akut pnömönitis, akciğer ödemi ve sonuç olarak öldürücü etkiler yaptığı açıklanmıştır (WHO, 1992). Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak Ni/Cd pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin

kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum empürüte olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar (Kahvecioğlu vd., 2004).

Çalışmada analiz edilen bir diğer toksik metal ise kurşundur. Kurşun kullanımının tarihçesi eski Romalılara kadar uzanır. Günümüzde boya, pil, seramik, porselen, kauçuk sanayi, benzin katkı maddesi, oyuncak yapımında ve matbaacılıkta kullanılmaktadır (Aberhart vd., 1984; Klassen vd., 1986). 1920 yıllarında kurşun bileşiklerinin benzine ilave edilmesiyle ekolojik olarak insan ve çevre sağlığına etki eden kurşun miktarı artmıştır. Günümüzde ise kurşunlu benzin kullanımı giderek azalmaktadır. Kurşun 20. yy'da yüksek oranlarda paslanmaya karşı oksit boya hammaddesi olarak kullanılmıştır (Tosyalı ve Eren, 2004). İnsanlar ve hayvanlar kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra tüketilen yiyecekler ve suda kurşun kirliliğinden etkilenebilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde dünya sağlık örgütünün ve gıda kodekslerinin belirlediği limit değerlerin üzerinde kurşun bulundurabilir. Su borularının yapımında ve eski evlerde tesisatlarda kullanılan kurşun suyun kirlenmesine sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddeler de kurşun bulundururlar. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilir (Kahvecioğlu vd., 2004). Ekolojik olarak kurşun katı çökme eğilimindedir ve özel durumlar dışında kompleks oluşturmaz. Genellikle doğaya salınan kurşun zor çözünür bileşikler oluşturur, bu nedenle besin zincirinde yer alan bitkilerden kurşun alınımı söz konusu değildir (Alexander, 2002).

Avrupa Komisyonu (2002) raporuna göre dünya üzerinde göl ve nehir sularının ortalama Pb içeriği litrede 1-10 µg olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Pb içeriği uçak yakıtları ve hava alanı yakınlarındaki sulak alan vb yerlerde de yüksek oranda bulunmaktadır. İnsan vücudundaki Pb miktarı ortalama vücut ağırlığında 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin etkisinde kaldığı günlük miktar 300-400 mg'ı geçmemektedir. Buna karşın çok eski iskeletler üzerinde

yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakininin 500-1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir (Tosyalı ve Eren, 2004).

Çok az konsantrasyonlarda bile yüksek toksik etkiye sahip bir diğer element cıvadır. Cıva oda sıcaklığında sıvı olan bir metaldir. İnorganik ve organometalik formları bulunmaktadır. Bütün bileşikleri zehirli olup, canlılar için tehlikelidir. Cıva bileşiklerinin pek çoğu doğal kaynaklıdır. Tarım ve Gıda Örgütü (FAO) ile Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 1996), kişi başına alınabilecek toplam cıva miktarını 0.3 mg/hafta olarak belirlemiştir. Ancak, toplam cıva miktarı içinde metil cıva miktarının 0.2 mg'ı geçmemesi gerektiği de belirtilmiştir. FAO/WHO tarafından gıdalarda bulunabilecek maksimum cıva miktarı 0.05 mg/kg olarak belirlenmiştir. Almanya, pestisitlerden kaynaklanan cıva kalıntılarını içeren gıda maddelerinin satışını yasaklamıştır. ABD; balıklar dışında diğer gıda maddelerinde de cıva kalıntısının bulunmasına izin vermemektedir. İngiltere pestisitlerden ileri gelen kalıntı cıva konsantrasyonunu 0.1 ppm, İsveç, 1.0 ppm olarak belirlemiştir. Kanada, Yeni Zelanda, İspanya ve ABD gibi ülkeler FAO/WHO tarafından balıklar için belirlenen 0.5 ppm İtalya ve Fransa ihraç ürünleri için 0.7 ppm limitini uygulamaktadırlar (Concon, 1988) (Çizelge 1.1.). 1953–1970 yılları arasında Japonya'nın Minimata koyuna cıva artışı bulaştıran bir fabrika nedeni ile bu koyda yetişen balıkları yiyen insanlar arasında kitlesel ölümler olduğu bilinmektedir (Blumenthoî, 1994).

Çizelge 1.1. Cıva içeren gıdaların tüketimi sonucu görülen bazı zehirlenme olayları (Concon, 1988; Cordle ve Kolbye, 1982).

Yer / Yıl	Gıda	Cıva Formu	Zeh. Say.	Ölü Say.
Japonya, Minamata 1953-1970	Balık ve Kabuklular	Metil cıva	700	46
Japonya, Niigatai 1953-1970	Balık ve Kabuklular	Metil cıva	48	6
Pakistan, 1961	Buğday	Fenil cıva asetat / Etil cıva	34	5
Irak, 1971-1972	Buğday	Etil cıva	6530	36
ABD, Meksiko 1969	Domuz eti	Metil cıva disyandiamide	7	-

Yaklaşık 200 yıl önce element olarak tanımlanan kobalt analiz edilen bir diğer metaldir. Kobalt adını ortaçağ Avrupa madencilerinin kurşun ve kalay madenlerinin üretimi esnasında oluşan, ergimeyen ve metalin kullanılmasını engelleyen katı yapı

nedeniyle maden ruhu, şeytan anlamına gelen “Kobold” tanımlamasından almıştır. M.Ö. 2000’li yıllardan beri kobalt bileşikleri cam ve emayede mavi boya olarak kullanılmasına rağmen, element olarak 1742 yılında İsveçli araştırmacı G. Brant tarafından yeni bir metal olarak ve 1780’de Torbern Bergman tarafından element olarak tanımlanmıştır (Küchler ve Verlag, 1986; Habashi, 1997). Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır. Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kobalt bileşikleri risk teşkil etmektedir ve kanserojen madde gibi muamele görmektedirler (Kartal, vd., 2004).

Doğada yüksek miktarda bulunan ve endüstride sıkça kullanılan krom çalışmada analiz edilen metallere biridir. İlk kez 1789’da Fransız L. N. Vauquelin tarafından üretilmiş ve çok renkliliğinden dolayı yunanca renkler anlamına gelen krom olarak adlandırılmıştır (Kahvecioğlu vd., 2004). Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada her yerde bulunan bir metal olup havada $> 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kirlenmemiş suda ortalama $1 \mu\text{g}/\text{L}$ bulunur. Pek çok toprakta az miktarda krom (2 – 60 mg/kg) bulunurken, kirlenmemiş bazı topraklarda bu değer 4 g/kg’a kadar çıkmaktadır (Walter, 1987). Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması neticesinde doğada (hexavalent) altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri redüklenir. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çöker (Kahvecioğlu vd., 2004).

Endüstride birçok alanda kullanılan Cu, çalışmada analiz edilen metallere biridir. Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vd.) değişik amaçlı kullanılmaktadır (Anonim, 2001; Anonim, 1978). Bakırın canlılar üzerindeki toksik etkileri canlının büyüklüğüne göre değişiklik

gösterebilir. İlkel yapılı canlılar için az miktarlarda dahi toksik etkilere sahip iken daha gelişmiş canlılar için temel yapı bileşenidir.

Yer kabuğunda çok sık bulunan metallere den biri de demirdir. Doğada çok bulunmasına rağmen, doğal suların kapsamında az miktarda bulunur. Bunun nedeni demirin sudan hızla çökerek ayrılmasıdır. Suda Fe iki değerlikte olabilir. Bunlar iki değerlikli demir (ferro) ve üç değerlikli demir (ferri) halidir. Fe insan metabolizmasında özellikle kırmızı kan hücrelerinin yapısında bulunan hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması yönünden önemlidir. Bunun dışında Fe, kasların miyoglobininde, sitokrom, peroksidaz ve katalaz sistemlerinde yer alan yaşamsal önemde bir elementtir. Bütün insan vücudundaki total miktarının ancak 4-5 gr arasında olmasına karşın bunun 700 mg kadarı karaciğerdedir.

Çinko yeryüzü kabuğunun %0.004'ünü oluşturur. Çevrede, havada, su sistemlerinde ve bütün canlılarda çinko bulunur. En çok bulunan minerali sfalerit çinkosülfürdür (ZnS). Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli elementlerden biridir (günlük doz 10 – 20 mg). Çinko metalinin ve birçok bileşiğinin diğer ağır metaller ile karşılaştırıldığında daha düşük bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan değil bileşiğin anyotik kısmının toksikliğine bağlıdır. Çinko metali, demir kontrüksiyon malzemelerine kıyasla daha elektronegatif bir element olduğundan koruma sağlarlar ve bu özellik çinkonun çok önemli bir kullanım alanını oluşturur. Düşük ergime sıcaklığına da sahip olduğu için kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve Çin beyazı olarak bilinen çinko oksit (ZnO) boya pigmenti olarak da kullanılır (Habashi, 1997).

Toprak veya tortul kütlelerdeki manganez atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçer. Demiri fazla olan sulara, çok defa manganeze rastlanır. Fakat miktarı çok az olup; litrede 0.3 mgL⁻¹ geçmez. Yeraltı sularında bulunan manganez ortamda oksijenin bulunmayışı nedeniyle iki değerliklidir. Yüzeysel sulara, özellikle göl ve baraj gibi rezervuarların dip çökeltisi çamurları içerisinde bulunur ve indirgeyici ortamda çamurdan suya geçer. Bu da suda bazı bakterilerin çoğalmasına yardım ettiği gibi, boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. 0.5 mgL⁻¹ manganezden fazlası sulara kötü bir lezzet verir. Çay ve kahve hazırlamaya, çamaşır yıkamaya uygun değildir. Endüstride manganezli suların arıtımı gerekmektedir (Dumlu, 1975; ICAIR, 1987; Parada, 1987).

Nikel ilk olarak Axel Cronstedt (1751) adlı bir İsveçli mineralojist tarafından, gersdorfit (NiAsS) cevheri araştırılırken bulunmuştur. Nikelin başlı başına bir element olduğu 1775'de Torbern Bergman ve arkadaşları tarafından kanıtlanmış ancak 1804'e kadar herhangi bir üretimi yapılmamıştır. İlk saf metal üretimi Jeremias Richter tarafından 1804 yılında yapılmıştır (Kartal vd., 2004). Toprakta eser element olarak bulunan nikel, Fe ve alüminyum silikatların içerisinde yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yeryüzünde bulunma sıklığında 24. sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu %0.008'dir (Habashi, 1997). Nikel yaygın bir kullanıma sahiptir. Madenlerin işlemleri sonucu çevreye yayılabilir. Gıda, konserve fabrikalarındaki tesisatta nikel kullanılması gıdalarda kontaminasyon yapabilir. Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir; bu nedenle bulaşması kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlere atılması bu bulaşmada rol oynar. Yüzeysel sularında 1 mgL^{-1} gibi yüksek oranlar bildirilmiştir (Kartal vd., 2004). Normalde bu sulardaki oran $5-20 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$ gibi düşük seviyededir. Belirli arıtım metotlarıyla nikelin bir kısmı giderilmektedir. Bu nedenle işlenmiş sularda, işlenmemiş sulara oranla daha az bulunmaktadır. Genel olarak $2-5 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$ rastlanan tipik değerlerdir. Özellikle nikel karışımı su iletim boruları kullanıldığında bu miktar artabilir. Günde 2 L su içildiği dikkate alınır normal olarak içme suyu ile alınabilecek miktar $10-20 \text{ } \mu\text{g}$ 'ı geçmemektedir (Boğa, 2007).

Dünya uranyum kaynakları, çeşitli üretim maliyetlerine göre, görünür ve muhtemel olarak sınıflandırılırlar. Dünyada 1991 yılı itibarıyla Kg'ı 80 ABD dolarına mal edilebilen 1449140 ton görünür uranyum rezervi vardır. Bunun bir bölümü işletilebilir rezerv, bir bölümü ise yerinde rezervdir. Yani işletme kayıpları hesaba katılmamıştır. Gerçek işletilebilir miktarların, verilen değerlerin %5 ile %50 altında olduğu tahmin edilmektedir. Nükleer enerji hammaddeleri esas olarak nükleer reaktörde elektrik enerjisi elde etmek için yakıt olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla tüketimi, kurulu nükleer enerji kapasiteleri belirlemektedir. Dünyada mevcut reaktörlerin uranyum tüketimi, 1991 yılında toplam 54378 ton olmuştur. Kısa dönem için yapılan tahminler, uranyum tüketiminin 2000 yılında 66349 ton, 2010 yılında 75759 tona kadar yükseldiğini göstermektedir. Türkiye'de uranyum aramalarına 1990 yılı sonuna kadar devam edilmiş ve 5 yatakta toplam 9129 ton görünür uranyum rezervi ortaya konulmuştur. Bu yatakların ortalama tenör ve rezervleri,

aranıp, buldukları yıllarda dünyaca kabul edilen ekonomik sınırlarda olmalarına rağmen, bugün için, bu değerler söz konusu sınırların oldukça altında kalmıştır. Bunun nedeni, son yıllarda nükleer santral planlamalarındaki önemli değişimler ve özellikle Kanada ve Avustralya'da yüksek tenörlü, üretim maliyetleri çok düşük uranyum yataklarının bulunmasıdır. Türkiye'de geçmiş dönemlerde laboratuvar ufak çapta olsa da önemli teknolojik çalışmalar yapılmıştır. Uranyum cevherinden sarı pasta üretilmesi ve sarı pastanın nükleer yakıt haline getirilmesindeki bütün aşamalar gerçekleştirilmiştir (Anonim, 1996).

1.2. Ağır Metal Kirliliği

Ağır metallerin ekosistemde yayılımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayılması söz konusudur. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayılımı önemli miktarlara ulaşabilmektedir. Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu 7600 ton Cd, 18800 ton As, 3600 ton Hg ve 332000 ton Pb atmosfere atılmakta iken, insan faaliyetleri sonucu deşarj edilen miktarlar dikkate alındığında ise selen (19 kat), Cd (8 kat), Hg, Pb, Sn (6 kat), As, Ni ve Cr (3 kat) daha fazladır (Alexander, 2002). Ağır metallerin çevreye yayılmasında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir (Çizelge 1.2.). Havaya bırakılan ağır metaller, ilkönce kara veya su ortamına ulaşır. Daha sonra hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin toz haline gelmesi yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar.

Çizelge 1.2. Temel endüstriyel kaynaklardan serbest kalan metal türleri (Alexander, 2002).

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kâğıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Aslında ağır metal terimi, literatüre çevre kirliliği ile girmiştir. Kirlenme ve toksisite bakımından bir yan anlam olarak kullanılmaktadır. Bu grubun içine 70 kadar element girmekle birlikte ekolojik bakımdan önemli 20 element dikkati çekmektedir. Bunların bir kısmı, bitki ve hayvanlar için mikrobesein (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksik olmamaktadırlar (Yıldız, 2004). Çizelge 1.3’de bu çalışmada analiz edilen metallerin ekolojik sınıflandırılması gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması (Yıldız, 2004).

Element	g/cm ³ özgül ağırlık	Bitki ve hayvan için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Cd (Kadmiyum)	8.5	-	K
Cr (Krom)	7.2	G	K
Co (Kobalt)	8.9	G	K
Cu (Bakır)	8.9	G	K
Fe (Demir)	7.9	G	K
Hg (Civa)	13.6	-	K
Mn (Manganez)	7.4	G	-
Pb (Kurşun)	11.3	-	K
Ni (Nikel)	8.9	G	K
U (Uranyum)	19.1	G	K
Zn (Çinko)	7.1	G	K

G: Gerekli, K: Kirletici

2. KAYNAK ÖZETİ

Endüstrileşen ülkeler, geç de olsa çevre tahribatının tüm canlılar üzerindeki olumsuz etkilerini fark etmişlerdir. Bu çevre tahribatından büyük ölçüde akarsu ve nehirler etkilenmiştir. İnsanoğlunun birçok konuda faydalandığı akarsu ve göllerdeki bu tahribat koruma bilincinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Daha verimli kaynak kullanımı yanında artan ihtiyaçları karşılamak için, daha az kaynak kullanımı, daha az tüketim, artıkların yeniden kullanımı gibi çevre korumasına yönelik programlar endüstrileşme süreci içinde benimsenmiştir. Akarsular; küçük dereler, yağmur, kar ve kaynak sularıyla beslenir. Başta kanalizasyon suları olmak üzere fabrika atıkları ile tarımsal faaliyetler sonucu oluşan tarım ilaçları ve gübre gibi kimyasal atıklar, akarsuları kirleten en önemli unsurlardır. Bu kirlilik parametrelerinden biri olan ağır metal kirliliği de oldukça önemli çalışmalara konu olmuş ve hala güncelliğini korumakta olup, özellikle son çeyrek yüzyılda daha da önemli hale gelmiştir. Akarsularda bol miktarda bulunmaları, metalleri bünyelerinde yüksek konsantrasyonlarda biriktirip, bunları uzun bir süre bünyelerinde muhafaza etmelerinden dolayı midyeler, sularda kirliliği yansıtan biyoindikatörlerin başında gelmektedir. Akarsu ve göller için önemli bir tür olarak kabul edilen tatlı su midyelerinin sistematiği ve tespiti hakkında çalışmalarda vardır.

Bogan (2008) tatlı su midyelerinin üç alt sınıf içinde en az 19 familyaya yakın morfolojik bir grup olduğunu önermiştir. En geniş gruptan olan Unioniformes takımının 6 familya içinde 180 cinsi ve 800 türü kapsadığını belirlemiştir (tek sınıf- üç alt sınıf- beş takım- on dokuz aile- ikiyüz altı cins- bin yirmi altı tür). Unionidae familyasına ait cinslerin sayısı; Palearktik'te 26, Nearktik'te 51, Afrotropikal bölgede 6, Neotropikal bölgede 20, Oriental bölgede 38, Avusturalasya'da 1 olarak verilmiştir. Tür bakımından en zengin bölgenin Nearktik (297) olduğunu belirlerken, Pasifik Okyanusu Adaları'nda ve Antarktika Bölgesinde hiç rastlanılmadığına dikkat çekmiştir.

Ayrıca midyelerin biyolojik özellikleri başta olmak üzere vücut yapıları ve beslenme özelliklerine de birçok çalışmada değinilmiştir.

Meglitsch ve Schram (1991) unionidlerin, potansiyel balık konağı cezp etmek için özelleşmiş yapılar kullandıklarını belirlemişlerdir. Statosistlerin ve statolitinin kombinasyonunun, midyenin yerçekimini algılayarak dengesini kurmasına yardımcı olduğunu belirtmiştir. Midyelerin titreşimleri de algılayabildiklerini tespit etmişlerdir. Larvaların ışıktaki değişiklikleri genelde osellus tarafından algılayabildiklerini ama gözlerin çoğunlukla metamorfoz sonrasında kaybedildiğini belirtmişlerdir.

Nichols ve Newton (2008) unionid midyelerini, nehir besin zincirlerinde, besin çevrimini etkileyebilen, uzun ömürlü, büyük, süzerek besleniciler olarak tanımlamışlardır. Unionidlerin asılı parçacıkları ve ilişkili besinleri substrata göndererek, biyotanın geri kalanı için uygun hale getirdiklerini belirtmişlerdir. Midyelerin tükenişinin, sucul ortamlardaki besin yükünü arttırdığını ve akarsuyun aşağı kısımlarına taşınmasına ivme kazandırdığını ileri sürmüşlerdir.

Özellikle kirliliği belirleyici “İndikatör” bir tür olarak bilinen midyede ağır metal birikimi ile alakalı çalışma sayısı oldukça fazladır.

Ramelov vd. (1978) tarafından yapılan çalışmada Akdeniz’den toplanan çeşitli su ürünlerindeki metal düzeyleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada farklı büyüklükteki midyelerde metal düzeyleri; Cd için 0.07-0.40 ppm, Cu için 0.75-2.65 ppm ve Pb için ise 0.48-0.61 ppm olarak belirlenmiştir.

Tuncer (1985), otuz sene önce gerçekleştirdiği çalışmada *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde, metal düzeylerinin yönünden, bütün mevsimlerde sırasıyla; Fe>Zn>Pb>Cu şeklinde azzaldığını kaydedmiştir.

Emre (1987), Gemlik Körfezinde avlanan midyelerdeki (*Mytilus galloprovincialis*) Cu miktarını 0,51–4,43 µg/g arasında bulmuştur.

Uzunören (1987), Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı’nın birbirinden farklı dokuz istasyondan toplanan midyelerde (*Mytilus edulis*) As düzeylerini analiz etmişlerdir. Çalışmada en düşük konsantrasyonda As düzeyi 0.99±0.16 ppm ve en yüksek As düzeyi de 1.6±0.3 ppm olarak belirlenmiştir.

Şentürk (1993), tarafından yapılan çalışmada Marmara Denizi'nin çeşitli bölgelerinden avlanmış yumuşakça türlerinde Hg, Cd ve Pb düzeyleri tespit edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen verilere göre midye ve istiridye örneklerindeki ortalama Hg düzeyi 0.46 ppm, Cd düzeyi 0.25 ppm ve Pb düzeyi de 0.304 ppm olarak saptanmıştır. Bu konsantrasyonlar su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal düzeylerinin altında kalmaktadır.

Lovejoy (1999) yumuşakça dokularında ki metal birikiminin sadece metallerin sudaki konsantrasyonuna değil aynı zamanda biyotik ve abiyotik faktörlerle de bağlantılı olduğunu bildirmektedir.

Gundacker (2000), Viyana nehir habitatında yaptığı çalışmada çift kabuklulardan *Anodonta* sp. ve *Unio pictorum* türlerinde metal birikimlerini analiz etmiş ve karşılaştırmıştır. Farklı dokularından aldığı örneklerde ağır metal seviyelerini incelemiştir. *Anodonta* sp.'nin solungacında Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0,25-0,67, 1,09-21,3, 2,9-8,3, 317-862 ppm., kasında Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0,16-0,72, 0,16-3,18, 0,9-8,5, 111-328 ppm. ve *Unio pictorum*'un solungacında Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0,3-0,82, 1,13-4,68, 7,2-9,2, 316-430 ppm., kasında Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0,23-0,9, 0,29-2,2, 5,2-6,1, 142-276 ppm olarak bulmuştur.

Yarsan vd. (2000), Van Gölü'nden toplanan tatlı su midyesi (*Unio stevenianus*) örneklerindeki ağır metal düzeylerini (Cu, Cd, Zn, Pb) tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda örneklerden tespit edilen metal yoğunluklarının, ülkemiz ve diğer ülkeler için kabul edilen değerler içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Rainbow (2002), temiz ve metal ile kontamine olmuş bölgelerden topladığı kabuklu türlerinde birim kuru ağırlık başına Zn, Cu ve Cd konsantrasyonlarını belirlemiştir. Buna göre bölgelere, organizmaya ve metallerin çeşidine göre organizmalarda biriken metal miktarlarında farklılıklar gözlemlenmiştir.

Wagner ve Boman (2004), Vietnam da, tatlı su midyelerinden Unionidae familyasına ait olan *Pletholophus swinhoei* örneklerinde Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 0,05-0,08, 0,14-0,36, 2,4-3,2, 390-1900, 520-1600, 0,42- 0,88, 0,49-0,53 ve 120-150 ppm olarak bulmuştur.

Genç vd. (2015) tatlı su midyeleri üzerine Tersakan Nehrinde (Muğla) yaptıkları çalışmada maksimum metal değerlerini kuru ağırlık olarak; Cd için 2.660 µg/g, Co

için 4.786 µg/g, Cr için 24.430 µg/g, Cu için 291.179 µg/g, Fe için 1921.090 µg/g, Mn için 752.840 µg/g, Ni için 112.440 µg/g, Pb için 15.960 µg/g ve Zn için 460.330 µg/g hesaplamışlardır. Maksimum metal değerleri Fe, Cd ve Co metalleri hariç hepsi için kış döneminde ölçülmüştür.

Muğla bölgesinde bulunan Köyceğiz Lagün sisteminde Genç ve Yılmaz (2015) mavi yengeç *Callinectes sapidus* dokularında Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, As, Hg ve Se metallerinin birikimleri üzerine yapmış oldukları çalışmada Cr, Fe, As ve Hg metallerinin bahar döneminde diğer dönemlere göre daha fazla seviyede ölçmüşlerdir. Ayrıca Cd, Zn, As, Hg ve Se metalleri hepatopankreasda daha yüksek seviyede tespit etmişlerdir.

Sarıçay'da (Muğla) Öglü vd (2015) su, sediment ve tatlısu kefal balıkları *Squalius cephalus* dokularında metal analizleri üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada (IMBI) bireysel metal birikimi ve (MPI) metal kirlilik indekslerini ortaya çıkarmışlardır.

Sıralanan literatür verileri, midyelerdeki metal düzeylerinin o bölgedeki kirliliği yansıtabilecek şekilde farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, gerek midyeler ve gerekse diğer su ürünleri için kabul edilen maksimum sınır değerleri de ülkelere göre farklılıklar göstermektedir (Kaya, 1998; Stahr, 1977; Su Kir. Kont. Yön. 1988; Türk Gıda Kod. Yön. 1997).

Buraya kadar bahsedilen literatür gerek midyede gerek bölgedeki metal kirliliği hakkındadır. Ancak bu çalışmada metal kirliliğinin belirlenmesinde ülkemizde daha önce hiç denenmemiş ve dünyada çok az sayıda çalışmada kullanılan suni bir cihaz olan yapay midyede kullanılmıştır. Yeni bir teknoloji olduğu için yapay midye teknolojisi kullanılarak metal kirliliğinin belirlenmesi hakkında çalışma sayısı fazla değildir.

Wu vd. (2007) yapay midye teknolojisi kullanarak yaptıkları çalışmada metal alım ve birikiminin *Perna viridis* ile yapay midyenin benzer olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca Kibria vd. (2012) Avustralya'da yapay midye teknolojisi kullanarak gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Zn, Cu, Cd, Hg, Fe, Ni, Co ve Cr metallerini analiz etmişlerdir. Gonzalez-Rey vd. (2011) yapay midye teknolojisi ile doğal midye (*Mytilus galloprovincialis*) metal birikimini tespit edip karşılaştırmışlardır.

Yapay midye teknolojisi geliştirilene kadar, akarsu ve göllerin kirliliklerini tespit edip izlemede geleneksel olarak suyun fiziko-kimyasal analizi yapılmaktadır ve kirlilik hakkında bu şekilde bilgi sahibi olunmaktadır. Fakat geleneksel metotlar su ortamında yaşayan canlı organizmalar üzerindeki kirleticilerin etkisini tam anlamıyla ortaya çıkaramamaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda ise su kirliliğini belirlemede sadece sudan değil organizmalardan da yararlanılmaktadır. Organizmalar onları çevreleyen ortam ile denge halinde yaşadıkları için ortamdaki herhangi bir değişimden direk etkilenecektir. Akarsu gibi tatlı su ortamlarında kirlenme ya da ortamdaki belli unsurların değişiminin etkisinin tam olarak anlaşılabilmesi en önemli canlılardan biri midyedir. Bu çalışmada iyi bir indikatör olan midyenin yanı sıra ağır metal birikiminin tespit edilmesi için geliştirilen ve bazı ülkelerde denenerek başarılı sonuçlar alınmış pasif bir örnekleme cihazı olan yapay midye teknolojisi de kullanılmaktadır.

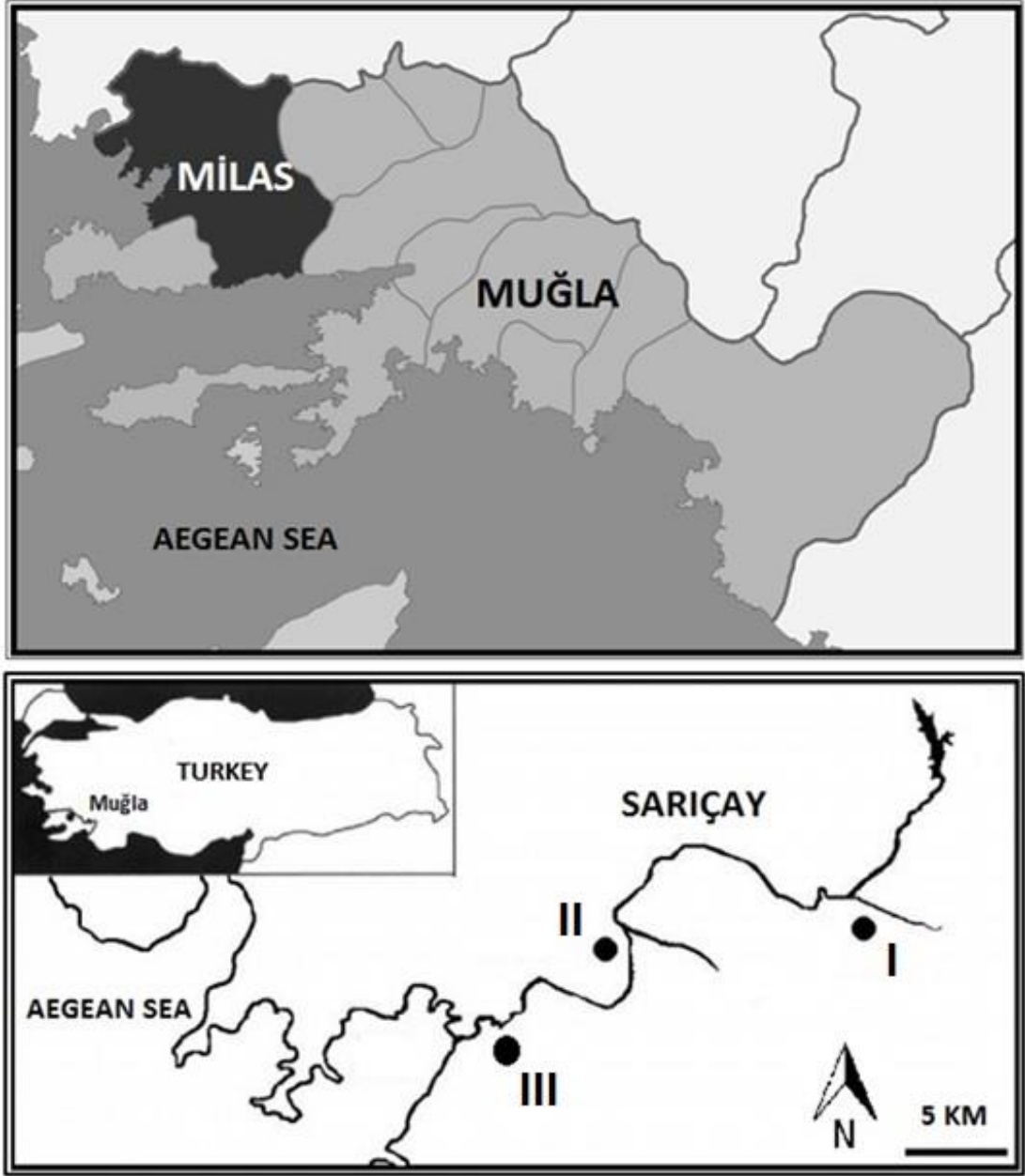
Sarıçay üzerine kurulan 12 zeytinyağı fabrikasının atık suları ve Milas merkezinin evsel atıklarının bu Çay'a bırakılması nehirde doğal yaşamı tehlikeye sokmuştur. Sarıçay'da yaşayan ekonomik değeri olan pek çok balık türü yok olma tehlikesiyle karşı karşıya gelmiştir. Tarımsal faaliyetler ve balık ürünlerinde metal kalıntısının varlığı ihraç edilen ürünlerin iade edilmesini gündeme getirmekte ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu konu aynı zamanda bir tarım ülkesi olan Türkiye açısından da önemli görülmektedir.

Ağır metal ile ilgili çalışmaların sayısı bilim dünyası açısından oldukça önemli görülmekte ve her geçen gün çalışma sayısı artarak devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle biyolojik organizmalar kullanılmaktadır. Bu çalışmada iyi bir indikatör olan tatlı su midyesi *Unio crassus* ve yapay midye teknolojisi kullanılarak canlı ve yapay sistemdeki metal birikimini karşılaştırma şansı yakalanmaktadır. Ayrıca Türkiye'de ilk defa yapay midye teknolojisi kullanılarak ağır metal birikiminin tespit edilmesi açısından oldukça yenilikçi bir çalışmadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma Alanı

Bütün dnyada, sahil şeritleri, başta yerleşim yeri olmak üzere, turizm, tarım, ulaşım ve ticari bağlantılar kurabilmek için en uygun alanlardır. Ülkemizin kıyı potansiyeli bakımından önemli bir zenginlik kaynağıdır. Ancak bu kaynaklarımızın verimli bir şekilde kullanılmadığı görölmektedir. Özellikle son yıllarda kirlilik yükünün artmasından dolayı iç sularımız verimsizleşmiş, ekolojik dengeler bozulmuş, ekonomik türler azalmış veya bazıları tamamen yok olmuştur. Bu olumsuz faktörlerden etkilenen tatlı su kaynaklarımızdan biri de Muğla'nın Milas ilçesine bağlı Sarıçay'dır (şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Sarıçay nehri ve örnekleme noktaları.

Milas Aksivki Köyü yakınlarında doğan Sarıçay Güllük Körfezi'ne dökülmektedir. Sarıçay bundan 10–15 yıl öncesine kadar Damlıboğaz, Savran, Avşar, Yaşyer, Kırcağız ovalarına hayat veren bir akarsuyken, üzerine kurulan 12 zeytinyağı fabrikasının atık suları ve Milas merkezinin evsel atıklarının Sarıçay'a bırakılması nehirde doğal yaşama büyük zarar vermiştir. Bu kirlilik nedeniyle akarsuda toplu balık ölümleri görülmüştür.

Ayrıca Muğla'nın Milas ilçesinde belediyeye ait mezbahanın atıklarının da Sarıçay'a bırakılıyor olması insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir. Oysa Güllük Körfezi canlı kaynakları potansiyeli ile Ege Denizi'nde önemli bir yere sahiptir. Körfez; balıkçılık, deniz taşımacılığı ve çeşitli kıyısal faaliyetlere de kaynaklık etmektedir. Körfezde tarla balıkçılığı (çipura ve levrek) balıkçılığının yoğun olarak yapılması da yine burayı önemli kılan başka bir etkidir.

Geyik Barajı; Sarıçay üzerinde 1986-1988 yıllarında kurulan, Yeniköy Termik Santralinin soğutma suyunu temin etmek ve çevre köylülerin tarımsal amaçlı kullanması için yapılmıştır. Geyik Barajı'nın dip savağından alınan su numuneleri üzerinde yapılan analizler, bu baraj suyunda aşırı kirlenmenin olduğunu göstermiştir. Aslında ölçümlere göre Geyik Barajı suları 3. sınıf sular sınıfına girmekte olduğundan, elde mevcut şartnamelere göre, bu suların ileri arıtma teknikleri kullanılsa bile, içme suyu veya gıda endüstrisinde kullanılamayacağı açıkça ifade edilmiş bulunmaktadır. Baraj civarındaki yerleşim yerlerinde atık sular için bir arıtma yapılsa bile, kirlenmenin baraj gölünde yer alan ötrofikasyondan ileri gelmesi halinde, kirlenmenin önlenmesi pek mümkün görülmemektedir (TMMOB Bodrum İlçe Koordinasyon Kurulu, 28 Ekim 2009 tarihinde Bodrum Yarımadasına getirilecek içme suyu üzerine bir basın açıklaması).

3.2. Örnekleme Noktaları

Günümüzde tarımsal faaliyetlerin başlıca hedefi en azından nüfus artışıyla dengeli olarak besin üretimini çoğaltmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için de en önemli araç, tarım zararlılarına karşı pestisit denilen kimyasal maddelerin kullanılmasıdır. Sarıçay'da tarımsal mücadelede daha çok ve daha kaliteli ürün almak için kullanılan birçok pestisit bilinçsiz veya doğru kullanılmadığı için yeraltı suları ve toprak tarafından alınmayan kısmı yüzey suları ile kirliliğe sebep olmaktadır. Bu kirlilikten dolayı denizde ve tatlı sularda yaşayan balıklar, memeliler, algler, kabuklu su canlıları ve planktonik su canlılarının yaşam alanları kısıtlanmakta ya da bu sebepten dolayı ölmektedirler.

Güllük Körfezi canlı kaynakları potansiyeli ile Ege Denizi'nde önemli bir yere sahiptir. Körfez; balıkçılık, Deniz taşımacılığı ve çeşitli kıyasal faaliyetlere de kaynaklık etmektedir. Körfez'de kafes balıkçılığının yoğun olarak yapılması da yine burayı önemli kılan başka bir etkidir.

3.2.1. İstasyon I (37°19'15.0''K 27°48'42.0''D)

Akgedik barajına yakın mesafede bulunan bu istasyon akarsuyun nispeten diğer bölgelerine göre temiz olan kısmı olarak düşünülmektedir. Dört mevsim su bulunan I numaralı istasyonun, derinliği 15-55 cm olup akış hızı diğer istasyonlara göre daha yavaştır. Kirletici kaynağa rastlanmamakla beraber, istasyon civarında bazı restoran ve tarım arazileri bulunmaktadır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. İstasyon I.

3.2.2. İstasyon II (37°20'44.40''K 27°44'17.75''D)

Milas şehir merkezine yakın mesafede bulunan bu istasyon başta evsel atıklar olmak üzere endüstriyel ve tarımsal kirliliğin biraz daha yoğunlaştığı bölge olarak düşünülmektedir. Üst kısımlarında bulunan kum ocakları akarsuyun belli bölgelerinde bozunmalara sebep olmuş ve akarsuyun akış hızını etkilemiştir. Seçilen 2. istasyona yaklaşık 1 km mesafede Milas şehir çöplüğü bulunmaktadır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. İstasyon II'den şehir merkezi yakınları.

3.2.3. İstasyon III (37°18'58.30''K 27°42'23.66''D)

Milas şehir merkezinden 4-5 km sonra tahribattan az etkilenmesine rağmen tarımsal kirliliğin yoğun bulunduğu ve balık yemi fabrikası başta olmak üzere birçok endüstriyel ve evsel atığın bir araya geldiği bölgedir. Yaklaşık 3-4 km sonra çay Güllük Körfezine dökülmektedir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. İstasyon III.

Çalışmanın gerçekleştirildiği Sarıçay, atık su noktası, tarımsal sulama için kaynak su temin noktası ve Bodrum ilçesine içme suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Oysa artık bu çayda toplu balık ölümlerinin yaşanmasının yanı sıra hem içme suyu hem de tarımsal sulama suyu olarak kullanılamaz hale gelmiştir. Fakat bununla ilgili yeterli çalışma yapılmamış hiçbir kurum tarafından dikkate alınmamıştır. DSİ tarafından Sarıçay ve kolları üzerinde düşünülen 5 adet barajdan, Geyik barajı haricinde Bodruma içme suyu temin etmek mümkün değildir. Bodruma 60 km mesafede bulunan Geyik barajı, 1988 yılında, kaya dolgu malzemedan 39 metre yüksekliğinde inşa edilerek tamamlanmış ve işletmeye alınmıştır. Baraj içme, kullanma ve sanayi suyu amaçlı olarak inşa edilmiştir. Barajın normal su kotunda göl hacmi $40,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve yıllık içme suyu temini $38 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür (DSİ, 2010). Çalışmanın temel amaçlarından bir tanesi çaydaki temel kirlilik parametrelerini, suyun fiziko-kimyasal parametrelerini, canlı ve yapay midye teknolojisi kullanılarak ağır metal birikimlerini tespit etmektir.

3.3. Tatlı Su Midyesi

Mollusca şubesi içinde avcılığı ve yetiştiriciliği yaygın olarak yürütülen ve besin kaynağı olarak tüketilen canlı grubu Bivalvia sınıfıdır. Bu grup üyeleri olan midyeler, besin amaçlı tüketildikleri gibi, sedef ve inci elde etmek üzere, kabuk endüstrisi adı altında geniş bir yelpazede yer alarak ekonomiye katkı sağlamaktadır (Şereflişan, 2003). Kültürel yapı ve beslenme alışkanlıkları gibi faktörlerden dolayı tatlı su midyelerinin tüketimi ülkemizde oldukça azdır. Bununla birlikte deniz midyesi ise başta Ege bölgesi olmak üzere Akdeniz ve Marmara'da tüketilmektedir.

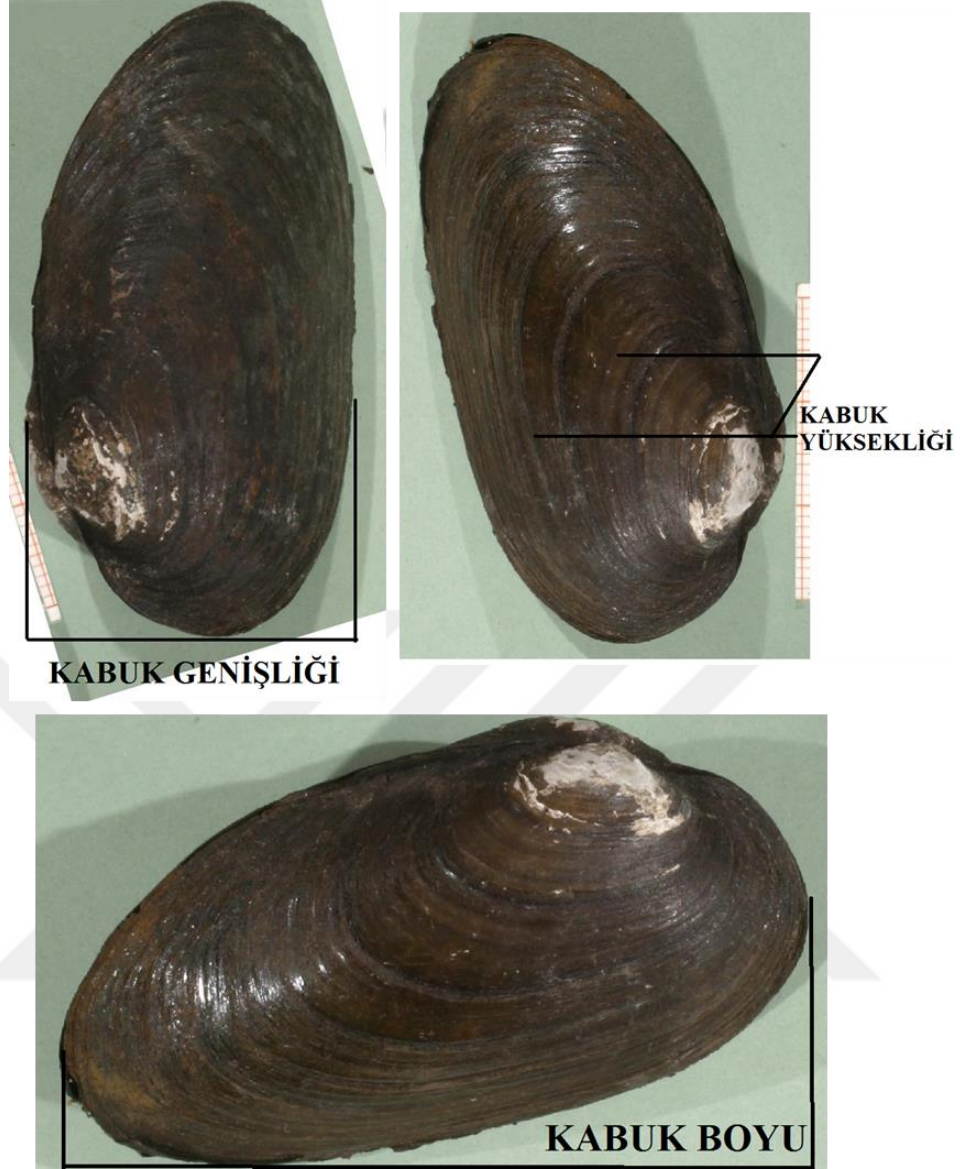
3.3.1. Genel bilgiler

Tatlı su midyeleri, doğal sularda balıkların önemli bir besinini oluşturduğu gibi, kültür balıkları ve akvaryum balıkları içinde önemli bir yem kaynağıdır. Özellikle ilk yem almaya başlayan yavru balıklar, midye ezmesini severek tüketmektedirler (Akyurt ve Erdoğan, 1993). Besin kaynağı bakımından ele alındığında tatlı su midyeleri Türkiye'de toplum tarafından direk tüketilmese de, balıklar için besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Tatlı su midyelerinin tüketimi ülkemizde pek yaygın olmamasına rağmen, protein değeri ortalama %41, yağ değeri ise ortalama %6 olan yüksek besin değerine sahip bir su ürünüdür (Başçınar vd., 2003).

Tatlı su midyelerinin kabukları, geçmişten günümüze inci üretimi başta olmak üzere kabuk endüstrisi ve diğer alanlarda değerlendirilmektedir. Tarihi gelişim içerisinde insanoğlunun inciye olan ilgisi çok eski çağlara dayanmaktadır. 1850'lerde midye balıkçılık endüstrisi kurularak, doğal kaynaklardan bolca avlanılmış (Olson, 2002), 1889 yılında avcılıkla elde edilen midyelerin kabukları düğme yapımında kullanılmaya başlanmıştır (Williams vd., 1993). Dünya kabuk üretimi ve inci üretiminde önemli bir yer tutan Unionidae familyasına ait türler Hatay ilinin Gölbaşı Gölünde de çok sayıda bulunmaktadır (Şereflişan, 2014). Bunun yanı sıra Muğla ilinin Dalaman ilçesinde bulunan Tersakan akarsuyunda da Unionidae familyasına ait çok sayıda *Unio crassus* türü yaşamaktadır (Genç vd., 2015).

Ekolojik önemleri bakımından ise midyeler; su ortamındaki kirleticileri filtre ederek süzmeleri, su kalitesinin yükselmesine büyük katkıda bulunmalarından dolayı oldukça önemlidir (Shultz ve Marbain, 1998). Kabuklarında ve dokularında biriken toksik kimyasal madde varlığı ile hem su havzalarının ortam kalitesini yansıtmada büyük rolleri bulunmakta, hem de ekolojik açıdan büyük önem taşımaktadırlar (Porter, 1990). Bünyelerindeki toksik kimyasal madde birikiminin analiz edilmesi sayesinde birçok tatlı su ortamındaki kirlilik durumunun ortaya konması bakımından da midyeler oldukça önemli bir konuma sahiptir. Dünyadaki bir çok bioizleme çalışmalarında indikatör tür olarak midyeler kullanılmaktadır. Buna karşın, tatlı su midyelerinin varlığı çeşitli bölgelerde değişik sebeplerden dolayı tehdit altında olduğu bazı çalışmalarla ortaya konarak, göl veya nehirlerde midyelerin yok olmasının diğer sucul türler için büyük risk olduğu bildirilmektedir (McMahon, 1991).

Ülkemiz tatlı su kaynakları bakımından oldukça zengindir. Mevcut akarsu, nehir, nehir ağzı ve kolları ile doğal ve yapay göllerde birçok tatlı su midye türü bulunmaktadır (Geldiay ve Bilgin, 1969). Midyelere ait biyometrik ölçümler şekil 3.5 de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Tatlı su midyesinde (*Unio crassus*) biyometrik ölçümler.

3.3.2. Sistematikteki yeri

Anadolu tatlı su midyeleri 4 gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi, Avrupa merkezli olup Tuna nehri aracılığı ile gelen ve Türkiye'nin batısına dağılmış olan gruptur (2 *Unio* ve 1 *Anodonta* türü). İkincisi, Doğu Akdeniz formu olup Nil ve Akdeniz sahilleri aracılığı ile gelmiş Türkiye'nin güneyini kapsayan Antalya-Hatay şeridinde ve özellikle Asi nehri (Orontes), Amikgölü (Horus) ve Çukurova (Cilicia) merkezli gruptur (3 *Potamida*, 4 *Unio*, 2 *Leguminia* ve 1 *Gabillotia* türü). Üçüncüsü, Güney Asya'dan göç eden, Güneydoğu Anadolu'da yayılış gösteren gruptur (2 *Unio*,

1 *Pseudodontopsis*, 1 *Leguminaia* ve 1 *Sinanodanta* türü). Dördüncü grup ise, Güney Rusya'dan gelmiş olan ve Sakarya Irmağı ile Türkiye'nin doğusuna yayılmış gösteren gruptur (3 *Unio*, 1 *Pseudodontopsis* ve 4 *Anodonta* türü) (Çetinkaya, 1995).

Phylum : Mollusca
Class : Bivalvia
Subclass : Lamellibranchia
Ordo : Unionoida
Family : Unionidae
Subfamily : Unioninae
Genus : Unio
Species : *Unio crassus* (Philipsson, 1788)

3.3.3. Tatlı su midyelerinin morfolojisi ve anatomisi

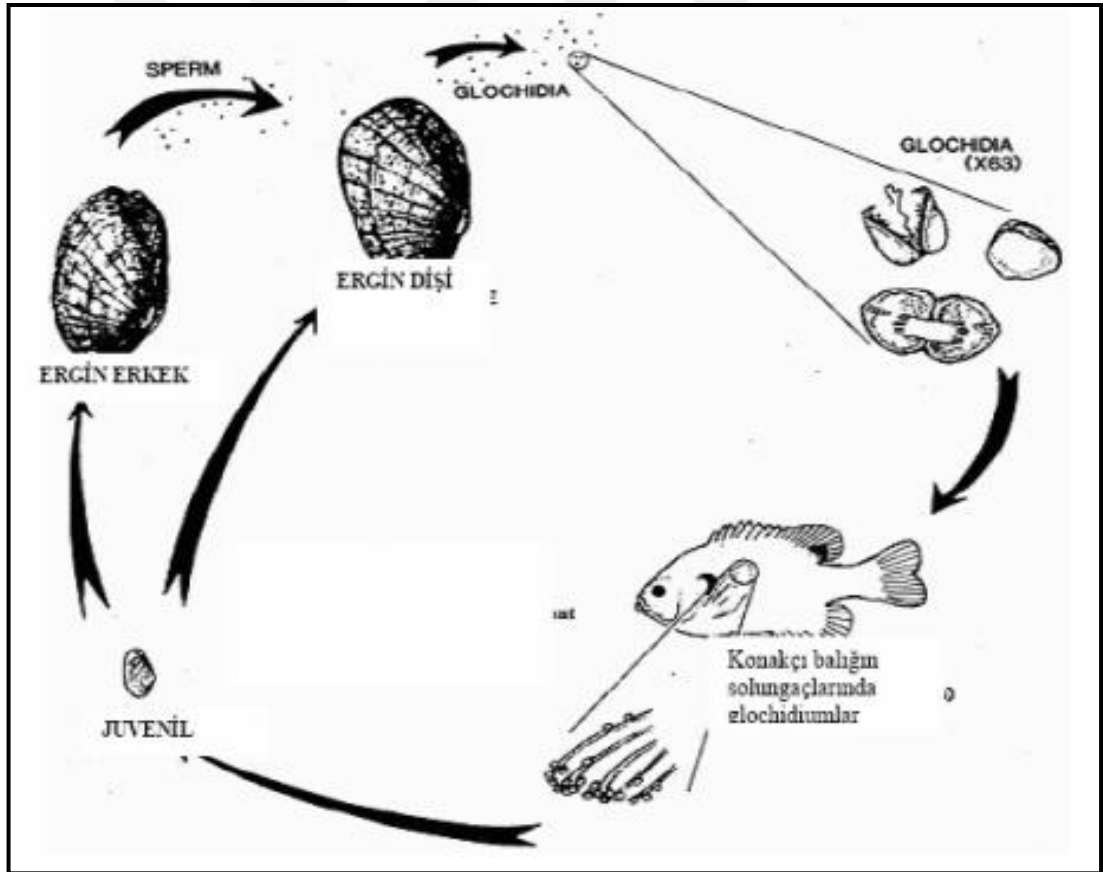
Kabuklar kalın çeperli, dış yüzey esmer yeşil renkli, kalın bir periostrakumla kaplı, bir dorsal ligamentle tutunan ve açılıp kapanabilen, kalsiyum karbonat ve proteinden yapılmış uzunca ve eşit iki parçadan oluşmaktadır. Ligamentler ve kaslar, kabuğun iç yüzeyinde diagnostik izler bırakır. İç yüzey sedefle kaplıdır. Çeşitli şekilleri olup genellikle alt daireselle oval veya üçgenimsidir. Türlerin boyu, kalınlığı, rengi (dış ve iç), şekli ve dokusuyla değişmektedir. Hayvanın yumuşak kısmı için koruyucu bir dış iskelet görevi görür. İç ve dış yüzey özellikleri türü teşhis etme açısından önemlidir. Önemli dış niteleyici özellikleri; sol ve sağ kabuklar, umbo, menteşe ve büyüme halkalarıdır (Demirsoy, 1999).

Kabuğun iç yüzeyindeki ince doku manto olarak adlandırılır. Manto tabakası; dış epitel, bağ doku, iç epitel olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır (Demirsoy, 1999). Manto dokusu kabuğu salgılar, kabuk ve manto arasına partiküllerin girmesini engeller. Yabancı bir partikül, manto ve kabuk arasına girdiğinde midye eğer onu dışarı atamazsa kendine zarar vermesin diye sedef salgılayarak partikülü çevirir ve incinin oluşmasını sağlar.

Mantonun arka kısmını iki sifon borusu (suyu içeri alan ve dışarı atan) oluşturur. Mantonun epidermisindeki siller, mukus ve labial palpler yardımıyla besinin sindirim sistemine girmesini sağlar (Miller ve Nelson, 1983).

Vücudun her iki tarafında kan damarlarınca zengin; solunumda, filtrasyonda, besin türü seçmede ve üremede rolü olan 2 çift solungaç yaprağı vardır. Dış solungaçlar mantoya yapışık, içtekiler serbesttir. Siller, su koşullarında solungaçları örtmeye yardım eder. Dişilerde solungaçlar aynı zamanda gelişmiş yumurtaları tutmak için kese olarak görev görür. Bazı türler damızlık cebi olarak görev yapan ayrı bir solungaç odasına sahiptir. Vücudun ön alt kısmında, kabuk dışına da çıkarılabilen ayak vardır. Ayak; hareket etmeye, oyuk açmaya, göl yatağı veya bir nehirde kendisinin güvenliğini sağlamaya yarar.

Unionidae familyasında pek çok tür ayrı eşeylidir (Anonim, 2000). *Unio pictorum* türü de ayrı eşeylidir ve üreme yaz mevsiminde olur. *Anodonta cygnea*'da ise hem hermafroditlik, hem de ayrı eşeylilik görülür. Unionidae familyasına ait tatlı su midyelerinde üreme döngüsü Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Unionidae familyasına ait tatlı su midyelerinde üreme döngüsü (Anonim, 2002).

Tatlı su midyelerinde cinsi olgunluk, türlere ve sıcaklığa bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 3–5 yaşlarında cinsi olgunluğa ulaşırlar. Dişinin ovaryumunda olgunlaşmış yumurtalar solungaçlara geçer ve burada filtre suyuyla taşınan spermle döllenir. Yumurtalar dişinin solungaçlarına mukusla tutunur Bu solungaçlara, kuluçka odacıkları denir. Bazı türlerde solungaçların tamamı kullanılır. Bazılarında ise bir kısmı ya da iki parçası kullanılır. Her bir yumurta hızlı bir şekilde bölünür ve larvalar birkaç dakika içerisinde gelişir. Bu larvalar glochidia olarak adlandırılır. Her bir dişi 200.000'den fazla larva üretebilir. Türlele bağlı olarak larvaların solungaç odacıklarında kalış süresi farklılık gösterir (McMahon, 1991).

3.4. Yapay Midye Teknolojisi

Başta ağır metaller olmak üzere birçok kimyasal kirleticilerin analitik olarak test edilmesi zaman kaybettirici ve aynı zamanda bir o kadar da pahalıdır. Su ve sedimentte birikim gösteren kirleticilerin konsantrasyonunun analiz edilmesi tek başına o ortamda yaşayan canlılar üzerine kirleticinin potansiyel etkisi hakkında da bilgi yeterli olmayacaktır (Mal vd., 2002). Kirliliğin çok yoğun olduğu bölgelerde sucul canlılar; kirleticilerin suda tespit edilen konsantrasyonundan bir milyon kez daha yüksek konsantrasyonda biyoakümüle ve biyokonsantre edebilirler (Cha vd., 1997).

Sucul ortamda ağır metallerin geleneksel izleme ile belirlenmesi su, sediment ve canlılardaki birikim gösteren metaller karıştırılarak yapılır. Fakat her yöntemin kendi sorunları ve kısıtlamaları vardır.

Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'da bugüne kadar bilim insanları akuatik ortamlarda metal birikimini tespit edebilmek için canlı midye örnekleri kullanmışlardır. Canlı midye örnekleri bünyelerinde ortamda bulunan metal birikiminden çok daha fazlasını biriktirebilirler. Klasik metal izleme metotlarında su, sediment ve canlılardaki metal birikimi tespit edilir ve karşılaştırılır fakat her metodun kendine özgü kısıtlama ve problemleri vardır. Örneğin kullanılan canlının öldürülmesi gerekmektedir ve metal birikimi abiyotik (pH, tuzluluk) ve biyotik (büyüme, üreme) faktörlerinden etkilenmektedir. Bilim insanları çalışmalarında kısıtlı dağılım ve ortamda var olup

olmamalarına göre çok çeşitli midye türleri kullanmaktadırlar. Bu zor koşulları ortadan kaldırmak üzere Wu (2007) yapay midye olarak isimlendirilen ekonomik pasif bir örnekleme cihazı geliştirmiştir. Yapay midye laboratuvar koşulları altında yaşayan midyelere benzer şekilde metalleri bünyesine alabilir ve ortama bırakabilir olmasından dolayı pasif örnekleme cihazlarıdır. Her iki sistemin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır.

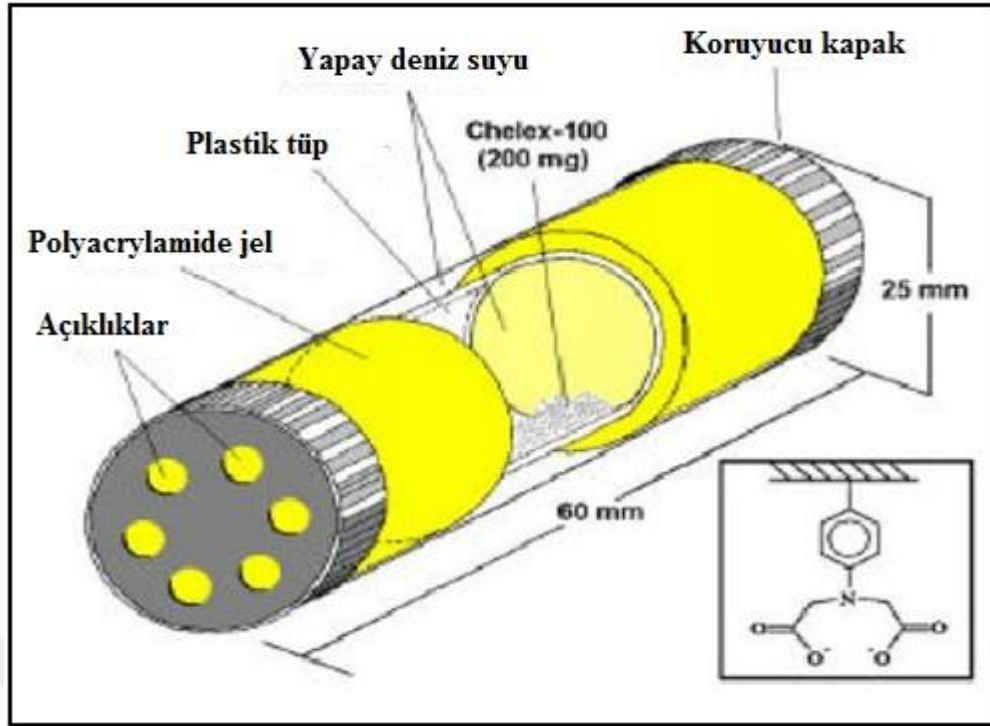
Biyomonitörleme'nin dezavantajları:

- a) Hayvanların öldürülmesini gerektirir,
- b) Metallerin birikimi abiyotik ve biyotik faktörler tarafından etkilenmektedir,
- c) Biyolojik örneklerin karmaşık analizi istenir.

Yapay midye teknolojisinin avantajları:

- a) Sürekli izleme sağlar,
- b) Hiçbir güç veya enerji gerektirmez,
- c) Metal birikiminde biyotik ve abiyotik faktörlerden etkilenmez,
- d) Tüm sular çapında (taze, deniz, atık / geri dönüştürülmüş su) standart bir metottur,
- e) Biyoindikatör organizmaları bulunmayan yerlerde konabilir,
- f) Analiz etmek basittir.

Cihaz (yapay midye) geçirgen olmayan bir Perspex borusuna (60 mm x 25 mm) aktarılan 8 ml yapay deniz suyu içinde 200 mg Chelex-100 (Bio-Rad 50-100 mesh)'ün süspanse edildiği bir sistem olarak geliştirilmiştir. Tüpün her iki tarafı 1 mm kalınlığında polyacrylamide jel ile kapatılmaktadır. Tüpün her iki ucu jelin olası mekanik hasarlara karşı korumak için delikli plastik kapak ile kapatılmaktadır (Şekil 3.7). Metaller su yoluyla poliakrilamid jel içerisinden geçerek Chelax-100 (metal bağlayıcı ajan) içinde tutunur (Şekil 3.7) ve (kompleks) ayrıştırılır. Birkaç hafta sonra metal içeriğini belirlemek için örnek alınır.



Şekil 3.7. Yapay midye şeması.

3.4.1. Yapay midyenin hazırlanması

Yapay midyenin yapımı aşağıda özetlenmiştir.

- Plastik boru, bir uç kapağı yaklaşık 2,5 cm çapında, 6 cm uzunluğunda ve bir lastik bant tarafından 5 cm x 5 cm plastik film ile iki ucu tutturulmuş açık şekilde olmalıdır.
- 100 ml'lik balon joje kullanılarak 0.5 g N,N'-methylene-bis-acrylamide ve 15 g acrylamide içeren 100 ml solüsyon hazırlanır.
- a'da nasıl yapıldığı anlatılan plastik tüp içerisine 4 ml, b'de nasıl yapıldığı anlatılan solüsyon aktarılır.
- %10 ammonium peroxodisulfate'dan 160 µL eklenir. Bu solüsyon başlatıcı (öncü) olarak kabul edilir.
- 40 µL of TMEDA (N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine) eklenir. Bu solüsyon polimerizasyon katalizörü olarak kabul edilir.
- Ammonium peroxodisulfate ve TMEDA solüsyonlarının eklenmesi ile çözelti 5 dk içerisinde jel benzeri kıvama polimerize olacaktır.

- g) Polimerizasyonun tamamlanmasından sonra distile su olan bir kap içerisine tüp yerleştirilir tüm gece bekletilir. Su içinde tüp yerleştirmedeki amaç gece boyunca jelin şişmesine ve tüp içerisine tutunmasını sağlanmasıdır.
- h) Jelin tüp içinde şişmesi ve tutunmasından sonra 1 cm uzunluk ve 2 cm çapa sahip plastik halka tüpe yerleştirilir ve halkanın içerisine 0.2 ± 0.05 g of Chelex[®]-100 konur plastik halkanın tamamen suya batmış olduğu bir şekilde su eklenir.
- i) Jel tüpün diğer tarafından itirilerek yerleştirilir.
- j) Plastik halka jellere degecek şekilde her iki taraftan jeller merkeze doğru itilir.
- k) Yapay midyenin yapımı tamamlanmış plastik tüp içerisinde bulunan Chelex[®]-100 iki tarafı geçirgen jel tabakası ile kapanarak yapay midye yapımı tamamlanmıştır.

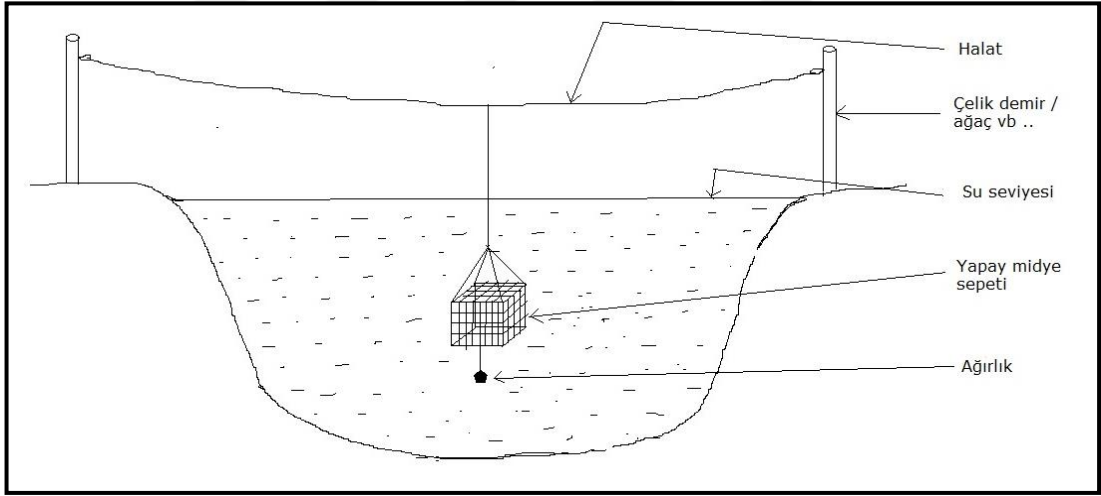
3.4.2. Yapay midye konuşlandırılması için standart operasyon prosedürleri

- a) Yerel bilgilere dayanarak, metal kontaminasyonunun farklı özelliklerde ve farklı düzeylerde olan üç bölge seçilir. Seçilen bu bölgeler kontrol ya da referans bölgesi, bir diğeri oldukça kirli bölge ve farklı metal seviyelerine sahip diğeri bölge ya da farklı tip metallerden etkilenen bölgeler seçilmelidir.
- b) Tüm seçili siteler rahatsızlık veya vandalizmden arındırılmış olmalıdır (Deniz karakolu, özel iskele, deniz feneri, deniz parkı ve deniz rezervi).
- c) Bölgelerin hidrografisi (örneğin tuzluluk, sıcaklık ve akım) mümkün olduğunca benzer olmalıdır.

3.4.3. Saha dağıtım

- a) Her bir örnekleme noktasında naylon ağ torbaya (plastik ağ kafes içine) 10 adet yapay midye konur ve çanta/kafes içinde gel-git seviyesinin altına 1 m derinliğe batırılır (örneğin iskele veya şamandıra).
- b) Yapay midyelerin su yüzeyinin altında olduğuna ve hiçbir şekilde havaya maruz kalmayacağına emin olunmalıdır. Bu torba / kafes'e ağırlık eklenerek de gerçekleştirilebilir (Şekil 3.8).

- c) İlk konuşlandırmadan sonra 4 haftalık süreler ile her istasyondan bırakılan 10 adet yapay midye örneği alınır.
- d) Örnekleme sırasında yapay midye (jelin sağlam ve sızıntısının olmadığı kontrol edilmeli) örneklerini alırken midyelerin koşulları kontrol edilmelidir.
- e) Aynı istasyonlara konuşlandırılmış yapay midyeleri ıslak havluya ayrı ayrı sarılır ve her birey ve etiketli plastik torba içine yerleştirilir ve örnekler soğuk buz kapları içerisinde saklanır.
- f) Laboratuvara dönüldüğünde midye yüzeyindeki bozulmalara neden olan organizmalar fırçalanır ve yıkama şişesindeki temiz deniz suyu / su ile püskürtülerek yüzeyin durulanmasını sağlanır.
- g) Yapay midye örneği için her birey ıslak havlulara sarılır plastik torbalar içine koyup paketlenir. Yapay midyeler çift etiketlenmelidir (Şekil 3.9).
- h) Su geçirmez plastik saklama kaplarına yapay midye örnekleri konur ve etiketlenir.



Şekil 3.8. Yapay midyenin suya bırakılma düzeni.



Şekil 3.9. Yapay midye örneği.

Etiketlenip paketlenen yapay midye örnekleri analiz edilmek üzere Hong Kong; Centre for Marine Environmental Research and Innovative Technology laboratuvarına gönderilmiştir (Şekil 3.10). Ayrıca yapay midye teknolojisi basında büyük ilgi görmüştür (Şekil 3.11).



Şekil 3.10. Yapay midye örneklerinin etiketlenip paketlenmesi.



Şekil 3.11. Basında yapay midye teknolojisi.

3.5. Yöntem

3.5.1. Arazide uygulanan metotlar ve kullanılan ekipmanlar

Su örnekleri, yüzeyden, asit ile temizlenmiş 40 mL polietilen numune kapları kullanılarak alınmıştır. İçerisinde sediment örneği olmamasına dikkat edilmiştir. Su örnekleri alındıktan hemen sonra %0.5 konsantre nitrik asit solüsyonu eklenmiştir. Su örnekleri akarsuyun yüzeyinden temin edilmiştir. İstasyonlarda su sıcaklığı (°C), pH, elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S cm}^{-1}$) ve çözülmüş oksijen ($\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$): Hach Lange HQ 40d marka multimetre kullanılarak ölçülmüştür. Biyolojik oksijen ihtiyacı ($\text{BOI}_5 \text{mgO}_2 \text{L}^{-1}$) ise arazide ölçülen çözülmüş oksijen miktarı ile şififli BOI şişelerine alınan su numunelerinin 20°C 'de inkübatör kullanılarak karanlık ortamda bekletilip,

yine Hach Lange HQ 40d marka multimetre ile 5 gün sonra ölçülen değer arasındaki fark bulunarak hesaplanmıştır. Fizikokimyasal analizler için su örnekleri arazide 1 litrelik polietilen kaplara alınarak +4°C’de soğuk zincir içerisinde aynı gün laboratuvar ortamına getirilerek en kısa sürede analiz edilmiştir.

3.5.2. Laboratuvarda gerçekleştirilen fiziko - kimyasal analizler için ekipman

Su örneklerinin analizi toplam sertlik ($^{\circ}\text{dH}$) Ca ve Mg miktarları LCK 327 kitleri kullanılarak spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N mgL}^{-1}$) LCK 304, nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N mgL}^{-1}$) LCK 339, nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N mgL}^{-1}$) LCK 342, orto-fosfat ($\text{PO}_4\text{-P mgL}^{-1}$) LCK 348, potasyum ($\text{K}^{+2} \text{mgL}^{-1}$) LCK 328 kitleri kullanılarak spektrofotometrik yöntemle laboratuvar ortamında ölçülmüştür. Bu amaçla HACH LANGE DR 2800 model spektrofotometre kullanılmıştır (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. HACH LANGE DR 2800 model spektrofotometre.

3.5.3. Fiziko-kimyasal su kalitesi tayin yöntemleri

Sarıçay’da gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen su için fiziko-kimyasal veriler aşağıda detaylı olarak açıklanan su kirliliği yönetmelikleri ile karşılaştırılmıştır.

3.5.4. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği

T.C. Çevre Bakanlığı 2872 Sayılı Çevre Kanunu'na ek olarak hazırlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kıta içi su kaynakları fiziko-kimyasal veriler kullanılarak dört kalite sınıfında değerlendirilmektedir (Resmi Gazete, 2008). Çizelge 3.1'de bu çalışmada ölçülen parametreler verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Kıta içi su kaynakları sınıflarına göre kalite kriterleri.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	25	25	25	> 30
pH	6,5–8,5	6,5–8,5	6,0–9,0	6,0–9,0 dışında
Çözünmüş oksijen (O_2 mg L^{-1})	8	5	3	< 3
Amonyum azotu (NH_4-N mg L^{-1})	0,2	1	2	>2
Nitrit azotu (NO_2-N mg L^{-1})	0.002	0.01	0.05	> 0.05
Nitrat azotu (NO_3-N mg L^{-1})	5	10	20	> 20
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5), (mg L^{-1})	4	8	20	> 20

Su ortamlarının kalite sınıflandırılmasına göre 4 basamağa ayrılan sınıfların anlamları aşağıdaki gibidir.

Sınıf I : Yüksek kaliteli su

Sınıf II : Az kirlenmiş su

Sınıf III : Kirli su

Sınıf IV : Çok kirlenmiş su

Sınıf I'e ait olan yüksek kaliteli sular yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi sucul hayvan üretimi ve çiftlik suyu ihtiyacı için kullanılır. Sınıf II'ye ait olan az kirlenmiş sular ise ileri ve uygun bir arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışındaki diğer balıkların üretimi ve sulama suyu olarak kullanılır. Sınıf III'e ait olan kirlenmiş sular ise uygun bir arıtmadan sonra, kaliteli su kullanımını gerektirmeyen endüstriyel aktiviteler için kullanılır. Sınıf IV'e ait çok kirlenmiş sular ise düşük kaliteli suları ifade eder ve kullanım alanı yoktur.

3.5.5. Klee (1991)'ye göre fiziko-kimyasal su kalitesi değerlendirmesi

Fiziko-kimyasal verilerin Klee (1991)'e göre yapılan su kalitesi değerlendirilmesinde dört ana ve üç ara sınıf olmak üzere yedi sınıf bulunmaktadır (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Farklı kirlenme basamaklarının istatistiki ortalama değerlerine göre kimyasal parametrelerin konsantrasyon dağılımı (Klee 1991'e göre Barlas vd., 1995'ten).

Kirlenme Basamakları	Org. Karbon	Biyolojik Oksijen İhtiyacı	Amonyum NH ₄ -N	Nitrit NO ₂ -N	Nitrat NO ₃ -N	Orto Fosfat PO ₄ -P	Klorit Cl ⁻
I	1,6 1,3-2,0	1,1 0,7-1,9	0,08 0,06-0,15	0,006 0,003-0,010	1,2 0,8-1,8	0,06 0,003-0,09	8 6-14
I-II	1,9 1,4-2,4	1,8 1,2-2,8	0,11 0,09-0,21	0,013 0,008-0,033	1,7 1,0-3,9	0,08 0,04-0,21	14 8-26
II	2,3 1,8-3,1	3,2 2,1-5,8	0,16 0,11-0,30	0,03 0,018-0,055	3,0 1,9-4,7	0,19 0,09-0,38	20 12-35
II-III	2,7 2,1-3,3	6,2 4,1-7,8	0,4 0,14-0,8	0,055 0,025-0,104	3,9 2,4-6,4	0,3 0,09-0,82	34 22-55
III	3,8 2,8-6,5	9,9 5,2-11,6	0,9 0,3-2,9	0,11 0,056-0,21	4,4 2,9-7,3	1 0,48-1,35	45 28-72
III-IV	5,4 3,5-8,8	10,8 6,2-12,3	2,48 0,6-5,52	0,19 0,092-0,280	7,0 3,8-12,2	1,7 0,72-1,98	57 35-108
IV	9,4 8,7-10,5	14,2 7,9-17	12,2 2,8-28	0,28 0,06-0,45	2,6 1,5-5,2	2,48 1,1-3,0	70 29-240

3.6. Ağır Metal Analizi İçin Prosedür

3.6.1. Su rneklerinin analize hazırlanması için izlenen prosedür

Laboratuvar ortamına getirilen su örnekleri içerisinde hiçbir tortu ya da partikül kalmaması için filtre kağıtları (Sartorius-Stedim, partikül byklğ=2-3 µm) kullanılarak szldkten sonra 15 ml'lik falcon tüplere konulmuş ve direk analiz edilmek üzere hazırlanmıştır.

3.6.2. Sediment örneklerinin analize hazırlanması ve yakılması için izlenen prosedür

3.6.2.1. Sediment için yakma prosedürü

Laboratuvar ortamına getirilen sediment örnekleri 105°C’de 24 saat süre ile kurutulmuştur. 60 mikron gözenekli eleklerden geçirilerek büyük partiküllerden arındırılması sağlanmıştır. Solüsyon hazırlanmasında Ultrasaf su (Direct-Q 8UV Almanya) kullanılmıştır. Teflon tüpler saf su ile temizlenip %5 HNO₃ içerisinde 1 gün süre ile bekletilmiştir. Metal analizi için sediment örneklerinden 0.5 g tartılmış ve üzerine 7 mL %70 HNO₃ asid ve 3 mL %30 H₂O₂ eklenmiştir. Yakma işlemi Berghof speedway MWS-3⁺ model yakma ünitesi ile gerçekleştirilmiştir. Yakma ünitesinin koşulları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. MWS-3⁺ yakma ünitesinde uygulanan prosedür.

Aşama	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)	175	100	100	100	100
Basınç (bar)	30	0	0	0	0
Zaman (min)	10	10	10	10	10
Slope (min)	1	1	1	1	1
Güç (%)	80	0	0	0	0

Daha az asit kullanılması, kısa zaman alması gibi etkenler mikrodalga yakma programını daha avantajlı hale getirmektedir (Şekil 3.13). Yakılmış örnekler filtre kağıtlarından geçirilerek (Sartorius-Stedim, partikül büyüklüğü=2-3 µm) polipropilen tüplere aktarılmıştır. Daha sonra kaplar ultrasaf su ile yıkanmış ve içlerinde hiçbir numune olmaksızın 5 mL %70 HNO₃ asit ve 5 mL saf su konularak yukarıdaki çizelgedeki yakma programı kullanılarak temizlenmiştir. Tüm kullanılan ekipmanlar olası kontaminasyondan kaçınmak için 24 saat %10 HCl maruz bırakılmış ve ultrasaf su ile temizlenmiştir. Yakma prosedürü boyunca kullanılan asitler Merck-Almanya’dan temin edilmiştir.



Şekil 3.13. Berghof MWS3+ mikro dalga yakma ünitesi.

3.6.3. Metal analizlerinde kullanılan cihaz ve dalga boyları

Su ve sedimentte birikim gösteren Cd, Cr, Pb, Cu, Co, Hg, Zn, Fe, Mn, Ni elementleri GBC Avanta marka Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi (AAS) ile analiz edilmiştir (Çizelge 3.4). Yakıt olarak hava-asetilen karışımı kullanılmıştır. Hava-Asetilen karışımı oranı sırasıyla 12/2'dir. Numunelerin içeriğindeki metallerin analizi yapılırken AAS'deki optimum çalışma koşulları ve parametreler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Su ve sedimentte metal analizi doğruluk oranlarını tespit edebilmek için National Research Council Canada SPS-SW1 (su için) ve WQB1 (sediment için) - National Water Research Institute kodlu standart referans maddeleri kullanılmış ve %90-97 arasında iyi bir oran bulunmuştur.

Çizelge 3.4. AAS çalışma koşulları.

Elementler	Cd	Cr	Pb	Cu	Co	Hg	Zn	Fe	Mn	Ni
Absorpsiyon Dalga Boyu (nm)	228,8	359,3	217,0	324,7	240,7	253,7	213,9	248,3	279,5	232,0
Optimum Çalışma Aralığı (mg/L)	0,2-1,8	2,0-20,0	2,5-20,0	1,0-10,0	2,5-9,0	2,0-20,0	0,4-2,0	2,0-9,0	1,0-3,6	1,8-8,0
Slit Aralığı (nm)	0,5	0,2	1,0	0,5	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2

Çalışılan elementlerin kalibrasyon eğrilerindeki $R^2=0,999$ 'du. AAS'de her bir ölçüm 3 kez tekrarlanmıştır ve bağıl standart sapma (RSD) %5'in altındadır.

Yapay ve canlı midye örneklerinde Çizelge 3.5'de belirtilen cihaz ve limit dalga boyları kullanılmıştır.

Çizelge 3.5. ICP-OES ve ICP-MS çalışma koşulları.

Instrument Elements	ICP-OES (Perkin Elmer 2100 DV)							ICP-MS (Perkin Elmer Elan 6100 DRC)			
	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	U	Hg	Cr	Pb	Co	Cd
Emisyon çizgisi dalga boyu, nm	206,2	231,604	238,204	257,61	327,393	385,958	253,652	267,716	220,353	228,616	228,802
Mass								52	208	59	114
IDL, µg/L	5,25	7,50	3,72	8,34	7,95	6,30	9,78	3,33	0,96	2,16	1,41
Midye örnekleri için MDL, µg/g	0,33	0,47	0,23	0,52	0,50	0,39	0,61	0,21	0,06	0,14	0,09
Yapay midye örnekleri için MDL, µg	0,13	0,19	0,09	0,21	0,20	0,16	0,24	0,08	0,02	0,05	0,04

3.7. İstatistiksel Analizler

Metal birikimlerinin; su ve sediment örneklerinde mevsim ve istasyonlara göre farklılıkları ile her iki midye örneğindeki metal birikiminin mevsim ve istasyonlara göre farklılıkları Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney-U varyans analiziyle incelenmiş olup, metal birikimleri boxplot grafik modeli ile gösterilmiştir. Bütün istatistiksel analizler SPSS 20.0 paket programıyla yapılmıştır. Ayrıca grafik çizimlerinde Origin 8 programından yararlanılmıştır.

Sonuçlar $p < 0,05$ ise önemli kabul edilmiştir. Temel bileşenler testi (PCA) R (R Development Core Team 2015) FactoMiner paket program kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

Sarıçay'da yapılan bu çalışmada Aralık 2013 - Eylül 2014 tarihleri arasında su, sediment, canlı ve yapay midye örnekleri alınarak laboratuvar ortamına getirilmiştir. Suyun fiziko-kimyasal analizleri, su, sediment ve canlı midye örneklerindeki metal değerleri, yapay midye sisteminin muhafaza ettiği metal birikimi ile canlı midye örneklerinin boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler aylık, mevsimsel ve istasyonlara göre tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin korelasyon değerleri hesaplanmıştır.

4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

2014 yılı kış dönemi Sarıçay'da yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen sudaki fiziko-kimyasal analizlerin aylık ortalama değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Kış dönemi fiziko-kimyasal analiz sonuçları (Ort±SS).

	(O ₂ mg L ⁻¹)	(BOİ ₅), (mg L ⁻¹)	pH	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS cm ⁻¹)	Amonyum azotu (NH ₄ -N mg L ⁻¹)	Nitrit azotu (NO ₂ -N mg L ⁻¹)	Nitrat azotu (NO ₃ -N mg L ⁻¹)	Orto Fosfat (PO ₄ -P)	Potasyum (K ⁺ mg L ⁻¹)	Kalsiyum (Ca mg L ⁻¹)	Magnezyum (Mg mg L ⁻¹)	Toplam Sertlik (dH°)
ARALIK													
1.istasyon	9.74±0.05	3.19±0.04	8.05±0.02	10.60±1.00	855±5.000	0.59±0.00	0.029±0.00	0.710±0.02	1.08±0.05	3.25±1.00	69.56±1.95	16.10±0.80	13.08±0.07
2.istasyon	9.40± 0.03	4.45±0.05	8.10±0.05	13.71±0.18	1554.66±7.50	0.327±0.01	0.121±0.00	1.10±0.00	2.13±0.10	3.77±0.02	70.96±4.04	15.70±0.90	13.16±0.15
3.istasyon	8.17±0.02	5.65±0.02	8.86±0.04	16.80±0.05	1759.66±43.09	1.16±0.12	0.17±0.00	2.43±1.00	3.31±1.00	7.66±0.40	94.50±0.66	19.20±0.30	17.73±1.00
OCAK													
1.istasyon	8.16±0.04	3.07±0.06	8.52±0.05	10.83±0.02	875.00±20.29	0.08±0.00	0.13±0.01	0.42±0.01	0.07±0.01	4.24±0.07	75.41±1.00	3.14±0.02	17.70±1.00
2.istasyon	8.78±0.03	3.55±0.01	8.74±0.01	15.63±0.45	1227.33±24.78	0.06±0.00	0.09±0.00	0.083±0.01	3.80±0.29	4.19±0.02	134.00±7.54	9.40±0.02	20.80±1.00
3.istasyon	7.72±0.16	4.54±0.03	8.08±0.01	17.66±0.51	1681.00±28.21	0.04±0.00	0.05±0.00	1.90±0.90	11.92±0.09	9.36±0.2	82.48±0.70	121.09±203.43	14.53±0.40
ŞUBAT													
1.istasyon	7.44±0.03	2.85±0.01	8.19±0.02	15.80±0.3	968.33±9.07	0.22±0.09	0.02±0.00	0.34±0.02	1.17±0.05	0.70±0.03	37.10±2.00	18.28±0.77	8.30±0.08
2.istasyon	7.41±0.04	3.64±0.03	8.88±0.07	17.35±0.22	1436.00±10.14	0.02±0.00	0.14±0.00	0.79±0.05	5.68±0.03	1.19±0.02	98.41±0.67	27.13±0.95	18.90±0.20
3.istasyon	6.88±0.02	4.64±0.07	8.27±0.05	17.50±0.20	1866.00±54.51	0.21±0.02	0.18±0.00	0.87±0.03	7.60±0.39	4.16±0.06	47.50±0.55	14.06±0.15	9.74±0.02

Kış dönemi için her üç istasyonda yapılan analizler sonucu çözünmüş oksijen (9.74 ± 0.05) Aralık ayında 1. istasyonda maksimum seviyede ölçülmüştür. Ayrıca yine aralık ayında iletkenlik (1759.66 ± 43.09), $\text{NH}_4\text{-N}$ (1.16 ± 0.12) ve $\text{NO}_3\text{-N}$ (2.43 ± 1.00) ortalama değerlerinin 3. istasyonda maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra $\text{PO}_4\text{-P}$ (11.92 ± 0.09), K (9.36 ± 0.2) ve Mg (121.09 ± 203.43) ortalama değerlerinin maksimum seviyeye Ocak ayında ve 3. istasyonda ulaştığı görülmektedir. Sadece sudaki sertlik parametresinin 2. istasyonda ve Ocak ayında maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir. Şubat ayı için ise pH (8.88 ± 0.07) ve Ca (98.41 ± 0.67) ortalama değerleri maksimum seviyelerde 2. istasyonda tespit edilmiş iken, nitrit (0.18 ± 0.00) ortalama değeri ise maksimum seviyede 3. istasyonda tespit edilmiştir.

Yaz dönemi Sarıçay'da yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen sudaki fiziko-kimyasal analizlerin aylık ortalama değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Yaz dönemi fiziko-kimyasal analiz sonuçları (Ort±SS).

	(O ₂) (mg L ⁻¹)	(BOİ ₅) (mg L ⁻¹)	pH	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS cm ⁻¹)	Amonyum azotu (NH ₄ -N mg L ⁻¹)	Nitrit azotu (NO ₂ -N mg L ⁻¹)	Nitrat azotu (NO ₃ -N mg L ⁻¹)	Orto Fosfat (PO ₄ -P)	Potasyum (K ⁺ mg L ⁻¹)	Kalsiyum (Ca mg L ⁻¹)	Magnezyum (Mg mg L ⁻¹)	Toplam Sertlik (dH°)
HAZİRAN													
1.istasyon	9.19±0.02	2.88±0.5	7.35±0.04	16.50±0.2	749.33±65.04	0.372±0.00	0.04±0.00	0.56±0.01	1.17±0.04	0.036±0.00	66.53±2.70	32.26±2.53	17.00±0.2
2.istasyon	6.53±0.9	2.40±0.05	7.37±0.06	21.40±0.70	1266±51.39	0.69±0.51	0.04±0.00	0.73±0.00	5.77±0.06	4.06±0.05	82.43±0.7	28.13±0.40	18.10±0.2
3.istasyon	4.72±0.04	5.43±0.03	7.25±0.04	27.10±0.2	1567.33±49.21	0.08±0.00	0.21±0.00	0.95±0.00	7.81±0.03	11.09±0.04	58.43±0.07	28.40±0.3	14.66±0.15
TEMMUZ													
1.istasyon	8.79±0.04	2.66±0.05	7.24±0.03	18.30±0.2	757.33±41.52	0.12±0.00	0.06±0.00	0.57±0.01	1.35±0.06	0.54±0.01	77.10±1.24	28.30±0.02	17.86±0.05
2.istasyon	6.53±0.07	2.45±0.05	7.06±0.04	24.53±0.15	1336±88.84	0.07±0.00	0.20±0.00	0.76±0.01	2.17±0.06	2.53±0.3	56.33±0.65	21.53±0.66	15.40±0.3
3.istasyon	4.84±0.06	5.56±0.05	7.11±0.02	26.80±0.72	1545±45.31	0.09±0.00	0.11±0.00	0.83±0.04	4.33±0.10	5.75±0.05	85.63±4.35	31.53±0.73	16.80±0.30
AĞUSTOS													
1.istasyon	8.75±0.04	2.66±0.04	7.09±0.01	25.66±0.32	832.66±222.00	0.13±0.00	0.07±0.00	0.40±0.00	1.62±0.03	1.21±0.03	36.56±0.41	17.66±0.20	8.14±0.01
2.istasyon	7.12±0.03	4.41±0.04	7.05±0.01	27.20±0.10	1123.66±48.88	0.55±0.00	0.10±0.00	0.73±0.01	0.72±0.02	1.38±0.03	46.33±0.56	13.73±0.35	9.63±0.02
3.istasyon	4.39±0.06	4.41±0.04	7.14±0.01	27.46±0.45	1477±124±46	0.08±0.00	0.11±0.00	0.96±0.00	1.23±0.01	1.29±0.03	98.76±1.97	26.76±0.30	19.30±0.72

Yaz dönemi için her üç istasyonda yapılan analizler sonucu çözünmüş oksijen (9.19 ± 0.02) ve Mg (32.26 ± 2.53) ortalama değerleri Haziran ayında 1. istasyonda maksimum değerlerde ölçülmüştür. pH (7.37 ± 0.06) ve $\text{NH}_4\text{-N}$ (0.69 ± 0.51) ortalama değerleri Haziran ayında maksimum seviyede 2. istasyonda ölçülmüştür. İletkenlik (1567.33 ± 49.21), $\text{NO}_2\text{-N}$ (0.21 ± 0.00), $\text{PO}_4\text{-P}$ (7.81 ± 0.03) ve K (11.09 ± 0.04) değerleri yine Haziran ayında, fakat 3. istasyonda maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir. Sıcaklık (27.46 ± 0.45), $\text{NO}_3\text{-N}$ (0.96 ± 0.00), Ca (98.76 ± 1.97) ve sertlik (19.30 ± 0.72) değerleri ise 3. istasyonda Ağustos ayında maksimum seviyede analiz edilmiştir.

4.2. Çalışmada Kullanılan Midye Örneklerinin Boy Ağırlık Değerleri

Yaz ve kış mevsimi olmak üzere toplam 6 ay boyunca toplanan canlı midye örneklerine (*Unio crassus*) ait kabuk uzunluğu (mm), genişliği (mm), yüksekliği (mm), toplam ağırlık (g) ve yaş ağırlık (g) ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Yapılan örnekleme aylık olup, her aya ait örnek sayıları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Midye örnekleri kabuk uzunluk (mm), kabuk genişlik (mm), kabuk yükseklik (mm), toplam ağırlık (g) ve yaş ağırlık (g) ortalamaları (Ort±SS).

	Kabuk uzunluk (mm)	Kabuk genişlik (mm)	Kabuk yükseklik (mm)	Toplam ağırlık (g)	İç organların toplam ağırlığı (g)
Aralık (n=33)					
1. istasyon (n=11)	68,42±2,89	44,63±1,88	28,25±1,03	55,42±6,12	13,38±1,91
2. istasyon (n=11)	66,11±2,95	42,92±1,74	27,46±1,53	49,15±5,74	11,96±2,07
3. istasyon (n=11)	65,27±3,82	42,38±3,41	26,82±2,35	47,70±10,50	11,97±2,67
Ocak (n=33)					
1. istasyon (n=11)	67,70±2,65	43,88±2,09	27,29±1,55	50,89±6,33	19,57±1,48
2. istasyon (n=11)	66,61±2,59	44,17±1,97	28,96±2,36	52,08±8,81	19,68±2,06
3. istasyon (n=11)	67,37±3,09	43,93±2,33	28,33±1,32	53,20±7,43	20,10±1,63
Şubat (n=33)					
1. istasyon (n=11)	66,94±3,97	42,99±1,56	27,70±1,46	50,33±6,16	13,96±2,53
2. istasyon (n=11)	64,49±4,10	42,44±1,93	27,66±1,87	49,11±8,50	13,22±1,96
3. istasyon (n=11)	65,71±3,62	42,99±1,78	27,17±2,45	49,81±6,29	18,89±1,70
Haziran (n=45)					
1. istasyon (n=15)	66,38±3,67	44,27±1,90	28,86±1,64	56,84±8,03	12,44±2,05
2. istasyon (n=15)	67,31±3,99	44,87±2,50	27,61±2,25	50,42±7,48	11,74±2,63
3. istasyon (n=15)	67,73±5,17	44,27±2,57	27,52±2,08	52,52±10,25	11,85±2,96
Temmuz (n=36)					
1. istasyon (n=12)	65,78±3,30	40,39±4,81	27,76±2,46	55,65±5,77	11,88±0,94
2. istasyon (n=12)	63,99±4,64	40,86±2,27	25,07±2,04	53,12±8,12	17,56±2,70
3. istasyon (n=12)	66,25±3,05	41,88±1,43	25,74±1,55	60,61±5,85	13,85±2,53
Ağustos (n=36)					
1. istasyon (n=12)	65,03±4,18	41,45±1,73	25,64±1,30	52,23±7,09	13,11±2,37
2. istasyon (n=12)	64,09±2,96	41,22±2,18	25,14±0,96	51,60±6,77	12,24±2,28
3. istasyon (n=12)	66,17±3,16	42,16±1,66	25,92±1,32	58,13±8,41	14,68±1,79

Yılda toplam altı ay boyunca 216 midye örneği üzerinde yapılan ölçümler neticesinde maksimum kabuk uzunluğu 76,83 mm ve toplam ağırlık 78,71 g olarak Haziran ayı 1. istasyonda tespit edilmiştir. Minimum toplam ağırlık 31,79 g ve yaş ağırlık 5,89 g olarak yine Haziran ayı fakat 3. istasyonda ölçülmüş iken, minimum kabuk uzunluğu ise Temmuz ayı 2. istasyonda tespit edilmiştir (53,29 mm).

Yapılan ölçümler sonucu maksimum kabuk genişliği 49,52 mm ile Ocak ayı 2. istasyonda ölçülmüş iken, minimum kabuk genişliği ise Temmuz ayı 1. istasyonda 30,52 mm olarak ölçülmüştür.

Ocak ayı 2. istasyonda kabuk genişliği 34,38 mm ve yaş ağırlık 24,45 g olarak maksimum seviyede ölçülmüş iken, minimum uzunluk 21,37 mm ile Şubat ayı 3. istasyonda tespit edilmiştir.

Aynı zamanda canlı midye örneklerinde metal birikiminin belirlenmesi için yapılan bu çalışmada midye kabuk uzunluğu, kabuk genişliği ve kabuk yüksekliği ölçümleri göstermiştir ki, minimum ile maksimum ölçümler arasındaki fark 1.5 katını geçmemesine özen gösterilmiştir. Bu netice elde edilecek verilerin yorumlanabilmesinde önemli ölçüde fayda sağlanmıştır.

4.3. Metal Analiz Sonuçları

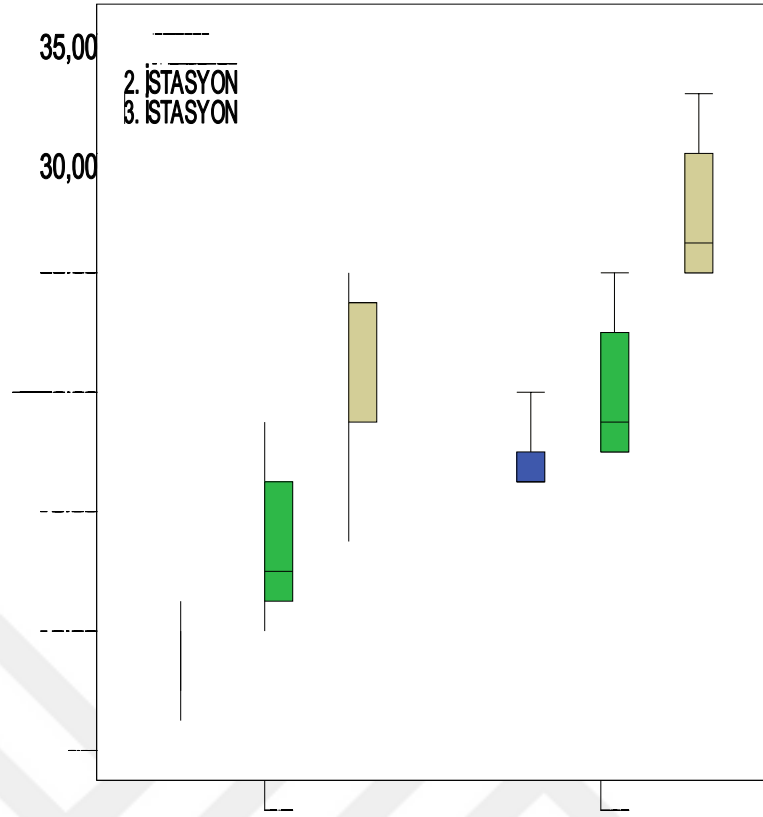
Kış ve yaz dönemleri boyunca arazi çalışmaları sonucu elde edilen su, sediment, canlı midye örnekleri ve yapay midye örneklerinde metal analizleri için ön işlemler ve analizler sonucunda metal değerleri elde edilmiştir. Her iki dönem için elde edilen metal değerlerinin istasyon ve mevsimsel dağılımları çizelge ve grafikler şeklinde verilmiştir.

4.3.1. Suda metal tespiti

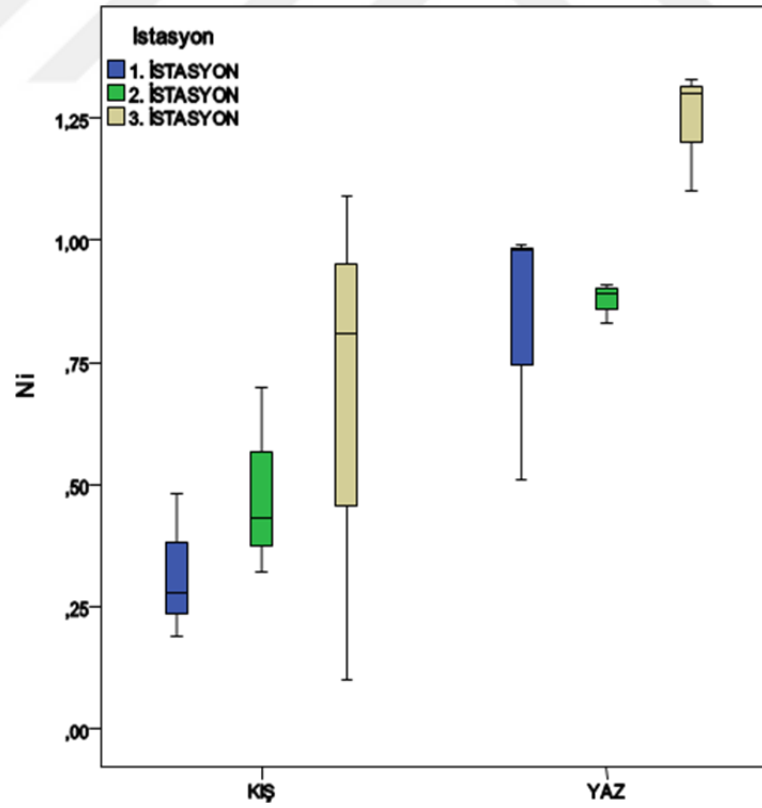
Kış ve yaz dönemleri boyunca her üç istasyondan altı ay boyunca su örnekleri alınmış ve sudaki metal birikimi hesaplanmıştır. Hesaplanan metal değerlerinin hem mevsimsel hem istasyonlardaki dağılımları Çizelge 4.4'te verilmiş olup, grafikler şeklinde gösterilmektedir (Şekil 4.1 – 4.10).

Çizelge 4.4. İstasyonlarda su örneklerinde tespit edilen mevsimsel metal değerleri (mg L⁻¹) (Ort±SS).

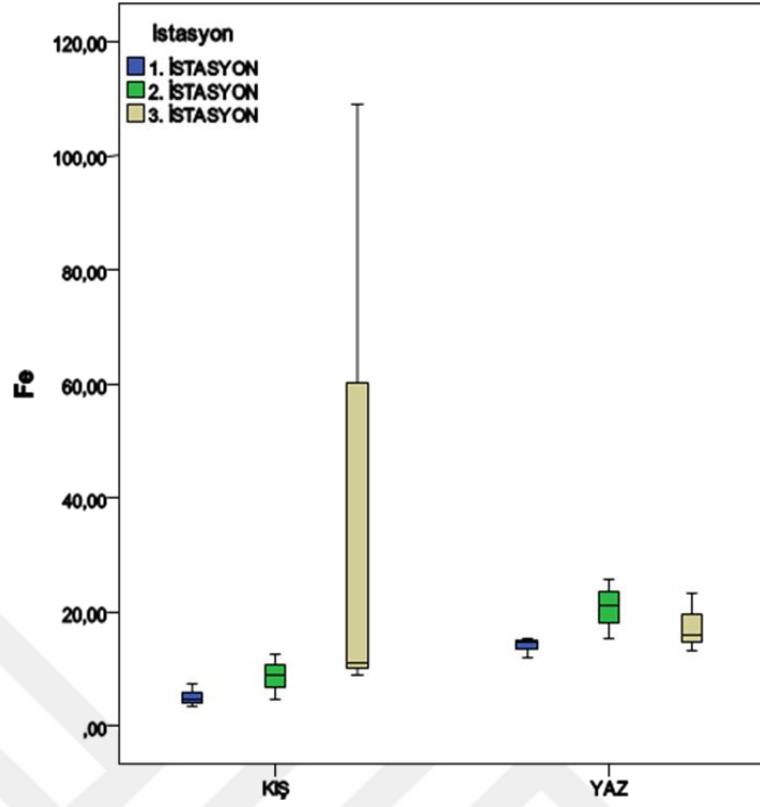
	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Cd	Hg
Kış dönemi ortalaması										
1. istasyon (n=3)	8.40±2.40	0.31±0.14	5.07±2.04	69.79±5.86	1.01±0.09	1.48±0.29	0.55±0.01	0.17±0.08	0.03±0.01	0.04±0.02
2. istasyon (n=3)	13.82±4.75	0.48±0.19	8.64±3.95	86.72±9.15	0.91±0.05	1.27±0.23	0.33±0.01	0.10±0.05	0.03±0.00	0.02±0.02
3. istasyon (n=3)	20.86±5.90	0.66±0.51	43.04±57.20	92.79±19.02	0.80±0.06	1.30±0.11	0.34±0.03	0.11±0.04	0.02±0.00	0.02±0.01
Yaz dönemi ortalaması										
1. istasyon (n=3)	17.02±2.24	0.82±0.27	14.06±1.81	94.59±13.27	0.73±0.10	1.60±0.25	0.32±0.14	0.08±0.01	0.03±0.00	0.06±0.01
2. istasyon (n=3)	20.35±4.07	0.87±0.04	20.68±5.29	125.47±18.43	1.40±0.6	1.92±0.43	0.47±0.03	0.08±0.01	0.04±0.00	0.03±0.00
3. istasyon (n=3)	28.15±4.40	1.24±0.12	17.40±5.13	155.83±46.18	0.83±0.16	1.96±0.31	0.36±0.16	0.09±0.00	0.04±0.00	0.03±0.00



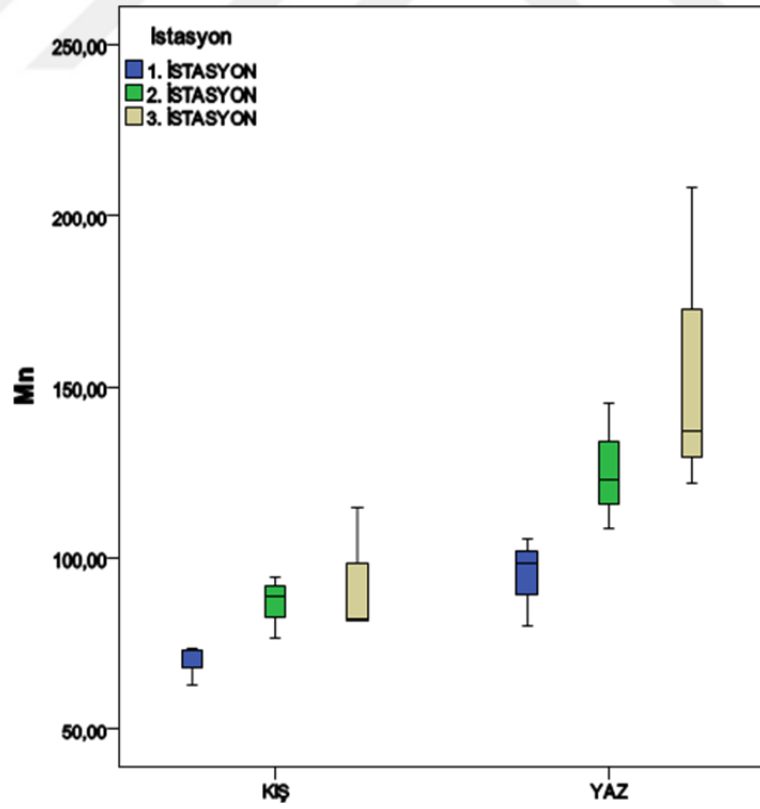
Şekil 4.1. İstasyonlarda tespit edilen suda Zn metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



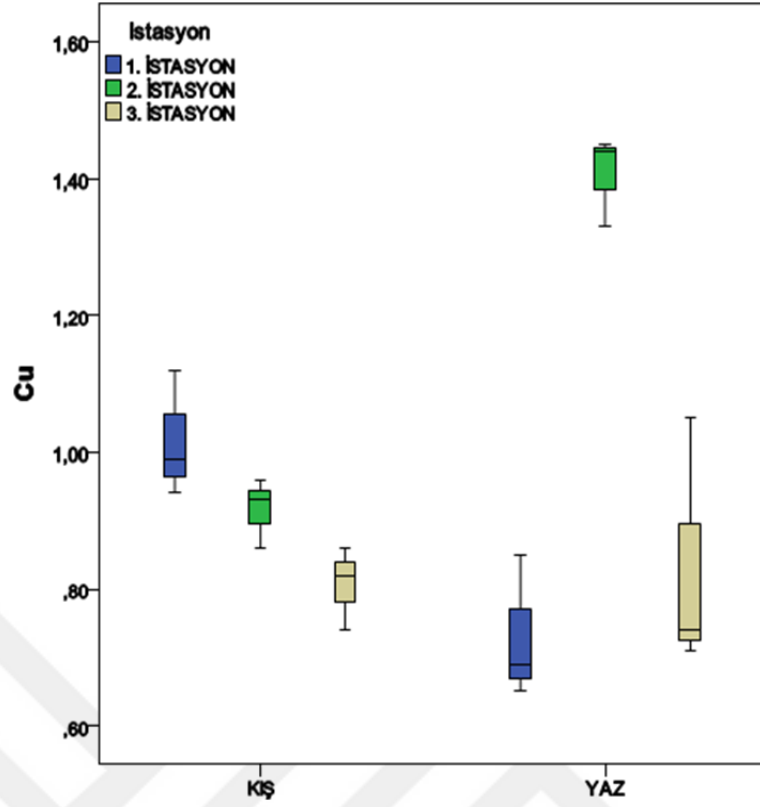
Şekil 4.2. İstasyonlarda tespit edilen suda Ni metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



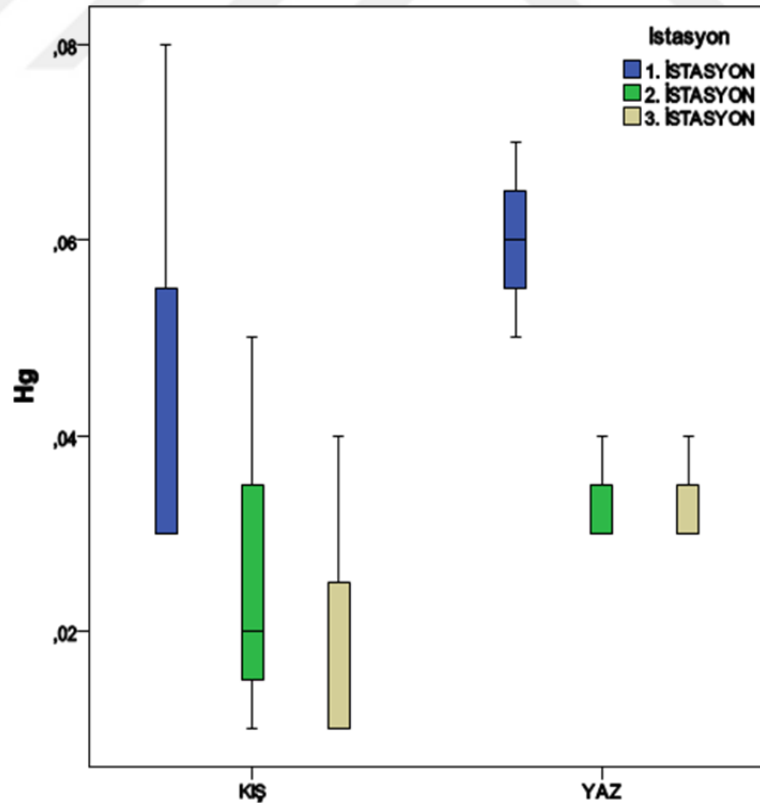
Şekil 4.3. İstasyonlarda tespit edilen suda Fe metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



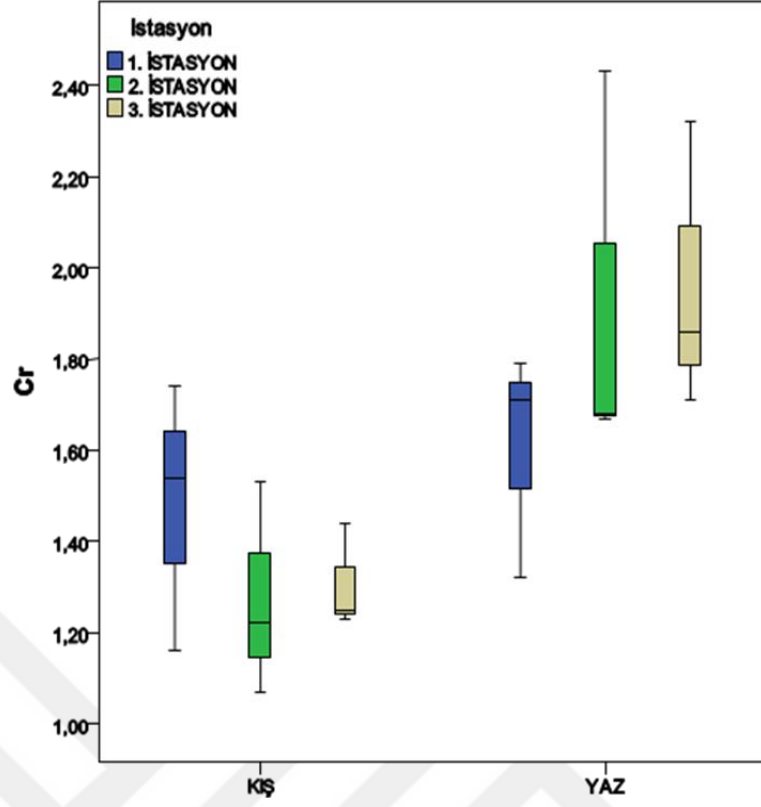
Şekil 4.4. İstasyonlarda tespit edilen suda Mn metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



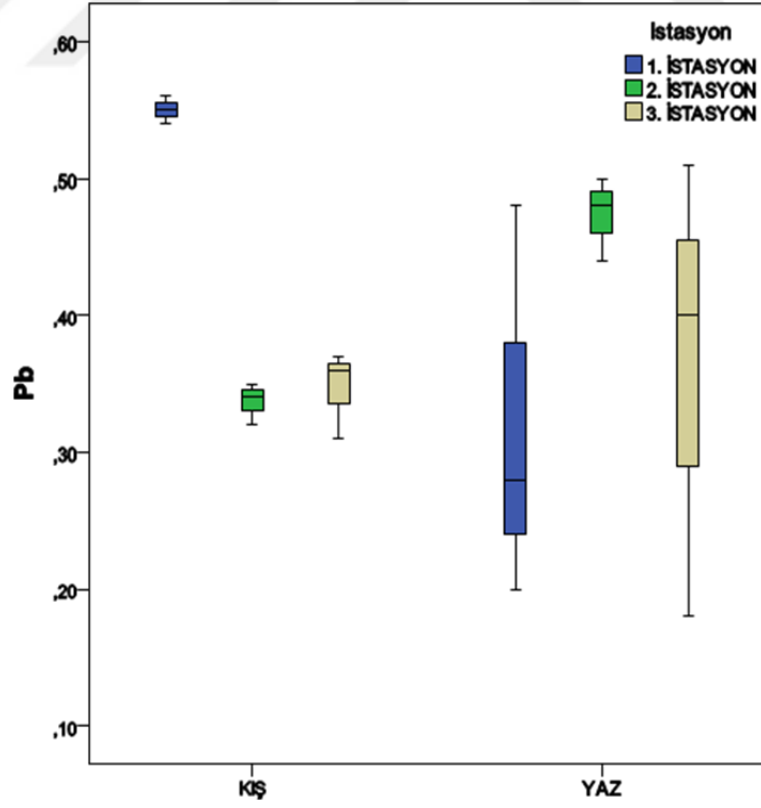
Şekil 4.5. İstasyonlarda tespit edilen suda Cu metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



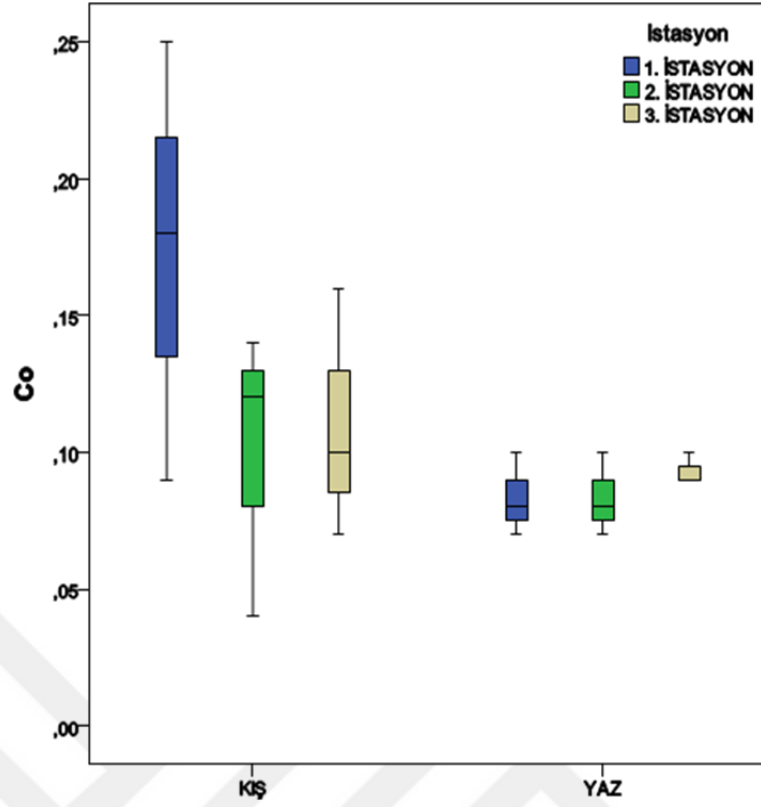
Şekil 4.6. İstasyonlarda tespit edilen suda Hg metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



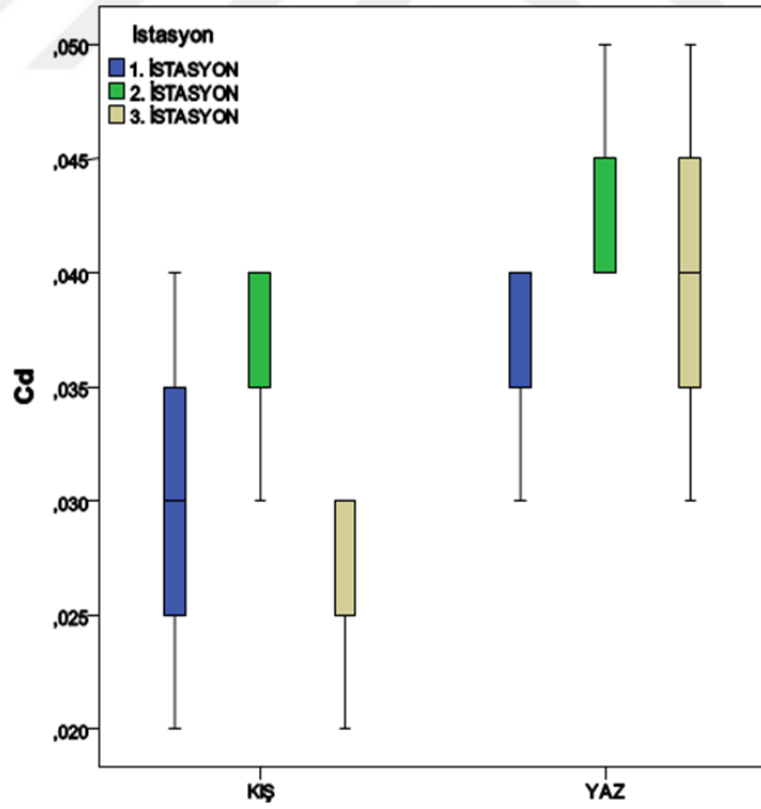
Şekil 4.7. İstasyonlarda tespit edilen suda Cr metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



Şekil 4.8. İstasyonlarda tespit edilen suda Pb metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



Şekil 4.9. İstasyonlarda tespit edilen suda Co metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).



Şekil 4.10. İstasyonlarda tespit edilen suda Cd metalinin mevsimsel dağılımı (mg L⁻¹).

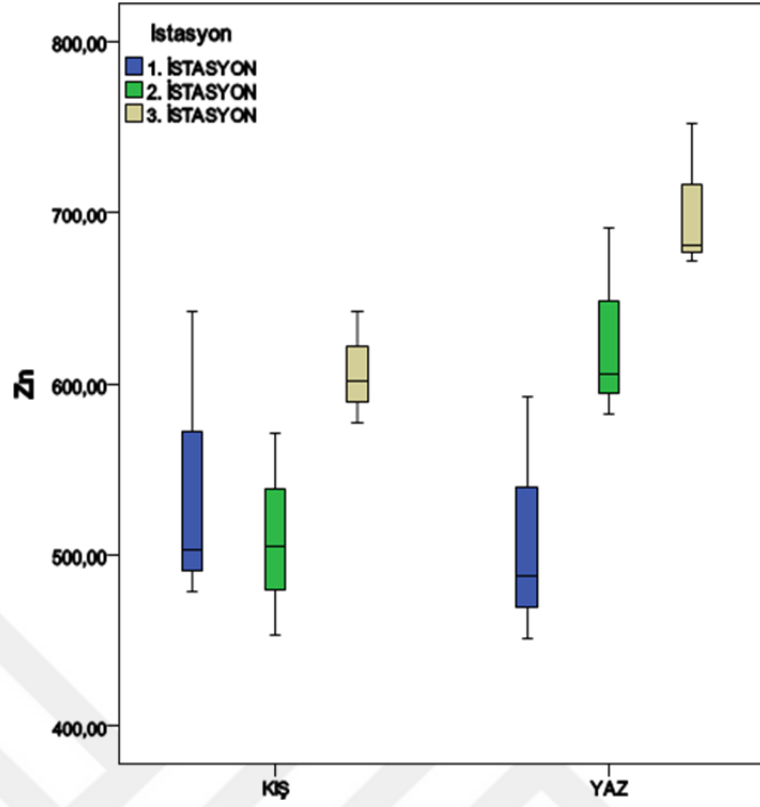
Suda en fazla analiz edilen metal Mn olarak belirlenmiştir. Minimum Mn değeri Ocak ayında 2. istasyonda 63,03 mg L⁻¹ olarak tespit edilmiş iken, maksimum değer Ağustos ayında 3. istasyonda 208,45 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür. Bununla beraber suda en fazla hesaplanan metallerden biri olan Fe minimum değerinde Şubat ayında 3,33 mg L⁻¹ olarak analiz edilmiş iken, maksimum değer yine Şubat ayında 3. istasyonda 109,09 mg L⁻¹ tespit edilmiştir. Analiz edilen minimum Zn değeri Aralık ayında 1. istasyonda 6,35 mg L⁻¹ tespit edilmiş iken, maksimum değer Ağustos ayında 3. istasyonda 33,09 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür. Minimum Ni değeri Ocak ayı 3. istasyonda 0,10 mg L⁻¹ olarak analiz edilmiştir, maksimum değer ise Temmuz ayında 3. istasyonda 1,33 mg L⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Minimum Cu değeri Temmuz ayında 1. istasyonda 0,65 mg L⁻¹ olarak analiz edilmiş iken, maksimum değer Ağustos ayında 2. istasyonda tespit edilmiştir. Ayrıca toksik metallerden biri olan Hg değeri Aralık ayında 3. istasyonda 0,01 mg L⁻¹ olarak ölçülmüş iken, maksimum değer Şubat ayında 1. istasyonda 0,08 mg L⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Suda analiz edilen Cr değeri minimum Şubat ayı 2. istasyonda 1,07 mg L⁻¹ olarak analiz edilmiş iken, maksimum seviyede yine 2. istasyonda Temmuz ayında 2,43 mg L⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bir diğer toksik elementlerden Pb metali incelendiğinde ise 0,18 mg/L olarak Ağustos ayında 3. istasyonda minimum değerinde ölçülmüş iken, maksimum değerinde 0,56 mg L⁻¹ olarak Şubat ayında 1. istasyonda analiz edilmiştir. Sudaki minimum Co değeri Aralık ayında 2. istasyonda 0,4 mg L⁻¹ olarak tespit edilmiş iken, maksimum Ocak ayında 1. istasyonda 0,25 mg L⁻¹ olarak analiz edilmiştir. Minimum Cd birikimi 0,2 mg L⁻¹ olarak Aralık ayında 3. istasyonda ve Şubat ayında 1. istasyonda ölçülmüş iken, maksimum seviyede 0,5 mg L⁻¹ olarak 3. istasyonda Haziran ayında ve 2. istasyonda Ağustos ayında tespit edilmiştir.

4.3.2. Sedimentte metal tespiti

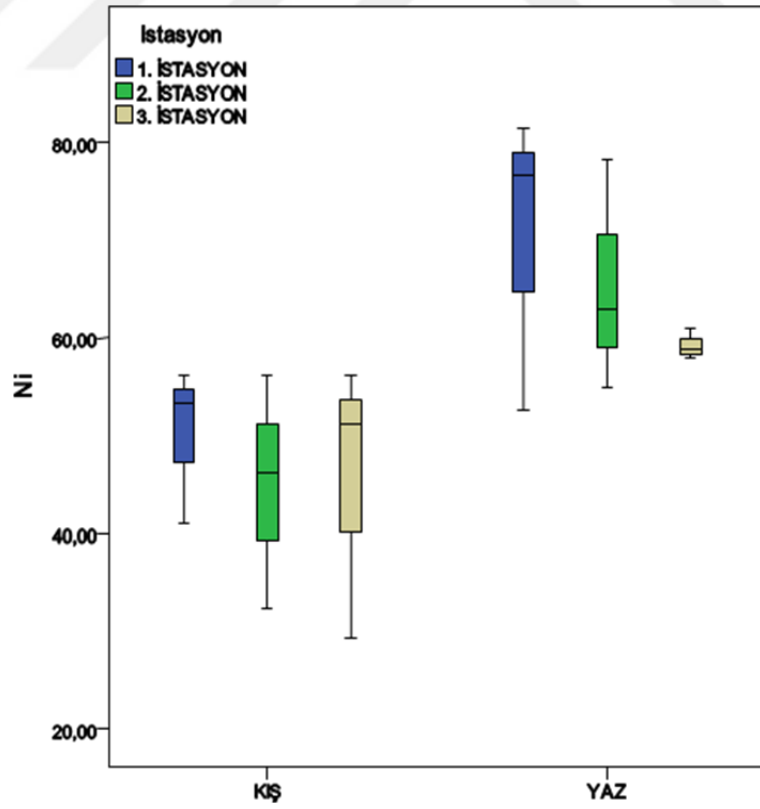
Kış ve yaz dönemleri boyunca her üç istasyondan sediment örnekleri alınmış ve sedimentteki metal değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan metal değerleri mevsimsel olarak istasyonlardaki dağılımları Çizelge 4.5'te gösterilmiş ve grafikler şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.5. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki mevsimsel metal değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Ort \pm SS).

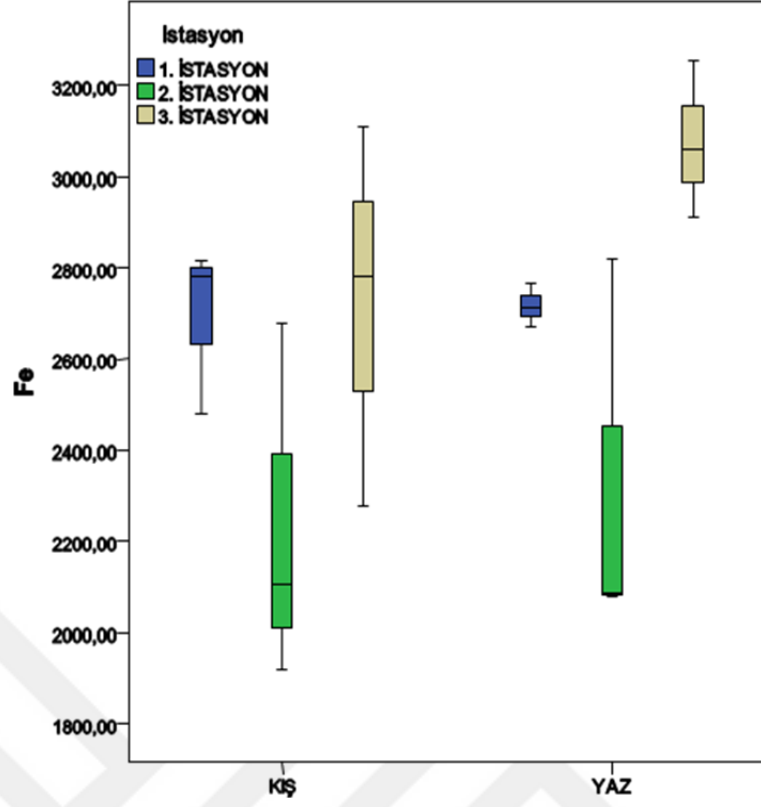
	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Cd	Hg
Kış dönemi ortalaması										
1. istasyon (n=3)	466.69 \pm 42.71	45.15 \pm 7.06	2585.98 \pm 199.33	2989.14 \pm 620.81	46.57 \pm 17.76	14.74 \pm 1.57	11.12 \pm 0.33	8.15 \pm 1.74	0.67 \pm 0.11	1.67 \pm 1.32
2. istasyon (n=3)	509.98 \pm 59.28	44.86 \pm 11.95	2234.14 \pm 396.18	3180.93 \pm 664.88	27.32 \pm 6.79	10.63 \pm 1.43	6.19 \pm 0.20	5.41 \pm 1.63	0.63 \pm 0.02	1.15 \pm 0.43
3. istasyon (n=3)	606.95 \pm 32.90	45.52 \pm 14.32	2722.96 \pm 418.60	3597.37 \pm 528.55	24.91 \pm 3.20	10.72 \pm 2.42	3.71 \pm 0.46	5.56 \pm 0.65	0.38 \pm 0.06	0.45 \pm 0.14
Yaz dönemi ortalaması										
1. istasyon (n=3)	510.00 \pm 73.33	70.23 \pm 15.42	2715.95 \pm 46.80	4237.17 \pm 306.90	60.82 \pm 4.51	20.87 \pm 7.77	11.57 \pm 4.40	5.38 \pm 1.04	0.76 \pm 0.11	1.76 \pm 1.41
2. istasyon (n=3)	626.19 \pm 57.05	65.39 \pm 11.78	2328.30 \pm 424.98	4265.47 \pm 551.58	47.66 \pm 14.57	16.19 \pm 3.76	10.18 \pm 2.53	6.01 \pm 0.30	0.84 \pm 0.05	1.19 \pm 0.49
3. istasyon (n=3)	701.89 \pm 43.71	59.25 \pm 1.61	3074.53 \pm 171.25	4517.26 \pm 395.43	32.84 \pm 4.61	15.71 \pm 1.02	8.58 \pm 1.88	6.84 \pm 0.24	0.79 \pm 0.17	0.95 \pm 0.12



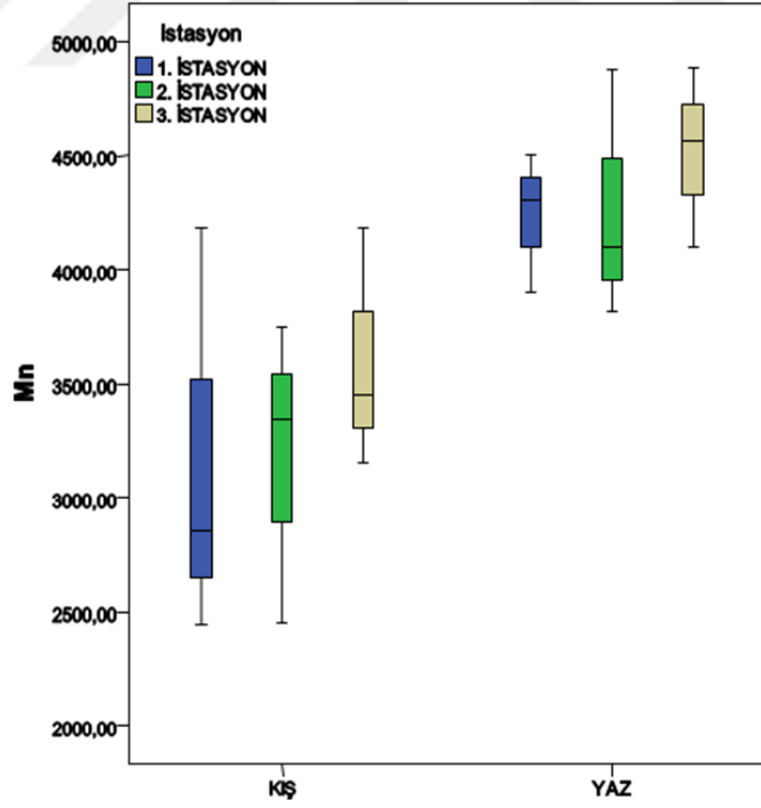
Şekil 4.11. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Zn metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



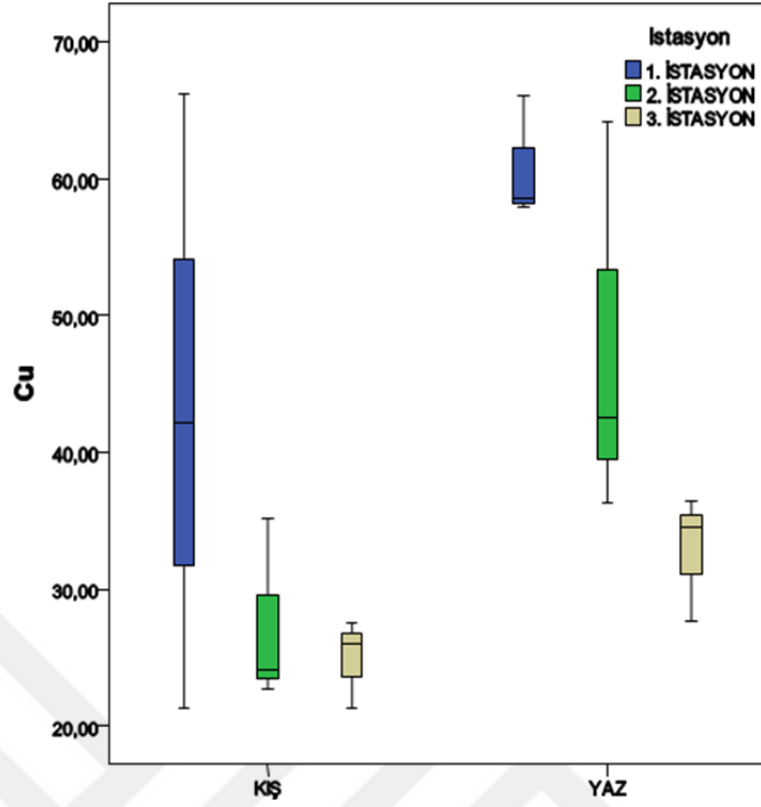
Şekil 4.12. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Ni metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



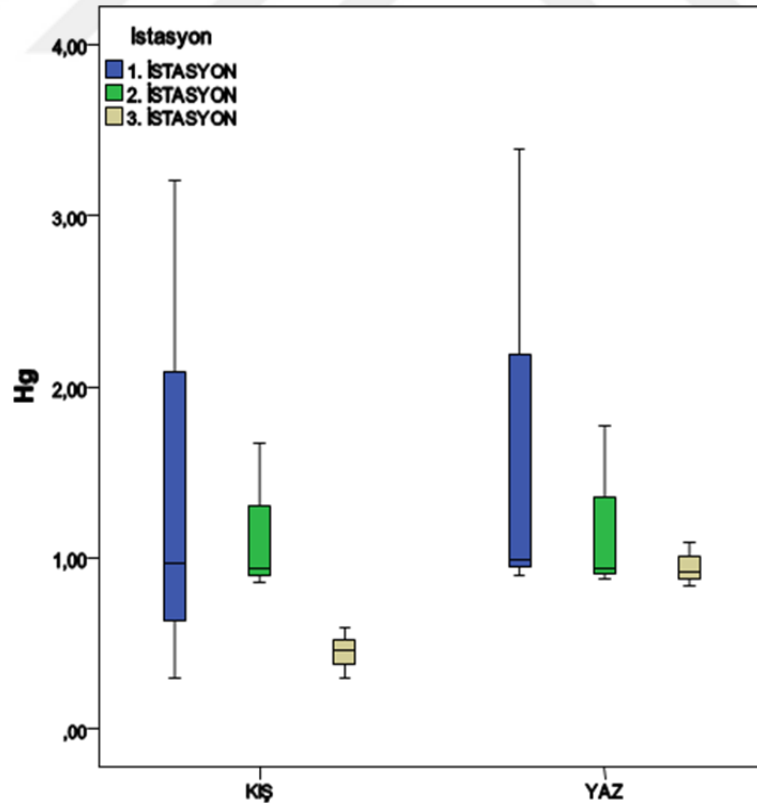
Şekil 4.13. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Fe metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



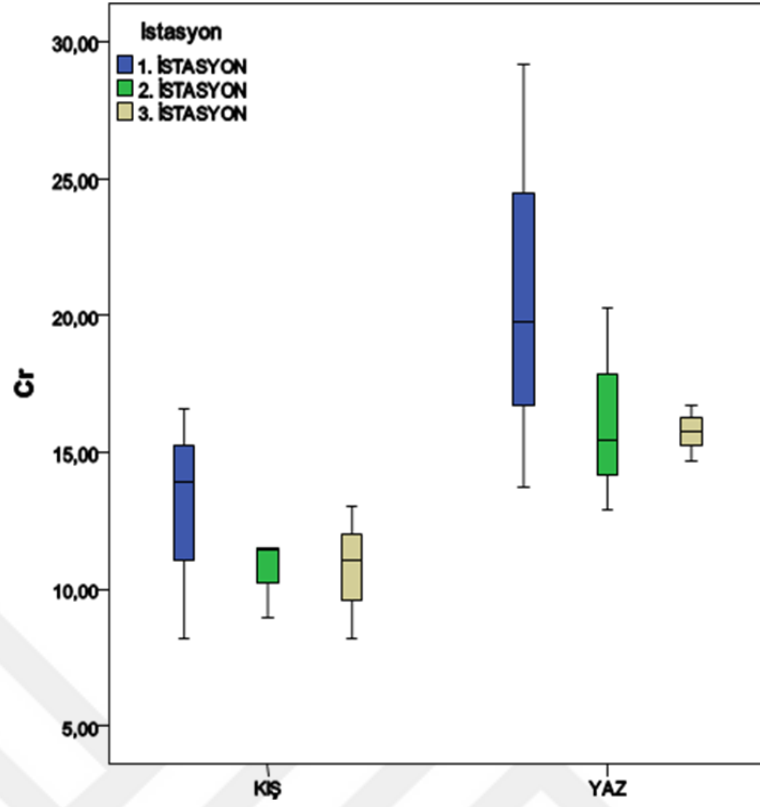
Şekil 4.14. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Mn metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



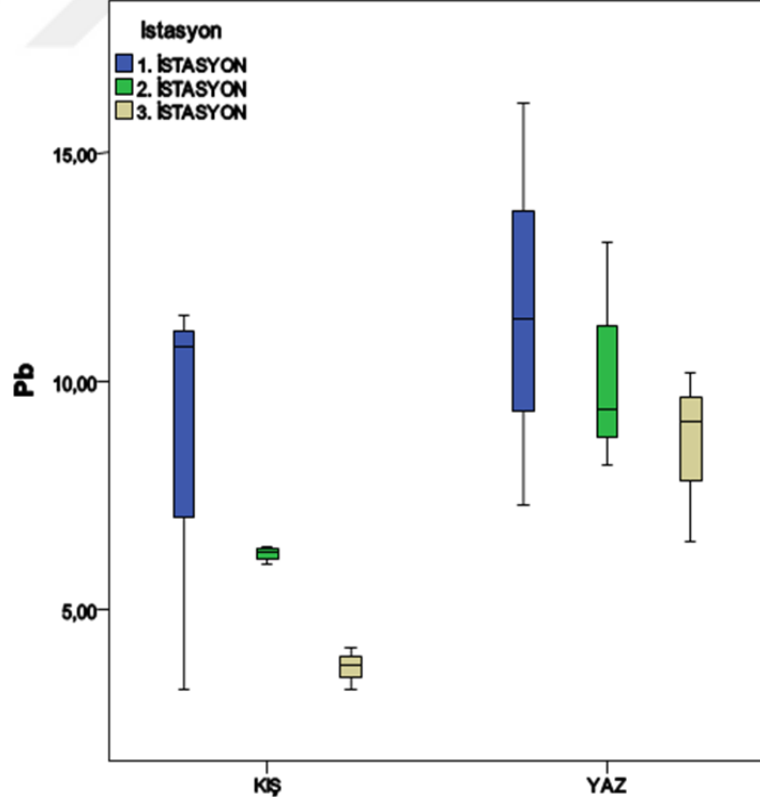
Şekil 4.15. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Cu metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



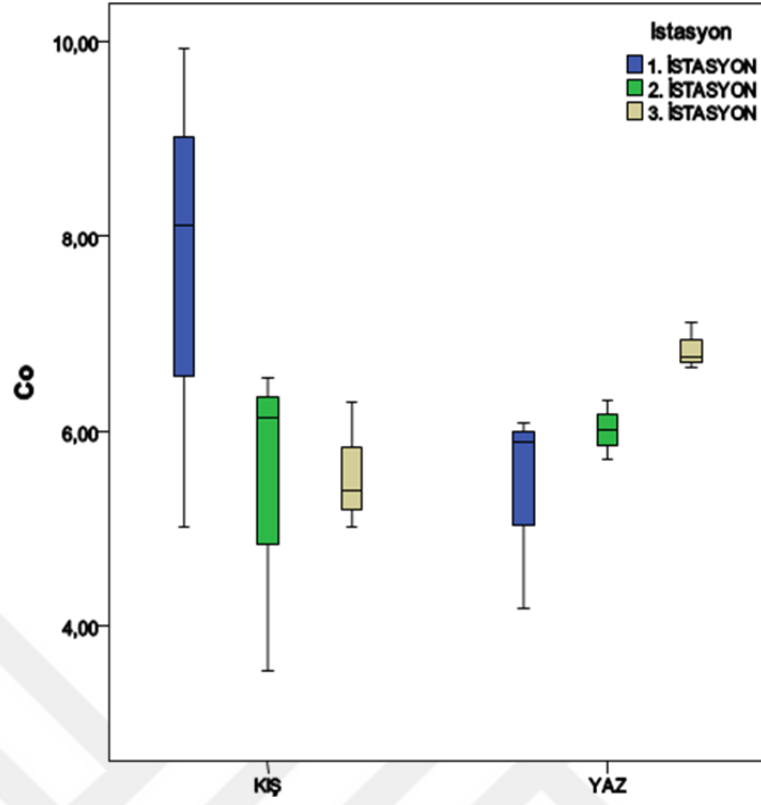
Şekil 4.16. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Hg metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



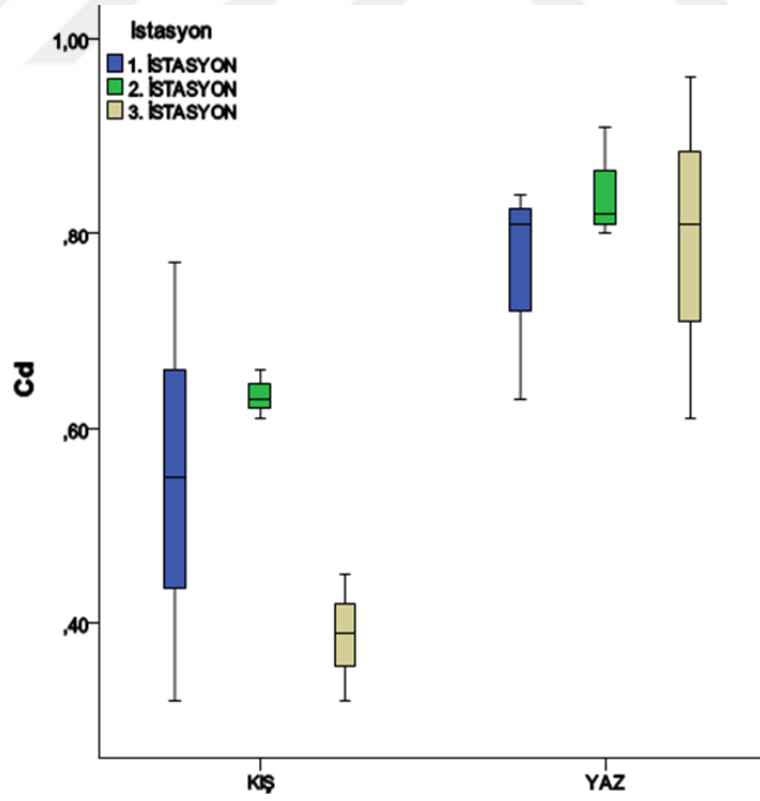
Şekil 4.17. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Cr metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



Şekil 4.18. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Pb metalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



Şekil 4.19. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Cometalinin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).



Şekil 4.20. İstasyonlarda tespit edilen sedimentte Cd birikiminin mevsimsel dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).

Sedimentte analiz edilen metaller arasında en fazla tespit edilen element Mn'dır. Minimum Mn değeri 2445,65 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak Şubat ayı 1. istasyonda tespit edilmiş iken, maksimum değer Ağustos ayında 3. istasyonda 4888,90 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Sedimentte analiz edilip yüksek değerde bulunan bir diğer element Fe olarak hesaplanmıştır. Minimum Fe değeri Ocak ayında 2. istasyonda 1917,32 $\mu\text{g g}^{-1}$ ölçülmüş iken, maksimum değer Ağustos ayında 3. istasyonda tespit edilmiştir. Sedimentte Mn, Fe den sonra en yüksek konsantrasyonda Zn analiz edilmiştir. Minimum Zn değeri 419,41 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak Aralık ayı 1. istasyonda tespit edilmiş iken, maksimum değer Ağustos ayında 3. istasyonda ölçülmüştür. Sedimentte minimum Ni 29,92 $\mu\text{g g}^{-1}$ değerinde Şubat ayı 3. istasyonda analiz edilmiş iken, maksimum değer Temmuz ayında 1. istasyonda 81,36 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte analiz edilen minimum Cu değeri Aralık ayı 3. istasyonda 21,31 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiş iken, maksimum değer Şubat ayı 1. istasyonda 66,14 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Toksik elementlerden biri olan Hg minimum değeri 0,30 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak Aralık ayında 3. istasyonda ölçülmüş iken, maksimum değer Ağustos ayında 1. istasyonda 3,39 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Sedimentte analiz edilen Cr değeri minimum olarak 8,16 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak Aralık ayında 3. istasyonda ölçülmüş iken, maksimum değer Temmuz ayı 1. istasyonda 29,15 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Diğer toksik elementlerden biri olan Pb minimum değeri 3,23 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak Aralık ayında 3. istasyonda ölçülmüş iken, maksimum değer Ağustos ayında 1. istasyonda 16,09 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Analiz edilen minimum Cd değeri Aralık ayı 3. istasyonda 0,32 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiş iken, maksimum değer 0,77 $\mu\text{g g}^{-1}$ değerinde 1. istasyonda Ocak ayında ölçülmüştür. Hesaplanan minimum Co değeri ise Aralık ayı 2. istasyonda 3,54 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak hesaplanmış iken, maksimum değer Ocak ayında 3. istasyonda 9,92 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.

4.3.3. Midye örneklerinde metal analizi

Sarıçay nehrinde kış dönemi boyunca her üç istasyondan üç ay boyunca her ayın sonunda kafeslere bir ay önce bırakılmış canlı midye örneklerinden alınmış ve tüm vücut bünyesindeki total metal birikimi hesaplanmıştır. Analiz sonucu elde edilen veriler Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Kış dönemi canlı midye örneklerindeki metal birikimi ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Ort \pm SS).

	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Cd
(Aralık)									
1. istasyon	125,38 \pm 36,21	2,05 \pm 0,53	1388,50 \pm 332,26	2550,21 \pm 933,06	10,48 \pm 2,48	6,37 \pm 1,17	1,14 \pm 0,35	1,66 \pm 0,30	0,38 \pm 0,05
2. istasyon	136,33 \pm 34,58	2,01 \pm 0,34	1320,46 \pm 311,27	2676,54 \pm 777,23	8,86 \pm 1,45	4,74 \pm 1,71	0,52 \pm 0,23	1,39 \pm 0,33	0,31 \pm 0,07
3. istasyon	163,84 \pm 39,51	2,43 \pm 0,51	1443,83 \pm 276,50	3029,77 \pm 425,10	8,83 \pm 1,57	5,04 \pm 1,10	0,48 \pm 0,14	1,53 \pm 0,35	0,31 \pm 0,06
(Ocak)									
1. istasyon	96,58 \pm 33,27	1,94 \pm 0,48	1341,12 \pm 348,13	2055,50 \pm 649,59	48,00\pm11,69	6,67 \pm 1,37	1,56\pm0,73	1,83\pm0,38	0,33 \pm 0,10
2. istasyon	126,68 \pm 33,72	1,62 \pm 0,39	1288,81 \pm 251,15	2763,41 \pm 807,57	11,08 \pm 2,41	6,02 \pm 1,31	0,57 \pm 0,10	1,58 \pm 0,34	0,38 \pm 0,05
3. istasyon	133,84 \pm 41,28	1,83 \pm 0,26	1317,06 \pm 249,44	2852,87 \pm 939,76	10,10 \pm 1,43	5,65 \pm 1,04	0,55 \pm 0,14	1,57 \pm 0,22	0,38 \pm 0,08
(Şubat)									
1. istasyon	87,57 \pm 27,86	1,65 \pm 0,52	906,81 \pm 220,26	1515,03 \pm 603,95	47,69 \pm 12,59	5,00 \pm 0,82	1,14 \pm 0,51	1,42 \pm 0,29	0,24 \pm 0,04
2. istasyon	84,56 \pm 30,67	1,76 \pm 0,57	841,39 \pm 197,65	1516,01 \pm 645,74	10,49 \pm 1,65	4,48 \pm 1,03	0,51 \pm 0,13	1,23 \pm 0,30	0,30 \pm 0,06
3. istasyon	102,32 \pm 27,39	1,50 \pm 0,32	1098,03 \pm 259,78	2118,06 \pm 675,41	10,24 \pm 1,50	5,42 \pm 1,11	0,56 \pm 0,11	1,28 \pm 0,30	0,31 \pm 0,04
Kış dönemi ortalaması									
Ortalama	117,46 \pm 41,16	1,87 \pm 0,50	1216,22 \pm 334,46	2341,93 \pm 884,81	18,42 \pm 16,82	5,49 \pm 1,36	0,78 \pm 0,49	1,50 \pm 0,35	0,33 \pm 0,07

Her ay istasyondan 11 adet canlı midye örneği analiz edilmiştir.

Yaz dönemi Sarıçay üzerinde aynı istasyonlara tekrardan kurulan düzeneklerden toplanan canlı midye örneklerinde yapılan analizler neticesinde elde edilen metal değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.



Çizelge 4.7. Yaz dönemi canlı midye örneklerindeki metal birikimi ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Ort \pm SS).

	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Cd
(Haziran)									
1. istasyon	167,27 \pm 51,59	1,54 \pm 0,69	1419,08 \pm 428,03	3481,40 \pm 1222,17	10,09 \pm 2,79	5,92 \pm 1,51	0,54 \pm 0,15	1,38 \pm 0,33	0,38 \pm 0,05
2. istasyon	138,36 \pm 52,03	1,84 \pm 0,79	1306,38 \pm 474,97	2505,73 \pm 1356,88	12,02 \pm 2,53	5,72 \pm 1,74	0,94 \pm 0,23	1,53 \pm 0,53	0,40 \pm 0,09
3. istasyon	143,02 \pm 27,85	2,72\pm1,51	1660,01 \pm 387,00	3187,28 \pm 713,32	11,85 \pm 1,88	7,01\pm2,06	0,93 \pm 0,21	1,91 \pm 0,59	0,41\pm0,11
(Temmuz)									
1. istasyon	158,04 \pm 40,39	2,57 \pm 0,44	1907,47 \pm 504,94	4088,05 \pm 1697,28	7,66 \pm 1,90	6,20 \pm 1,36	0,84 \pm 0,42	1,49 \pm 0,35	0,32 \pm 0,08
2. istasyon	236,00 \pm 88,41	2,77 \pm 0,81	2167,08 \pm 2048,42	4760,91 \pm 565,17	12,10 \pm 4,93	7,20 \pm 1,39	1,07 \pm 0,77	1,74 \pm 0,37	0,41 \pm 0,10
3. istasyon	146,85 \pm 35,19	2,80 \pm 0,80	1998,96 \pm 400,85	3615,53 \pm 1111,86	9,91 \pm 1,23	6,40 \pm 1,34	1,03 \pm 0,15	1,78 \pm 0,34	0,39 \pm 0,04
(Ağustos)									
1. istasyon	158,57 \pm 43,83	1,85 \pm 0,42	1729,93 \pm 382,11	3878,13 \pm 937,84	7,23 \pm 1,27	5,40 \pm 1,27	0,50 \pm 0,15	1,36 \pm 0,28	0,30 \pm 0,05
2. istasyon	247,77\pm82,63	2,12 \pm 0,54	2075,92 \pm 510,82	3676,16 \pm 1444,13	12,35 \pm 3,22	6,95 \pm 1,54	0,74 \pm 0,15	1,64 \pm 0,36	0,37 \pm 0,09
3. istasyon	187,22 \pm 72,98	1,95 \pm 0,54	2443,51\pm1115,05	5346,13\pm2195,78	8,40 \pm 4,53	5,91 \pm 1,80	0,53 \pm 0,10	1,55 \pm 0,32	0,37 \pm 0,06
Yaz dönemi ortalaması									
Ortalama	173,87 \pm 67,00	2,22 \pm 0,91	1826,12 \pm 645,12	3777,74 \pm 1620,33	10,27 \pm 3,40	6,29 \pm 1,65	0,79 \pm 0,37	1,60 \pm 0,43	0,37 \pm 0,08

Her ay istasyondan 13 adet canlı midye örneği analiz edilmiştir.

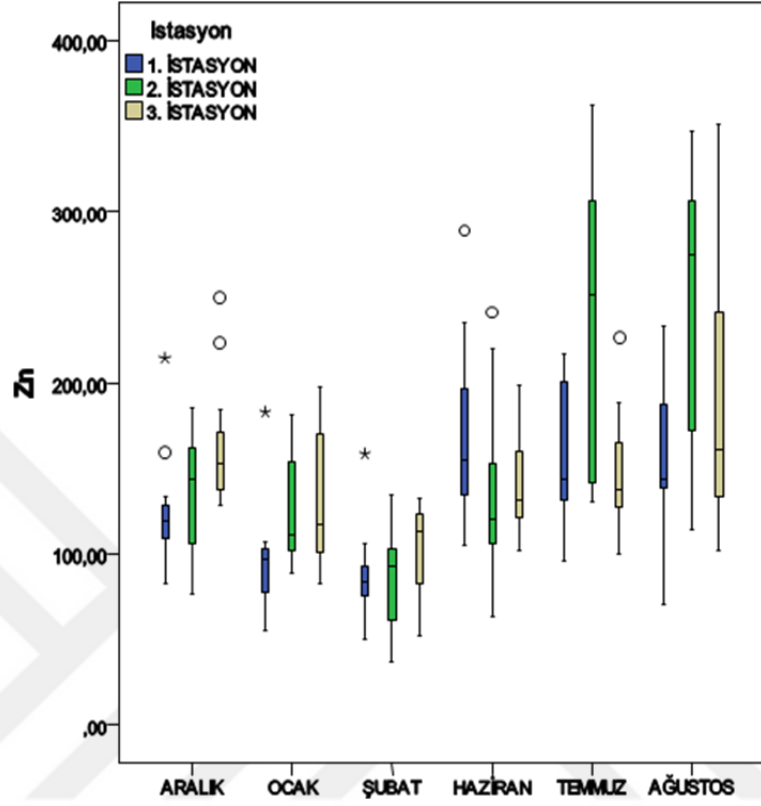
Ayrıca her istasyondaki metal değerlerini mevsimsel karşılaştırma yapabilmek için her üç istasyona ait mevsimsel ortalamalar alınmış ve Çizelge 4.8'de gösterilmektedir.



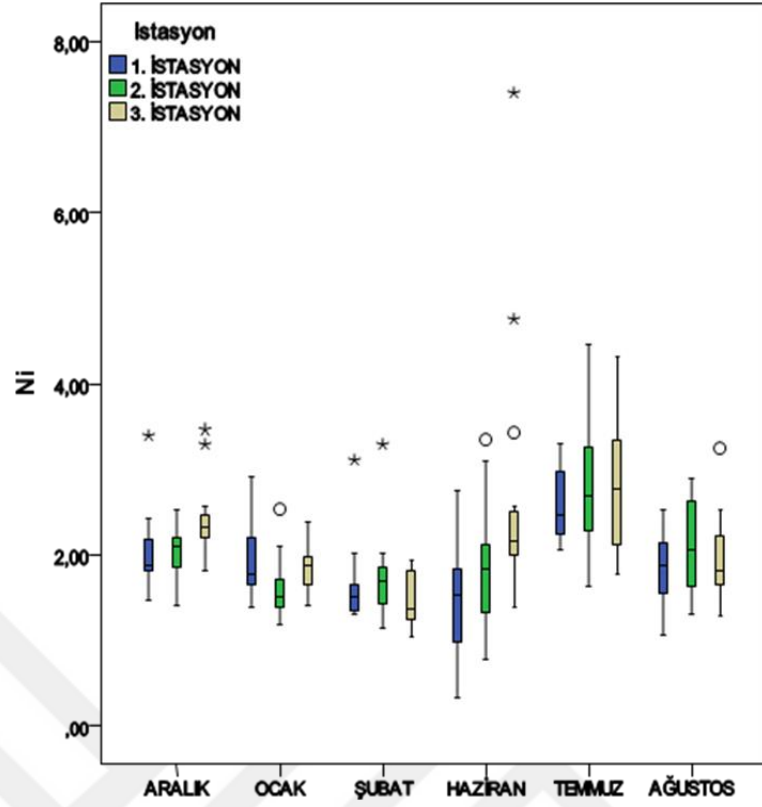
Çizelge 4.8. İstasyonlara ait canlı midye örneklerindeki metal değerlerinin mevsimsel ortalaması ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Ort \pm SS).

	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Cd
Kış dönemi ortalaması									
1. istasyon (n=33)	103,17 \pm 35,58	1,88 \pm 0,52	1212,14 \pm 368,77	2040,25 \pm 837,98	35,39 \pm 20,35	6,02 \pm 1,33	1,28 \pm 0,57	1,64 \pm 0,36	0,32 \pm 0,09
2. istasyon (n=33)	115,86 \pm 39,29	1,80 \pm 0,46	1150,22 \pm 333,99	2318,66 \pm 925,40	10,14 \pm 2,05	5,08 \pm 1,50	0,54 \pm 0,16	1,40 \pm 0,35	0,33 \pm 0,07
3. istasyon (n=33)	133,33 \pm 43,65	1,92 \pm 0,53	1286,30 \pm 292,34	2666,90 \pm 797,31	9,72 \pm 1,59	5,37 \pm 1,08	0,53 \pm 0,13	1,46 \pm 0,31	0,33 \pm 0,07
Yaz dönemi ortalaması									
1. istasyon (n=39)	161,75 \pm 45,04	1,95 \pm 0,69	1665,00 \pm 476,80	3790,13 \pm 1306,49	8,46 \pm 2,47	5,84 \pm 1,40	0,62 \pm 0,29	1,41 \pm 0,32	0,34 \pm 0,07
2. istasyon (n=39)	202,07 \pm 88,67	2,21 \pm 0,81	1807,99 \pm 643,29	3559,76 \pm 1842,57	12,15 \pm 3,53	6,55 \pm 1,68	0,92 \pm 0,46	1,63 \pm 0,44	0,39 \pm 0,09
3. istasyon (n=39)	157,80 \pm 50,82	2,51 \pm 1,12	2005,38 \pm 754,53	3983,31 \pm 1679,39	10,19 \pm 3,13	6,49 \pm 1,80	0,84 \pm 0,26	1,76 \pm 0,46	0,39 \pm 0,08

Canlı midye örneklerinde hesaplanan metal değerlerinin aylık olarak istasyonlardaki dağılımları grafikler şeklinde verilmiştir (Şekil 4.21-4.29).

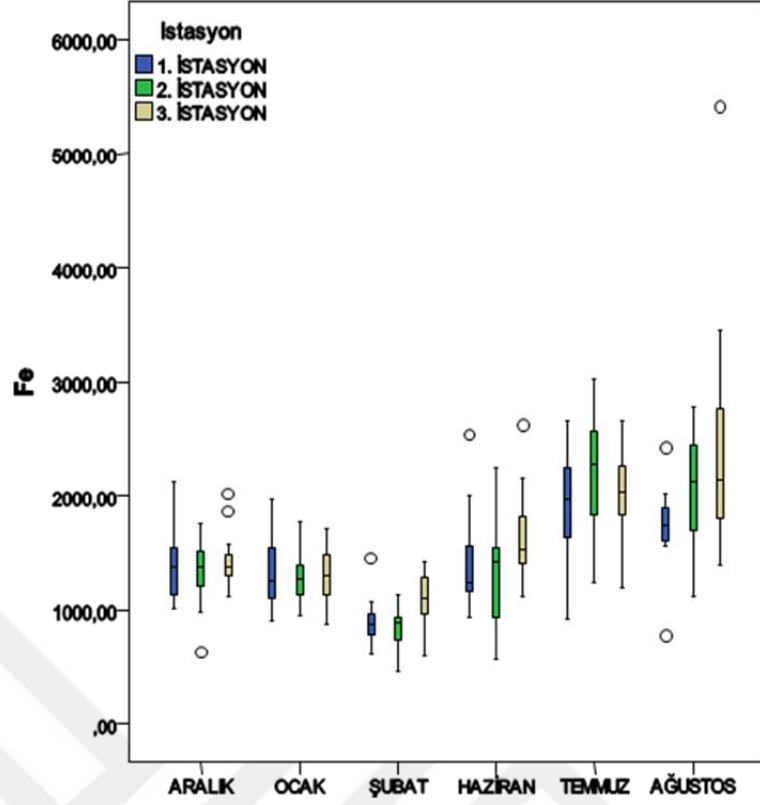


Kış dönemi canlı midye örneklerinde hesaplanan Zn birikimine göre maksimum birikim 2. istasyonda Temmuz ayında $362,51 \mu\text{g g}^{-1}$ iken, minimum birikim $37,03 \mu\text{g/g}$ ile Şubat ayında 2. istasyonda ölçülmüştür.



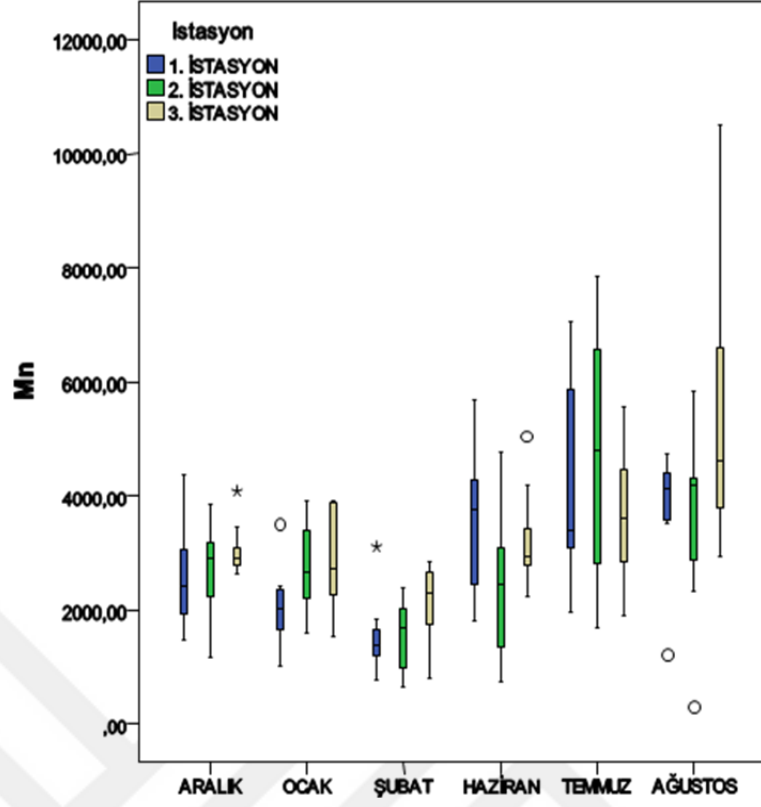
Şekil 4.22. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Ni birikimi.

Canlı midye örneklerinde hesaplanan maksimum Ni birikimi Haziran ayında $7,40 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 3. istasyonda hesaplanmış iken, Ni birikimi minimum seviyede yine Haziran ayında $0,33 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 1. istasyonda ölçülmüştür.



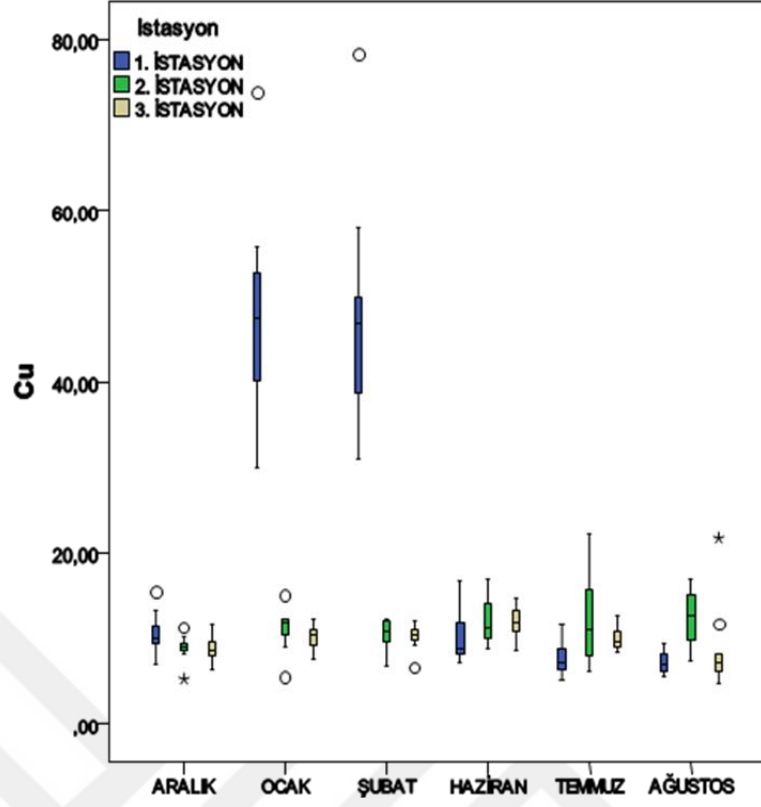
Şekil 4.23. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Fe birikimi.

Canlı midye örneklerinde hesaplanan maksimum Fe birikimi yaz döneminde 3. istasyonda Ağustos ayında $5416,82 \mu\text{g g}^{-1}$ ölçülmüş iken, minimum değer kış döneminde $466,18 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 2. istasyonda Şubat ayında ölçülmüştür.



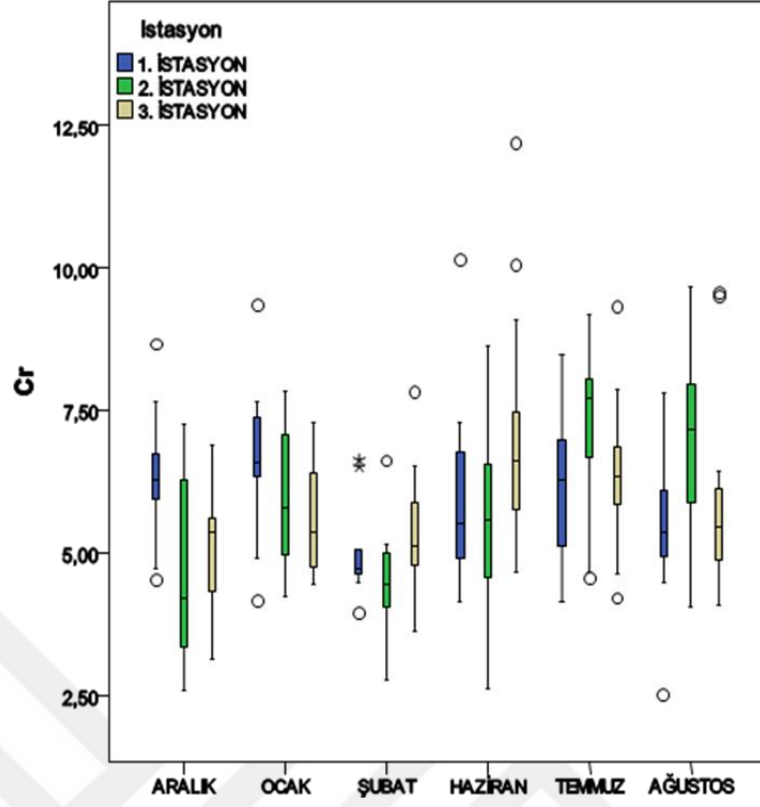
Şekil 4.24. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Mn birikimi.

Canlı midye örneklerinde maksimum Mn birikimi $10508,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Ağustos ayında 3. istasyonda analiz edilmiş iken, minimum değer 2. istasyonda yine Ağustos ayında $297,86 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.



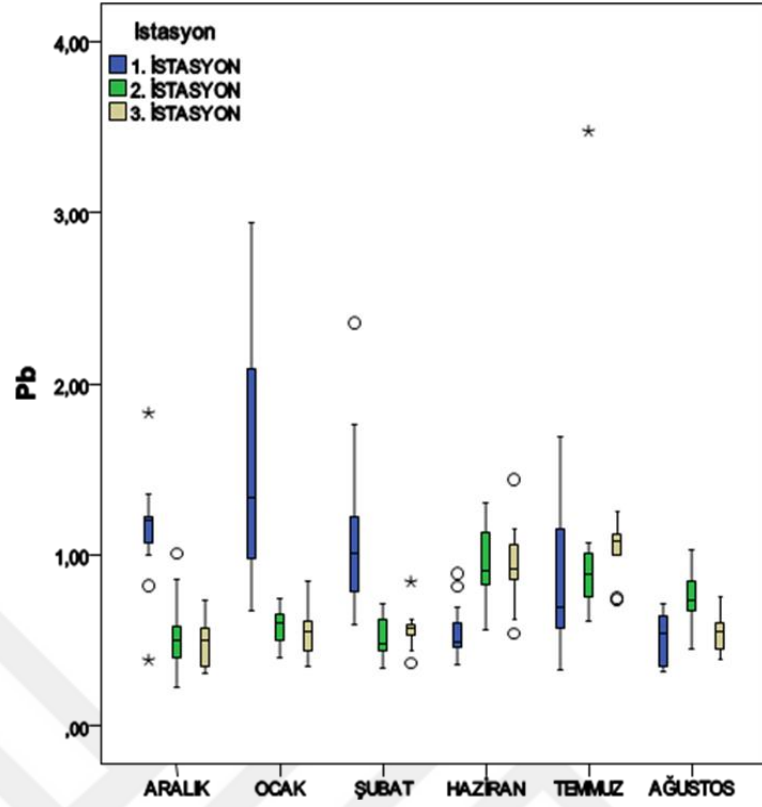
Şekil 4.25. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Cu birikimi.

Maksimum Cu birikimi $78,27 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 1. istasyonda Şubat ayında tespit edilmiş iken, minimum Cu birikimi Ağustos ayında 3. istasyonda $4,66 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.



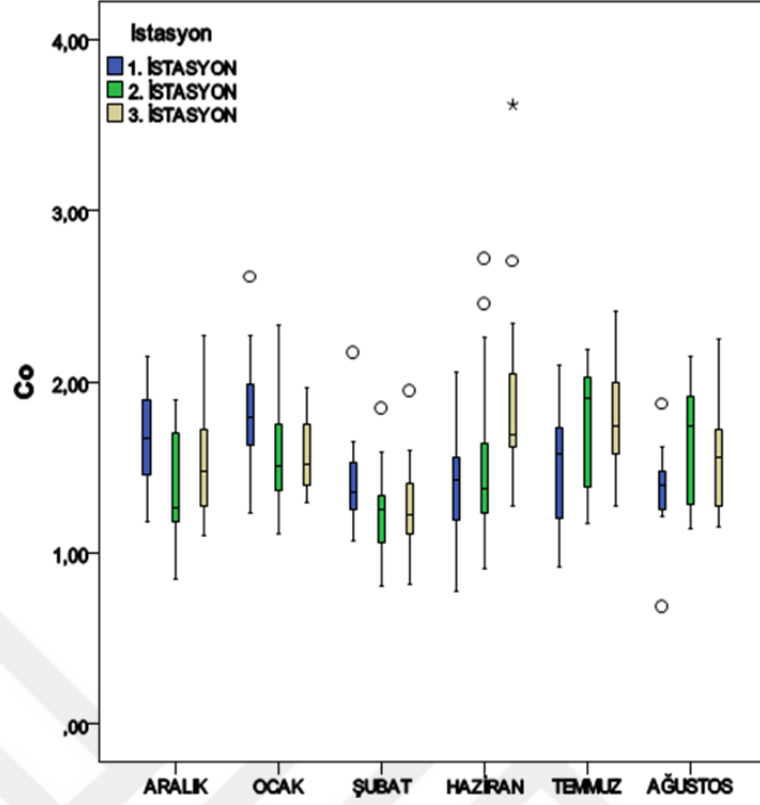
Şekil 4.26. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Cr birikimi.

Canlı midye örneklerinde maksimum ve minimum Cr birikimi yaz döneminde görülmektedir. Maksimum Cr birikimi $12,19 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 3. istasyonda Haziran ayında iken, minimum değer $2,52 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak 1. istasyonda Ağustos ayında ölçülmüştür.



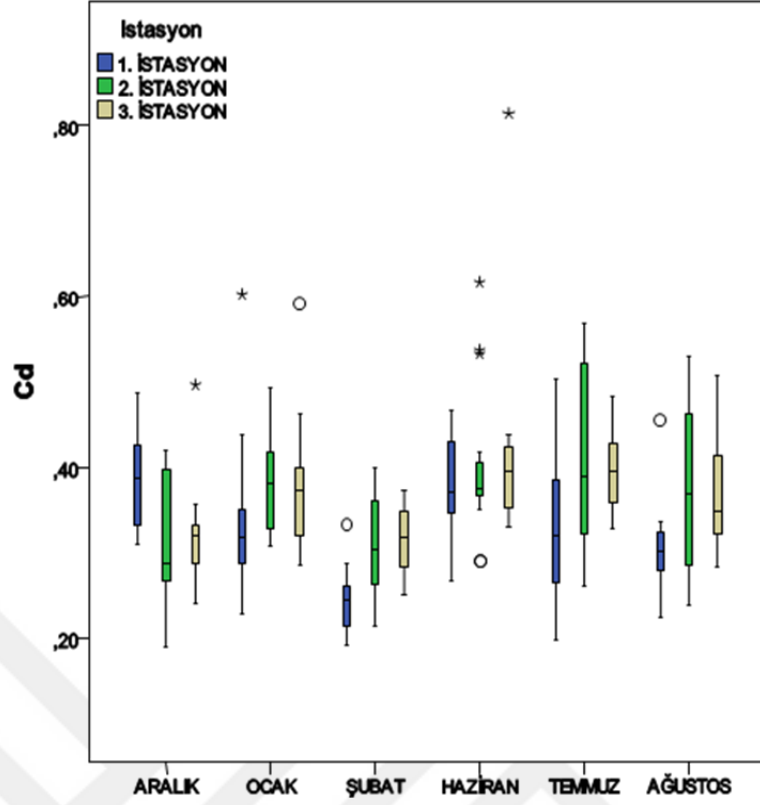
Şekil 4.27. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Pb birikimi.

Midye örneklerinde maksimum Pb birikimi Temmuz ayında 2. istasyonda $3,48 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüş iken, minimum Pb değeri yine 2. istasyonda fakat Aralık ayında $0,23 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.28. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Co birikimi.

Canlı midye örneklerinde hesaplanan maksimum ve minimum Co birikimi yaz döneminde hesaplanmıştır. Maksimum değer Haziran ayında 3. istasyonda $3,62 \mu\text{g g}^{-1}$ iken, minimum değer $0,69 \mu\text{g g}^{-1}$ 1. istasyonda Ağustos ayında ölçülmüştür.



Şekil 4.29. İstasyonlarda aylara göre canlı midye örneklerinde Cd birikimi.

Canlı midye örneklerinde hesaplanan maksimum Cd birikimi $0,62 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Haziran ayında 2. istasyonda hesaplanmış iken, minimum Cd birikimi Aralık ayında 2. istasyonda ve Şubat ayında 3. istasyonda $0,19 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.

4.4. Yapay Midye Örneklerinde Metal Analiz Sonuçları

Sarıçay akarsuyunda belirlenen 3 istasyon üzerine kurulan özel kafes sistemleri içerisine bırakılan 175 yapay midye örneği ile gerçekleştirilen bu çalışmaya ait metal değerleri hem aylara, hem istasyonlara göre ortalamalar halinde Çizelge 4.9 ve 4.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Kış dönemi yapay midye örneklerindeki metal birikimi ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Ort \pm SS).

	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Pb	Co	Hg	U
Aralık									
1. istasyon	9,57 \pm 4,11 (n=10)	0,28 \pm 0,21 (n=10)	7,67 \pm 2,79 (n=10)	2,95 \pm 1,64 (n=10)	1,45 \pm 0,38 (n=10)	0,13 \pm 0,06 (n=10)	ALA	< 0.3 (n=10)	0,59 \pm 0,23 (n=4)
2. istasyon	40,19 \pm 22,99 (n=10)	0,66 \pm 0,49 (n=10)	9,89 \pm 3,03 (n=10)	6,87 \pm 4,02 (n=10)	1,43 \pm 0,55 (n=10)	0,13 \pm 0,01 (n=9)	ALA	< 0.3 (n=10)	0,66 \pm 0,34 (n=5)
3. istasyon	61,17 \pm 22,99 (n=9)	0,87 \pm 0,45 (n=9)	13,55 \pm 8,76 (n=9)	10,80 \pm 5,78 (n=9)	1,23 \pm 0,75 (n=9)	0,12 \pm 0,02 (n=7)	ALA	< 0.3 (n=9)	0,46 \pm 0,19 (n=5)
Ocak									
1. istasyon	5,70 \pm 1,91 (n=10)	0,25 \pm 0,17 (n=8)	5,63 \pm 2,99 (n=10)	4,93 \pm 3,45 (n=10)	2,63 \pm 0,80 (n=10)	0,16 \pm 0,03 (n=9)	ALA (n=10)	< 0.3 (n=10)	0,46 \pm 0,16 (n=4)
2. istasyon	8,54 \pm 3,27 (n=10)	ALA	5,29 \pm 2,78 (n=10)	23,96 \pm 10,71 (n=10)	2,72 \pm 0,86 (n=10)	0,17 \pm 0,04 (n=9)	0,13 \pm 0,02 (n=06)	< 0.3 (n=10)	0,55 \pm 0,11 (n=3)
3. istasyon	30,50 \pm 21,76 (n=10)	ALA	9,98 \pm 6,71 (n=10)	54,47 \pm 23,44 (n=10)	0,03 \pm 0,00 (n=10)	0,15 \pm 0,01 (n=10)	0,13 \pm 0,03 (n=8)	< 0.3 (n=10)	ALA
Şubat									
1. istasyon	13,67 \pm 8,71 (n=8)	0,50 \pm 0,19 (n=8)	3,81 \pm 0,54 (n=8)	3,06 \pm 1,45 (n=8)	3,82\pm1,36 (n=8)	0,18 \pm 0,04 (n=8)	0,10 \pm 0,00 (n=3)	< 0.3 (n=8)	0,66 \pm 0,22 (n=5)
2. istasyon	24,71 \pm 6,78 (n=7)	0,44 \pm 0,19 (n=7)	13,38 \pm 9,65 (n=7)	471,68 \pm 193,89 (n=7)	0,09 \pm 0,17 (n=7)	0,15 \pm 0,02 (n=7)	0,22 \pm 0,06 (n=7)	< 0.3 (n=7)	ALA
3. istasyon	68,41\pm17,19 (n=10)	1,11\pm0,30 (n=10)	315,78\pm139,62 (n=10)	561,02\pm158,33 (n=10)	1,26 \pm 0,40 (n=10)	0,18 \pm 0,08 (n=10)	0,32\pm0,13 (n=5)	< 0.3	ALA
Kış dönemi ortalaması									
Ortalama	27,86 \pm 25,70 (n=81)	0,57 \pm 0,41 (n=61)	35,07 \pm 97,26 (n=81)	102,25 \pm 203,10 (n=81)	1,65 \pm 1,32 (n=81)	0,15 \pm 0,04 (n=76)	0,18 \pm 0,10 (n=32)	< 0.3 (n=81)	0,59 \pm 0,23 (n=31)

Çizelge 4.10. Yaz dönemi yapay midye örneklerindeki metal birikimi ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Ort \pm SS).

	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Hg	U
Haziran										
1. istasyon	39,87 \pm 13,39 (n=10)	ALA	45,92 \pm 45,27 (n=10)	141,37 \pm 125,51 (n=10)	0,62 \pm 0,16 (n=10)	ALA	0,15 \pm 0,03 (n=10)	0,10 \pm 0,08 (n=5)	ALA	ALA
2. istasyon	25,35 \pm 4,97 (n=11)	0,31 \pm 0,20 (n=3)	24,97 \pm 30,12 (n=11)	35,31 \pm 33,90 (n=11)	0,69 \pm 0,20 (n=11)	ALA	0,17 \pm 0,05 (n=11)	0,10 \pm 0,03 (n=5)	ALA	0,24 \pm 0,08 (n=6)
3. istasyon	16,53 \pm 7,98 (n=10)	0,29 \pm 0,19 (n=5)	20,57 \pm 20,16 (n=10)	23,65 \pm 18,12 (n=10)	1,03 \pm 0,91 (n=10)	0,19 \pm 0,04 (n=10)	0,19\pm0,04 (n=10)	0,08 \pm 0,04 (n=8)	ALA	ALA
Temmuz										
1. istasyon	46,79 \pm 6,86 (n=12)	0,30 \pm 0,09 (n=10)	105,82 \pm 43,00 (n=12)	84,72 \pm 44,54 (n=12)	0,71 \pm 0,09 (n=12)	ALA	0,15 \pm 0,04 (n=12)	0,09 \pm 0,04 (n=10)	ALA	ALA
2. istasyon	46,23 \pm 4,50 (n=8)	0,28 \pm 0,04 (n=5)	69,19 \pm 39,73 (n=8)	35,30 \pm 6,43 (n=8)	0,72 \pm 0,16 (n=8)	ALA	0,08 \pm 0,03 (n=7)	ALA	ALA	ALA
3. istasyon	41,50 \pm 4,85 (n=9)	ALA	37,48 \pm 48,57 (n=9)	108,73 \pm 94,37 (n=9)	0,67 \pm 0,10 (n=9)	ALA	0,11 \pm 0,01 (n=9)	0,07 \pm 0,04 (n=3)	ALA	0,27 \pm 0,07 (n=6)
Ağustos										
1. istasyon	56,89 \pm 5,57 (n=11)	0,40 \pm 0,22 (n=10)	50,90 \pm 42,26 (n=11)	75,89 \pm 37,70 (n=11)	1,18 \pm 0,34 (n=11)	ALA	0,13 \pm 0,02 (n=11)	ALA	ALA	0,34 \pm 0,11 (n=7)
2. istasyon	51,38 \pm 7,07 (n=12)	0,34 \pm 0,19 (n=11)	59,87 \pm 39,16 (n=12)	105,54 \pm 105,94 (n=12)	0,96 \pm 0,32 (n=12)	ALA	0,13 \pm 0,04 (n=12)	0,09 \pm 0,01 (n=4)	ALA	0,34 \pm 0,15 (n=6)
3. istasyon	54,01 \pm 18,90 (n=10)	0,61 \pm 0,33 (n=7)	126,00 \pm 152,14 (n=10)	84,62 \pm 68,01 (n=10)	0,91 \pm 0,65 (n=10)	ALA	0,18 \pm 0,13 (n=10)	0,13 \pm 0,08 (n=4)	ALA	0,32 \pm 0,11 (n=3)
Yaz Dönemi Ortalaması										
Ortalama	42,26 \pm 15,59 (n=93)	0,37 \pm 0,21 (n=53)	59,70 \pm 68,47 (n=93)	78,18 \pm 78,91 (n=93)	0,84 \pm 0,44 (n=93)	0,19 \pm 0,04 (n=10)	0,15 \pm 0,06 (n=92)	0,09 \pm 0,05 (n=42)	ALA	0,30 \pm 0,10 (n=32)

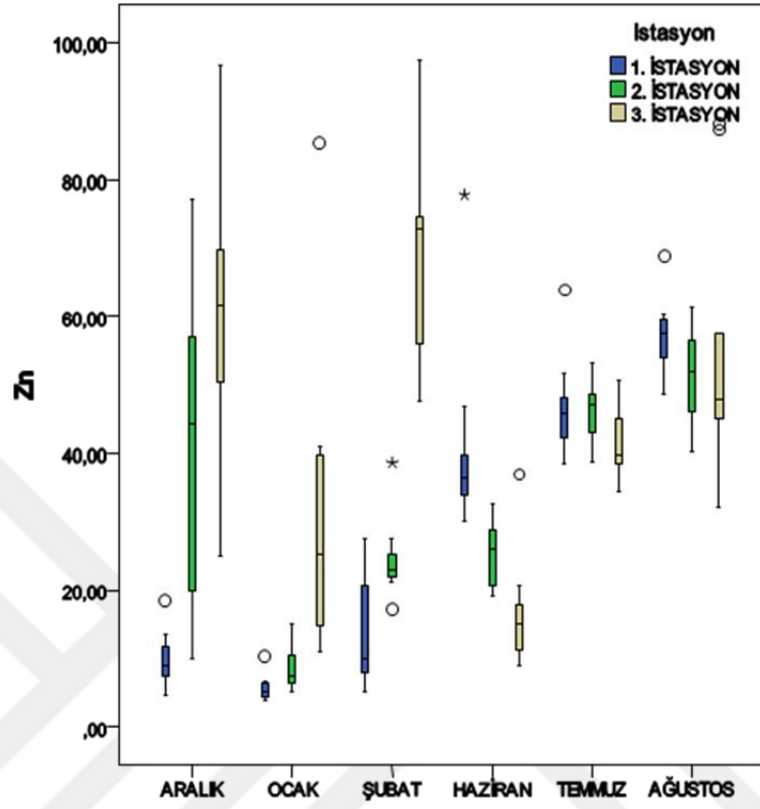
Ayrıca her istasyondaki metal değerlerini mevsimsel karşılaştırma yapabilmek için her üç istasyona ait mevsimsel ortalamalar alınmış ve Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.



Çizelge 4.11. İstasyonlara ait yapay midye örneklerindeki metal değerlerinin mevsimsel ortalaması ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Ort \pm SS).

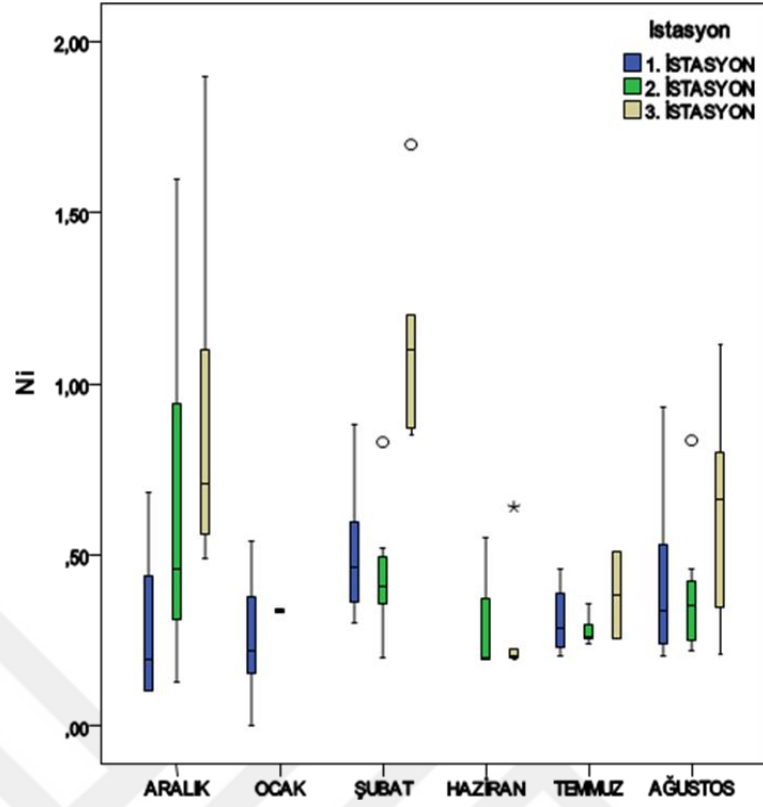
	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Hg	U
Kış dönemi ortalaması										
1. istasyon	9,36 \pm 6,08 (n=28)	0,34 \pm 0,21 (n=26)	5,83 \pm 2,8 (n=28)	3,68 \pm 2,51 (n=28)	2,55 \pm 1,29 (n=28)	ALA	0,15 \pm 0,05 (n=27)	0,10 \pm - (n=4)	<0,3 (n=28)	0,58 \pm 0,21 (n=14)
2. istasyon	24,45 \pm 19,74 (n=27)	0,55 \pm 0,38 (n=19)	9,09 \pm 6,17 (n=27)	133,70 \pm 224,26 (n=27)	1,56 \pm 1,21 (n=27)	ALA	0,15 \pm 0,03 (n=25)	0,18 \pm 0,06 (n=13)	<0,3 (n=27)	0,62 \pm 0,27 (n=10)
3. istasyon	51,32 \pm 26,47 (n=26)	0,97 \pm 0,40 (n=16)	93,55 \pm 158,06 (n=26)	175,73 \pm 249,25 (n=26)	0,78 \pm 0,76 (n=26)	ALA	0,15 \pm 0,05 (n=24)	0,22 \pm 0,13 (n=15)	<0,3 (n=26)	0,57 \pm 0,25 (n=10)
Yaz dönemi ortalaması										
1. istasyon	47,85 \pm 11,44 (n=33)	0,33 \pm 0,18 (n=20)	67,55 \pm 50,35 (n=33)	100,66 \pm 82,79 (n=33)	0,83 \pm 0,33 (n=33)	ALA	0,15 \pm 0,03 (n=33)	0,10 \pm 0,05 (n=17)	ALA	0,33 \pm 0,11 (n=9)
2. istasyon	40,82 \pm 13,09 (n=31)	0,34 \pm 0,16 (n=19)	49,89 \pm 40,00 (n=31)	62,49 \pm 75,61 (n=31)	0,81 \pm 0,27 (n=31)	ALA	0,13 \pm 0,06 (n=30)	0,09 \pm 0,02 (n=10)	ALA	0,29 \pm 0,12 (n=13)
3. istasyon	37,35 \pm 19,72 (n=30)	0,46 \pm 0,29 (n=14)	61,35 \pm 101,25 (n=30)	72,33 \pm 75,01 (n=30)	0,87 \pm 0,64 (n=30)	0,19 \pm 0,04 (n=10)	0,16 \pm 0,08 (n=30)	0,09 \pm 0,06 (n=16)	ALA	0,28 \pm 0,08 (n=10)

Yapay midye örneklerinde hesaplanan metal değerleri hem aylık, hem istasyonlardaki dağılımları grafikler şeklinde verilmiştir (Şekil 4.30- 4.37).



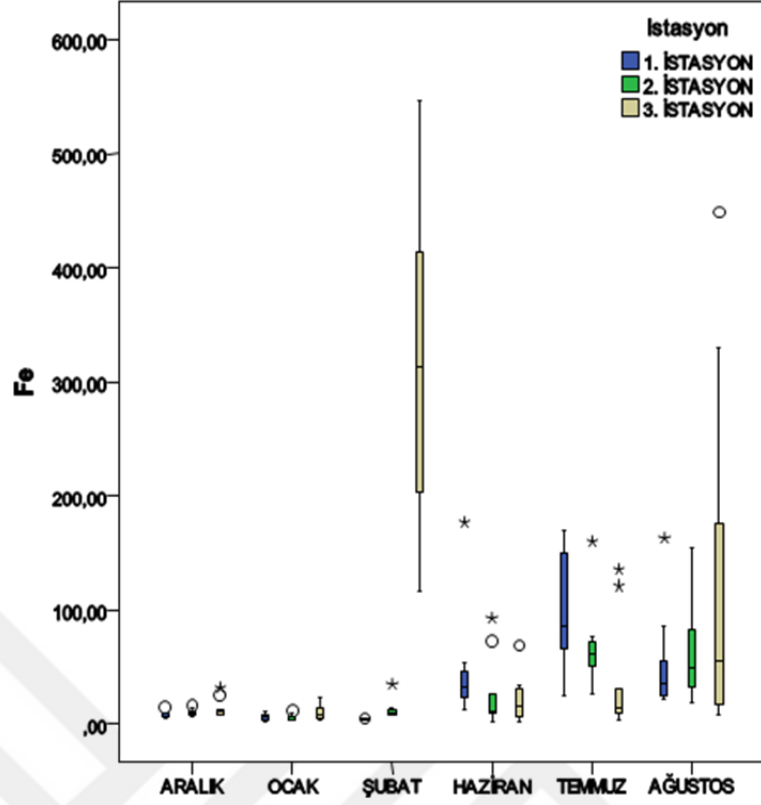
Şekil 4.30. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Zn birikimi.

Yapay midye örneklerinde hesaplanan maksimum ve minimum Zn birikimi kış döneminde hesaplanmıştır. Buna göre maksimum Zn değeri $97,50 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 3. istasyonda Şubat ayında tespit edilmiş iken, minimum değer $5,20 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 2. istasyonda Ocak ayında ölçülmüştür.



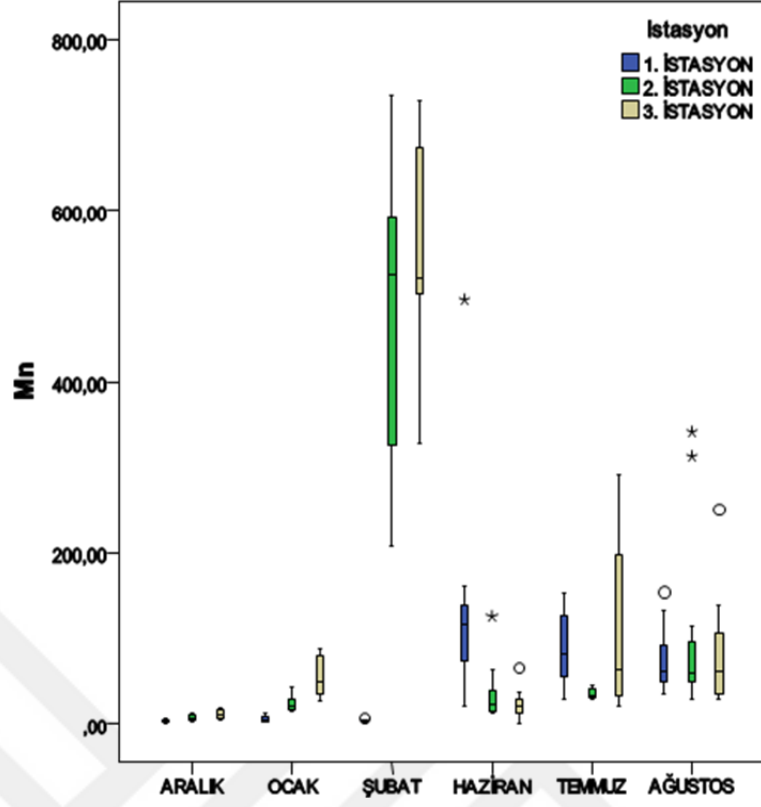
Şekil 4.31. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Ni birikimi.

Analiz edilen yapay midye örneklerinde Ni değeri Aralık ayında maksimum $1,90 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak 3. istasyonda minimum değer ise yine Aralık ayında $0,13 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak 2. istasyonda ölçülmüştür.



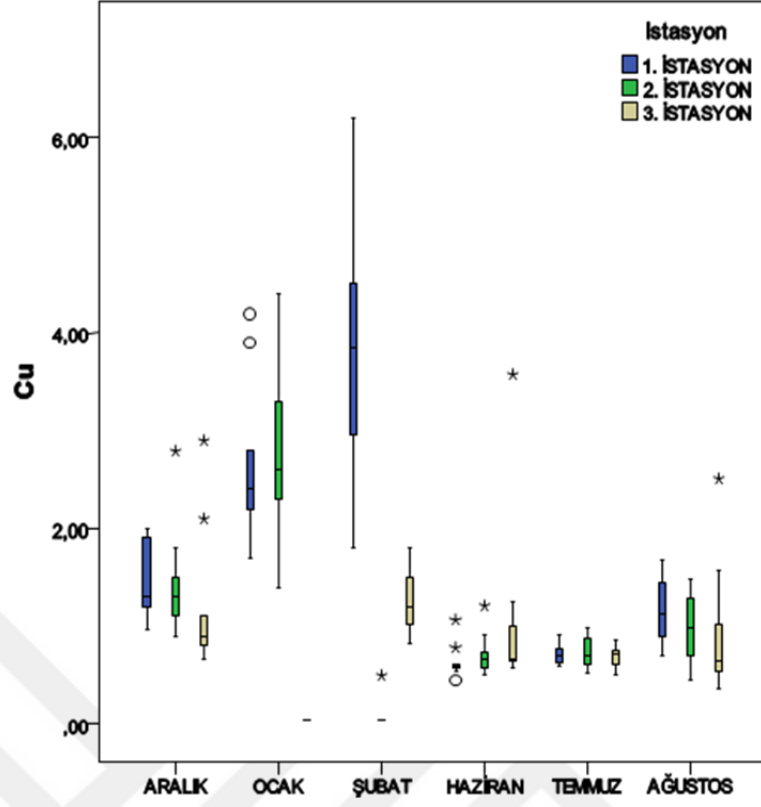
Şekil 4.32. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Fe birikimi.

Yapay midye örneklerinde tespit edilen maksimum değer 3. istasyonda Şubat ayında $546,70 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak hesaplanmış iken, minimum değer $1,06 \mu\text{g g}^{-1}$ değer ile Haziran ayında 2. istasyonda ölçülmüştür.



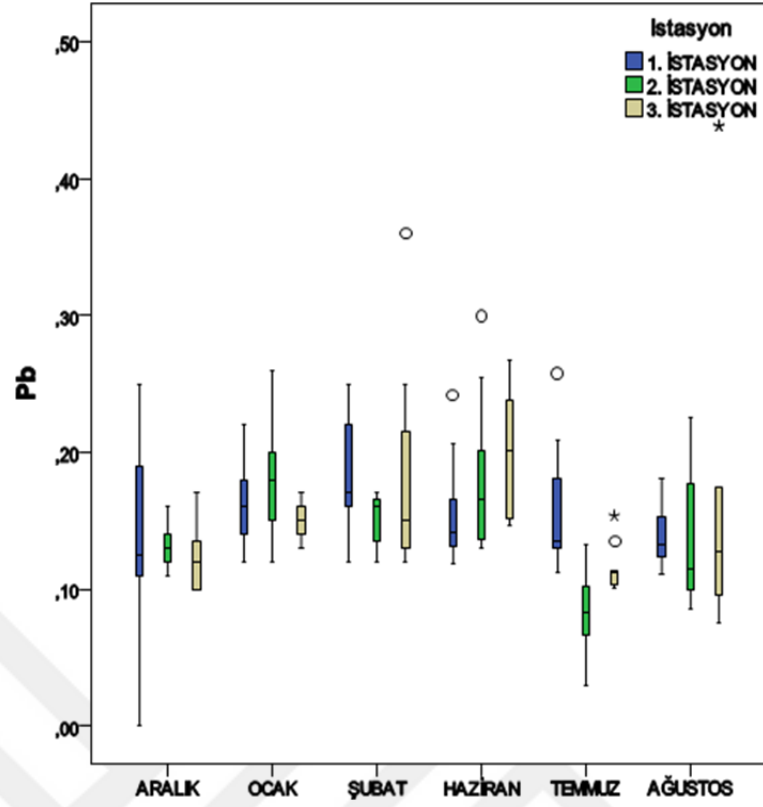
Şekil 4.33. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Mn birikimi.

Maksimum Mn değeri Şubat ayında 2. istasyonda $734,70 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak hesaplanmış iken, minimum Haziran ayında 1. istasyonda $0,68 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak analiz edilmiştir.



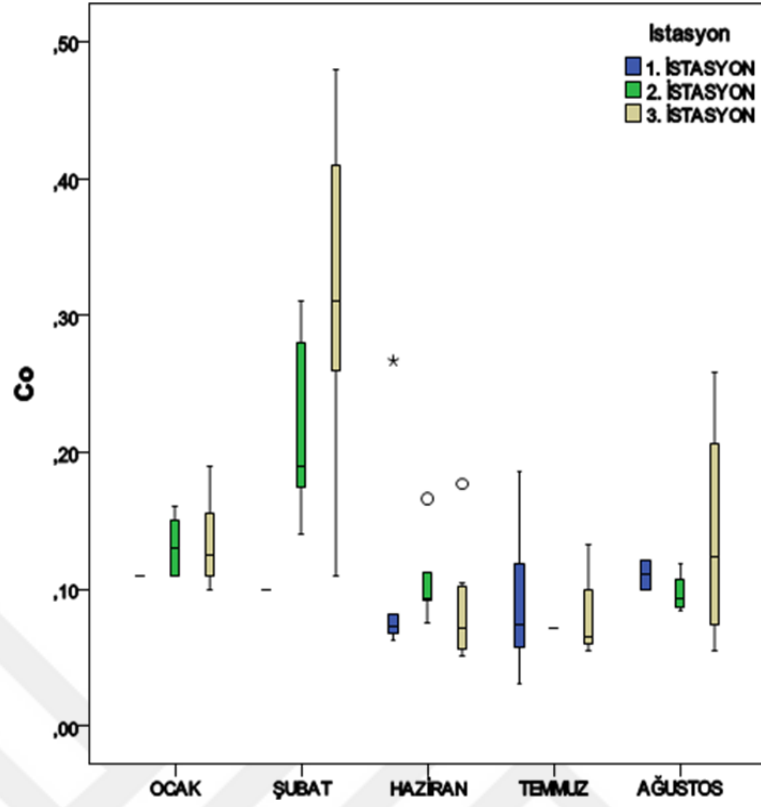
Şekil 4.34. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Cu birikimi.

Analiz edilen yapay midye örneklerinde minimum Cu değeri Ocak ayında 2. istasyonda ve Şubat ayında 3. istasyonda $0,03 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak hesaplanmış iken, maksimum değer $6,20 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak Şubat ayında 1. istasyonda ölçülmüştür.



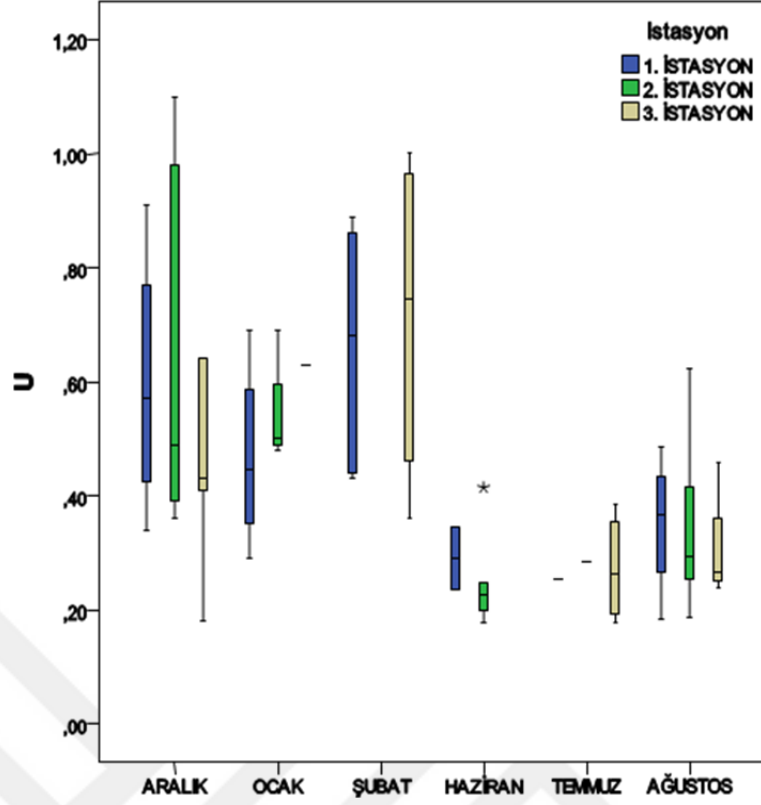
Şekil 4.35. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Pb birikimi.

Minimum Pb birikimi yapay midye örnekleri için Aralık ayında ölçülmüştür. Buna göre minimum değer $0,08 \mu\text{g g}^{-1}$ ile 1. istasyonda ölçülmüş iken, maksimum değer Haziran ayı 3. istasyonda $0,44 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.36. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde Co birikimi.

Analiz edilen yapay midye örneklerinde maksimum Co birikimi $0,48 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Şubat ayında ve 3. istasyonda analiz edilmiş iken, minimum değer Temmuz ayında 1. istasyonda $0,05 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.37. İstasyonlarda aylara göre yapay midye örneklerinde U birikimi.

Yapay midye örneklerinde minimum U birikimi 3. istasyonda Ocak ayında ve Temmuzda, 2. istasyonda Haziranda ve 1. istasyonda Ağustos ayında $0,18 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüş iken, maksimum U birikimi $1,10 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Aralık ayında 2. istasyonda tespit edilmiştir.

4.5. Midye Örneklerinde Korelasyon Analizleri

4.5.1. Canlı midye örnekleri korelasyon değerleri

Çalışmada ölçülen metal değerlerinin birbirleri ile olan ilişkilerini anlama amaçlı gerçekleştirilen korelasyon analizlerinden olan ve Çizelge 4.12’de sunulan değerler, canlı midye örneklerindeki tüm metal değerlerinin bir bütün olarak düşünülerek hazırlanması ile oluşturulmuştur. Buna göre, canlı midye örneklerindeki metal değerleri ile sudaki bazı parametreler arasındaki, istatistiksel olarak yüksek derece

anlamli olan en kuvvetli pozitif yönde doğrusal korelasyonun Fe ve Mn arasında olduğu görülmektedir ($r=0.913$, $N=216$). Diğer yüksek korelasyonlar ise yine Mn ile Zn ve Fe ile Zn arasında görülmektedir ($r=0.899$ ve $r=0.866$, $N=216$). Sıcaklık parametresi Zn, Fe ve Mn ile pozitif yönde yüksek korelasyon göstermektedir (sirasıyla $r=0.637$, $r=0.639$ ve $r=0.680$, $N=216$). Ayrıca Co metali Cr ve Pb metalleri ile pozitif yönlü yüksek bir korelasyon göstermektedir ($r=0,823$ ve $r=0,633$, $N=216$). Bununla birlikte Cr metali analiz edilen tüm diğer metallerle pozitif yönlü bir korelasyon göstermektedir.



Çizelge 4.12. Çalışmada incelenen canlı midye örneklerinde saptanan metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi.

	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	Cd	Oksijen	BOI	pH	Sıcaklık	İletkenlik
Zn	1,000													
Ni	,498*	1,000												
Fe	,866**	,740**	1,000											
Mn	,899**	,552*	,913**	1,000										
Cu	-,331	-,117	-,313	-,490*	1,000									
Cr	,406	,550*	,604**	,455	,360	1,000								
Pb	-,242	,236	,019	-,211	,673**	,623**	1,000							
Co	,186	,620**	,449	,231	,414	,829**	,633**	1,000						
Cd	,365	,400	,382	,356	,238	,744**	,416	,715**	1,000					
oksijen	-,191	-,236	-,261	-,187	-,260	-,267	-,163	-,305	-,339	1,000				
BOI	-,239	-,165	-,166	-,212	-,055	-,119	,071	-,211	-,457	,810**	1,000			
pH	-,752**	-,527*	-,816**	-,794**	,148	-,562*	-,167	-,300	-,410	,314	,178	1,000		
Sıcaklık	,637**	,410	,639**	,680**	-,183	,313	-,146	,167	,299	-,745**	-,596**	-,725**	1,000	
İletkenlik	-,092	,106	-,131	-,119	-,075	-,220	-,294	,059	,075	-,481*	-,659**	,276	,207	1,000

*, $P < 0.05$, **, $P < 0.01$, ***, $P < 0.001$

4.5.2. Yapay midye örnekleri korelasyon değerleri

Yapay midye örneklerindeki metal değerlerinin birbirleri ile ve sudaki bazı parametreler arasındaki, korelasyon değerleri Çizelge 4.13’de gösterilmiştir. Buna göre istatistiksel olarak yüksek derece anlamlı olan en kuvvetli pozitif yönde doğrusal korelasyonun Fe ve Mn arasında $r= 0,667$ (N=175) değerinde olduğu hesaplanmıştır. Metaller arasında pozitif yönlü diğer yüksek korelasyona ise Fe ve Cr arasında $r=0,661$ (N=10) değerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca Zn, Fe ve Mn metalleri sıcaklık ile pozitif yönlü korelasyon göstermiştir (sırasıyla $r=0.494$, $r=0.512$ ve $r=0.497$, N=175).

Çizelge 4.13. Çalışmada incelenen yapay midye örneklerinde saptanan metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi.

	Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Co	U	Oksijen	BOI	pH	sıcaklık	iletkenlik
Zn	1,000													
(N)	175													
Ni	,458**	1,000												
(N)	114	114												
Fe	,651**	,234*	1,000											
(N)	175	114	175											
Mn	,478**	,205*	,667**	1,000										
(N)	175	114	175	175										
Cu	-,148	,191*	-,243**	-,495**	1,000									
(N)	175	114	175	175	175									
Cr	-,055	,300	,661*	,455	-,018	1,000								
(N)	10	5	10	10	10	10								
Pb	-,140	,137	-,105	-,069	,282**	-,042	1,000							
(N)	169	109	169	169	169	10	169							
Co	,113	,514**	,085	,471**	,031	,395	,211	1,000						
(N)	75	47	75	75	75	8	75	75						
U	-,212	,105	-,181	-,303*	,448**		,142	,469	1,000					
(N)	63	41	63	63	63	0	62	14	63					
Oksijen	-,134	-,106	-,183*	-,254**	,271**		-,003	,006	,405**	1,000				
(N)	175	114	175	175	175	10	169	75	63	175				
BOI	-,197**	-,247**	-,135	-,225**	,307**		,071	-,105	,418**	,815**	1,000			
(N)	175	114	175	175	175	10	169	75	63	175	175			
pH	-,433**	,260**	-,538**	-,325**	,258**		,253**	,557**	,494**	,323**	,153*	1,000		
(N)	175	114	175	175	175	10	169	75	63	175	175	175		
Sıcaklık	,494**	,019	,512**	,497**	-,415**		-,116	-,340**	-,518**	-,747**	-,579**	-,752**	1,000	
(N)	175	114	175	175	175	10	169	75	63	175	175	175	175	
İletkenlik	,146	,441**	-,079	-,002	-,163*		-,046	,341**	,092	-,497**	-,675**	,275**	,198**	1,000
(N)	175	114	175	175	175	10	169	75	63	175	175	175	175	175

*, $P < 0.05$, **, $P < 0.01$, ***, $P < 0.001$

4.5.3. Yapay ve canlı midye örnekleri arasında korelasyon değerleri

Çalışmada ölçülen yapay ve canlı midye örneklerinde metal değerlerinin birbirleri ile olan ilişkilerini anlama amaçlı gerçekleştirilen korelasyon analizlerine ait değerler Çizelge 4.14'de gösterilmiştir. Korelasyon değeri tek bir metal için iki midye türü bakımından ele alınmıştır. Ayrıca daha doğru sonuçlar ve hata oranını minimuma indirebilmek için her iki midye türünde aylık ortalamalar alınmış ve korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Pozitif yönlü olanlar koyu siyah negatif yönlü olanlar kırmızı ile gösterilmiştir. Buna göre istatistiksel olarak yüksek derece anlamlı olan en kuvvetli pozitif yönde doğrusal korelasyonun her iki midye türü açısından Zn metalinde olduğu görülmektedir ($r=0.608$, $N=18$). Bunun yanı sıra Ni ve Co metalleri hariç analiz edilen diğer tüm metaller (Fe, Mn, Cu, Pb) arasında pozitif korelasyon değerleri olduğu analiz edilmiştir (sırasıyla $r=0.591$, $r=0.292$, $r=0.267$, $r=0.121$, $N=18$). Ni ve Co metalleri ise negatif yönlü bir korelasyon göstermişlerdir ($r=-0.91$, $r=-0.393$, $N=18$).

Çizelge 4.14. Çalışmada incelenen yapay ve canlı midye örneklerinde saptanan metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon çizelgesi (N=18).

	Zn (CM)	Ni (CM)	Fe (CM)	Mn (CM)	Cu (CM)	Pb (CM)	Co (CM)	Zn (YM)	Ni (YM)	Fe (YM)	Mn (YM)	Cu (YM)	Pb (YM)	Co (YM)
Zn (CM)	1,000													
Ni (CM)	,498*	1,000												
Fe (CM)	,866**	,740**	1,000											
Mn (CM)	,899**	,552*	,913**	1,000										
Cu (CM)	-,331	-,117	-,313	-,490*	1,000									
Pb (CM)	-,242	,236	,019	-,211	,673**	1,000								
Co (CM)	,186	,620**	,449	,231	,414	,633**	1,000							
Zn (YM)	,608**	,187	,474*	,560*	-,602**	-,555*	-,373	1,000						
Ni (YM)	-,077	-,091	-,142	-,131	-,309	-,470*	-,492*	,520*	1,000					
Fe (YM)	,645**	,214	,591**	,670**	-,399	-,246	-,179	,804**	,161	1,000				
Mn (YM)	,251	-,201	,119	,292	-,311	-,396	-,420	,523*	,134	,701**	1,000			
Cu (YM)	-,340	-,123	-,230	-,364	,267	,264	,116	-,247	,309	-,451	-,666**	1,000		
Pb (YM)	-,415	-,524*	-,420	-,361	,254	,121	-,101	-,304	,064	-,084	-,005	,215	1,000	
Co (YM)	-,365	-,742**	-,429	-,242	,068	-,222	-,393	-,031	,070	,111	,479*	-,135	,592**	1,000

*, $P < 0.05$, **, $P < 0.01$, ***, $P < 0.001$

4.5.4. Suda ölçülen metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasında korelasyon değerleri

Çalışmada ölçülen su örneklerinde metal değerlerinin birbirleri ile olan ilişkilerini anlama amaçlı gerçekleştirilen korelasyon analizlerine ait değerler Çizelge 4.15’de gösterilmiştir. Buna göre istatistiksel olarak yüksek derece anlamlı olan en kuvvetli pozitif yönde doğrusal korelasyonun Zn ile Ni arasında olduğu görülmektedir ($r=0.882$, $n=18$). Zn metali Mn ve Fe metalleri ile de pozitif yönlü yüksek korelasyon değerleri göstermektedir ($r=0.804$ ve $r=0.804$). Ni metali Fe ve Mn metalleri ile yine pozitif yönlü korelasyon göstermiştir ($r=0.789$, $r=0.746$). Sıcaklık parametresi ise Pb, Cu ve Co metalleri ile negatif yönlü korelasyon gösterirken diğer tüm metallerle pozitif yönlü korelasyon göstermiştir. Buna ilaveten sıcaklık parametresi Zn, Fe, Mn ve Ni metalleri ile pozitif yönlü yüksek korelasyon göstermektedir (sırasıyla $r=0.773$, $r=0.812$, $r=0,841$ ve 0.779).

Çizelge 4.15. Çalışmada analiz edilen sudaki metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi (N=18).

	Cd	Cr	Pb	Cu	Co	Hg	Zn	Fe	Mn	Ni	Oksijen	BOI	pH	Sıcaklık	İletkenlik
Cd	1,000														
Cr	,419	1,000													
Pb	-,166	,250	1,000												
Cu	,358	,071	,454	1,000											
Co	-,031	-,173	,396	,038	1,000										
Hg	,107	-,061	,062	-,143	,194	1,000									
Zn	,128	,262	-,332	-,221	-,295	,057	1,000								
Fe	,340	,356	-,166	-,107	-,147	,283	,804**	1,000							
Mn	,298	,498*	-,224	-,037	-,439	-,127	,804**	,678**	1,000						
Ni	,185	,468	-,154	-,232	-,171	,289	,882**	,789**	,746**	1,000					
Oksijen	-,344	-,341	-,116	-,189	-,224	-,049	-,603**	-,605**	-,582*	-,606**	1,000				
BOI	-,214	-,224	,147	-,098	-,043	,346	-,575*	-,553*	-,610**	-,495*	,810**	1,000			
pH	-,388	-,605**	-,076	-,005	,298	-,292	-,494*	-,631**	-,655**	-,593**	,314	,178	1,000		
Sıcaklık	,448	,428	-,164	-,114	-,153	,226	,773**	,812**	,841**	,779**	-,745**	-,596**	-,725**	1,000	
İletkenlik	-,218	-,198	-,196	-,027	,017	-,544*	,503*	,220	,309	,232	-,481*	-,659**	,276	,207	1,000

*, $P < 0.05$, **, $P < 0.01$, ***, $P < 0.001$

4.5.5. Sedimentte ölçülen metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasında korelasyon değerleri

Çalışmada ölçülen su örneklerinde metal değerlerinin birbirleri ile olan ilişkilerini anlama amaçlı gerçekleştirilen korelasyon analizlerine ait değerler Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Buna göre istatistiksel olarak yüksek derece anlamlı olan en kuvvetli pozitif yönde doğrusal korelasyonun Pb ve Cu arasında olduğu görülmektedir ($r=0.775$, $N=18$). Yine Pb metali Cd ile pozitif yönlü korelasyon göstermektedir ($r=0,680$). Cu ve Hg metalleri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur ($r=0,659$). Sıcaklık parametresi ise tüm metallerle pozitif yönlü korelasyon göstermiştir.

Çizelge 4.16. Çalışmada analiz edilen sedimentteki metal konsantrasyonları ve su parametreleri arasındaki korelasyon çizelgesi (N=18).

	Cd	Cr	Pb	Cu	Co	Hg	Zn	Fe	Mn	Ni	Oksijen	BOI	pH	Sıcaklık	İletkenlik
Cd	1,000														
Cr	,391	1,000													
Pb	,680**	,610**	1,000												
Cu	,451	,684**	,775**	1,000											
Co	,160	,313	,298	,288	1,000										
Hg	,411	,363	,557*	,659**	,294	1,000									
Zn	,178	,079	-,073	-,069	,119	-,081	1,000								
Fe	-,092	,294	-,059	,063	,424	,173	,445	1,000							
Mn	,460	,311	,154	,216	-,096	,147	,624**	,401	1,000						
Ni	,466	,505*	,261	,412	,022	,386	,463	,226	,721**	1,000					
Oksijen	-,238	-,237	,009	-,008	-,422	-,042	-,748**	-,485*	-,269	-,356	1,000				
BOI	-,228	,144	,198	,292	-,032	,286	-,790**	-,112	-,245	-,219	,810**	1,000			
pH	-,636**	-,628**	-,536*	-,558*	-,026	-,352	-,484*	-,234	-,773**	-,666**	,314	,178	1,000		
Sıcaklık	,383	,356	,071	,247	,106	,218	,771**	,521*	,744**	,719**	-,745**	-,596**	-,725**	1,000	
İletkenlik	-,473*	-,492*	-,715**	-,763**	-,094	-,550*	,577*	,251	-,032	-,209	-,481*	-,659**	,276	,207	1,000

*, $P < 0.05$, **, $P < 0.01$, ***, $P < 0.001$

5. TARTIŞMA

Sarıçay'da 2013 kış ve 2014 yaz mevsimlerinde yürütülen bu çalışmanın sonuçları elde edilen bulgulara göre aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir.

5.1. Fiziko-kimyasal Analizler

Sarıçay'dan elde edilen su için fiziko-kimyasal değerler, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kıta içi su kaynakları fiziko-kimyasal verileri ve Klee (1991)'e göre yapılan su kalitesi değerlendirilmesi ile karşılaştırılmış ve Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

İki dönem boyunca elde edilen Sarıçay'a ait su örneklerinde elde edilen ortalama değerlere bakıldığında BOI₅, pH, sıcaklık ve nitrat azotu değerlerinin SKKY'ye göre I. sınıf olduğu, çözünmüş oksijen değerleri bakımından kışın I. sınıf, yazın ise II. sınıf değerinde olduğu ve ılıman su karakteri gösterdiği anlaşılmaktadır. pH değerleri bakımından I. sınıf su kalitesine sahip bu nehirde pH'ın yaz mevsiminde başta balık olmak üzere bir çok omurgasız canlının yaşaması için optimum aralık olan 6,5-8 aralığında olduğu gözlenmiştir. Suyun pH'sı metaller için önemli bir parametredir. Metallerin yumuşak sularda sert ve bazik sulara göre daha toksik olduğu düşünülmektedir. Deneysel çalışmalarda pH düşüşünün Pb ve Cr'nin yüksek çözünürlüğe ulaştığı tespit edilmiştir (Güven ve Akıncı, 2010). Bunun yanında pH'ın metal adsorbsiyonunda etkin bir parametre olması öngörülebilir. Pozitif yüklü metal iyonlarının izoelektrik noktanın altında katyonik bir karakter taşıyan protein moleküllerinin içerdiği grupların aynı yüklü iyonlarıyla yer değiştirdikleri, izoelektrik noktanın üstündeki pH'larda ise negatif yüklü reaksiyon alanlarıyla kompleksler oluşturarak adsorblandıkları düşünülebilir (Sağ ve Kutsal, 1995). Kış mevsiminde ise her üç istasyonda 8'in hemen üzerinde bir değer seyretmektedir bu canlıların yaşam koşullarını olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmemektedir. Klee

(1991)'e göre ise Nitrat azotu bakımından aynı SKKY değerlerindeki gibi I. sınıf özellik gösteren Sarıçay nehri BOI₅ değerlerinde ise II. sınıf özellik göstermektedir.

Tuzluluk ve iletkenlik değerleri bakımından 1 numaralı istasyon hariç, oldukça yüksek değerlerde tespit edilmiş olup, neredeyse nehrin acı su karakteri gösterdiği belirlenmiştir. Nitrit azotu bakımından Sarıçay SKKY göre IV. sınıf iken, Klee (1991)'e göre III. sınıfta yer almaktadır. Kararsız bir bileşik olan nitrit azotunun sürekli olarak bulunması evsel veya endüstriyel bir atık su karışımının göstergesidir (Yorulmaz 2006). Nitratların diğer kaynakları; mineral depozitleri, toprak, deniz suyu, taze su sistemleri ve atmosfer olup bu kaynaklar aracılığıyla çevrede doğal olarak da bulunabilmektedir. Fosforon kaynağı, fosfatlı kayalardır. Fosfatlı kayalar, yağmur, rüzgar gibi etkenlerle aşındıkça inorganik fosfat olarak yavaş yavaş toprağa taşınır. Azot değerlerine bakıldığı zaman kış mevsiminde 3. istasyon akarsu yatağına yakın bölgede önemli bir değerde olduğu ve orto-fosfat değerleri ile birlikte incelendiğinde antropojen etkenlerden daha çok doğal kaynaklı bir etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.1. Sarıçay akarsuyundaki fiziko-kimyasal verilerin diğer yönetmeliklerle karşılaştırılması.

	Kıtaçı su kaynakları sınıflarına göre	Klee (1991)'ye göre	
		Kış Dönemi	Yaz Dönemi
Çözünmüş oksijen (O ₂ mg L ⁻¹)	I	-	-
(BOI ₅), (mg L ⁻¹)	I	II	II
pH	I	-	-
Sıcaklık (°C)	I	-	-
Amonyum azotu (NH ₄ -N mg L ⁻¹)	II	II-III	II
Nitrit azotu (NO ₂ -N mg L ⁻¹)	IV	III	III
Nitrat azotu (NO ₃ -N mg L ⁻¹)	I	I	I
Orto Fosfat PO ₄ -P	-	IV	IV
		Yaz Dönemi	
Çözünmüş oksijen (O ₂ mg L ⁻¹)	II	-	-
(BOI ₅), (mg L ⁻¹)	I	II	II
pH	I	-	-
Sıcaklık (°C)	I	-	-
Amonyum azotu (NH ₄ -N mg L ⁻¹)	I	II	II
Nitrit azotu (NO ₂ -N mg L ⁻¹)	IV	III	III
Nitrat azotu (NO ₃ -N mg L ⁻¹)	I	I	I
Orto Fosfat PO ₄ -P	-	IV	IV

5.2. Su ve Sedimentte Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Metallerden bir çoğu suya direkt olarak deşarjı ile ortamda yada besin zinciri ile girdikleri canlıların bünyelerinden doğal fizyolojik yollar ile atılamadıkları için birikime uğramaktadır ve metallerden bazıları çok az konsantrasyonda bazı metaller ise organizmada belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki gösterir (Abo-Rady, 1983; Gill vd., 1992).

Çizelge 5.2’de Hg, Cd, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Fe ve Mn gibi bazı metallerin nehirlerdeki miktarları ve bu miktarların Kıta İçi Su Kaynakları Sınıflarına göre nasıl değıştiğı gösterilmiştir. Değerlendirme ölçütleri göz önünde bulundurularak sular dört grupta sınıflandırılmıştır. I. sınıf: temiz, II. sınıf: az kirli, III. sınıf: kirli ve IV. sınıf: çok kirli sular olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.2. Kıtaıçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Resmi Gazete, 2004).

	Su kalite sınıfları			
	I	II	III	IV
İnorganik kirlenme parametreleri				
1) Civa ($\mu\text{g Hg/L}$)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	> 10
3) Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	> 50
4) Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	> 200
5) Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	20	50	200	> 200
6) Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	> 200
7) Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	> 200
8) Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	> 2000
9) Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	> 5000
10) Manganez ($\mu\text{g Mn/L}$)	100	500	3000	> 3000

Su örneklerindeki ağır metal değerleri SKKY’ye göre Cd, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Zn ve Fe metalleri için I. su kalitesi sınıfında olduğu, bu durumda güncel olarak yüksek oranda bir ağır metal girdisinin olmadığı sonucunu vermektedir. Mn ise kış mevsiminde tüm istasyonlarda I. sınıf grupta yer almasına karşın sadece 1. istasyonda Aralık ayında 114,76 mg/L değerine ulaşarak II. sınıf grupta yer almıştır. Yaz mevsiminde ise Mn, Haziran ve Ağustos aylarında I. sınıf grupta yer alırken

diğer tüm istasyon ve aylarda II. grupta yer almaktadır. Hg ise 3. istasyonda Şubat ayında 0,8 m/L, Temmuz 0,6 mg/L ve Ağustos 0,7 mg/L değerlerine ulaştığı için III. sınıf grupta yer almaktadır.

Suda analiz edilen Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Mn ve Ni metalleri için aylar arasındaki fark istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur ($p<0,05$). Suda analiz edilen Hg metali için ise Aralık ile Ağustos ve Ocak ile, hem Şubat hem Ağustos ayları arasında istatistikî fark önemli olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Suda analiz edilen Cr istatistiki açıdan değerlendirildiğinde Temmuz ayı ile kış mevsimindeki tüm aylar arasında fark bulunmuştur, buna ilaveten Şubat ile de tüm yaz mevsimindeki aylar arasında istatistiki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Suda analiz edilen Co metali de aynı Cr metalinde olduğu gibi istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde Şubat ile yaz mevsimindeki tüm aylar arasında fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Metallerin fizyolojik ve toksik etkileri, genellikle onların serbest iyonlar halinde olmalarından kaynaklanmaktadır. Toksik etkiye sahip olan bazı metaller kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle canlılar için oldukça zararlıdır.

Araştırma kapsamında Sarıçay'da 3 farklı istasyondan elde edilen bazı metal değerleri ile Ege Bölgesi içerisinde bulunan bazı nehirlerde yapılan çalışmalarda sediment örneklerinde belirlenen metal değerleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Sedimentte analiz edilen Cd, Pb, Cu, Co, Zn, Fe, Hg ve Cr metalleri için aylar arasındaki fark istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur ($p<0,05$).

Sedimentte analiz edilen Ni metali istatistiki açıdan değerlendirildiğinde Temmuz ile kış mevsimindeki tüm aylar ve Haziran ile arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca Ağustos benzer bir şekilde kış mevsimindeki tüm aylar ile arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sedimentte analiz edilen Mn değeri ise istatistiki açıdan değerlendirildiğinde Ocak ve Şubat ayları ile yaz mevsimindeki tüm aylar arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Buna ilaveten Mn değeri için Aralık ile Ocak, Şubat ve Ağustos ayları arasında istatistiki fark bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 5.3. Ege bölgesi tatlı su bölgelerinde sedimentte metal birikimi.

Çalışma Alanı	Dönem	İstasyon	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Co	Mn
Şu anki çalışma	Ort	Genel	40.02	2610.31	55.06	8.56	570.28	0.68	14.81	6.22	3797.89
			±15.67	±387.37	±14.34	±3.44	±94.96	±0.17	±4.80	±1.38	±741.03
Gediz Nehri ^a	Ort.	Genel	140	25500	106	128	160	-	200	38	510
Büyük Menderes ^a	Ort.	Genel	137	18500	315	54	120	-	165	29	388
Geyik Barajı ^b	Kış	Genel	11	12340	320	31.30	32	ala	92	5	174
	Yaz		120	1120	104	28	104	2	239	80	190
Ortaköy ^b	Kış	Genel	7	13210	390	0.70	39	ala	15	22	150
	Yaz		110	3260	102	28	102	2	240	80	230
Sarıçay ^b	Kış	Genel	18	9870	180	15.20	18	ala	45	6	320
	Yaz		128	11120	304	29	304	6	1308	476	2613
Gediz Nehri ^c	Ort.	Nif Çayı	72.10	27.10	47	14.50	94.90	6.90	53	-	-
		İstanbul Köprüsü	53.70	25.50	44.20	5.50	60.70	9.30	218.90	-	-
		Karaçay	96.50	30.50	69.40	18	357.30	11	134.5	-	-
		Muradiye Köprüsü	91.21	39.02	68.14	8.48	279.69	9.44	891.01	-	-
		Menemen Yolu	89.82	47.89	52.59	11.97	155.46	9.74	647.50	-	-
Küçük Menderes (Selçuk) ^d	Ort.	Genel	6.90-	8.0-15.0	13.39-	7.00-	16.20-	0.99-1.78	5.04-	-	152.1-
			58.35		68.25	8.00	227.40		69.25		439.2
Sarıçay ^e	Ort.	Genel	47.12	8068	32.01	32.56	123.6	0.80	38.24	35.9	265.98

a: Akcay vd. (2003), b: Tuna vd. (2007), c : Öner ve Çelik (2011), d: Basaran (2011), e: Öglü vd. (2015)

Tuna vd. (2007) Geyik Barajı, Ortaköy ve Sarıçay üzerinde yaptıkları çalışmada sedimentte Cu birikimini kış dönemlerinde sırasıyla 11, 7 ve 18 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit etmişlerdir. Kış döneminde ölçülen bu değerler Sarıçay'da gerçekleştirilen çalışmadaki Cu değerlerin altında olmasına rağmen diğer tüm çalışmalardaki Cu değerleri bu çalışmanın üzerindedir. Akcay vd. (2003) Gediz Nehri ve Büyük Menderes Nehri üzerinde yaptıkları çalışmada sedimentte sırasıyla 25500 $\mu\text{g/g}$ ve 18500 $\mu\text{g/g}$ (Fe) analiz etmişlerdir. Bu değerler diğer tüm çalışmaların oldukça üzerinde yer almaktadır. Yine Sarıçay nehri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda Tuna vd. (2007) sedimentte yaz döneminde 11120 $\mu\text{g/g}$ ortalama Öglü vd. (2015) ise 8068 $\mu\text{g/g}$ Fe bulmuşlardır. Bu değerler Sarıçay'da gerçekleştirilen çalışmanın çok üzerindedir. Öner ve Çelik (2011) in Gediz nehri üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada sedimentte Ni birikimini Nif çayında 47 $\mu\text{g/g}$, İstanbul köprüsünde 44.20 $\mu\text{g/g}$ ve Menemen yolunda ise 52.59 $\mu\text{g/g}$ olarak bulmuşlardır. Ayrıca Öglü vd. (2015) yine Sarıçay'da gerçekleştirdikleri çalışmada sedimentte Ni birikimini 32.01 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit etmişlerdir. Bulunan bu değerler bugün Sarıçay'da gerçekleştirilen çalışmada sedimentte bulunan Ni (55.06 $\mu\text{g/g}$) birikiminin altındadır. Fakat Ege Bölgesinde gerçekleştirilen diğer çalışmalarda sedimentte Ni birikimi bugünkü çalışmanın üzerindedir. Sarıçay'da gerçekleştirilen bu çalışmada sedimentte analiz edilen Zn değeri (570.28 $\mu\text{g/g}$) Ege Bölgesinde gerçekleştirilen çalışmaların hepsinden fazla değerde bulunmuştur. Şimdiki çalışmada analiz edilen sedimentteki Cd birikimi Öglü vd. (2015) Sarıçay'da gerçekleştirdikleri çalışmada analiz edilen Cd birikimi ile paralellik göstermesine karşın diğer çalışmalarda sedimentte analiz edilen Cd değeri Sarıçay'da analiz edilenlerden oldukça fazladır. Sedimentte analiz edilen Cr metali ise Ege bölgesinde gerçekleştirilen diğer tüm çalışmalarda elde edilen Cr değerlerinin çok altındadır. Cr metalinin aksine sedimentte analiz edilen Mn değeri ise diğer tüm çalışmaların oldukça üstündedir. Genel olarak değerlendirildiğinde sedimentte analiz edilen Zn ve Mn metali hariç diğer tüm metaller Ege bölgesinde gerçekleştirilen çalışmaların alt seviyelerinde kalmıştır. Cr, Pb, Co, Cd ve Hg metallerinin sedimentte ki değerleri bu metallerin doğal olarak sedimentte bulunduğu ve çok fazla antropolojik kaynaklardan etkilenmediğini göstermektedir. Zn, Mn ve Fe metalleri değişken iletkenlik durumlarından etkilenerek farklı çözünme durumları gösterebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı Sarıçay için denize yakın olan son örnekleme noktasına doğru bu üç metalinde artış gösterdiği görülmektedir.

5.3. Yapay ve Canlı Midye Örneklerinde Hesaplanan Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

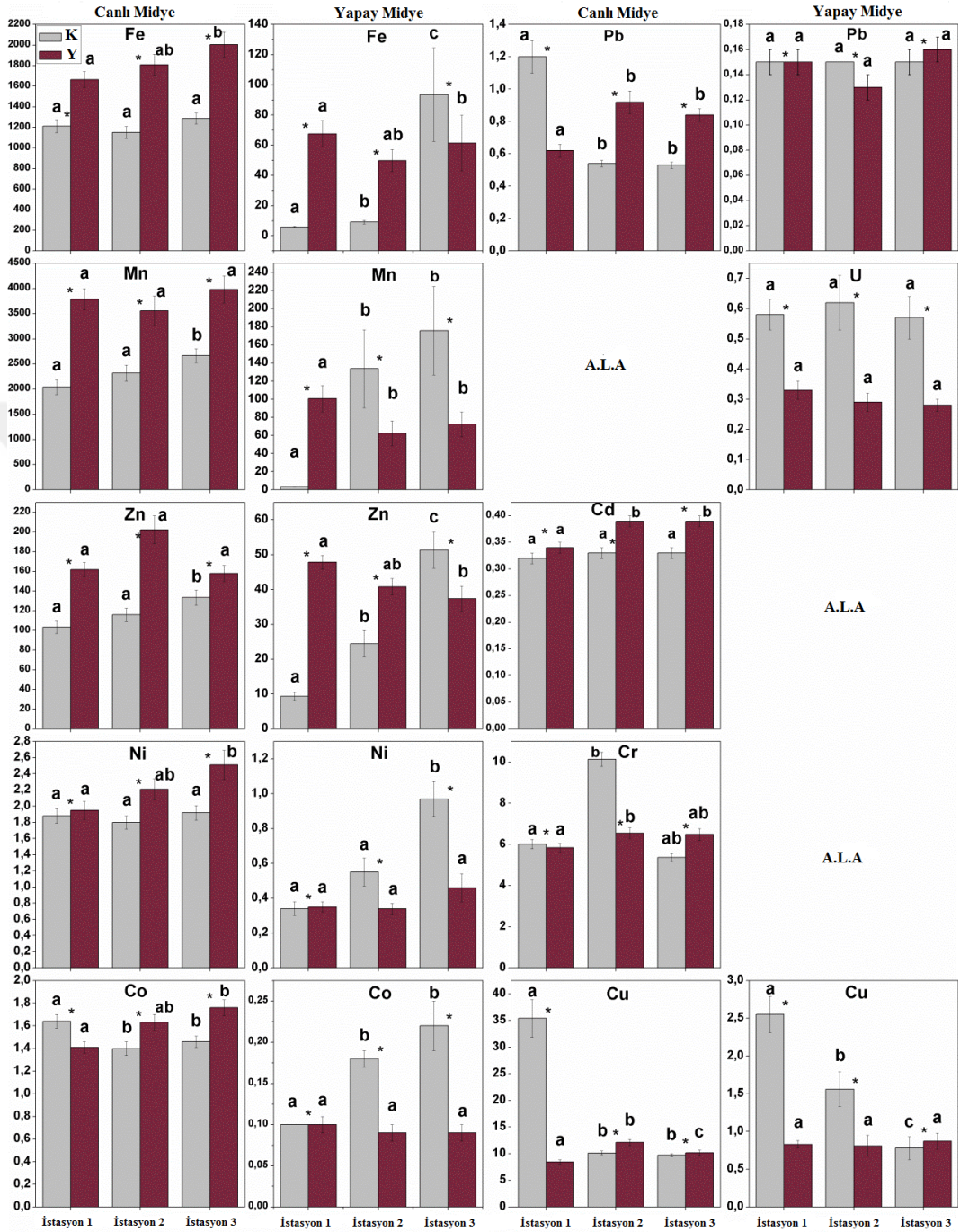
Bugüne kadar Asya, Kuzey Amerika ve Avrupa’da su ortamında metal kirliliğini izlemek için genellikle canlı midye örnekleri kullanılmıştır. Midyeler; yaşadıkları ortama rahat uyum sağlayabilmeleri ve bünyelerinde kolaylıkla metal biriktirmelerinden dolayı metal izleme programlarında en çok tercih edilen canlı özelliğini taşımaktadır. Midyeler dokularında; metal gibi kirleticileri ortamda tespit edilen değerlerden çok daha yüksek seviyelerde biriktirebilirler.

Canlı midye örnekleri kullanılarak metal izleme programlarında midyelerin öldürülmesi gerekmektedir. Ayrıca canlı midye organizmaları yaşadıkları ortamdaki abiyotik (pH, tuzluluk, sıcaklık) ve biyotik faktörlerden (büyüme, gelişme ve üreme) etkilenmektedir. Biyotik ve abiyotik faktörlerden etkilenmemek hatta canlı organizmaların bulunmadığı yerlerde metal kirliliğini tespit etmek için kullanılan en uygun yöntem pasif bir örnekleme cihazı olan yapay midye teknolojisidir.

Bu amaçla Sarıçay nehrinde kış ve yaz mevsimi olmak üzere üç istasyonda yapay ve canlı midye örneklerinde bazı metallerin birikimi hesaplanmıştır. Tespit edilen metal birikiminin mevsimsel olarak istasyonlara göre dağılımı Şekil 5.1’de gösterilmektedir. Ayrıca istasyon farkı gözetmeksizin aylık olarak canlı ve yapay midye örneklerinde metal birikimi karşılaştırmalı olarak Şekil 5.2’de verilmiştir.

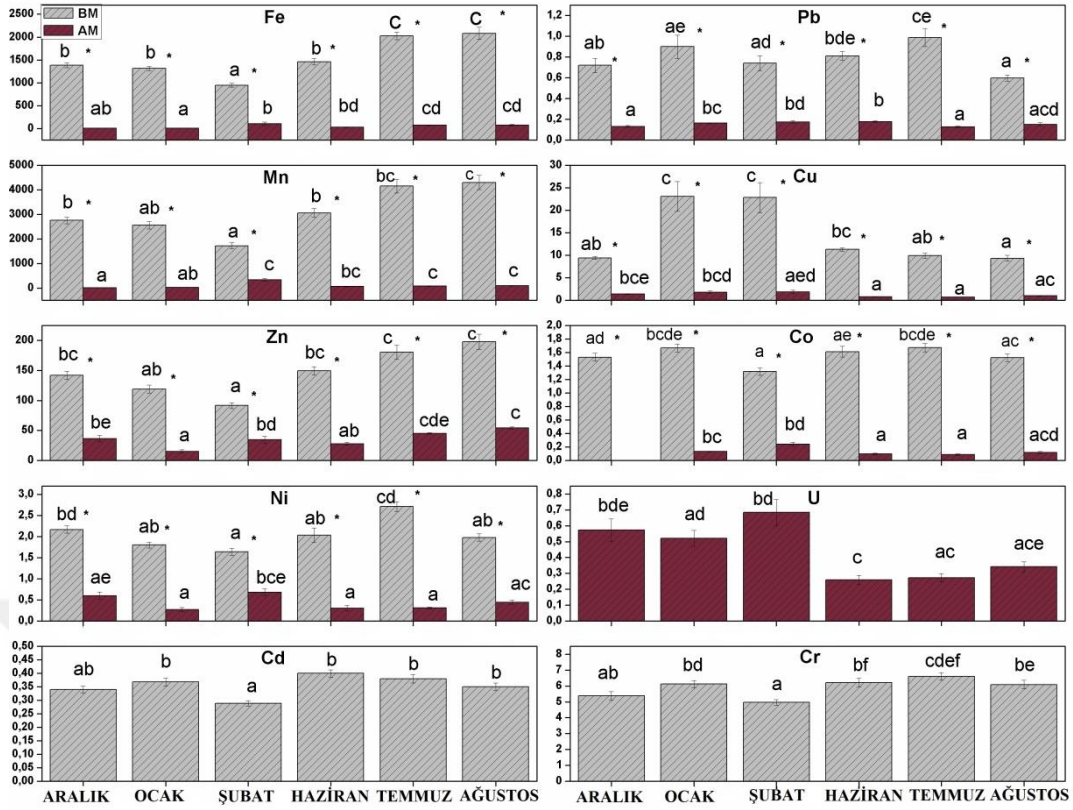
Canlı midye dokularında tespit edilen bazı metaller istatistiksel olarak değerlendirildiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Kış mevsimine ait olan Aralık ve Şubat ayları arasında Cr ve Pb metalleri hariç diğer tüm metallerde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Ocak ile Haziran ayları arasında Ni, Fe, Cu, Cr, Pb, Co ve Cd metalleri için istatistiksel önemli fark bulunmamıştır fakat Ocak ve Şubat ayları arasında Cu ve Pb metalleri hariç diğer tüm metaller arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Ocak ile Temmuz ayları arasında Co, Cd ve Cr metalleri için istatistiksel fark yok iken Şubat ile Ağustos ayları arasında Pb hariç diğer tüm metaller için istatistiksel bir fark vardır. Aralık ve Temmuz ayları arasında da Cu, Co, Cd metalleri hariç diğer metaller için istatistiksel önemli bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Bununla birlikte Şubat ile Temmuz ayları arasında tüm metaller için istatistiksel önemli bir fark bulunmuştur iken Temmuz ile

Ağustos ayları arasında ise Ni ve Pb hariç diğer tüm metaller arasında istatistiksel önemli bir fark bulunamamıştır ($p < 0,05$).



K: Kış, Y: yaz *:iki midye türü arasındaki istatistiksel farkı sembolize etmektedir.

Şekil 5.1. Canlı ve yapay midye örneklerinde istasyonlara göre mevsimsel olarak metal birikimi (μg) (\pm S. E. M.).



BM: canlı midye, AM: yapay midye *:iki midye türü arasındaki istatistiksel farkı sembolize etmektedir.

Şekil 5.2. Canlı ve yapay midye örneklerinde tespit edilen metallerin aylık olarak karşılaştırılması.

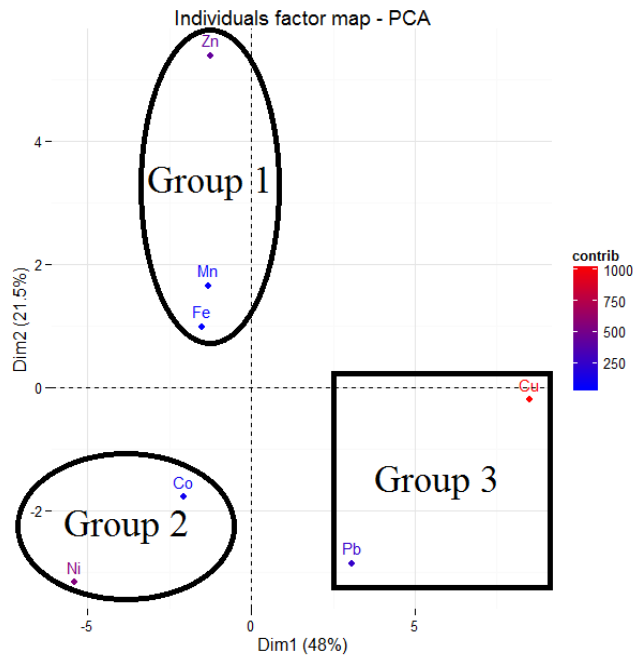
Canlı midye dokularında Fe, Mn, Co, Ni, Cr ve Cd metalleri yüksek konsantrasyon da yaz mevsiminde üçüncü istasyonda tespit edilmiştir. Tespit edilen bu metallere Fe, Mn ve Zn Ağustos ayında yüksek konsantrasyonlarda iken, Ni ve Co Temmuz ayında yüksek konsantrasyonlara ulaşmıştır. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda Cu ve Pb birikimi kış mevsiminde ve 1. istasyonda tespit edilmiştir. Canlı midye örneklerinde tespit edilen metal konsantrasyonlarının aksine yapay midye örneklerinde Zn, Ni, Fe, Mn, Pb ve Co birikimi kış mevsiminde yine üçüncü istasyonda tespit edilmiştir. Kullanılan şelat'ın metal bağlama seçiciliğine bağlı olarak yapay midye örneklerinde Zn, Fe ve Mn metalleri için birikimden söz etmek mümkündür. Ayrıca unutulmamalıdır ki yapay midye örnekleri sadece sudaki metal birikimini tespit edebilmektedir. Canlı midyeler ise metal birikimine hem sudan hem de besin zincirinden olmak üzere iki yönlü maruz kalmaktadır. Tüm metal değerlerine bakıldığında canlı midye örneklerinde birikim yapay midye örneklerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan bu çalışma göstermiştir ki,

yapay midye örnekleri Mn, Fe ve Zn gibi iz metalleri çok iyi bağlama yeteneğine sahiptir.

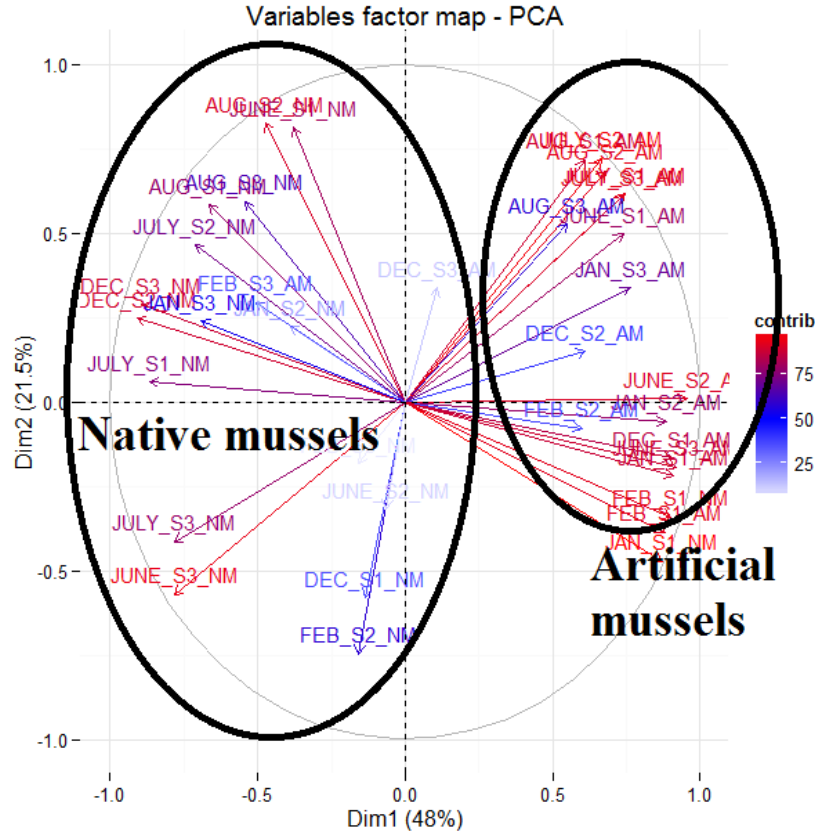
Canlı midye örneklerindeki Fe, Mn, Zn ve Ni konsantrasyonları Şubat ayından Ağustos ayına doğru bir artış göstermektedir. Canlı midye örneklerinde kış mevsimindeki düşük metal seviyelerinin tespit edilmesi canlı midye örneklerinin metabolizmalarını kışın yavaşlatmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

5.3.1. Temel bileşenler testi

PCA (Principal Component Analysis: Temel Bileşenler Testi), her iki midye türünde de birikim gösteren (Cu, Pb, Co, Ni, Fe, Mn ve Zn) metalleri için uygulanmış ve Şekil 5.3 ve 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Bireysel faktör haritası.



Şekil 5.4. Değişken faktör haritası.

Metal dağılımı kendi içerisinde 3 gruba ayrılmıştır. Zn, Mn ve Fe Grup 1'i, Ni ve Co Grup 2'yi, Pb ve Cu Grup 3'ü oluşturmaktadır. Zn, Mn ve Fe'den oluşan Grup 1 Dim1'in pozitif bölgesinde yer almakta ve negatif bölgede bulunan Grup 2 ve Grup 3'ten farklılık göstermektedir. Dim 2'ye göre ise pozitif bölgede bulunan Grup 3 (Pb ve Cu) diğer gruplara göre farklılık göstermektedir. Dim1'in büyük yüzdesini Grup 3'te bulunan Cu oluşturmaktadır. Grup 1'deki Zn ise Dim2'nin büyük yüzdesini kapsamaktadır.

Sonuçlar iki bileşende %69,5 toplam varyans ile açıklanmaktadır. Dim1 Cu ve Ni metalleri ile ilişkili olup %48'lik oran göstermektedir. Buna karşın Dim2 Zn, Ni ve Pb ile ilişkilendirilmiş olup, %21,5'lik bir oran göstermiştir. Hem yapay hem canlı midye örnekleri istasyonlara ve aylara göre metal birikiminde önemli farklılıklar göstermiştir. Canlı ve yapay midye örneklerinde metal birikiminin bu denli farklı olması, canlı midye örneklerinin besin seçimi, biyolojik faktörlerden etkilenmesi ve sediment ile sürekli ilişki içerisinde olması gibi faktörlere bağlanabilir.

5.3.2. Diğer çalışmalar ile karşılaştırma

Genç vd. (2015) yoğun bir tarımsal aktivitenin uygulandığı ve ayrıca turizm merkezlerinden biri olan Tersakan (Muğla) nehrinde yaşayan tatlı su midyesi (*Unio* sp.) dokularında metal birikimi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada kış için metal değerleri Cd: 0.25 µ/gr, Co:0.52 µ/gr, Cr: 5.61 µ/gr, Cu:17,99 µ/gr, Fe:575.36 µ/gr, Mn:206.59 µ/gr, Ni:12.97, Pb:5.87 µ/gr, Zn:135.560 µ/gr iken yaz mevsimi için Cd: 1.07 µ/gr, Co:1.55 µ/gr, Cr: 8.40 µ/gr, Cu:2.80 µ/gr, Fe: 352.14 µ/gr, Mn:114,23, Ni:10.91, Pb:3.93 µ/gr, Zn:17.90 µ/gr bulmuşlardır. Genç vd. (2015) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada; kış mevsiminde Zn, Ni, Cr ve Pb değerleri bu çalışmada tespit edilen değerlerden oldukça yüksektir. Her iki çalışmada da dokularda tespit edilen Cd, Cu, Zn ve Cr birikimi yakın değerlerdedir. Fakat Tersakanda yaşayan *Unio* sp. dokularında tespit edilen Ni ve Pb birikimi Sarıçay'da yaşayan *Unio* sp. dokularından neredeyse on kat fazladır. Bu çalışmada kış mevsiminde analiz edilen Co ve Fe birikimi Tersakan'da yaşayan *Unio* sp. dokularına göre üç kat iken Mn birikimi yaklaşık on kat fazla bulunmuştur. Yaz mevsiminde ise Sarıçay'da yaşayan midye örnekleri Tersakan'da yaşayan midye örneklerinden Cu için beş, Fe için altı, Zn için on ve Mn için otuz kat fazla değer göstermektedir. Fakat Tersakan'da yaşayan midye örneklerinde yaz mevsiminde Cd üç kat, Ni ve Pb'nin beş kat fazla birikim gösterdiği tespit edilmiştir.

Yarsan vd. (2000) Van gölünde yaşayan *Unio stevenianus* dokularında metal konsantrasyonlarını tespit etmek üzere yaptığı çalışmada kış için Pb: 1.82 µ/g, Cd: 0.09 µ/g, Cu: 5.96 µ/g ve Zn: 15.33 µ/g değerlerinde tespit etmiş iken yaz için Pb: 1.77 µ/g, Cd:0.09 µ/g, Cu:5.46 µ/g ve Zn: 14.34 µ/g olarak tespit etmişlerdir. Onların değerleri ile karşılaştırıldığında bu çalışmada Zn on kat, Cd dört kat ve Cu üç kat fazla bulunmuştur. Sadece Pb metali değerinin bu çalışmadaki değerlerden yüksek olduğu görülmektedir.

Mol ve Alakavuk (2011) Marmara Denizinde belirledikleri on istasyonda *Mytilus galloprovincialis* dokularında Zn, Cu, Cd, Hg ve Pb birikimlerini tespit etmişlerdir. Buna göre dokularda en yüksek birikimleri Zn: 97.13, Cu: 3.43, Cd: 0.74, Pb: 0.651 ppb olarak belirlenmiştir. Hg analiz limitlerinin altında kalmıştır. Marmara denizinde tespit edilen Cd birikimi şuan ki çalışmada tespit edilen Cd birikimine göre iki kat

fazla birikim gösterirken Sarıçay'da gerçekleştirilen bu çalışmada midye dokularında analiz edilen Cu üç kat fazla birikim göstermiştir. Diğer metaller yakın değerlerde seyretmektedir.

Bilgin ve Uluturhan (2015) Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren Bivalvia türlerinden olan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) ve akivadesin (*Tapes decussatus*) yumuşak doku ve hepatopankreaslarında mevsimsel olarak (Mayıs 2013-Şubat 2014) nikel, mangan, kobalt, demir ve alüminyum (Ni, Mn, Co, Fe ve Al) yoğunlukları araştırılmıştır. *Mytilus galloprovincialis*'in yumuşak dokularında saptanan en düşük metal konsantrasyonları Co için 0.30 mg/kg olarak Mayıs ayında belirlenirken, Mn (4.10 mg/kg), Ni (0,91 mg/kg), Fe (81.9 mg/kg) ve Al (16.8 mg/kg) için en düşük seviyeler Temmuz ayında belirlenmiştir. Yumuşak dokudaki en yüksek Mn (13.6 mg/kg), Ni (2.44 mg/kg), Co (1.09 mg/kg), Fe (477 mg/kg), ve Al (416 mg/kg) konsantrasyonları ise Şubat ayında saptanmışlardır. Bu değerler Sarıçay'da yaşayan *Unio* sp türleri ile karşılaştırıldığında Ni ve Co metali her iki midye türünde de yakın değerlerde iken bu çalışmada analiz edilen Mn yüz Fe metali ise on kat fazla değerdedir.

Yılmaz vd. (2007) Sarıçay'da 2004 yılında gerçekleştirdiği çalışmada *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus* balık türlerinin kas, solungaç ve karaciğer dokularında Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn metallerini tespit etmişlerdir. *Leuciscus cephalus* dokularına metallerin genel ortalaması, Cd: 0.010–0.084 µg/g, Co: ALA–0.131 µg/g, Cu: 0.193–2.611 µg/g, Fe: 4.240–172.000 µg/g, Mn: 0.112–24.230 µg/g, Pb: 0.068–0.874 µg/g, Zn: 6.350–28.550 µg/g olarak tespit etmişlerdir. *Lepomis gibbosus* dokularında metal birikimleri ise Cd: 0.008–0.082 µg/g, Co: nd–0.233 µg/g, Cu: 0.065–4.360 µg/g, Fe: 11.200–125.000 µg/g, Mn: nd 12.434 µg/g, Pb: 0.070–0.920 µg/g, Zn: 6.540–16.064 µg/g olarak bulmuşlardır. Ni her iki balık türü için de hiç bir dokuda tespit edilememiştir. Bu çalışmadan yedi yıl sonra Öglü vd. (2015) Sarıçayda yaşayan *Squalis cephalus* balık türünün kas dokusunda Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn metallerini analiz etmişlerdir. Balık kas dokusunda metallerin genel ortalamasını; Cd: 0.01 µg/g, Cr:0.97 µg/g, Cu:1.72, Fe: 21.32 µg/g, Mn:5.94 µg/g, Ni:1.36 µg/g, Pb:1.48, Zn:37.09 µg/g olarak tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada analiz edilen metal değerleri ile diğer iki çalışmada analiz edilen metal değerleri karşılaştırıldığında bu çalışmada tespit edilen Zn, Fe, Cu ve Cr metallerinin

on kat ve Mn metalinin yüz kat fazla birikim gösterdiği hesaplanmıştır. Bu on yıllık süreçte Pb metali hariç diğer tüm metal birikiminde önemli bir artış olduğu görülmektedir. Bu artıştaki en büyük sebebin yoğun bir tarımsal aktivitenin çay etrafında devam ettiğidir. Ayrıca çok açıktır ki üçüncü istasyon olarak nitelendirilen denize yakın bölge hem tarımsal aktiviteden, hem de endüstriyel kaynaklı kirlilikten etkilenmektedir. Bu yüzden metal kirliliği en yoğun olarak bu bölge de görülmektedir. Diğer çalışmalar ve türler ile karşılaştırıldığında bu çalışmada hem yapay hem canlı midye örneklerinde tespit edilen Mn, Fe, Cu ve Zn metalleri yüksek değerlerde iken sadece Pb metalinin düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Pb metalinin suda çözünübilirliğinin az olması bundaki en önemli etkenlerden biri olarak düşünülebilir. Balık ya da canlı midye türlerinde Pb metalinin daha yüksek oranda tespit edilmesinin sebebi ise bu canlıların Pb'ye besin yolu ile maruz kalmalarından olabilir.

Gonzalez-Rey vd. (2011) yapay midye ile *Mytilus galloprovincialis* dokularına metal birikimi üzerine yaptıkları çalışmada her iki midye türünde benzer Cu ve Cd metallerinin bir oranda metal birikimi yaptıklarını tespit etmişlerdir. Zn birikimi canlı midye türünde yüksek birikim göstermiş iken Pb yapay midye de canlı midyeye göre on kat fazla birikim göstermiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada ise tüm metallerin canlı midyede dokusunda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Unutulmamalıdır ki canlı midye türleri sediment ile oldukça yakın bir çevresel yaklaşım göstermekte olduğu için sedimentteki metal birikimine maruz kalmakta ayrıca filtre ederek beslenme özelliği gösterdiği için de sudaki metal birikimine maruz kalmaktadır. Yapay midye teknolojisi ile sadece sudaki metal birikimi tespit edilebilmektedir.

Wu vd. (2007) yaptıkları çalışmada yapay midye teknolojisinin deniz de nasıl birikim gösterdiğini araştırmış ve *Perna viridis* ile karşılaştırmıştır. Metal birikiminin benzer olduğunu bulmakla birlikte tuzluluk ve sıcaklıktan yapay midye teknolojisinin daha az etkilendiğini tespit etmişlerdir. Sarıçay'da gerçekleştirilen bu çalışmada tuzluluk faktörünün Co ve Ni metalleri hariç metal birikimine direk etki etmediği bulunmuştur. Zn, Fe ve Mn metalleri ise her iki midye türü ile de yüksek korelasyon göstermiştir. Bu üç metalin birikiminde sıcaklık önemli bir faktör olabilir.

Kibria vd. (2012)'nin Avustralya'da yapay midye teknolojisinin farklı istasyonlarda ve farkı iklim şartlarında nasıl birikim yaptığını tespit etmek üzere gerçekleştirdikleri

Çalışma göstermiştir ki Cu ve Zn gibi metallerin birikimi farklı iklim şartlarından (kuru ve yağışlı sezon) etkilenmektedir. Bu çalışmada daha yağışlı geçen kiş mevsiminde yapay midyelerin daha fazla birikim yaptığı gözlenmiştir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada yaşayan tüm canlıların ortak serveti olan su kaynakları ve içindeki canlılar, kaliteli protein arayışı içinde olan toplumların gıda deposudur. Endüstrileşmenin kaçınılmaz olduğu yüzyılımızda, yaşam kalitesini bozmadan, taze ve temiz ürünlerle sağlıklı beslenme olanaklarını korumak tüm toplumların ana hedefi olmalıdır.

Su azlığı çeken bir ülke konumunda olan Türkiye'nin yüzey ve yeraltı sularında günümüzde gözlenen kirlenmeler, sağlık için büyük sorunlar yarattığı gibi, suyun oluşturduğu yaşam alanlarında yaşamı olanaksız hale getirmektedir. Ülkemizdeki suların kirlenmesi bu şekilde devam ederse, 25-30 yıl sonra yarattığı sorunların geri dönüşümünün olanaksız duruma dönüşeceği hesaplanmaktadır. İnsanlığın ve canlılığın devamı için bugünden başlayarak su kirlenmelerine karşı gerekli önlemleri almak ve çözüm yolları üretmek için yapılan çalışmalara daha çok önem vermek gerekmektedir.

Canlı ve yapay midye örnekleri kullanılarak olası metal kirliliğinin tespiti için yürütülen bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, yöreye ilişkin daha önce yapılmış verilerle de birleştirildiğinde Sarıçay'da olduğu düşünülen kirliliğin boyutlarının daha iyi gözlenmesi mümkün olmuştur.

Bu çalışmadaki ölçümler ve referans çalışmalarda da belirtildiği gibi, sedimentte ki bazı metal değerleri su kaynağının doğduğu yerden uzaklaştıkça artmaktadır. Fakat bu durum tüm metaller için geçerli değildir. Sonuçlar göstermektedir ki sediment bir kapalı değil metal kirliliği konusunda doğal bir kaynaktır.

Kuzey Amerika, Avrupa, Güney Afrika, Çin ve Avustralya'da denenen yapay midye teknolojisi kullanarak metal birikimi tespit etme çalışmaları ülkemizde ilk defa uygulanmıştır ve başarı ile sonuçlandırılmıştır.

Şu anki hali ile birçok metali rahatlıkla analiz etmekte kullanılan yapay midye teknolojisi yeni ligand'lar denenerek geliştirilebilir ve daha fazla metal tespiti için kullanılabilir hale getirilebilir.

Daha önce birçok su ortamında (deniz/ arıtma suyu) kullanılan yapay midye teknolojisi bu çalışmada tatlı su ortamında metal tespiti için kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmadaki sonuçlar göstermiştir ki; yapay midye teknolojisi tatlı su ortamlarında metal birikimini tespit etmede kullanılması uygun pasif bir örnekleme cihazıdır.

Eğer metal kirliliği ile ilgili gerekli önlemler alınmaz ve düzenlemeler yapılmazsa, en önemlisi bu kirliliğe ait çalışmalar bu çalışmadan sonra devamlı olarak güncellenmez ise, geri döndürülemez bir metal kirliliği ile karşı karşıya kalınması kaçınılmaz bir sonuç olacaktır. Bu nedenle Sarıçay dolayısı ile Milas ve Güllük Körfezi bölgesinde bir yönetim biriminin kurulması ivedilikle gerçekleştirilmeli ve bölge için sürdürülebilir bir koruma sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aberhart, A.R., Larson, G.L. ve Mathews, J.R. (1984) Heavy metals in surficial sediments of Fontana Lake, North Carolina, *Water Research*, 18 (13): 351-354.
- Abo-Rady, M.D.K. (1983) Enrichment of Heavy Metals in Brook Trout in Comparison to Aquatic Macrophytes and Sediments, *Z Lebensm Unters Forsch*, 177: 339-344.
- Akçay, H., Oğuz, A., ve Karapire C. (2003) Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz River sediments. *Water Research*, 37: 813-822.
- Akyurt, İ., Erdoğan, O. (1993) Karasu ve Müceldi Derelerinden Toplanan Tatlı Su Midyelerinin (*Unio* sp.) Bazı Bioekolojik Özellikleri ve Et Verimlerinin İncelenmesi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak Derg*, 24(2): 98-107.
- Alexander, R. (2002) *Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstoff-funktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen*, Doktora Tezi, Münih Teknik Üniversitesi, Münih.
- Anonim. (1978) Properties and Selection, Non Ferrous Alloys and Pure Metals, *Metals Handbook*, 9th Edition, 2: 239-248.
- Anonim. (1996) Trace Elements in Human Nutrition and Health, World Health Organization, Geneva.
- Anonim. (2000) Freshwater mussel, 18 Eylül 2000. 93:
<http://www.bio.umass.edu/biology/conn.river.html>
- Anonim. (2001) Metal Madenler Alt Komisyon Bakır- Pirit Çalışma Grubu Raporu, *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara:
<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik638.pdf>
- Anonim. (2002) Dwarf Wedge Mussel, 19 Ekim 2002:
<http://www.dnr.state.md.us/wildlife/dwm.html>

- Anonim. (2003) *European Environment and Health Committee (EEHC), UN Protocol on Heavy Metals*.
- Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency=EEA). (2003) Avrupa'nın su kaynakları; göstergeler bazında hazırlanan değerlendirme özeti, *Avrupa Toplulukları Resmi Yayın Bürosu*, Lüksemburg 24s.
- Barlas, M., İkiel, C. ve Özdemir, N. (1995) Gökova Körfezine Akan Tatlısu Kaynaklarının Fiziksel ve Kimyasal Açından İncelenmesi, *Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Ürünleri Sempozyumu Kitabı*, Erzurum, 704-712.
- Basaran, A.K, (2011) Investigation of Water Quality and Heavy Metal Levels in Sediment in Kucuk Menderes River Deltaic Zone (Selcuk, Izmir, Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10: 3274-3280.
- Başçınar, S., Polat, H., Mısır, D.S. ve Zengin, B. (2003) Çıldır Gölü tatlı su midyelerinin popülasyon parametrelerinin tespiti ve ekonomik olarak değerlendirme imkânları. (TAGEM/HAYSÜD/2001/09/02/02). *Proje sonuç raporu*. Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon.
- Bilgin M. ve Uluturhan E.S. (2015) Homa Dalyanı'nda (İzmir Körfezi) dağılım gösteren *Mytilus galloprovincialis* ve *Tapes decussatus* (Bivalvia) türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi, *Ege J Fish Aqua Sc*, 32 (1): 1-8.
- Birch, L., Hanselmann, K.W. ve Bachofen, R. (1996) Heavy metal conservation in Lake Cadagno sediments: historical records of anthropogenic emissions in a meromictic alpine lake. *Water Res*, 30: 679-687.
- Blumenthoî, S. (1994) Inhibition of Na-f-Glucose Cotransport in Kidney Cortical Cells By Cadmium and Copper: Protection By Zinc, *Tox and App Pharm*, 129: 177-187.
- Boğa, A. (2007) Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. <http://cukurovatip.cu.edu.tr/download.php?cat=1&id=41>.
- Bogan, A.E. (2008) Global Diversity of Freshwater Mussels (Mollusca, Bivalvia) in Freshwater, *Hydrobiologia*, 595: 139–147.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Paslı, N., Savaşçı, S. ve Kaynaş, S. (2000) Ekoloji I, *ISVAK Yayınları*, No: 6: 38-404.
- Cha, M.W., Young, L. ve Wong, K.M. (1997). The fate of traditional extensive (Gei Wai) shrimp farming at the Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong. *Hydrobiologia*, 352: 295–303.

- Concon, J.M. (1988) *Part B: Contaminants and Additives, Food Toxicology*, Mareel Dekker Inc. New York and Basel, 1351s.
- Cordle, F. ve Kolbye, A.C. (1982) *Environmental Contaminants in Food, Nutritional Toxicology*. J.N. Hathcock (Ed.), Academic Press, New York.
- Çetinkaya, O. (1995) Van Gölü'ne Dökülen Karasu Çayında Yaşayan Bir Tatlı Su Midyesi Türü *Unio stevenianus* Krynicki 1837 (Mollusca: Bivalvia: Unionidae). *Turk J Zool*, 20: 169-173.
- Demirsoy, A. (1999) Yaşamın temel kuralları. *Omurgasızlar=Invertebrata-Böcekler dışında- Cilt-II/Kısım-I Üçüncü baskı*. Meteksan A.Ş. Ankara; 572–600s.
- Dirican, R. (1990) *Toplum Hekimliği Dersleri*, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara, 344s.
- DSİ. (2010) *İçme ve Kullanma Suyu Temini*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara (www.dsi.gov.tr).
- Duman, F. (2005) Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment Ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, 1s.
- Dumlu, G. (1975) *Kirli Su El Kitabı*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Yayın no. 582, Ankara.
- Elik, A. ve Akçay, M. (2000) Sivas Kenti'nde Ağır Metal Kirliliğinin Yerel ve Zamansal Değişimi, *Tr Journal Engineering Environment Science*, 24: 15-24.
- Emre, Y. (1987) *Gemlik Körfezindeki Midyelerde (Mytilus galloprovincialis) Bazı Ağır Metallerin Düzey ve Dağılımlarının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 45s.
- European Commission. (2002) DG ENV. E3 Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, *Heavy Metals in Waste*, February, Danimarka.
- Förstner, G. ve Wittmann, T. (1981) Metal pollution in the aquatic environment, Berlin Heidelberg, *New York Springer Verlag*, 3(21): 271-318.
- Geldiay, R. ve Bilgin, F.H. (1969) *Türkiye'nin bazı bölgelerinden tespit edilen tatlı su molluskları*, Ege Üniv Fen Fak İlmî Rapor Ser, No: 190, 1–36.

- Genç, T.O., Yılmaz, F., İnanan, B.E., Yorulmaz, B. ve Ütük, G. (2015) Application of multi-metal bioaccumulation index and bioavailability of heavy metals in *Unio* sp. (Unionidae) collected from Tersakan River, Muğla, South-West Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1a): 208-215.
- Genç, T.O. ve Yılmaz, F. (2015) Bioaccumulation indexes of metals in blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) inhabiting specially protected area Köyceğiz Lagoon (Turkey). *The Indian Journal of Animal Sciences*, 85(1): 94-99.
- Genç, T.O. ve Yılmaz, F. (2016) Risk assesment and accumulation of metals in sediment of Köyceğiz Lagoon System Turkey, *Journal of Advances of Agriculture*, 6(1): 804-812.
- Gill, S.T., Bianchi, C.P. ve Epple, A. (1992) Trace metal (Cu and Zn) Adaptation of organ systems of American Eel, *Anguilla rostrata*, to External concentrations of cadmium, *Comp Biochem Physiol*, 102 (3): 361-371.
- Gonzalez-Rey, M., Lau T.C., Gomes T., Maria V.L., Bebianno M.J. ve Wu R. (2011) Comparison of metal accumulation between ‘Artificial Mussel’ and natural mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in marine environments, *Marine Pollution Bulletin*, 63: 149–153.
- Gundacker, C. (2000) Comparison of heavy metal bioaccumulation in freshwater mollusca urban river habitats in Vienna, *Environ Pollut*, 110: 61–71.
- Güven, E.D. ve Akıncı, G. (2010) Ağır metallerin kirlenmiş sedimentten biyoliç yöntemiyle giderilmesinde sülfür konsantrasyonunun etkisi, *EÜ Su Ürünleri Dergisi*, 2: 73-78.
- Habashi, F. (1997) *Handbook of Extractive Metallurg*, Vol. 4, WILEY- VCH, Germany, 2500s.
- ICAIR (1987) *Drinking Water Criteria Document on Nitrate/Nitrite*, EPA, Office of Drinking Water, Washington DC, 16s.
- İlhan, A.İ., Dündar, C., Öz N. ve Kılınç, H. (2006) Hava Kirliliği ve Asit Yağmurlarının Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları*: 5-8.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. (2004) Metallerin Çevresel Etkileri - I, *Metalurji Dergisi*, 136: 47-53.

- Kartal, G., Güven A, Kahvecioğlu, Ö. ve Timur, S. (2004) Metallerin Çevresel Etkileri II, *Metalurji Dergisi*, 137: 46-51.
- Kaya, S., Pirinçci, I. ve Bilgili, A. (1998) *Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi*, Medisan Yayın Serisi, Yayın No: 36.
- Kibria, G., Lau., T.C. ve Wu, R. (2012) Innovative ‘Artificial Mussels’ technology for assessing spatial and temporal distribution of metals in Goulburn-Murray catchments waterways, Victoria, Australia: Effects of climate variability (dry vs. wet years), *Environment International Journal*, 50: 38-46.
- Klassen, C.D., Amdur, M.O. ve Doull, J. (1986) *Toxicology*, 3th Ed. Macmillan Publishing Company, New York, USA, 581s.
- Klee, O. (1991) *Angewandte Hydrobiologie*.- G. Theieme Verlag, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart-New York, 272p.
- Küchler, W. ve Verlag, C.H. (1986) *Chemische Technology*, Band 4, Wien, ISBN 3-446-13182-5.
- Lovejoy, D.B. (1999) Heavy Metal Concentrations in Water, Sediments and Mollusc Tissues, *Acta Zool Litua Hydrobiologia*, 9(2): 12-20.
- Mal, T.K., Adorjan, P. ve Corbett, A.L. (2002) Effect of copper on growth of an aquatic macrophyte, *Elodea Canadensis*. *Environmental Pollution*, 120: 307-311.
- Manning, W.J. ve Feder, W.A. (1980) *Biomonitoring air pollutants with plants*, Applied Science Publishers, London.
- Markert, B. (1993) *Plant as biomonitors: Indicators for heavy metals in the terrestrial environment*, B. Markert (ed), VCH Weinheim, New York/Basel/Cambridge.
- Martin, M.H. ve Coughtrey, P.J. (1982) Biological monitoring of heavy metal pollution, *Applied Science Publishers*, London.
- McMahon, R.F. (1991) *Mollusca: Bivalvia, Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (eds J.H. Thorp and A.P. Covich), Academic Press, San Diego, 315–399.
- Meglitsch, P. ve Schram. F. (1991) *Invertebrate Zoology*, Third Edition. New York, NY: Oxford University Press Inc.

- Miller, A.C. ve Nelson D.A. (1983) *An instruction report on freshwater mussels. Unpublished Instructional Report*, US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- Mol, S. ve Alakavuk, D.Ü. (2011) Heavy Metals in Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Marmara Sea, Turkey, *Biol Trace Elem Res*, 141: 184–191.
- Nichols, S.ve Newton, T. (2008) The Role of Freshwater Mussels in Food Webs and Their Nutritional Requirements in Ecosystems, *International Congress for Conservation Biology*, Convention Center, Chattanooga, TN, 2010-11-12 from http://www.allacademic.com/meta/p244042_index.html.
- Ohta, H., ve Cherian, M.G. (1991) Gastrointestinal absorption of cadmium and metallothionein. *Toxicol Appl Pharmacol*, 107: 63-72.
- Olson, D. (2002) *Pearls, United States Geological Survey*. Retrieved, 21 April 2009.
- Öğlü, B., Yorulmaz, B., Genc, T.O. ve Yilmaz, F. (2015) The Assessment of Heavy Metal Content By Using Bioaccumulation Indices In European Chub, *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758), *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2), 85-94.
- Öner, Ö. ve Çelik, A. (2011) Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzasından Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi, *Ekoloji*, 20 (78): 48-52
- Öztürk, M., Türkan, İ., Dalgıç, R., Çelik, Ü., Yılmaz, M. ve Yücel, E. (1992) Ağır metaller canlılar için bir yük mü?, *II. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu*, Ankara: 134-140.
- Parada, R. (1987) Industrial pollution with copper and other heavy metals in a beef cattle ranch, *Vet and Hum Toxicol*, 29: 309-324.
- Porter, H.J. (1990) *A report on the conservation status of North Carolina's Freshwater and Terrestrial molluscan fauna*, Waccamaw Spike, 73–80.
- Rainbow, P.S. (2002) Trace Metal Concentrations in Aquatic Invertebrates: Why and so What?, *Environmental Pollution*, 120: 497-507.
- Ramelov, G., Tugrul, S., Özkan, M.A., Tuncel, G., Saydam, C. ve Balkas, T.I. (1978) The determination of trace metals in marine organisms by atomic absorption spectrometry, *Intern J Environ Anal Chem*, 5: 125-132.

- Sağ, Y. ve Kutsal, T. (1995) Biosorption of heavy metals by *Zoogloea ramigera*: use of adsorption isotherms and a comparison of bio sorption characteristics, *Chemical Engineering Journal*, 60: 181-188.
- Shultz, C. ve Marbain, K. (1998) *A list of host species for rare freshwater mussels in Virginia*, Triannual Unionid Report, No. 15 July: 147–152.
- Stahr, M.M. (1977) Analytical toxicology methods manuel, *Iowa State Univ Press*, 47-48.
- Şentürk, F. (1993) *Çeşitli yörelerden avlanmış mollusklarda civa, kadmiyum, kurşun düzeylerinin saptanması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Şereflişan, H. (2014) Gölbaşı Gölü (Hatay) Tatlı Su Midyelerinin Ekonomik Değer Taşıyan Özelliklerinin Araştırılması, *Yunus Araştırma Bülteni*, 3: 43-49.
- Şereflişan, H.O. (2003) *Gölbaşı Gölü (Hatay)'nde Bulunan Unio terminalis delicatus'un Üreme Biyolojisi ve Yetiştiricilik Potansiyelinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- T.C. Resmi Gazete, *Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği* (Yürürlükten kaldırılmıştır), 19919, 4.9.1988, 13-73.
- T.C. Resmi Gazete, *Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği*, Mükerrer 23172, 16 Kasım 1997, 1-198.
- T.C. Resmi Gazete, *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, 25687, 31.12.2004 (Değişiklik; 13.02.2008 tarih, 26786 sayılı Resmi Gazete).
- Tanyolaç, J. (2006) *Limnoloji (4. baskı)*. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 237s.
- Tosyalı, E. ve Eren, M.H. (2004) *Mikrodalga, UV ve hot plate ile bozundurulmuş sirke örneklerinde kadmiyum, kurşun ve bakır içeriğinin potansiyometrik sıyırma analizi ile incelenmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Tuna, A.L., Yılmaz, F., Demirak, A. ve Ozdemir, N. (2007) Sources and distribution of trace metals in the sarıca stream basin of southwestern Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 125: 47–57.
- Tuncer, S. (1985) *İzmir ve Çandarlı (Aliğa Limanı) Körfezlerinde Yaşayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki Ağır Metal Kirlenmesi ile İlgili Araştırmalar*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 73s.

- Uzunören, N. (1987) *Ağır Metallerle Kirilenmiş Sulardan Toplanan Midyeler Ve Benzeri Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerden Arsenic Ve Türevleri Ile Kirlenme Düzeylerinin Saptanması*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Wagner, A. ve Boman, J. (2004) Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels, *Spectrochimica Acta Part, B* 59: 1125–1132.
- Walter, M. (1987) *Trace Elements in Human And Animal Nutrition* - 15th Edition, Volume 1 Academic Press.
- Water Framework Directive (WFD) (2000) Directive of the European Parliament and of the Council (establishing a framework for Community action in the field of water policy), *Official Journal of the European Communities*, 327/1, 72p.
- WHO (World Health Organization) (1992) *Cadmium, Environmental Health Criteria*, No. 134, Geneva.
- WHO (World Health Organization) (1996) *Trace Elements in Human Nutrition and Health*, Geneva.
- Wijk van, F.S., De la Haye, M.A.A., Hehenkamp, M.J., Velde, I.A. de Bruin E.F.L.M. ve Schelleman F.J.M. (2003) Uygulama El Kitabı; Su Çerçeve Önergesi'nin Türkiye'de Uygulanması, Project Number: 105774, *Gronmij Advies & Techniek bv, Estiging Utrecht Houten*, 32p.
- Williams, J.D., Warren, M.L., Cummings, K.S., Harris J.L. ve Neves, R.J. (1993) Conservation Status of Fresh water Mussels of the United States and Canada, *Fisheries*, 18(9): 6–22.
- Wu R.S., Lau T.C., Fung W.K., Ko P.H. ve Leung K.M. (2007) An 'artificial mussel' for monitoring heavy metals in marine environments, *Environmental Pollution*, 145: 104-110.
- Yang, H., Rose, N.L. ve Battarbee, R.W. (2002). Distribution of some trace metals in Lochnagar, a Scottish mountain lake ecosystem and its catchment. *The Science of the Total Environment*, 285: 197-208.
- Yarsan, E., Biligili A., Türel, İ. (2000) Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenionus* Krynicky) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri, *Türk J Vet Anim Sci*, 24: 93-96, TÜBİTAK.

Yıldız, K., Sipahioğlu, S. ve Yılmaz M. (2000) “Çevre Bilimi”, *Gündüz Eğitim ve Yayıncılık*, Ankara, 26-28, 104-107.

Yıldız, N. (2004) Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller, ZT-531, Yüksek Lisans Ders Notları, Erzurum.

Yılmaz, R., Sakçalı, S., Yarcı, C., Aksoy, A. ve Ozturk, M. (2006) Use of *Aesculus hippocastanum* L. As a Biomonitor of Heavy Metal Pollution, *Pakistan Journal of Botany*, 38: 1519-1527.

Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A. ve Tuna, L. (2007) Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*, *Food Chemistry*, 100: 830–835.

Yorulmaz, B. (2006) *Eşen Çayı (Kocaçay) Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açından İncelenmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 195s.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Tuncer Okan GENÇ
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Antalya, 01.09.1985
Medeni Hali : Bekar
Telefon : 0 252 211 51 08
E-posta : tuncerokangenc@gmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Antalya Gazi Lisesi	2002
Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2008
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2011
Doktora	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2016

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon / Görev
2011 – Halen	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	Uzman

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		x	
Konuşma		x	
Anlama			x
Okuma			x

Bilimsel Faaliyetler

Uluslararası Bilimsel Dergilerde Hakemlik:

Journal Of Advances in Agriculture- 2016 (Nisan)

Molluscan Research- 2016 (Mayıs)

Human and Ecological Risk Assessment- 2016 (Haziran)

Kongre Düzenleme Kurumu:

12. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi – 2015 (Eylül)

Yayınlar

A) Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

Tuncer Okan Genç, Fevzi Yılmaz, 2015, Bioaccumulation Indexes of Metals in Blue Crab (*Callinectes Sapidus* Rathbun, 1896) Inhabiting Specially Protected Area Koycegiz Lagoon (Turkey), Indian Journal of Animal Sciences 85 (1): 94–99.

Tuncer Okan Genç, Fevzi Yılmaz, Burak Evren İnanan, Bülent Yorulmaz and Gökhan Ütük, 2015, Application Of Multi-Metal Bioaccumulation Index and Bioavailability Of Heavy Metals in Unio SP. (Unionidae) Collected From Tersakan River, Muğla, South-West Turkey, Fresenius Environmental Bulletin, Vol 24, No 1a, 208-215.

Bülent Yorulmaz, Fevzi Yılmaz and **Tuncer Okan Genç**, 2015, Heavy Metal Concentrations in European Eel (*Anguilla anguilla* L., 1758) From Köyceğiz-Dalyan Lagoon System, Fresenius Environmental Bulletin, Vol 24, No 5, 1607-1613.

Burak Öglü, Bülent Yorulmaz, **Tuncer Okan Genç** & Fevzi Yılmaz, 2015, The Assessment of Heavy Metal Content By Using Bioaccumulation Indices in European Chub, *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758), Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, May 2015, Vol. 10, No. 2, p. 85 – 94

Tuncer Okan Genç, Burak Evren İnanan, Murat Yabanlı, Fevzi Yılmaz, 2015, Japon Balığı *Carassius auratus* Linnaeus, 1758) Dokularında Bor Akümülyasyonu, Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(6): 498-503.

Tuncer Okan Genç and Fevzi Yılmaz., 2016. Risk Assessment and Accumulation of Metals in Sediment of Köyceğiz Lagoon System, Turkey. Journal Of Advances in Agriculture, 6(1), 804-812

B) Uluslararası Sempozyum ve Toplantılarda Sunulan Tebliğ ve Bildiriler

Fevzi Yılmaz, Bülent Yorulmaz, **Tuncer Okan Genç**, Threespine Stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) from Upper Zones of Dalaman River- Turkey, 13th European Congress of Ichthyology Klaipėda, Lithuania, September 6th – 12th, 2009

Tuncer Okan Genç, Fevzi Yılmaz, Bülent Yorulmaz, Age, Growth and Reproduction Features of an Endemic Fish: *Ladigesocypris ghigii* (Gianferrari, 1927) Inhabiting SW Anatolia, 13th European Congress of Ichthyology Klaipėda, Lithuania, September 6th – 12th, 2009

Fevzi Yılmaz, Bülent Yorulmaz, **Tuncer Okan Genç**, Heavy Metal Accumulation in Köyceğiz Lagoon System- Türkiye, IV International Symposium Of Ecologists Of The Republic Of Montenegro, October 6th-10th, 2010

Tuncer Okan Genç, Fevzi Yılmaz, Bülent Yorulmaz, Effects Of Anthropological Activities on Köyceğiz Lagoon System-Türkiye, IV International Symposium Of Ecologists Of The Republic Of Montenegro, October 6th-10th, 2010

Bülent Yorulmaz, Fevzi Yılmaz, **Tuncer Okan Genç**, Agricultural Effects on Köyceğiz Lagoon System-Türkiye, IV International Symposium Of Ecologists Of The Republic Of Montenegro, October 6th-10th, 2010

Yorulmaz, B., Yılmaz, F., **Genç, T.O.**, Demirak, A., (2011), Physical- Chemical Features Of Köyceğiz Lake Lagoon System (Turkey), The IV International Scientific Conference "Lake Ecosystems: Biological Processes, Anthropogenic Transformation, Water Quality" 12-17 September Minsk – Naroch, Belarus

Yılmaz, F., Yorulmaz, B., **Genç, T.O.**, (2011), Management of Metal Pollution in Koycegiz Lagoon System (Turkey), The IV International Scientific Conference "Lake Ecosystems: Biological Processes, Anthropogenic Transformation, Water Quality" 12-17 September Minsk – Naroch, Belarus

Genç, T.O., Yılmaz, F., Yorulmaz, B., (2012), Heavy Metals Bioaccumulation In Economically Important Fish (*Mugil Cephalus* L.) Of Koycegiz Lagoon System (Turkey), 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM, 17-23 June Albena, Bulgari

Yorulmaz, B., Yılmaz, F., **Genç, T.O.**, (2013), Heavy Metal Concentrations in European Eel (*Anguilla anguilla* L., 1758) from Köyceğiz-Dalyan Lagoon system, VII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems, 18-21 December 2013, Antalya, Turkey

Genç, T.O., Yılmaz, F., İnanan, B. E. Yorulmaz, B., Ütük G., Application of Multi-Metal Bioaccumulation Index and Bioavailability of Heavy Metals in *Unio* Sp. (*Unionidae*) Caught From Tersakan River, Muğla, South-West Turkey, VII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems, 18-21 December 2013, Antalya, Turkey

C) Ulusal Sempozyum ve Toplantılarda Sunulan Tebliğ ve Bildiriler

Genç, T.O., Yılmaz, F., Yorulmaz, B., (2011), Namnam Çayında Yaşayan Tatlı Su Kefal Balığı (*Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)' De Ağır Metal Birikimi, 16. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 25-27 Ekim, Antalya

Yorulmaz, B., Yılmaz, F., **Genç, T.O.**, Öğretmen, F., (2011), Gökova Körfezi (Muğla) Kıkırdaklı Balık Faunası, Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu 07-09 Eylül, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Yılmaz, F., Öğretmen, F., Yorulmaz, B., **Genç, T.O.**, (2011), Gökova Körfezi (Muğla) Zehirli Balıkları, Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu 07-09 Eylül, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Yılmaz, F., Utuk, G., Yorulmaz, B., **Genç, T.O.**, (2012) Tersakan Çay (Muğla/Dalaman)'ında Yaşayan Tatlısu Midyelerinde Ağır Metal Birikimi, 03-07 Eylül 2012, 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, Ege Üniversitesi, İzmir

Genç, T.O., Yılmaz F., (2015) Yapay Midye Teknolojisi Kullanılarak Ağır Metal Birikiminin İzlenmesi, 26 Mayıs 2015, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Araştırma Sempozyumu

Yılmaz F., **Genç T.O.**, (2015) Balık Geçit(ş)leri, XII. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 14-17 Eylül 2015, Muğla

Genç, T.O., Yılmaz, F., (2015) Metal Akümülyasyonunda Yeni Bir Yöntem: Yapay Midye Teknolojisi, XII. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 14-17 Eylül 2015, Muğla

D) Ulusal Kongre, Sempozyum, Panel, Çalıştay Gibi Bilimsel, Sanatsal Toplantılarda Sözlü Olarak Sunulan Veya Tam Metin Olarak Yayımlanan Bildiri

Yılmaz, F., **Genç, T.O.**, "Denizli İli Balık Faunası", Denizli İli Biyoçeşitlilik Çalıştayı, 50-52, 29 Kasım 2013 Denizli, Türkiye

E) TÜBİTAK, TÜBA, DPT, KOSGEB, Bakanlıklar vb. Kamu Kurumları veya Özel Kuruluşlarca Desteklenen ve Tamamlanan Projede Görev (Araştırmacı, Öğretmen, Danışman vb, Olarak)

1-) Köyceğiz Gölü Lagün Sisteminde Metal Kirliliği Kaynaklarının, Organizmalardaki Kalıntı Miktarlarının Belirlenmesi ve Metal Kirliliği Denetimi (MEKİD) için Bir Yönetim Modelinin Geliştirilmesi, TÜBİTAK ÇAYDAG Projesi No: 108Y261. 2008-2011

F) Bilimsel Araştırma Projelerinde (BAP) Görev Alma (Araştırmacı, Eğitmen, Danışman, vb. Olarak)

- 1-) Sarıçay (Milas-Muğla) da Yapay Midye Teknolojisi Kullanılarak Ağır Metal Birikiminin İzlenmesi. 2013--2016
- 2-) Küçük Menderes Nehrinde Yaşayan Bentik Omurgasız, Tatlı Su Kefali (*Leuciscus cephalus* (Linnaeus,1758)), Su ve Sedimentte Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. 2013-2015

