

**SINOP İÇ LİMANDA (KARADENİZ)
BATIRILMIŞ UZUN HALAT SİSTEMİNDE
YETİŞTİRİLEN MİDYE (*Mytilus galloprovincialis*
L., 1819)'LERDEKİ İZ ELEMENT SEVİYELERİ**

**SANIYE TÜRK ÇULHA
DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ
ANABİLİMDALİ**

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİNOP İÇ LİMANDA (KARADENİZ) BATIRILMIŞ UZUN HALAT SİSTEMİNDE
YETİŞTİRİLEN MİDYE (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819)'LERDEKİ
İZ ELEMENT SEVİYELERİ

SANIYE TÜRK ÇULHA

DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

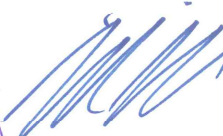
DANIŞMAN
Doç. Dr. İsmihan KARAYÜCEL


İKİNCİ DANIŞMAN
Prof. Dr. Levent BAT


SİNOP – 2011


T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından 30/06/2011 tarihinde yapılan sınav ile Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. İsmihan KARAYÜCEL 

Üye : Doç. Dr. Rahime ORAL 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayşe GÜNDOĞDU 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Emine TURGUT NEARY 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Birol BAKI 

ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

30/06/2011


Doç. Dr. İsmihan KARAYÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Sinop İ Limanda (Karadeniz) Batırılmış Uzun Halat Sisteminde Yetiştirilen Midyelerdeki (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) İz Element Seviyeleri

ÖZET

Araştırma Mart 2009 – Mart 2010 tarihleri arasında Sinop İli İ Liman mevkiinde, açık denizde batırılmış uzun halat sisteminde yetiştirilen midyeler üzerinde yürütölmüştür. Mevsimler arasındaki metal değişimlerinin izlenmesi amacıyla aylık, deniz suyu, sediment ve midye örneklere alınmıştır. Alınan örnekleredeki Cd, Cu, Pb ve Zn iz element konsantrasyonları belirlenmiştir. İz element ölçümleri ICP-AES cihazında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, deniz suyu örneklereinde fizikokimyasal kalite parametrelerinden sıcaklık, askıda katı madde (AKM), partiköl organik madde (POM), partiköl inorganik madde (PİM), pH, oksijen ve tuzluluk değerleri de aylık olarak ölçölmüştür. Bununla birlikte her ay alınan sediment örneklereinden (%) yanabilen organik madde (YOM) ve midyelerdeki et verimi oranı tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, ortalama sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş oksijen, pH, AKM, POM, PİM ve YOM sırasıyla; $14.48\pm 1.71^{\circ}\text{C}$, ‰ 17.56 ± 0.07 , 7.00 ± 0.62 mg/L, 8.59, 11.99 ± 0.48 mg/L, 4.81 ± 0.39 mg/L, 7.18 ± 0.29 mg/L ve ‰ 8.60 bulunmuştur. Midyelerdeki ortalama et verimi ‰ 23.36 olarak belirlenmiştir. Alınan örneklereindeki iz element ortalama değerleri sırasıyla, AKM'de; Cd: 0.052, Cu: 0.737g, Pb: 0.638, Zn: 119.997 mg/kg, sedimentde; Cd: 5.949, Cu: 19.454, Pb: 7.881, Zn: 41.876 mg/kg, midyede ise; Cd: 1.182, Cu: 4.774, Pb: 1.081, Zn: 84.730 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Dataların istatistiksel analiz sonuçlarına göre mevsimsel olarak metaller arasında farklılıkların olduğu kaydedilmiştir. Bu son çalışmadan elde edilen sonuçlar, ulusal ve uluslar arası limit değerlerle karşılaştırılarak tartişılmıştır. Sonuç olarak, Sinop İ Liman bölgesinde düşünülen ticari midye yetiştiriciliği çalışmalarında, bu değerlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karadeniz, Sinop Yarımadası, İz Element, Sediment, Midye, Askıda Katı Madde, ICP-AES, Açık Deniz, Uzun Halat Sistemi

**Trace Elements in Cultured Mussels (*Mytilus galloprovincialis* L.,1819)
at the Submerged Longline System in the Sinop Inner Harbour (Black Sea)**

ABSTRACT

The study was achieved between March 2009 and March 2010 at the Sinop Inner Harbor on cultured mussels at the offshore submerged longline system. The samples of mussels, sediment and sea water were monthly sampled for the purpose of monitoring differences of metal contents. Cd, Cu, Pb ve Zn in samples were found. The trace elements (Cd, Cu, Pb, Zn) in samples were measured with ICP-AES device. In addition, monthly temperature, total particulate matter (TPM), particulate organic matter (POM), particulate inorganic matter (PIM), pH, dissolved oxygen and salinity in physico-chemical quality parameters of sea water were measured. However, burnable organic matter (BOM) in sediment samples (%) and meat yield of mussel samples were monthly determined. According to the obtained data, temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, TPM, POM, PIM and BOM were found as $14.48\pm 1.71^{\circ}\text{C}$, $17.56\pm 0.07\%$, 7.00 ± 0.62 mg/L, 8.59 ± 0.05 , 11.99 ± 0.48 , 4.81 ± 0.39 , 7.18 ± 0.29 and 8.60% respectively. Mean meat yield in mussels were 23.36% . The determined data showed that mean trace elements in TPM were found as Cd: 0.052 mg/kg, Cu: 0.737 mg/kg, Pb: 0.638 mg/kg, Zn: 119.997 mg/kg; in sediment samples were found as Cd: 5.949 mg/kg, Cu: 19.454 mg/kg, Pb: 7.881 mg/kg, Zn: 41.876 mg/kg; in mussels samples were found as Cd: 1.182 mg/kg, Cu: 4.774 mg/kg, Pb: 1.081 mg/kg, Zn: 84.730 . The statistical analyses of data showed that there were differences between seasonal metals value. The obtained data of this study were discussed in comparison with national and international limit values. Consequently, these results should be taken into consideration when thinking commercial mussel farming in Sinop Inner Harbour.

Key Words: Black Sea, Sinop peninsula, trace elements, sediment, mussel, Total Particulate Matter, ICP-AES, Offshore, submerged longline system.

TEŞEKKÜR

“Bilime giden düz ve kestirme yol yoktur, ancak onun dik patikalarında yorucu tırmanmaları göze alanlar aydınlık doruklarına ulaşabilirler”

Karl Marx

Doktora tezimin ön hazırlık aşamasında TÜBİTAK 108Y335 nolu 1002 araştırma projesi kapsamında yapılan çalışmada okuldaki tüm hizmetlerden faydalanma imkanı sağlayan Dekanımız Sayın Prof. Dr. Sedat KARAYÜCEL’e, bilgileriyle beni yönlendiren ve her koşulda destek olan danışman hocam Doç. Dr. İsmihan KARAYÜCEL’e, araştırmam süresince yaşadığımız yoğunluk ve stres dolu çalışma temposuna benle birlikte uyum sağlayan ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Yrd. Doç. Dr. Mehmet Çulha’ya ve çok sevdiğim arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Meryem Yeşim ÇELİK’e, balık adam arkadaşlarım yüksek mühendis Bora EYÜBOĞLU ve Recep ÖZTÜRK’e, deniz örneklemeleri sırasında teknedeki gönülden yardımlarından dolayı İsmail KARAKAN ve Murat YILMAZER’e, her zaman okulumu başarıyla bitirip mesleğimi elime almamı dört gözle bekleyen ancak ömürleri vefa etmeyen sevgili annem Hanife ve babam Ali TÜRK’e, sevgi ve dualarıyla yanımda olan çok değerli ablalarım ve sonsuz desteğini hiç esirgemeyen ismini sayamadığım tüm değerli dostlarıma çok teşekkür ederim.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 1002 Hızlı destek projesi olarak onaylanmış olan, 108Y335 No’lu “Açık Denizde Batırılmış Uzun Halat Sisteminde Yetiştirilen Midyeler ile Doğal Ortamdan Toplanan Midyelerdeki İz Element Seviyelerinin Tespiti ve Karşılaştırılması” isimli projeye desteklenmiştir. Katkılarından dolayı 108Y335 No’lu TÜBİTAK projesine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
EKLER LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ	9
2.1. Türkiye’de Su Ürünleri ve Midye Yetiştiriciliği Potansiyeli	9
2.2. Akdeniz Midyesi (<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819)	11
2.3. Midye Yetiştiriciliğinin Genel Özellikleri	15
2.3.1. Zeminde Midye Yetiştiriciliği	15
2.3.2. Su İçinde Yetiştiricilik	16
2.3.2.1. Kazıklarda Midye Yetiştiriciliği	16
2.3.2.2. Uzun Halatlarda Midye Yetiştiriciliği	16
2.3.2.3. Sal Sisteminde Midye Yetiştiriciliği	17
2.4. Ağır Metallerin Tanımlanması	17
2.5. Ağır Metallerin Ortamdan Alınma ve Taşınma Kaynakları	19
2.6. Su Ürünleri Açısından Metallerin Önemi	22
2.7. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Olan Zararlı Etkileri	27
2.8. Çalışmada İncelenen Metaller Hakkında Genel Bilgiler	30
2.8.1. Kadmiyum (Cd)	30
2.8.2. Bakır (Cu)	31
2.8.3. Kurşun (Pb)	32
2.8.4. Çinko (Zn)	34
2.9. İz Elementlerin Doğal ve Kabul Edilebilir Düzeyleri	35
2.10. Literatür Özeti	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM	64
3.1. Materyal	64
3.1.1. Sinop Yarımadası ve Genel Özellikleri	64
3.1.2. Araştırma Yeri	64

3.2.	Yöntem	67
3.2.1.	Örnekleme ve Ölçüm Çalışmaları	67
3.2.2.	Askıda Katı Madde (AKM), Partikül Organik Madde (POM), Partikül İnorganik Madde (PİM) ve % Organik Madde Tayinleri	69
3.2.3.	Sedimentde % Yanabilen Organik Madde (YOM) Tayini	69
3.2.4.	Et Verimi Oranı (%)	70
3.2.5.	İz Element Tayini	71
3.2.5.1.	Askıda Katı Maddede İz Element Tayini	71
3.2.5.2.	Sedimentte İz Element Tayini	71
3.2.5.3.	Midye Etinde İz Element Tayini	72
3.2.6.	İndüktif Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektrofotometresi (ICP-AES) İle İz Element Tayini	73
3.2.7.	Verilerin Değerlendirilmesi	76
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI	78
4.1.	Deniz Suyunun Fizikokimyasal Parametreleri	78
4.2.	AKM, POM, PİM, YOM (%) ve Et Verimi Oranı (%)	83
4.3.	İz Elementler	88
4.3.1.	AKM'de İz Element	88
4.3.2.	Sedimentte İz Element	93
4.3.3.	Midye Etinde İz Element	97
4.4.	İz Elementlerin Suyun Fizikokimyasal Parametreler, AKM, YOM ve Et Verimi İle Arasındaki İlişkiler	101
5.	TARTIŞMA	108
5.1.	Deniz Suyunun Fizikokimyasal Parametreleri	108
5.2.	AKM, POM, PİM, YOM (%) ve Et Verimi Oranı (%)	113
5.2.	AKM'deki İz Element	116
5.3.	Sedimentteki İz Element	123
5.4.	Midye Etindeki İz Element	129
5.5.	İz Elementlerin Suyun Fizikokimyasal Parametreler, AKM, YOM ve Et Verimi İle Arasındaki İlişkiler	135
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	138
7.	KAYNAKLAR	141
	Özgeçmiş	193

ŞEKİLLER LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 1.1.	Çevresel kirliliğin kıyılardaki durumu (Anonim, 2006 c)	3
Şekil 1.2.	Karadeniz Havzası (Anonim, 2006d)	4
Şekil 2.2.1.	Akdeniz midyesi (<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819) (Türk Çulha, 2007)	11
Şekil 2.2.2.	<i>M.galloprovincialis</i> yetiştiriciliğinin dünyadaki dağılımı (Anonim, 2009b)	12
Şekil 2.6.1.	Sucul ortamdaki besin zinciri döngüsü (Çulha ve Türk Çulha, 2007)	26
Şekil 3.1.2.1.	Araştırma bölgesi (İç Liman)	65
Şekil 3.1.2.2.	Su altında dizayn edilen uzun halat sisteminin genel görüntüsü	66
Şekil 3.1.2.3.	Midye yetiştiriciliğinin yapıldığı uzun halat sistemi (Orijinal)	66
Şekil 3.1.2.4.	Sinop tersanesi (Gemi, bakım, onarım ve yapım alanı) (Orijinal)	67
Şekil 3.2.1.1.	WTW Multi 340 i set multiparametre cihazı (Orijinal)	67
Şekil 3.2.1.2.	Su örneği almada kullanılan Niskin tipi şişe (Orijinal)	68
Şekil 3.2.1.3.	Dalgıç adamlar yardımıyla halatlardan midye örneklerinin toplanması (Orijinal)	68
Şekil 3.2.3.1.	Elek serisinden geçirilmiş ve sınıflandırılmış sediment örnekleri (Türk Çulha, 2007)	70
Şekil 3.2.3.2.	Sediment örneklerinde organik madde tayini için kullanılan PROTHERM marka kül fırını (Orijinal)	70
Şekil 3.2.5.2.1.	Farklı göz açıklığına sahip elek serisi (a) ve Shimadzu marka hassas terazi (b) (Türk Çulha, 2007)	72
Şekil 3.2.5.3.1.	Yakma sonrası sıvı hale getirilmiş ve polietilen şişelere konulmuş örnekler (Türk Çulha, 2007)	73
Şekil 3.2.6.1.	ICP-AES cihazının çalışma prensibinin şematik gösterimi (Kızılkaya, 2008)	75
Şekil 3.2.6.2.	Varian Marka ICP-AES (Liberty- Series II) (Orijinal)	75
Şekil 3.2.7.1.	Korelasyon analizi sonucu örneği (Çelik, 2011)	77
Şekil 4.1.1.	İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel ortalama sıcaklık (°C) değerleri	79
Şekil 4.1.2.	İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri	80
Şekil 4.1.3.	İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel ortalama tuzluluk (%) değerleri	81
Şekil 4.1.4.	İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel pH değerleri	82
Şekil 4.2.1.	İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel AKM (mg/L) değerleri	84

Şekil 4.2.2.	İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama POM (mg/L) değerleri	85
Şekil 4.2.3.	İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama PİM (mg/L) değerleri	86
Şekil 4.2.4.	İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama YOM değerleri (%)	87
Şekil 4.2.5.	İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama et verimi oranı (%) değerleri	88
Şekil 4.3.1.1.	a, b AKM'de ölçülen ortalama iz element konsantrasyonları (mg/kg)	89
Şekil 4.3.1.2.	AKM'deki Cd'un mevsimsel ortalama değerleri	90
Şekil 4.3.1.3.	AKM'deki Cu'nun mevsimsel ortalama değerleri	91
Şekil 4.3.1.4.	AKM'deki Pb'un mevsimsel ortalama değerleri	92
Şekil 4.3.1.5.	AKM'deki Zn'un mevsimsel ortalama değerleri	92
Şekil 4.3.2.1.	Sedimentte ölçülen ortalama iz element konsantrasyonları (mg/kg)	93
Şekil 4.3.2.2.	Sedimentteki Cd'un mevsimsel ortalama değerleri	94
Şekil 4.3.2.3.	Sedimentteki Cu'nun mevsimsel ortalama değerleri	95
Şekil 4.3.2.4.	Sedimentteki Pb'un mevsimsel ortalama değerleri	96
Şekil 4.3.2.5.	Sedimentteki Zn'un mevsimsel ortalama değerleri	96
Şekil 4.3.3.1.	a, b midyede ölçülen ortalama iz element konsantrasyonları (mg/kg)	97
Şekil 4.3.3.2.	Midyedeki Cd'un mevsimsel ortalama değerleri	99
Şekil 4.3.3.3.	Midyedeki Cu'nun mevsimsel ortalama değerleri	99
Şekil 4.3.3.4.	Midyedeki Pb'un mevsimsel ortalama değerleri	100
Şekil 4.3.3.5.	Midyedeki Zn'un mevsimsel ortalama değerleri	101
Şekil 4.4.1.	a,b,c,d'de sıcaklık ile Cd-m, Cu-m, Cu-s, Pb-s arasındaki ilişki grafiği	104
Şekil 4.4.2.	a,b şekillerinde AKM ile (Cu-s), (Cu-a) arasındaki ilişki grafiği	105
Şekil 4.4.3.	a'da YOM ile (Pb-a), b'de ise et verimi oranı (%) ile (Cu-a) arasındaki ilişki grafiği	106
Şekil 4.4.4.	a'da (cd-s) ile (Zn-a), b'de (Pb-s) ile (Zn-a) ve c'de ise (Zn-s) ile (Zn-a) arasındaki ilişki grafiği	107
Şekil 5.2.1.	Sinop İli 2009-2010 dönemi, mevsimlere göre yıllık hava sıcaklığı (Anonim, 2010b)	122
Şekil 5.2.2.	Sinop İli 2009-2010 dönemi, mevsimlere göre yıllık yağış miktarı (Anonim, 2010b)	122

ÇİZELGELER LİSTESİ

		Sayfa No
Çizelge 2.1.	2003-2007 yılları arasında Türkiye'deki kabuklu ve yumuşakça üretim miktarları	10
Çizelge 2.2.1.	100 g Akdeniz midyesinin içerdiği mineraller ve iz elementler	13
Çizelge 2.2.2.	Akdeniz midyesinin kimyasal yapısı (%)	13
Çizelge 2.4.1.	Denizde bulunan metallerin bileşik şekilleri	19
Çizelge 2.5.1.	Bazı ağır metallerin yoğun olarak kullanıldıkları endüstri dalları	20
Çizelge 2.6.1.	Bazı balıkların mineral madde ihtiyaçları	22
Çizelge 2.6.2.	Balıklarda esansiyel mineral madde eksikliği belirtileri	23
Çizelge 2.7.1.	Metal kirliliğinin yaşandığı önemli zehirlenme vakaları	28
Çizelge 2.7.2.	60 kg ağırlığındaki bir kişinin çift kabuklu türlerinde tüketebileceği haftalık iz element miktarı	29
Çizelge 2.7.3.	Kirletici olarak içme sularına karışan organik ve inorganik maddelerin limit değerleri	29
Çizelge 2.9.1.	Ağır metallerin maksimum limitleri	36
Çizelge 2.9.2.	İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve kabul edilebilir düzeyleri (mg/L)	37
Çizelge 2.9.3.	Su ürünleri yönetmeliği göre canlı, dondurulmuş ve işlenmiş çift kabuklu yumuşakçalarda değişen ağır metal limitleri	37
Çizelge 2.9.4.	Bazı ağır metallerin organizmalardaki kabul edilebilir değerleri (mg/kg)	38
Çizelge 3.2.6.1.	ICP-AES cihazındaki analiz edilen iz elementlerin çalışma şartları	74
Çizelge 3.2.6.2.	Midye ve sediment örneklerinde kullanılan SRM'lerin değerleri	76
Çizelge 4.1.1.	İç Liman mevkiinde ölçülen fizikokimyasal parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri	78
Çizelge 4.1.2.	İç Liman mevkiinden ölçülen sıcaklık (°C) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	79
Çizelge 4.1.3.	İç Liman mevkiinden ölçülen çözünmüş oksijen (mg/L) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	80
Çizelge 4.1.4.	İç Liman mevkiinden ölçülen tuzluluk (%) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	81
Çizelge 4.1.5.	İç Liman mevkiinden ölçülen pH değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	82
Çizelge 4.2.1.	İç Liman mevkiinde ölçülen AKM, POM, PİM, et verimi ve YOM'un minimum, maksimum ve yıllık ortalama değerleri	83

Çizelge 4.2.2.	İç Liman mevkiinde ölçülen AKM (mg/L) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	83
Çizelge 4.2.3.	İç Liman mevkiinde ölçülen POM (mg/L) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	84
Çizelge 4.2.4.	İç Liman mevkiinde ölçülen PİM (mg/L) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	85
Çizelge 4.2.5.	İç Liman mevkiinden alınan sediment örneklerinde ölçülen YOM (%) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	86
Çizelge 4.2.6.	İç Liman mevkiinden alınan midye örneklerinde ölçülen et verimi oranı (%) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri	87
Çizelge 4.3.1.1.	AKM’de minimum, maksimum ve ortalama iz element değerleri (mg/kg)	88
Çizelge 4.3.1.2.	AKM örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişim değerleri (mg/kg)	90
Çizelge 4.3.2.1.	Sedimentte ölçülen minimum, maksimum ve ortalama iz element değerleri (mg/kg)	93
Çizelge 4.3.2.2.	Sediment örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişim değerleri (mg/kg)	94
Çizelge 4.3.3.1.	Midyedeki minimum, maksimum ve ortalama iz element değerleri (mg/kg)	97
Çizelge 4.3.3.2.	Midye örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişim değerleri (mg/kg)	98
Çizelge 4.4.1.	Deniz suyundaki fizikokimyasal parametreler; S, sıcaklık; T, tuzluluk; O, oksijen; ph ile AKM, YOM, Et ve midyede Cd, Cu, Pb, Zn (Cd-m; Cu-m; Pb-m; Zn-m; Sedimentte (Cd-s; Cu-s; Pb-s; Zn-s) ve AKM’de; Cu-a; Pb-a; Zn-a) ölçülen iz elementler arasındaki korelasyon matrisi	103
Çizelge 5.1.1.	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nce belirlenen deniz suyunun genel kalite kriterleri	110
Çizelge 5.1.2.	Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği’nce belirlenen “Midye Yetiştiriciliği” için su kalite kriterleri	110
Çizelge 5.1.3.	Karadeniz ve Ege Denizi kıyısal sularında ölçülen fizikokimyasal parametreler ve YOM ile AKM ortalama değerlerinin karşılaştırılması	113
Çizelge 5.2.1.	Sinop kıyıları ile Türkiye’nin ve dünyanın farklı denizlerinden örneklenen AKM’deki iz element konsantrasyonlarının (mg/kg) karşılaştırılması	118
Çizelge 5.2.2.	Sinop kıyıları ile Türkiye’nin farklı deniz sularında örneklenen iz element konsantrasyonlarının (mg/L) karşılaştırılması	119

Çizelge 5.3.1.	Türkiye ve dünya denizlerinden örneklenen sedimentlere ait iz element konsantrasyonları (mg/kg)	125
Çizelge 5.3.2.	Sediment Kalite Kılavuzu (SQG) ve mevcut çalışma sedimentlerindeki iz element düzeyleri ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık)	129
Çizelge 5.3.3.	Kanada, Hollanda ve ABD-NYS (New York Eyaleti) deniz sedimenti için uluslararası kurallar ile mevcut çalışmadaki sediment örneklerinde ortalama konsantrasyonların (ppm) karşılaştırılması	129
Çizelge 5.4.1.	Ülkemiz ve dünyanın farklı denizlerinden örneklenen midyelerdeki iz element konsantrasyonlarının (mg/kg) karşılaştırılması	131

EKLER LİSTESİ

		Sayfa No
Ek 1.	Ülkelere Göre Midye Yetiştiriciliği Yöntemleri	174
Ek 2.	Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştigi Suların Belirlenmesi	175
Ek 3.	Kabuklu Su Ürünleri Yetişen Sularda Kalite Standartları ve Analiz Şartları	176
Ek 4.	2006/113/EC sayılı deniz kabukları için su kalitesi hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (Anonim, 2007b)	178
Ek 5.	Sistemden Aylık Ölçülen Ortalama Midye Büyüme Parametreleri	180
Ek 6.	Aylık Olarak Ölçülen Ortalama Fizikokimyasal Parametreler	181
Ek 7.	Aylık Olarak Ölçülen Ortalama Fizikokimyasal Parametrelerin Grafikleri	182
Ek 8.	Deniz Suyunda Ölçülen Aylık Ortalama AKM, POM, PİM Değerleri	183
Ek 9.	Deniz Suyunda Ölçülen Aylık Ortalama AKM, POM, PİM Grafikleri	184
Ek 10.	Sedimentte Ölçülen Aylık Ortalama YOM (%) ve Midyelerde Ölçülen Et Verimi Oranları (%) Oranları	185
Ek 11.	Sedimentte Ölçülen Aylık Ortalama YOM (%) ve Midyelerde Ölçülen Et Verimi Oranı (%) Grafikleri	186
Ek 12.	Midyede Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Konsantrasyonları	187
Ek 13.	Midyede Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Konsantrasyonlarının Grafikleri	188
Ek 14.	Sedimentte Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Konsantrasyonları	189
Ek 15.	Sedimentte Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Konsantrasyonlarının Grafikleri	190
Ek 16.	AKM'de Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Konsantrasyonları	191
Ek 17.	AKM'de Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Konsantrasyonlarının Grafikleri	192

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

g	Gram
kg	Kilogram
L	Litre
mL	Mililitre
km	Kilometre
km²	Kilometre kare
m²	Metrekare
m	Metre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
mg	Miligram
ng	Nanogram
µg	Mikrogram
ppm	Milyonda bir parçacık
µ	Mikron
h	Saat
°C	Santigrat Derece
‰	Binde
%	Yüzde
O₂	Çözünmüş Oksijen
Cd	Kadmium
Pb	Kurşun
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Hg	Cıva
As	Arsenik

Ni	Nikel
Cr	Krom
Mn	Mangan
Ag	Gümüş
Co	Kobalt
Mg	Magnezyum
Al	Aluminyum
Sn	Kalay
Se	Selenyum
Na	Sodyum
Mo	Molibden
V	Vanadyum
Be	Berilyum
Ca	Kalsiyum
K	Potasyum
Sr	Stronsiyum
Cl	Klor
F	Flor
B	Bor
Br	Bromür
Fe	Demir
P	Fosfor
S	Kükürt
I	İyot
Ti	Titanyum
Sb	Antimon
U	Uranyum

KISALTMALAR

HNO₃	Nitrik asit
HCLO₄	Perklorik asit

AKM	Askıda Katı Madde
PİM	Partikül İnorganik Madde
POM	Partikül Organik Madde
YOM	Yanabilen Organik Madde
EF	Enrichment Faktörü
TEL	Eşik Etki Düzeyi
PEL	Olası Etki Düzeyi
ICP-AES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektrofotometresi
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
FAAS	Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
GF-AAS	Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
Cd-m	Midye etinde kadmiyum
Cu-m	Midye etinde bakır
Pb-m	Midye etinde kurşun
Zn-m	Midye etinde çinko
Cd-a	Askıda katı maddede kadmiyum
Cu-a	Askıda katı maddede bakır
Pb-a	Askıda katı maddede kurşun
Zn-a	Askıda katı maddede çinko
Cd-s	Sedimanda kadmiyum
Cu-s	Sedimanda bakır
Pb-s	Sedimanda kurşun
Zn-s	Sedimanda çinko

1. GİRİŞ

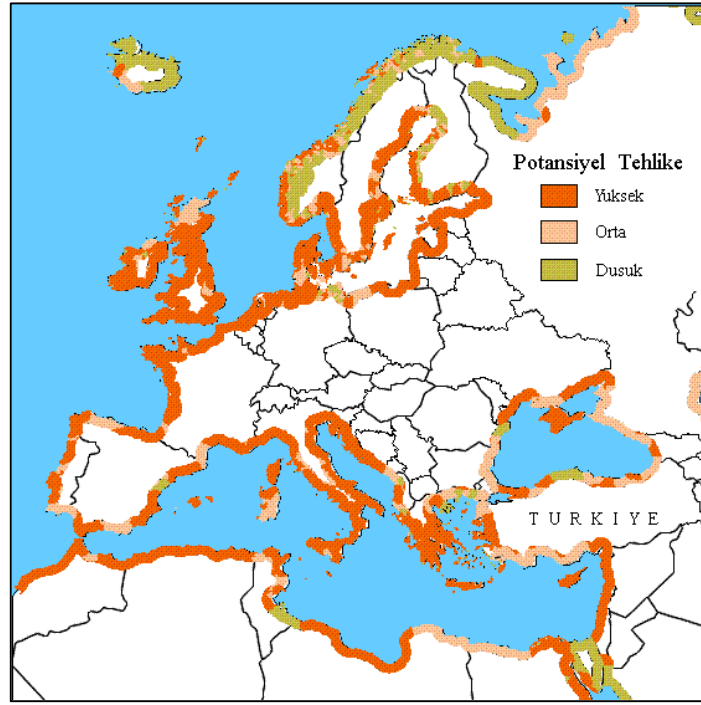
Deniz ortamının üretimine ve biyo-çeşitliliğine yönelik en büyük tehdit, insanoğlunun karalar üzerinde yürüttüğü, endüstriyel, tarımsal ve yerleşim kaynaklı faaliyetlerden gelmektedir. Bu faaliyetler sonucunda oluşan kirlilik, körfezler ve kıyı suları başta olmak üzere deniz ortamının en üretken alanlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Ekolojik dengenin sağlanması hem deniz canlılarının yaşaması hem de bu ürünleri tüketen insanların geleceği açısından çok önemlidir. Yaşam düzeyinin yükseltilmesi, üretimin ve buna bağlı olarak tüketimin büyük ölçüde artırılması ile mümkündür. Sanayi devrimiyle başlayan teknolojik gelişmeler, insanlığın refah düzeyini yükseltirken, aşırı nüfus artışına paralel olarak, doğal kaynakların hızla tüketilmesi, insan ihtiyaçlarının giderilmesi için getirilen her bir yeniliğin, farklı şekillerde ortaya çıkan insan kaynaklı girdilerin artmasına ve çevrenin giderek bozulmasına neden olmaktadır.

Çevre kirlenmesinin başlıca nedeni bugün sayısı 10 milyonu aşan kimyasalların sentezi esnasındaki işlemlerden doğan maddelerin ve ana ürünlerinin kullanılması ve ortama atık yan ürünlerinin bulaşmasıdır (Güven, 2005). Bu kirleticiler maddelerin zorunlu olarak dolaylı ve doğrudan doğaya verilmesi, doğanın dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Dural ve ark., 2005). Nitekim ekosistemin büyük bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı ve uzaklaştırıcı bir bölge olarak kullanıldığından, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım haline almıştır (Yarsan ve ark., 2000). Taşıma gücü fazla olan su, içinde barındırdığı pek çok zararlı maddeyi uzun mesafelere taşıyarak hem kendi bünyesine hem de çevreye zarar vermektedir (Yanık ve Atamanalp, 2001). İnsan (Antropojenik) kaynaklı çevre kirleticileri; evsel atık suları, endüstri atık suları, petrol kirliliği, toksik metal kirliliği, zirai ilaçlama sonucunda oluşan kirlilik, turizm ve eğlence atıkları, radyoaktif atıklar doğal dengeyi bozarak, olumsuz durumlar yaratıp canlıları tehdit etmektedir (Egemen, 1999).

Evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan su ortamlarına boşaltılması, tarımda kullanılan verim artırıcı doğal ve yapay maddelerin sularla taşınması gibi nedenlerle gerçekleşen su kirliliği, üç yanı denizle çevrili olan ülkemiz için de önemli bir sorundur. Özellikle insan aktivitelerinin nehir kenarlarında, koy ve körfez bölgelerinde çok daha fazla etkin olduğu bölgelerde kanalizasyon sularının arıtılmadan ırmaklara, göllere ve denizlere verilmesi, doğal su kaynaklarımızın verimsizleşmesine neden olmaktadır. Bu yüzden bu tür bölgeler, kıyasal endüstriyel aktivite ve kentsel yerleşimden kaynaklanan

kirleticilerin geleceği için son derece önemlidir (Türkmen, 2003). Kentsel merkezler, kirliliğin çok düşük olduğu komđu bölgelere oranla yüksek miktarlarda ağır metal ve diğer kirleticilerin taşınarak birikmesinde önemli bir etkiye sahiptir (Tanner ve ark., 2000). Taşınma sonucu oluşan birikim direkt olarak organik madde bileşiklerine bağlıdır. Bu problemler sedimentlerde özellikle kıyısız alanlarda insan popülasyonunun olduğu bölgede ağır metallerin birikmesi anlamına gelmektedir. Nehir atıkları ve endüstriyel atıklar kıyılardaki ve doğal olarak sedimandaki ağır metal kirliliğini arttırmaktadır (Altas ve Büyüküngör, 2006). Örneğin, ülkemizin en yoğun nüfus ve sanayi yerleşimlerini kıyılarında barındıran Marmara Denizi'ndeki kirlenme yüksek boyutlardadır. Gemlik ve İzmit Körfezleri sanayi atıklarının yanı sıra, İstanbul ve öteki yerleşim bölgelerinin de ek olarak evsel atıklarının bu şekilde alıcı ortam olarak sulara bırakılması sonucu, denizlerimiz aşırı biçimde kirlenmeye maruz kalmaktadır (Anonim, 2006a).

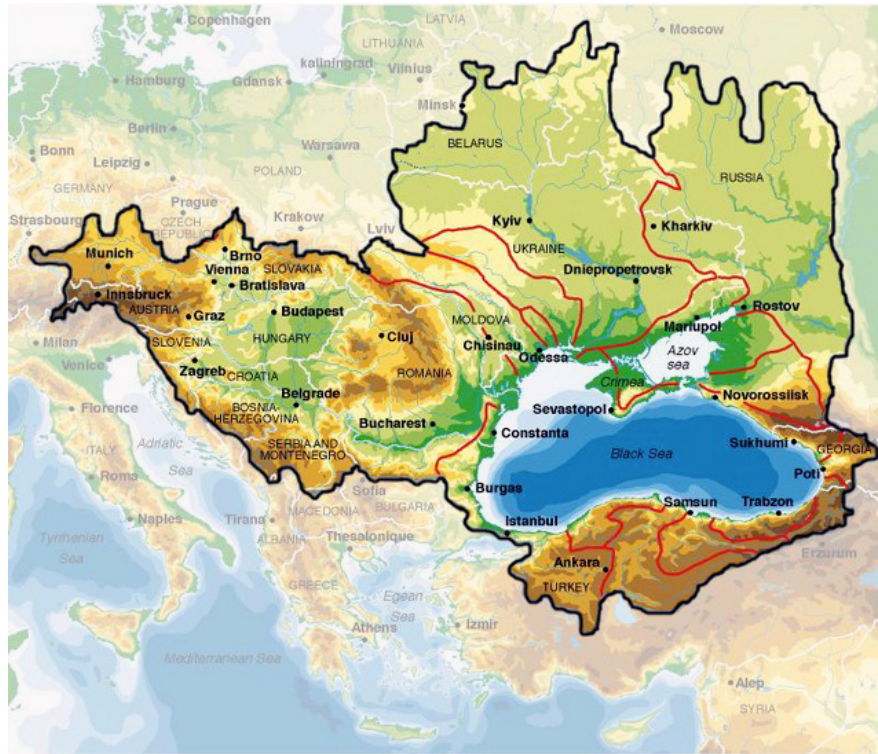
Bu kirlilik kaynaklarından dolayı ülkemiz ve dünya denizlerinde artan potansiyel tehlike, bir çok sorunu da beraberinde getirmiştir (Şekil 1.1). Özellikle kıyı bölgelerindeki nüfus yoğunluğu, iç kesimlere oranla % 10 daha fazla olup, bu rakam bazı ülkelerde %50 gibi yüksek değerlere ulaşmaktadır (Anonim, 2006b). Denize kıyısı olan Avrupa ülkeleri ise bu kirlilikte payı büyük olan alanı kapsamaktadır. Kıyı alanlarında oluşan aşırı nüfus yoğunluğu ve buna bağlı olarak insan aktivitesinden kaynaklanan kirlilik sonucu, suların fiziksel yapısı değişmekte ve bunun sonucunda denizler ciddi boyutta tehlikelere maruz kalmaktadırlar. Özellikle Hazar, Karadeniz ve Azak Denizleri bu kirlilikten en çok etkilenen ve risk altında olan denizler arasındadır (Anonim, 2006c).



Şekil 1.1. Çevresel kirliliğin kıyılardaki durumu (Anonim, 2006 c)

Karadeniz 17 ülke, 13 büyük şehir ve 160 milyon insanın etkisi altında olan yarı kapalı özellikte bir iç denizdir ($4.2 \times 10^5 \text{ km}^2$) (Şekil 1.2). Derinliği maksimum 2212 m olup diğer denizlerden hemen hemen izole olmuştur (Readman ve ark., 2002). Karadeniz, Avrupa ve Asya kıtalarındaki altı ülke tarafından çevrilmiştir (Bulgaristan, Gürcistan, Romanya, Rusya, Türkiye ve Ukrayna). Karadeniz'in en belirgin özelliği, 150-200 m derinlikten sonra hidrojen sülfür tabakasının mevcudiyetinden dolayı, bütün biyolojik aktiviteler bu katmanda gerçekleşmektedir. Geriye kalan % 90'lık kısım ise su değişimlerinin yetersiz olduğu oksijensiz katmandır (Tuncer ve ark., 1998; Readman ve ark., 2002). Karadeniz'deki kirliliğin ana kaynakları nehirlerdir. Bu önemli nehirler arasında Tuna, Dinyeper, Dinyester, Don ve Kuban yer alır. Bunlara ilaveten Türkiye ve Bulgaristan kıyılarından gelen küçük nehirler de denize boşalmaktadır (Bakan ve Büyükgüngör, 2000). Yiğiterhan ve Murray (2008) Tuna Nehri'nden kaynaklı sedimentlerin ve Türkiye nehirlerinden kaynaklı askıda katı maddelerin (AKM) katı faz fraksiyonlarının birbirleri ile uyumlu olduklarını ve her ikisinde özellikle eser elementler yönünden kabuğa göre daha yüksek metal kompozisyonuna sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Yine Woitke ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada Tuna nehri ve kollarında ciddi bir Cd kirliliğinin söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Bir zamanlar zengin biyolojik çeşitlilik ve balık verimliliğine sahip olarak bilinen Karadeniz ekosistemi, son 20-30 yılda ortaya çıkan bir dizi iklimsel ve insan kaynaklı etkenlerden dolayı günümüzde son derece sağlıklı bir ekosistem yapısına dönüşmüştür (Kıdeyş, 1994). Bunların başında, kontrolsüz balıkçılık, sınırsız gemicilik kaynakları, mineral ve denizel kaynakların aşırı tüketimi, evsel ve endüstriyel atıkların (toksik maddeler) nehirler vasıtasıyla bu havzaya bulaştırılması sayılabilir (Tuncer ve ark., 1998). Bunun yanı sıra Karadeniz sahillerinden farklı zamanlarda ortaya çıkan ve içeriği bilinmeyen variller de deniz kirliliğine neden olmaktadır (Altas ve Büyüküngör, 2006). Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Kızılırmak ve Yeşilirmak Karadeniz'in önemli iki nehridir. Büyüklü küçüklü pek çok fabrika bu bölgede yer almaktadır (gıda, plastik, sigara, gübre, plastik, tekstil, pestisit v.b). Bunların çoğu bir arıtma ünitesine sahip değildir ve bu durum bölgede pek çok kirlilik problemi yaratmaktadır. Batı Karadeniz Bölgesi'nde iki önemli demir ve çelik fabrikası bulunmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde önemli endüstriyel fabrikalar bulunmamakla birlikte fındık üretimi, un, balık yağı, kağıt ve meyve suyu fabrikaları gibi küçük fabrikalar, bölgenin önemli endüstri kaynaklarını oluşturmaktadır (Altas ve Büyüküngör, 2006).



Şekil 1.2. Karadeniz Havzası (Anonim, 2006d)

Diğer denizlerimizde olduğu gibi Karadeniz’de de yöresel ve bölgesel ekonomik faaliyetlerin yaratacağı kirlenme problemleri ve bunların ekonomik su ürünlerine etkileri gün geçtikçe önemli boyutlara ulaşmaktadır. Denizlerin sınırsız miktarda atık için alıcı ortam olarak düşünülmesi bugünkü olumsuz şartların ortaya çıkmasının en önemli nedenlerindedir (Boran ve ark., 1998). Bu kirlenme olayının hangi türlerde ne oranda birikim yaptığı ise yeterince bilinmemektedir (Göksel, 1993).

Kıyı bölgelerindeki fiziksel değişiklikler, bozulan ekosistemlerin onarımı için kritik öneme sahip olan yaşam ortamlarının zarar görmesine neden olur. Bu da deniz ortamlarına yönelik en önemli tehditlerden birisidir. Bu durum ekonomik balık türlerinin ve diğer ekonomik denizel türlerin gün geçtikçe azalmasına neden olmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla “Su Ürünleri Yetiştiriciliği” sektöründe giderek artan gelişmeler, daha fazla önem kazanmakta ve bu konuda pekçok çalışma yapılmaktadır.

Ancak, denizel ortamın maruz kaldığı tehditler, yetiştiricilik alanında da sorunların doğmasına neden olmaktadır. Özellikle yetiştiriciliğin düşünüldüğü denizel alanların, farklı noktalardan gelen kirlilik etmenlerinden etkilenmemesi ve insan sağlığını tehdit edici bir boyutta kirlilik etkisinde olmaması gerekmektedir. Bu amaçla yapılan pek çok kirlilik izleme çalışmalarında, genelde kullanılan metotların başında suda yapılan kimyasal analizler gelmektedir. Ancak, kimyasal yöntemler su ortamındaki organizma üzerinde kirleticilerin etkisini gösterememektedir. Sucul organizmalar, buldukları su ortamı ile denge içersinde olduklarından, su ortamının potansiyel kirlilik seviyesini biyolojik açıdan temsil edebilmektedirler. Su ortamındaki besin zinciri de göz önüne alındığında, kirleticiler bir organizmadan başka bir organizmaya ve insana kadar ulaşabilmektedir. Bu nedenle, su ürünleri üretiminde önemli olan birincil kriterler, sucul canlılarda suyun kalitesi, taban (sediman) yapısının durumu ve bu ortamı besleyen kaynakların getirebileceği her türlü organik-inorganik kirleticilerin sınıflandırılması, suyun ekolojik dengesini bozan ve canlıları olumsuz yönde etkileyebilecek her türlü olumsuz parametrenin belirlenmesi ve önlemlerin alınmasıdır (Sunlu ve Egemen, 1998). Çünkü, kara kökenli kirleticiler; konsantre hale geldiklerinde büyük sorunlara neden olan doğal besin elementlerinden, toksik maddeler ve çok sayıdaki sentetik bileşiklerden oluşmaktadırlar. Bu kirleticiler deniz ortamına doğrudan deşarjla, nehirlerle, taşkın sel suları ve atmosfer yoluyla taşınmaktadır (Sunlu ve Egemen, 1998).

Sağlıklı koşullarda avlanılmayan ve gıda güvenliği açısından denetlenmeyen balık, ve çift kabuklu (midye v.b.) ürünleri tüketen insanlarda sağlık riski

oluşturabilecek faktörler vardır. Bu risk, temel olarak farklı nedenlerden kaynaklanmaktadır. Avcılığı ve yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinin yaşadıkları bölgenin etkisi ile virüs, ağır metal (iz elementler), biotoksinler ve çeşitli bakterileri içerebilmektedir (Türk ve Yabancı, 2006). Özellikle değişik kaynaklardan sucul ekosistemlere ulaşan, organizmalar için son derece tehlikeli olan ve bunlardan çok az miktarı bile toksik etkiler yaratan ağır metallerin önemi büyüktür (Gey ve Mordoğan, 1988). Bu nedenle su ürünlerinin avlanıldıkları veya yetiştirildikleri bölgenin kalitesinin değerlendirilmesi son derece önemlidir. Ağır metallerin biyolojik birikim ve artışı ekosistemler için önemli olduğundan, eğer etkileri tamamen kontrol altına alınamıyorsa, en aza indirmek için, incelenen bir sistemdeki ağır metal kaynaklarının iyi tanımlanması gerekir (Türkmen, 2003).

İnsan gıdası olarak kullanılmasının yanı sıra balık haricinde farklı türlerin de yetiştirilmesi kapsamında yapılan yetiştiricilik faaliyetlerinden biri de çift kabuklu ve yumuşakça yetiştiriciliğidir. Omurgasız canlılar arasında yetiştiriciliği en yaygın yapılan, doğal stoklardan yararlanılması açısından en fazla değerlendirilen deniz ürünlerinin başında ise midyeler gelmektedir (Arıman ve Düzgüneş, 2004). Dünyada çift kabuklu yumuşakça yetiştiriciliği çok büyük bir öneme sahiptir ve son 30 yılda ortalama % 7.8'lik büyüme göstermiştir (Ferreira ve ark., 2007). 2005 yılı verilerine göre Dünya'daki midye üretim miktarı 1.795.779 ton, Türkiye'deki midye üretimi 1.500 ton iken, 2009 yılı verilerine göre Dünya'daki midye üretim miktarı 1.864.230 ton, Türkiye'deki midye üretimi 6.361 ton'dur (FAO/Fishstat Plus, 2011).

Ülkemizde, Ege ve Marmara denizlerinde ticari olarak işletilen midye çiftlikleri vardır (Çelik, 2011). Karadeniz, sıcaklığının 7-25 °C, tuzluluğun ‰ 17-20 oluşu ile midye yetiştiriciliği için uygun bir potansiyele sahip olduğu yapılan araştırmalarla tespit edilmiş ve Karadeniz'in Sinop kıyılarında yapılan midye yetiştiriciliği (Sal sistemi ve uzun halatlar) çalışmalarında, midyelerdeki büyüme performansının oldukça yüksek olduğu, elde edilen ürün miktarı dikkate alındığında da bölgede yetiştiriciliğin tavsiye edilmesinin uygun olduğu bildirilmiştir (Karayücel ve ark., 2002; Karayücel ve ark., 2003b; Çelik, 2006).

Midyeler sudaki birincil üreticileri (primer produktiviteyi) direkt olarak ete çevirerek insan gıdası olarak kullanılmasının yanı sıra sahip oldukları yüksek protein değeri, düşük yağ miktarı, kolay sindirilmesi ve diyetik özelliği olması açısından değerlendirildiğinde, gıda olarak tavsiye edilebilecek bir ürün olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak, yetiştiricilik yoluyla üretilen diğer su ürünleri canlılarında olduğu

gibi, midye yetiştiriciliğinde dikkat edilmesi gereken pekçok faktör vardır. Bu faktörlerden en önemlisi ise, ürünün kalitesi ve güvenilirliğidir. Çünkü midyeler, suyu filtre ederek beslendikleri için, buldukları ortamlara kıyasla daha yüksek miktarlarda kimyasalları biriktirebilmektedirler (Oliver ve ark., 2001). Bunun yanı sıra kirliliğin hem yapısı ve hem de kompozisyonu belirlemede çok önemli bir bentik organizma olduğu bilinmektedir (Regoli ve Orlando, 1994; Rainbow, 1995). Ayrıca, midyelerin yumuşak dokusu gibi bisus iplikçiklerinin yapıları da seçici ve hassas bir biçimde çevre sularda bulunan belirli metal konsantrasyonlarının çeşitliliğini yansıttığı için, çeşitli sahil alanları ve nehir ağızlarında metallerin takibinde kullanılmaktadır (Szefer ve ark., 2006).

Karadeniz suyunda midye yetiştiriciliği potansiyelinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda, eksik olduğu düşünülen konulardan biri de, yetiştiricilik için seçilen sahanın uygunluğunun deniz suyu, sediment yapısı, sudaki organik madde miktarının düzeyi ve buna bağlı olarak mevcut kirleticilerin hangi seviyede olduğunun tespit edilmesi gerektiğidir. Suda, sedimentte ve organizmalardaki kirlilik seviyelerinin belirlenmesi üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Wang ve Fisher, 1999). Karadeniz’de şimdiye kadar askıdaki katı madde, sediment ve canlı organizmayı kapsayan (besin zincirinde ağır metallerin taşınımı ve birikimi) bir çalışmanın yapılmamış olması önemli bir eksikliklerdir.

Sinop İli ile ilgili 2006 yılı çevre durum raporunda, deniz kirliliğinin başlıca nedenlerini; evsel nitelikli atık sular (düzensiz çöp depolanma alanından rüzgar, kayma gibi nedenlerle denize dökülen ve dökülmüş olan atıklar), deniz araçlarının oluşturduğu kirlilik (balıkçılık faaliyetlerinin yaygın oluşu, bir çok geminin olumsuz hava koşullarında demirlediği İç Liman bölgesi olması), mevcut sanayi tesislerinde sıvı atık deşarj sisteminin olmayışı ve % 95’lik şehir atık suyunun arıtma sistemi olmaksızın 3 noktadan direkt olarak denize boşaltılması şeklinde bildirilmiştir (Anonim, 2007a). Aynı zamanda Sinop Yarımadası konumu itibariyle balık sürülerinin geçiş noktasında olmasıyla, mevsimsel olarak bölgenin en önemli balıkçılık merkezlerinden birisidir. Sinop Yarımadasında yer alan geleneksel küçük ölçekli kıyı balıkçılığı hakim olmakla beraber, bölge genelinde büyük ölçekli balıkçılık (gırgır ve trol) faaliyetleri de yapılmaktadır. Yine denizde sadece balıkçılık faaliyetleri yapılmamakta, yılın belirli dönemlerinde turizm hizmetinde kullanılmakta, pekçok amatör balıkçılık tekneleri ile özel yat ve sürat teknelerinin sayısı artmakta ve bu amaçla kıyı alanından da yararlanılmaktadır (Baki, 2010).

Sinop kıyılarında yapılan çalışmalarda midye yetiştiriciliğine bağlı ortamdaki iz element değişimlerinin etkileriyle ilgili genel bir bilgiye rastlanılmamıştır. Yapılan çalışmaların genellikle, belirli bölgelerden toplanan balıkların farklı doku ve organlarında, alg, omurgasız (İsopod, Poliket vb) ve mollusk türlerinde (*M. galloprovincialis*, *P. caerulea*), sediment, deniz suyu ve planktonda iz element birikimi üzerine olduğu belirlenmiştir (Öztürk ve Öztürk 1991; Bat 1992; Öztürk 1994; Öztürk ve ark., 1994a; Öztürk ve ark., 1994b; Öztürk ve Bat, 1994; Ünsal ve ark., 1992; 1995; 1998; Bat ve ark., 1996; Öztürk ve ark., 1996a; Öztürk ve ark., 1996b; Bat ve Öztürk, 1997; Bat ve ark., 1998a; Bat ve ark., 1998b; Bat ve ark., 1999; Bat ve ark., 2000; Bat ve ark., 2001; Bat ve Gündoğdu, 2003).

1992-2000 yılları arasında Sinop Yarımadası kıyılarında yapılan denizel örneklerdeki metal birikimi çalışmalarında, metal kirliliğinin canlı hayatını tehdit edecek boyutta artış gösterdiğine dair bir bulguya rastlanılmamıştır (Bat, 1992; Bat ve ark., 1998a; Bat ve ark., 1998b; Bat ve ark., 1999; Bat ve ark., 2000). Ancak, daha sonraki yıllarda Topcuoğlu ve ark., (2001; 2002), Karaalioğlu (2006), Türk Çulha, (2007) ve Daş ve ark., (2009)'nin farklı canlı türlerinin dokularındaki iz element seviyesini belirlemek için yaptıkları çalışmaların sonuçları dikkat çekicidir. Özellikle kıyısız alanda kayalık ve taşlık zeminde sabitlenmiş midyelerin toplanması kolay olduğundan, bu tür ortamlarda kıyısız kirliliğin etkisinde kalan midyelerde yüksek oranda iz element birikiminin olduğu rapor edilmiştir (Türk Çulha, 2007).

Dünyada yaşayan tüm canlıların ortak mirası olan denizler ve içindeki canlılar, kaliteli protein arayışı içinde olan toplumların gıda kaynaklarıdır. Endüstrileşmenin kaçınılmaz olduğu yüzyılımızda, yaşam kalitesini bozmadan, taze ve temiz ürünlerle sağlıklı beslenme olanaklarını korumak, tüm toplumların ana hedefi olmalıdır (Kayhan, 2006). Bu anlamda böylesine önemli olan bu konuda mevcut çalışmayla, Sinop Yarımadası ve civarında, su ürünleri yetiştiriciliğinin düşünüldüğü alanların (AKM, sediment) ve Karadeniz için yetiştiricilik açısından alternatif bir tür olarak sunulan midyelerin iz element yönünden değerlendirilmesinin yanı sıra önceden belirlenmiş ulusal ve uluslararası limit değerlere olan uygunluğunun kontrol edilmesi hedeflenmiştir. Mevcut çalışma, Karadeniz'de potansiyeli yüksek olan midye yetiştiriciliğinin iz element konsantrasyonu açısından durumunun değerlendirilmesi ve açık denizde uzun halat sisteminde yetiştirilen midyelerin bu amaç için kullanılması, ülkemizde bir ilk olması bakımından da önem taşımaktadır.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Türkiye’de Su Ürünleri ve Midye Yetiştiriciliği Potansiyeli

Coğrafik şartları ve iklimiyle su ürünleri üretimine çok uygun olan ülkemiz, dünya su ürünleri üretimi içinde avcılık ile yapılan üretimin % 0.54’ünü, yetiştiricilik ile yapılan üretimin % 0.22’sini karşılamaktadır (FAO/Fishstat Plus, 2011).

Su Ürünleri Müktesebatı Uyum Merkezi’nin 2007 yılında yayınladığı rapora göre Türkiye’de su ürünleri yetiştiricilik sektörü, Avrupa’nın en hızlı büyüyen yetiştiricilik sektörü olmuştur (Çelik, 2011). Su ürünleri içerisinde yer alan ve önemli hayvansal protein kaynağı olan kabuklu su canlıları, Türkiye için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Türkiye denizlerinde bulunan ekonomik kabuklu türleri; karından bacaklılardan deniz salyangozu (*Rapana venosa*), çift kabuklulardan Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*), istiridye (*Ostrea edulis*), akivades (*Tapes decussatus*), kidonya (*Venus verrucosa*), kum midyesi (*Chamelea gallina*), deniz karidesi (*Penaeus kerathurus*), böcek (*Palinurus vulgaris*), kerevit (*Astacus leptodactylus*), dikenli yengeç (*Maia squinada*), mavi yengeç (*Callinectes sapidus*), kafadan bacaklılardan ahtapot (*Octopus vulgaris*), kalamar (*Loligo vulgaris*) ve mürekkep balığıdır (*Sepia officinalis*) (Çaklı, 2008).

Ülkemizde avcılık yoluyla elde edilen toplam su ürünleri üretimi 2005 yılında 426.496 ton olup, bunun 46.133 tonunu kabuklu ve yumuşakçalar oluşturmuştur. 1999’da kabuklu üretimi, avcılıktan elde edilen toplam üretimin % 9’unu oluştururken, dünya çapında ise bu oran yetiştiricilik yoluyla elde edilen ürünün % 27’sini oluşturmaktadır. 2009 yılı verilerine göre Dünya’daki midye yetiştiriciliği miktarı 1.764.629 ton, Türkiye’deki yetiştiricilik miktarı ise 89 ton’dur (FAO, Fishstat, 2011). Kabuklu üretiminde özellikle 20. yy da hızlı bir artış kaydedilmiştir. 1950 yılında kabuklu üretimi yaklaşık olarak 1 milyon ton iken 1999 yılında bu rakam yaklaşık olarak 11 milyon tona ulaşmıştır. Kabuklu üretimindeki bu büyümenin en çok yetiştiricilik alanında olduğu gözlenmiştir (Shumway ve ark., 2003). Kabuklu ve yumuşakçalar, üretim miktarına göre deniz salyangozu (*R. venosa*) (12.600 ton), Akdeniz midyesi (*M. galloprovincialis*) (12.362 ton), akivades (*T. decussatus*) (10.847 ton), karides (*P. kerathurus*) (6.339 ton), mürekkep balığı (*S. officinalis*) (1.221 ton), ahtapot (*O. vulgaris*) (876 ton), istiridye (*O. edulis*) (105 ton) ve istakoz (*Homarus gammarus*) (13 ton) şeklinde sıralanmaktadır. Ülkemizde avcılık ile elde edilen kabuklu ve yumuşakçaların 2003-2007 yılları arasındaki üretim miktarları Çizelge 2.1’de

verilmiştir. Ülkemizden 1996-2004 yılları arasında canlı, taze, soğutulmuş, kurutulmuş, dondurulmuş, tuzlanmış ve konserve edilmiş halde kabuklu ve yumuşakça ihracatı yapılmıştır (TUIK, 2008; FAO, 2009).

Çizelge 2.1. 2003-2007 yılları arasında Türkiye’deki kabuklu ve yumuşakça üretim miktarları

Türler	Yıllar				
	2003	2004	2005	2006	2007
Midye	8100	5734	12362	9234	1566
Deniz salyangozu	5500	14034	12600	11613	13791
Karides	6000	5279	6339	3856	3926
Yengeç	160	145	106	59	--
İstakoz	25	15	13	18	8
İstiridye	120	130	105	31	31
Kalamar	450	506	711	972	844
Böcek	11	22	30	42	14
Ahtapod	750	1185	876	1114	664
Mürekkep balığı	785	1570	1221	1199	1288
Pavurya	10	11	21	36	4

(TUIK, 2008; FAO, 2009).

Dünyada birinci sırada üretimi yapılan tür *M. edulis* ikinci tür ise *M. galloprovincialis* türüdür (Çelik, 2011). Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde kabuklu deniz canlılarının insan gıdası olarak tüketilmesi pek yaygın değildir. Denize kıyısı olan bazı büyük yerleşim merkezlerinde en yaygın olarak tüketilen kabuklu yumuşakça türü ise Akdeniz midyesi olarak bilinen *M. galloprovincialis* türüdür.

Ülkemizde midye yetiştiriciliği iki işletmede yapılmaktadır. Birincisi, İzmir Çeşme’de bulunan Pınar Deniz Ürünleri Çamlı Yem Besicilik A.Ş. ait sal ve uzun halat (1000 ton kapasiteli) ve ikincisi ise Çanakkale Saroz Körfezi’nde İstanbul Su Ürünleri ve Gıda Sanayi Nakliye Ltd. Şti’ne ait (900 ton kapasiteli) uzun halat sistemidir. Saroz Körfezi’nde yapılan yetiştiricilikten elde edilen ürünlerin tamamı ihraç edilirken, Pınar Deniz Ürünleri A.Ş.’ye ait çiftlikten elde edilen ürünlerin tamamı yerli pazara sunulmaktadır. Bu yetiştiricilik sistemlerinde yetiştirilen midyeler, doğal ortamdan yavru olarak toplanmakta ve uygun alanlarda, uzun halat ya da sal sistemi kullanılarak büyütülmesi (pazar boyuna gelmesi) sağlanmaktadır. Bunun dışında midye yetiştiriciliği ile ilgili Ege Denizi’nin ülkemiz kıyıları ile (Lök ve ark., 2007; Lök, 2001), Marmara Denizi (Yıldız ve Lök, 2005; Yıldız ve ark., 2006) ve Karadeniz’de (Çelik ve ark.,

2009, Karayücel ve ark, 2009; 2010; Karayücel ve ark, 2003a,b; Karayücel ve ark., 2002; Çelik, 2006; 2011) bir çok çalışma yapılmıştır. Büyüme performansı oldukça yüksek bulunması açısından başta Karadeniz olmak üzere midye yetiştiriciliğinin uygun olduğu bildirilmiştir (Çelik ve ark., 2009, Karayücel ve ark., 2009; 2010; Karayücel ve ark., 2003b, Karayücel ve ark., 2002; Çelik, 2006; 2011) Karadeniz'e kıyısı olan Bulgaristan, Romanya, Ukrayna ve Rusya Federasyonu gibi ülkelerde yapılan balıkçılık faaliyetleri göz önüne alındığında, deniz kafeslerinde gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) yetiştiriciliğinin yanı sıra, Karadeniz'in su kalitesi ve plankton yapısı yönünden midye yetiştiriciliğine çok uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca, ülkemizin Karadeniz kıyılarında kapalı ve korunaklı alanlar oldukça azdır. Bu nedenle denizdeki mevcut midye yetiştiriciliği potansiyelinin maksimum verimlilikte kullanılabilmesi için en uygun yetiştiricilik yönteminin açık deniz sistemleri olduğu bildirilmektedir (Çelik, 2011).

2.2. Akdeniz Midyesi (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)

Akdeniz midyesinin sistematikteki yeri Şekil 2.2.1'de Clemam (2011)'a göre verilmiştir.

- Regnum : Animalia
Phylum : Mollusca
Classis : Bivalvia
Ordo : Filibranchiata
Family : Mytilidae
Species : *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819



Şekil 2.2.1. Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)
(Türk Çulha, 2007)

Dünya üzerinde geniş bir dağılıma sahip olan bu tür İngiltere, İspanya, Fransa'nın Atlantik kıyıları, Portekiz, Akdeniz'in güney kıyıları ve tüm Karadeniz'de bulunmaktadır (Öztürk ve ark., 2004) (Şekil 2.2.2). Ekonomik değeri yüksek olan, protein oranları yüksek, yağ oranları düşük, kolesterol önleyici olarak da bilinen Akdeniz midyesi sevilerek tüketilen çift kabuklu bir yumuşakça türüdür (İlhan ve Gülyavuz, 2004). Özellikle önemli besin maddelerinden biri olan B12 vitamini bu türde oldukça fazla oranda bulunmaktadır. A ve D vitaminlerinin yanı sıra demir, bakır, kalsiyum, fosfat ve iyot bakımından zengindir (Çizelge 2.2.1). 100 g midye eti, protein bakımından yumurta kadar zengin olup, yağ oranı % 2'den az ve karbonhidrat değeri oldukça düşüktür. Çizelge 2.2.2'de midyenin kimyasal yapısı üzerinde yapılmış çalışmaların sonuçları verilmektedir. Midye eti doymamış yağ asitlerini yüksek, doymuş yağ asitlerini düşük oranda içermekte olup, son yıllarda adından sıkça bahsedilen omega-3 yağ asidi kaynağıdır. Ayrıca, 100 g midye etinin 9 g'ını esansiyel aminoasitler oluşturmaktadır (Mol, 2006). Bir kg midyeden eşeyssel durumu ve mevsimine göre 220–340 g arasında et elde edilebilmektedir. Sözü edilen et, sindirimi kolay, enerjik ve kansızlık (anemi) hallerinde tavsiye edilebilecek bir besindir (Çelik, 2011). Besinsel açıdan midye gerekli iz metallerin (Ca, Fe gibi), niasin, tiamin ve riboflavin gibi belirli vitaminlerin sağlanması için önemli bir besin kaynağıdır (Yap ve ark., 2004).



Şekil 2.2.2. *M. galloprovincialis* yetiştiriciliğinin dünyadaki dağılımı (Anonim, 2009b)

Çizelge 2.2.1. 100 g Akdeniz midyesinin içerdiği mineraller ve iz elementler

Mineral ve iz element miktarı (mg)			
SODYUM (Na)	296	FLOR (Fİ)	480
POTASYUM (K)	282	KOBALT (Co)	43
MAGNEZYUM (Mg)	32	VANADYUM (V)	15
KALSİYUM (Ca)	25	BAKIR (Cu)	180
MANGAN (Mn)	2.3	MOBİLDEN	40
DEMİR (Fe)	4.2	NİKEL (Ni)	55
FOSFOR (P)	200	KROM (Cr)	128
KLOR (Cl)	463	İYOT (I)	105
ÇİNKO (Zn)	1.8	BOR (B)	205
ALUMİNYUM (Al)	1.6	SELENYUM (Se)	56

(Souci ve ark., 2000)

Çizelge 2.2.2. Akdeniz midyesinin kimyasal yapısı (%)

Kimyasal Yapı (%)	Souci ve ark., (2000) (yaş midye eti)	Çelik (2011) (kuru midye eti)
Su	83.20	82.35
Protein	10.20	57.68
Yağ	1.96	7.91
Karbonhidrat	2.37	27.74
Mineral	1.49	--

Midye etindeki mevsimsel değişimler, suda bulunan besin maddelerinin kullanılması, sıcaklık, tuzluluk, büyüme ve üreme faaliyetlerine bağlı kompleks bir durumdur. Midye etinin kalitesi yıl boyunca değişiklik gösterir. Protein ve yağ miktarı yumurtlama döneminde (bahar ayları) yüksek olmakta, bu dönemlerde et toplam yağ ağırlığının % 50'sini oluşturmakta, ancak daha sonra düşmektedir. Dolayısı ile henüz yumurtlamanın gerçekleşmediği sonbahar ve kış ayları ile bahar başlangıcı, midye etinin en lezzetli olduğu zamandır (Mol, 2006; Çelik 2006; 2011). İlbahara doğru özellikle Mart –Nisan aylarında yumurta dökümü nedeniyle, etlerde kalite ve ağırlık yönünden azalmalar gözlenir (Çelik, 2006; 2011).

Ülkemiz sularında avlanan midyelerin bir kısmı halkımız tarafından tüketilirken, bir kısmı da ihraç edilmektedir. İhracatın büyük kısmı İtalya ile Almanya'ya yapılmakla birlikte, İspanya da son yıllarda önemli bir alıcı konumuna geçmiştir (Çelik, 2006; 2011). İşlenmiş midye ürünleri daha çok Fransa, Belçika ve İtalya pazarına

sunulmakta, Almanya, Hollanda, İngiltere ve İsviçre tarafından ise canlı, pişmiş, dondurulmuş, salamura yapılmış midye etleri talep görmektedir (Anonim, 2009b). Midyeler genellikle, tuzlanmış, marine edilmiş, jöleli, dumanlanmış, konserve edilmiş olarak hazırlanabildiği gibi, midye salatası ve kokteyli olarak da değerlendirilebilmekte, ancak ülkemizde daha çok midye tava ve midye dolma şeklinde tüketilmektedir (Mol, 2006).

Pek çok organizmanın çevre sulardan ağır metalleri aşırı yüksek seviyelerde biriktirme (biyoakümüle) potansiyeli bulunmaktadır. Mollusklar (yumuşakçalar), metal kirliliğinin izlenmesinde en sık kullanılan organizmalardandır (Shulkin ve ark., 2003; Silva ve ark., 2006). Tüm deniz türleri içerisinde Mytilidae üyelerinin en yaygın ve kozmopolitan tür oldukları ve yüksek derecede kirliliğin (kontaminasyon) bulunduğu kıyısularda yer aldıkları, tuzluluk, sıcaklık ve diğer fizikokimyasal parametrelerde oluşan dalgalanmalara karşı aşırı derecede toleranslı olduklarından dolayı da biyomonitör tür olarak kullanıldıkları ifade edilmiştir (Rainbow ve Phillips, Szefer ve ark., 1999; 1993; Rainbow, 1995). Çeşitli sucul omurgasız türleri ile gerek doğal (Nicholson 1999; Nicholson ve Szefer 2003; Blackmore 2001; Kavun ve ark., 2002; Yap ve ark., 2002; Blackmore ve Morton, 2002) gerekse laboratuvar koşullarında (Pipe ve ark., 1999; Gundacker, 1999) yapılan çalışmalarda, vücuttaki metal düzeyinin, ortamdaki metal derişimini yansıtmaya eğiliminde olduğu, bunlardan özellikle sesil (tutunarak yaşayan organizmalar) ve süzerek beslenen midyelerin, ağır metallerin sucul ortamlardaki düzeyi ile biyolojik mevcudiyetinin belirlenmesinde bir indikatör tür (gösterge tür) olarak kullanılabileceği saptanmıştır (Nicholson ve Szefer, 2003; Wang ve ark., 2005; Funes ve ark., 2006).

Sesil organizmalardan olan çift kabuklu yumuşakçalar (Bivalvia), sudaki tüm partikülleri filtre ederek, fitoplankton, sudaki çözünmüş organik maddeler, bakteriler ve detrituslar ile beslenirler. Midyeler, beslenme ve büyüme için ek bir besin kaynağına ihtiyaç duymazlar. Suyu filtre ederek beslenmeleri sonucu, alg seviyesi çevre için zararlı boyuta ulaşmadan algleri tüketerek zararlı alg artışlarını engellemiş olurlar. Ayrıca, ekolojik sistem içinde besleyici element döngüsü ve askıdaki organik ve inorganik maddenin dengelenmesinde de önemli bir role sahip olduğu kaydedilmiştir (Shumway ve ark., 2003). Suyu filtre ederek beslendikleri için, buldukları ortamlara kıyasla daha yüksek miktarlarda kimyasalları biriktirebilmektedir (Oliver ve ark., 2001). Pek çok çift kabuklu yumuşakça türü, deneysel çalışmalarda, kolaylıkla temin edilebilen

ve kimyasal analizlerde büyük doku ve boya sahip olduklarından, çalışmalar için avantajlı olarak belirlenmiş canlılardır (Angelo ve ark., 2007).

2.3. Midye Yetiştiriciliğinin Genel Özellikleri

Midye pazarını etkileyen en önemli faktör, ürünün kalitesi ve güvenilirliğidir. Günümüzde güvenilir olmayan ürünlerin tüketiminin engellenmesi için ilgili kurumların gerekli önlemleri almış olması, kabuklu su canlılarının tüketimine olan güveni arttırmıştır.

Midye yetiştiriciliği ilk olarak Fransa'da odun kütüklerinin üzerine yerleşmiş midyelerin olduğunun fark edilmesi sonucu başlamıştır. Bu nedenle kazıklarda midye yetiştiriciliği en eski yetiştiricilik yöntemidir. 14. yüzyılın ortalarında Hollanda'da insanlar doğal ortamdan topladıkları midye yavrularını daha iyi büyüyecekleri yerlere taşıyarak yetiştiriciliğini yaymaya başlamışlardır. İspanya'da askıda midye yetiştiriciliği ise 1946 yılında başlamıştır. Yetiştiricilik yapmak isteyen her ülke kendi ekolojik şartları çerçevesinde uygun yöntemi seçerek midye yetiştiriciliği yapmaktadır (Karayücel, 1996) (Ek-1). Midye yetiştiriciliğinin en ileri olduğu ülke ise İspanya'dır. Yetiştirilen tür ise *Mytilus edulis* 'tir (Alpbaz, 2000).

Birçok ülkede doğal midye yataklarının azalması midye yetiştiriciliğinin artmasına neden olmuştur. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle daha modern mekanik yetiştiricilik sistemleri kullanılmaktadır. Bu durum üretim miktarını artırırken üretim maliyetini azaltmıştır (Shumway ve ark., 2003).

Midye yetiştiriciliği yöntemleri, zeminde ve zeminden uzakta (su içinde) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Su içinde yetiştiricilik ise, kazıklarda, uzun halatlarda ve sal sisteminde yetiştiricilik olarak sınıflandırılmaktadır (Alpbaz, 2000).

2.3.1. Zeminde Midye Yetiştiriciliği

Bu yöntem, midye yavrularının yoğun olarak yerleştikleri alanlardan toplanıp, daha hızlı büyüme ve verimli et düzeyine sahip olacağı alanlara seyrek olarak bırakılması esasına dayanır. Yapılan işlem, üzerleri siltle kaplanmış midyelerin temizlenmesi ve kötü hava koşullarında üst üste biriken midyelerin boş alanlara nakledilmesi şeklindedir. Yine bu tür ortamlarda hızlı gelişen ve büyüyen fouling organizmalardan alg türlerinin ve deniz yıldızlarının da ortamdan uzaklaştırılması

gerekmektedir. Su seviyesinin düştüğü periyotlar bu tür işlemlerin gerçekleştirilmesi için en uygun zamanlardır (Kumlu, 2001).

Bu yöntemin uygulandığı ülke Hollanda'dır. Yavru temini tamamiyle doğal ortamdan elde edilmektedir. Bu türün yetiştiriciliği, genelde balıkçılığa kapalı alanlarda olmaktadır (Alpbaz, 2000).

2.3.2. Su İçinde Yetiştiricilik

2.3.2.1. Kazıklarda Midye Yetiştiriciliği

Sistemin ana temeli belli aralıklarla denize çakılan kazıklardır. Bu kazıklar üzerine midye yavruları bisus iplikçikleri ile tutunurlar. Pazarlama boyuna gelene kadar aynı kazık üzerinde midyelerin gelişmesi beklenir ya da kazıklar gel-git olaylarının çok olduğu yerlerde suyun çekilmesinden yararlanılarak başka yerlere midyelerle birlikte götürülerek dikilirler. Genellikle Fransa'da uygulanan bir yetiştirme yöntemidir. Bu yöntemle yetişen tür yine *M. edulis*'tir (Alpbaz, 2000). Kazıklar 15-30 cm çapında ve 4-7 m uzunluğunda çam ya da meşe ağacı gövdelerindedir (Kumlu, 2001). Yetiştiricilik yapılan bölgede gel-git olayları önemlidir. Gel-git olaylarının en yüksek olduğu zamanlarda su yükselmesi 5 m olmaktadır. En az olduğu dönemdeki yükseklik ise 2' m dir. Bu olay esnasında midyeler için gerekli olan plankton hareketi çok fazla olmaktadır (Alpbaz, 2000).

2.3.2.2. Uzun Halatlarda Midye Yetiştiriciliği

Dünyada en fazla kullanılan yetiştiricilik yöntemidir. Yavrular doğadan elle veya yavru toplama halatları kullanılarak toplanırlar. Yavru toplamak için kullanılan bu halatlar, bulunduğu ortamın çevresel koşullarına bağlı olarak değişik tip ve boyda olmaktadır. Halatlarda büyümeye bırakılan yavrular düzenli olarak kontrol edilmektedir.

Semirtme boyuna gelmiş yavrular içlerine halat yerleştirilmiş ağ çuvallarına doldurulur. Çeşitli materyallerden elde edilen bu çuvallar genelde naylon veya pamuk çuvallarıdır. Doldurulan bu ağ fileler, ana halatlara asılarak midyelerin gelişmesi beklenir (Kumlu, 2001).

2.3.2.3. Sal Sisteminde Midye Yetiştiriciliği

İspanya'nın kuzeybatısındaki Galicia Bölgesi'nde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde de diğerlerinde olduğu gibi midyeler larval gelişimlerini suda geçirmektedirler. Midye yavrularının sallarda sarkıtılan yavru toplama halatlarına tutunması ile yetiştiricilik başlar. Sallar sert plastik, çelik ya da fiberglas yüzdürücüler üstünde çelik yapı ve ahşap bir kısımdan oluşmaktadır. Ahşap bölümün alt kısımlarında su içerisinde midye tutturulmuş halatlar sallandırılır (Kumlu, 2001). Sallar her iki ucundan beton veya demir çapalar yardımıyla deniz dibine sabitlenir. Sallara asılacak halat uzunluğu, çevreye ve deniz tabanına değmeyecek şekilde ayarlanır. Pamuk çuvallar içersine yerleştirilmiş olan midyeler soldan aşağı sarkıtılır. Çuvallar eriyene kadar midyeler bisus iplikçikleri ile halatlara tutunurlar. Bir yıl içinde 8-10 cm boya ulaşan midyeler yaklaşık 18 ay sonra pazar boyuna ulaşırlar. İspanya'da bu şekilde sallarda yetiştirilen midyeler, hızlı büyümeleri ve et oranlarının yüksek olması nedeniyle dünyaca bilinen en kaliteli midyelerdir (Kumlu, 2001).

Galicia Bölgesi'nde farklı balık türlerinin (*Psetta maxima*, *Salmo salar*, *Dicentrarchus labrax* v.b) kültürlerinde artan bir gelişme olmasına rağmen midye (*M. galloprovincialis*) kültürü en önemli aktivitedir ve yıllık üretim 190 bin ton olup Avrupa'daki midye üretiminin % 40'ını ve Galicia'daki akuakültür üretiminin % 95'ini oluşturur. Midyeler, yaklaşık 500 m² lik yüzen platformlar (midye salları, bölgede bateas olarak bilinir) kullanılarak kültüre edilir. Bu platformlara hemen hemen 500 halat asılır ve her 1 m halata 600 ila 1000 midye tutunur. Galicia'da yerleştirilmiş olan sallların toplam sayısı 3242'dir (Otero ve ark., 2005).

2.4. Ağır Metallerin Tanımlanması

Antik çağlarda, metal cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller, insan faaliyetleri sonucu, doğal çevrimler dışında atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmaya başlamıştır. Yüzyıllar boyunca insanlar, ağır metallerin etkilerini bilmeden, takı, silah, su borusu v.b. çeşitli amaçlar için kullanmışlardır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmış ve ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk zehirlenmeler Japonya'da ortaya çıkmıştır. Denizlerdeki metal kirliliği, Japonya'da 1953 yılında Minimata ve 1964 yılında Niigata facialarından

sonra daha da önem kazanmıştır. Bu iki bölgede civa zehirlenmesi sonucunda 50'den fazla ölüm ve 100'den fazla sakatlık olayı meydana gelmiştir. Bu trajedi, civanın canlılarda birikim sorununu gündeme getirmiş ve bundan sonra insanlarda ve sucül organizmalarda metal düzeyleri incelenmeye başlanmıştır (Ünsal, 2004).

Son zamanlarda ağır metal tanımı ile kimyasal maddelerin ekolojik sisteme verdikleri zarar genelleştirilerek gazete haberlerinde sık sık ağır metallerin, çevresel problemlere neden oldukları yer almaya başlamıştır. Bunun nedeni çevresel problemler söz konusu olduğunda “ağır metal” tanımı genelde “nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal” olarak kullanılmasıdır. Bu yaygın kaniya, ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmalarda, diğer metallere kıyasla birikiminin (akümülyasyon) fazla olması ve bunun sonucunda olumsuz etkinin giderek artması yol açmaktadır (Türk Çulha, 2007).

Ağır metallerin gerçek anlamda tanımı, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bunlar; Sb, Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, U, V, Zn olmak üzere 60'tan fazla metali içermektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Deniz suyunda çözülmüş halde 80'den fazla elementin mevcut olduğu saptanmıştır (Çizelge 2.4.1) (Güven, 2005). Metaller doğal sularda serbest iyonlar, inorganik bileşikler ve partikül maddelere absorbe edilmiş şekillerde bulunmaktadır (Çetingül ve Aysel, 1998; Ansari ve ark., 2004). Deniz suyunda ise ya çözünebilir halde ya da partikül halinde bulunur. Çözünebilir halde olanlar ya serbest metal iyonları ya da kararsız organik ve inorganik kompleksler halindedir (Ünsal, 2004). Ağır metaller deniz ortamında, deniz sedimanı üzerinde kendilerine yer bulmakta ve çözünen metal katyonları sülfat (SO₄), klorit (ClO₂), bikarbonat (HCO₃) ve karbonat (CO₃) gibi anyonlar tarafından çökelti haline gelmektedirler. Oluşan çökeller yüzey suyu (8.1-8.3) ve derin sulardaki (7.6-8.1) pH değerlerinde deniz suyunda oldukça düşük çözünürlüklerde olabilmektedirler (Ansari ve ark., 2004).

Çizelge 2.4.1. Denizde bulunan metallerin bileşik şekilleri

Element	Simge	Konsantrasyon (µg/l)	Çözünmüş halde bulunma şekilleri
Kadmiyum	Cd	0.04	CdCl ₂
Kobalt	Co	0.1	Co ⁺² , CoCO ₃ , CoCl
Bakır	Cu	0.6	CuCO ₃ , CuOH, Cu ⁺²
Demir	Fe	5 mg/L	Fe(OH) ₃ , Fe(OH) ₂ ⁺ , Fe(OH) ₄ ⁻
Kurşun	Pb	0.003	PbCO ₃ , Pb(CO ₃) ₂ ⁻²
Çinko	Zn	3.9-4.9	ZnOH ⁺ , Zn ⁺² , ZnCO ₃
Civa	Hg	0.03	HgCl ₄ ⁻² , HgCl ₂
Aluminyum	Al	0.002 mg/L	Al(OH) ₄ ⁻¹ , Al(OH) ₃
Nikel	Ni	0.40	Ni ⁺² , NiCO ₃ , NiCl ⁺¹
Arsenik	As	1.6	HasO ₄ ⁻² , H ₂ AsO ₄ ⁻

(Güven, 2005; Kocataş, 2004).

Ağır metallerin hava-toprak-sediment-su döngüsü içerisine katılmasını sağlayan etkenler hava (atmosferik) ve su (akımsal) yoluyla olmaktadır (Chirila ve ark., 2007). Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Denizde metallerin bir kısmı su kolonunda çözünmüş formlarda kalabilirler, bir kısmı ise değişik şekillerde sedimantasyon ile dibe çökerek sedimana ulaşır ve su kolonundan uzaklaşabilir (Ünsal, 2004; Diez ve ark., 2005). Metaller sedimanda çökmüş yani absorbe edilmiş durumda olsalar dahi, bazı fiziksel ve kimyasal olaylarla tekrar iyonik forma dönüşür ve toksik etkilerini gösterebilirler (Çetingül ve Aysel, 1998). Zira su kirliliğinin en yaygın şekli ağır metal iyonlarından kaynaklanan kirliliktir. Zn, Cu, Hg, Ni, Cr ve Pb su kirliliğine işaret eden en önemli ağır metallerdir (Çavuşoğlu ve ark., 2007).

2.5. Ağır Metallerin Ortamdan Alınma ve Taşınma Kaynakları

Zararlı çevre kirleticileri arasında yer alan toksik metaller havadan, sudan ve özellikle de alınan besinler yolu ile canlı bünyesine girmektedirler. Günümüzde gelişen endüstriyel faaliyetler sonucunda Pb ve Hg gibi ağır metaller çevreye yayılmakta ve çeşitli yollarla canlı organizmalara geçmektedir (Yalçın ve ark., 2007).

Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller, göller, nehirler, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş şekilde yayılmışlardır (Yazkan ve ark., 2002). Bu minerallerin söz konusu olan bu

yerlerde bulunmasının iki temel kaynağı vardır. Bunlardan birincisi doğal olarak o yapının (toprak, kaya vb) bir parçası olmaları, ikincisi ise insan faaliyetleri sonucunda yoğun olarak üretilip bir şekilde buraya taşınmalarıdır (Çizelge 2.5.1). 1. Doğal kaynaklar; yer Kabuğu, madenler, yer kabuğundan ve volkanlardan çıkan gazlar, nehirler, atmosfer. 2. İnsan aktivitesinden kaynaklanan yapay kaynaklar (antropojenik kaynaklar); endüstriyel atıklar, evsel atıklar, tarım ilaçları, maden işletmeleri, petrol rafinerileri, koruyucu boyalardır (Ünsal, 2004). Dünyada, kanalizasyon suları (lağım, evsel atıklar) ve diğer atık suların arıtılmadan sahil, koy ve körfezlere verilmesi yerel yönetimler tarafından yapılan genel bir eğilimdir. Bunları genellikle insan kaynaklı katı atıklar, caddelerden gelen yüzey akışları, erozyonla aşınan toprak ve kaya parçacıkları ile endüstriyel atıklar oluşturur (Türkmen, 2003).

Çizelge 2.5.1. Bazı ağır metallerin yoğun olarak kullanıldıkları endüstri dalları

ENDÜSTRİ DALI	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt karton endüstrisi	--	●	●	--	●	--	●	●	--	●
Petrokimya	●	●	--	●	●	--	●	--	●	●
Klor-alkali üretimi	●	●	--	●	●	--	●	--	●	●
Gübreler	●	●	●	●	●	●	●	●	--	●
Petrol rafinerileri	●	●	●	●	--	--	●	●	--	●
Demir, çelik sanayi	●	●	●	●	●	--	●	●	●	●
Metal sanayi	●	●	●	--	●	--	●	--	--	●
Buhar gücüyle çalışan elektrik santralleri	●	●	●	--	●	--	●	--	--	--

(Egemen, 1999; Kahvecioğlu ve ark., 2004)

Denizlerde metallerin bir kısmı su kolonunda kalmakta, bir kısmı ise değişik şekillerde dibe çökerek sedimana ulaşmaktadır. Metallerin su kütlesi içindeki konsantrasyonları, denizlere giren kirletici miktarına ve kirleticilerin çeşitli şekillerde sudan uzaklaştırılmasına bağlı olarak değişmektedir. Yağışların bol olduğu aylarda atmosferden, bunu izleyen aylarda ise nehirler yoluyla denizlere gelen metal miktarı artmaktadır. Yağışların zamanı ve miktarı bölgelere göre değiştiğinden, denizlere ulaşan metal miktarı da buna bağlı olarak değişmektedir (Ünsal, 2004).

Gerek doğal gerekse insan kaynaklı faktörlerin etkisi ile sucul ortamdaki derişimi artan ağır metaller, sucul organizmalar tarafından ortamdan alınmakta ve besin zinciri aracılığı ile üst trofik düzeylere artan derişimlerde iletilerek, metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda birikmekte, hüresel veya moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara hatta canlılarda ölümlere neden olmaktadır (Sağlantımur ve ark., 2004).

Değişik yollarla canlı bünyesine alınan ağır metaller her organ ve dokuda farklı birikim düzeyi gösterirler. Canlı bünyesinde çeşitli metabolik olaylara katıldıktan sonra vücut dışına atılabilen metallere fizyolojik öneme sahip olanları depolanabilir. Eğer toksik bir metal ise enzimlerin yapısını bozabileceği gibi hücre içerisinde özel bir şekilde bağlanarak toksik etkileri ortadan kalkabilir (Sunlu ve ark., 1999).

Metallerin sudan alınma şekli ve organizmalarda birikimi bir metalden diğerine göre ve organizmanın türüne göre değişmektedir. Yüksek bitkilerde metallerin büyük bir kısmı sudan, kökler vasıtasıyla sedimandan alınmaktadır. Alınma, besin tuzlarında olduğu gibi aktif olarak ya da bitkilerin üzerine tutunarak (adsorpsiyon) pasif yoldan olmaktadır. Hayvansal organizmalar ise metalleri, ortam suyunda bulunan çözülmüş ya da organik moleküllere bağlı iyonların su ile beraber alınmasıyla, bünyesinde ağır metalleri biriktirmiş besin maddeleri ile, yüzeylerinde ağır metalleri adsorbe etmiş sestonlar yoluyla, toksik metal iyonları ile organizmaların ürettiği maddeler arasındaki çekim nedeniyle ortaya çıkan adsorpsiyon yoluyla almaktadırlar (Yazkan ve ark., 2002).

Besin yoluyla metal alımında organizmanın beslenme şekli, hangi tür besinlerle beslendiği de çok önemlidir. Beslenme şekillerine göre organizmalar ise, bitkilerle beslenenler-fitofagus (gastropodlar, kabuklular), suyu süzerek beslenenler (zooplankton, balanuslar, midyeler), sedimanla beslenenler (poliketler, oligoketler), detritusla beslenenler (gastropodlar, izopodlar, amfipodlar, krinomus larvaları) ve karnivorlar (zooplankton, poliket, gastropot, sefalopot, kabuklular, balıklar) olmak üzere beşe ayrılmaktadırlar (Ünsal, 2004). Denizel çevrede kirletici düzeylerinin belirlenmesinde su, sediment ve canlı organizmalar kullanılmaktadır (Förstner ve Witmann, 1983). Canlı organizmalardaki ağır metal birikim düzeyleri, ortamdaki metal derişimlerinden yüzlerce defa daha yüksek olmakta ve birikimleri canlının farklı organ ve dokularında, mevsime, türlere ve beslenme tiplerine göre farklılık göstermektedir (Tuncer, 1985; Borhardt ve ark., 1988). Canlıların doku ve organlarında metal biyoakümüülasyonunu etkileyen diğer etmenler; çevresel parametreler (Phillips, 1980; Rainbow, 1995; Rainbow ve Phillips, 1993) canlının fizyolojisi ve büyümesi (Blackmore ve Wang, 2003), ortamdaki besin miktarı, üreme döngüsü, canlının ağırlığı ve büyüklüğü olduğu bildirilmiştir (Casas ve ark., 2004).

2.6. Su Ürünleri Açısından Metallerin Önemi

Balıklar 22 adet mineral maddeye ihtiyaç duymaktadırlar (Hoşsu ve ark., 2008). Bu mineral maddelerin çoğu deniz suyunda çözülmüş halde bulunmaktadır (Çizelge 2.6.1). Elementlerin deniz suyundaki konsantrasyonları düşük olup ancak % 3.5 civarındadır. Deniz suyunda çözülmüş halde bulunan inorganik elementler sudaki konsantrasyonlarına göre üç bölümde incelenmektedir. Bunlar; esas (major) elementler, yan (minor) elementler ve iz (trace) elementlerdir. Esas elementler deniz suyundaki çözülmüş halde bulunan elementlerin % 99.7'sini (Na, Mg, Ca, K, Sr, Cl⁻, HCO₃⁻, Br, F) oluşturmaktadırlar. Deniz suyunda çözülmüş halde bulunan bazı iz ve yan elementler radyoaktif özelliğe sahip oldukları (radyonüklidler) gibi, diğer bazıları da yaşam için gerekli (besleyici elementler) veya biyokimyasal olaylarda katalizör (oligoelementler) rolü oynarlar. Özellikle oligoelementler, biyokimyasal olaylardaki katalizör etkileri nedeniyle organizmaların yaşamı için kaçınılmazdırlar ve bunların çoğunluğunu ağır metaller oluşturur (Zn, Fe, Cu, Mn, Al, As, Co, F, B, Br, V, Ti) (Kocataş, 2004). Eksikliğinde vücutta fonksiyon bozukluğuna yol açan ve gerekli miktarlarda alındığında, eksikliğinden kaynaklanan bozukluğu ortadan kalkan element esansiyel kabul edilir (Üstdal ve ark., 2005).

Çizelge 2.6.1. Bazı balıkların mineral madde ihtiyaçları

Makro Elementler					
Mineral	Alabalık	Sazan	Yılan balığı	Kanal Yayı	Tilapia
Ca	300 mg - 3 g	300 mg - 3 g	300 mg - 3 g	4.5 g	7 g
P	Yaklaşık 6 g	Yaklaşık 6 g	Yaklaşık 6 g	4.2 - 4.5 g	4.5 - 6 g
Mg	400 - 700 mg	400 - 700 mg	400 - 700 mg	400 - 700 mg	400 - 700 mg
K	Max. 1.6 g				
Yan (Minor) ve İz Elementler					
Mineral	Alabalık	Sazan	Yılan balığı	Kanal Yayı	Tilapia
Fe		200 mg	170 mg	30 mg	
Cu	3 mg	3 mg		5 mg	
Mn	12 - 13 mg	12 - 13 mg		2-3 mg	
Zn	15 - 30 mg	15 - 30 mg		200 mg	
Co	0.05 mg				
Se	0.2 - 0.4 mg		0.3 - 0.5 mg		
I	0.6 - 2.8 mg				

(Hoşsu ve ark., 2008)

Makromineraler, hayvan vücudunun her kg'nda 50 mg'dan fazla olan elementlerdir (Ca, P, Mg, Na, K, Cl ve S). İz mineraller ise hayvan vücudunun her kg'nda 50 mg'dan az olan Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Cr, Se, F, I ve Ni gibi elementlerdir. Balıkların ve kabukluların iskelet yapısında yer alan mineraller lipidlerin ve proteinlerin yapısında da bulunarak biyokimyasal olaylarda görev yapmaktadır. Sindirim sıvılarının asitlik ve alkalilik durumlarını da mineraller düzenlemektedir. Özellikle osmoregülasyonda (balığın vücut sıvısı ile balığın yaşadığı su ortamı arasındaki osmotik denge) düzenlenmesinde rol oynar. Yine kemik, yüzgeç, pul gibi sert dokuların yanı sıra sülfür ve hemoglobin içerisindeki demir gibi yumuşak dokuların yapı taşlarıdır. Çinko gibi bazı minerallerin fonksiyonu enzim ve hormonların aktivator ve yapı taşları olması şeklindedir. Bu maddelerin eksikliğinde bazı gelişme bozuklukları, ölüm, anemi ve oluşum bozukluğu (kafada malformasyonlar) ortaya çıkmaktadır (Hoşsu ve ark., 2008) (Çizelge 2.6.2).

Çizelge 2.6.2. Balıklarda esansiyel mineral madde eksikliği belirtileri

Makro Elementler	
Ca	Anoreksia, zayıf büyüme, düşük yem değerlendirme
P	Büyümede yavaşlama, yemden düşük yararlanma, iskelet bozukluğu, kas, karaciğer ve omurga lipid içeriğinin artışı, Anoreksia
Mg	Büyümede yavaşlama, cansızlık, anoreksia, katarakt, kas gevşemesi, yüksek oranda ölümler, vücut kan serumu ve kemikte Mg içeriğinin azalması, omurgada kıvrılma, solungaç filamentlerinde dejenerasyon
K	Büyümede azalma, anoreksia, çarpınma, ölüm, yem dönüşüm oranının azalması
İz Elementler	
Fe	Hypochromic microzytic anemi
Cu	Büyümede yavaşlama, katarakt
Mn	Büyüme ve iştahda azalma, denge kaybı, kısa vücut, katarakt, anormal kuyruk büyümesi
Zn	Büyüme ve iştahda yavaşlama, kemikte Ca ve Zn içeriğinin azalması, serumda Zn içeriğinin azalması, katarakt, yüksek ölüm, deri ve yüzgeçlerde erozyon, barsak ve hepatopankreasda Fe ve Cu doku konsantrasyonlarının yükselmesi, Vücutta bodurluk
Se	Ölüm oranının artması, kas distrofisi, glutathione peroksidaz (enzim) aktivitesinin azalması, büyümede azalma
I	Tiroid hiperplazisi (Guatr)

(Hoşsu ve ark., 2008)

Demir: Demirin ana rolü, hemoglobinin yapı taşı olmasıdır. Yine sitokrom enzim sisteminin içeriği olarak hücresel oksidasyonda ATP'yi oluşturmaktadır. Hemoglobinler kırmızı kan hücrelerinde oksijen taşıyan pigmentlerdir. Vücuttaki Fe eksikliği anemiye (kansızlık) yol açar (Hoşsu ve ark., 2008).

Bakır: Balık vücudunda demir ile birlikte emilim ve metabolizma olaylarında görevlidir. Cephalopodlarda hemosiyanin (demir yerine bakır ihtiva eden ve yengeçlerde bulunan yeşil kan pigmenti) oluşmasında etkilidir (Hoşsu ve ark., 2008).

Manganez: Çeşitli enzim sistemlerinde kofaktör olarak görev yapar. Aminoasit ve yağ asitlerinin metabolizması ile glikoz oksidasyonunda rol oynar. Eksikliği, sazan ve gökkuşuğu alabalıklarında büyüme bozukluklarına, aşırı kuyruk büyümesine ve vücut uzunluğunun kısılmasına neden olmaktadır (Hoşsu ve ark., 2008).

Çinko: Çeşitli enzim sistemlerinde ve kırmızı kan hücrelerinde bulunmaktadır. Bu enzimler protein sindiriminde ve karbonhidrat katabolizmasında görev alır. Epitel dokulardaki keratinin korunmasında rolü vardır. Yine insülinin yapısında ve işleyişinde esansiyel yapıdır. Alabalıklarda yapılan çalışmalarda yem içersindeki çinko eksikliğinin katarakta neden olduğu saptanmıştır (Hoşsu ve ark., 2008).

Kobalt: Vitamin B₁₂'nin önemli bir içeriğidir. B₁₂'nin barsak mikroflorasında sentezi için de bu elemente gerek duyulmaktadır. Balık vücudunda kobalt eksikliği ile avitaminosis olayı ortaya çıkar (Hoşsu ve ark., 2008).

Selenyum: Balıklar için esansiyel bir maddedir. Seleno aminoasitler, beyaz kaslardaki hastalıkları ve karaciğer nekrozlarını engellemektir. Selenyum ayrıca arsenik ve E vitamini ile de yakın ilişkilidir. Selenyum eksikliği Atlantik salmonlarında Hitra hastalığına yol açmaktadır (Hoşsu ve ark., 2008).

Yukarıda bahsi geçen elementlerden bir veya birkaç tanesi hücrede yüksek konsantrasyonlara eriştiğinde fizyolojik fonksiyonları değiştirir. Özellikle Cd, Hg, Pb ve Cr gibi ağır metaller, besin zinciriyle girdikleri canlı bünyelerinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılmadıkları için birikime uğrar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar (Çalta ve Canpolat, 2002; Üstdal ve ark., 2005). Bu nedenle esansiyel veya esansiyel olmayan tüm metaller potansiyel olarak toksik kabul edilmektedir (Bryan, 1976).

Organizmaların hayati aktiviteleri için lüzumlu olan ve yukarıda bazı örnekleri verilen, metalo-protein ve enzimlerin yapılarına giren bu metaller, ortamda belirli sınırlar içersinde bulduklarında, organizmaların fizyolojik aktivitelerinin gerçekleşmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Ancak bunlar ve diğerleri, deniz ortamında doğal konsantrasyon düzeylerinin sınırları dışına çıktığında, organizmaların hayati aktivitelerinde inhibitör olarak etken olurlar. Bu nedenlerle deniz ortamına, çeşitli yollarla ve kaynaklardan gelen atıklar içersinde bulunan metallerin mevsimsel ve bölgesel değişimler göstererek artması halinde, ekosistem bireylerinin biyolojik

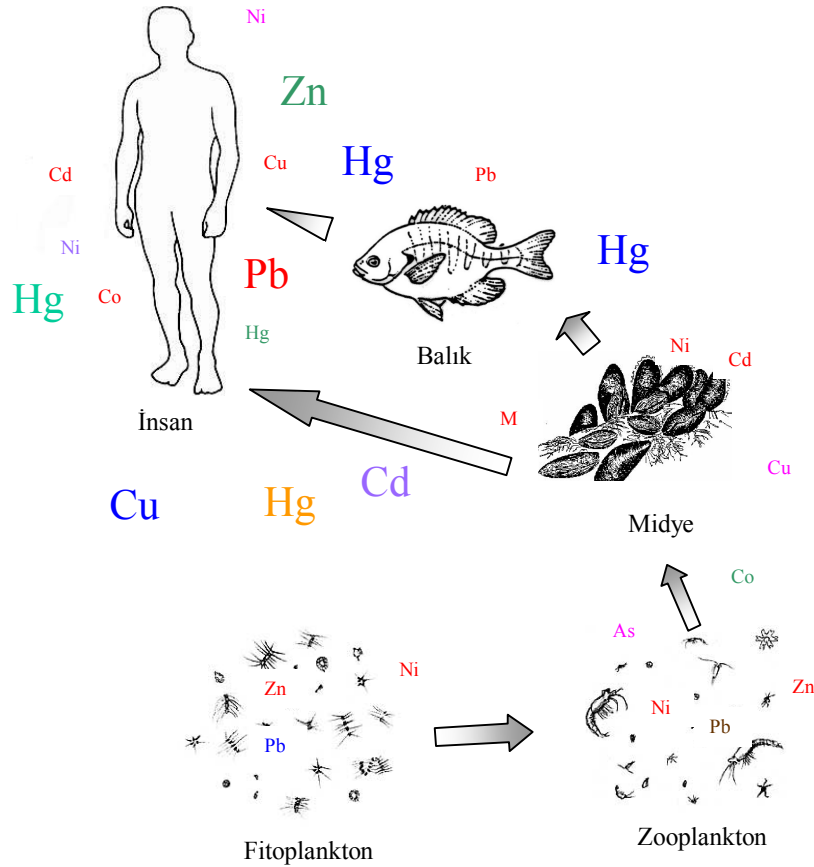
aktivitelerini tehlikeli bir şekilde etkileyerek, besin zincirindeki dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu sorunları ortaya koymak için *M. galloprovincialis* ve *Nereis diversicolor* (Poliket) gibi indikatör türler çalışılarak, bölgesel ve mevsimsel olarak seviye değişimleri ve toksik etkilerinin sürekli yapılması gerekmektedir (Uysal, 1983).

Balıkların doku ve organlarındaki ağır metal birikimi türe, metale, metalin ortam derişimine, etkide kalma süresine, gelişme evresine, ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değiştiği gibi ortamda bulunan diğer metallere göre de değişmektedir. Doğal ortamda metaller tek başlarına bulunmadıklarından metal karışımlarının etkisinde doku ve organlardaki metal birikiminin incelenmesi, ağır metal kirliliğinin çevresel etkileri ile metalin bünyeye alınımı, biyotransformasyonu ve kirlilik düzeylerinin (kontaminasyonu) değerlendirilmesi bakımından önem taşımaktadır (Sağlamtimur ve ark., 2004). Sularda çok uzun süreler kalabilme ve sucul organizmaların dokularında birikebilme özelliğine sahip olan ağır metaller, söz konusu organizmalar için çok önemli hasarlara yol açabilir. Yani konsantrasyonlarına bağlı olarak ağır metallerin çok düşük dozlarda alınması önemsiz etkilere sahip olabileceği gibi, yüksek dozlardaki alımlar yine canlının ve metalin türü ile konsantrasyonuna bağlı olarak ölüme bile sebep olabilmektedir (Türkmen 2003).

Ortamdan alınan metal organizmaya toksik (öldürücü) dozun çok altında girmesine karşın, organizmanın organ ve dokularında ortamdaki su düzeylerinden yüzlerce hatta binlerce defa yüksek miktarlarda birikerek toksik doza ulaşabilmektedir (Yanık ve Atamanalp, 2001). Ayrıca, ağır metallerin, balıkların doku ve organlarındaki birikimin yanı sıra çeşitli kan parametrelerini, enzim aktivitelerini büyüme ve gelişmeyi etkilediği de belirtilmiştir (Cicik, 2003). Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, bu metale maruz kalma süresi ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirli bir metalin hangi doku ve organda öncelikle depo edileceği türlere göre değişim göstermektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir (Kargın ve Erdem, 1992; Yılmaz ve ark., 2007). Bunun en önemli nedeni, genellikle ağır metallerin letal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesindedir (Karadede, 2002).

Deniz ortamlarında bulunan ağır metaller, aynı ortamda yaşayan organizmalarda birikime neden olmaktadır. Birikim, besin zincirinin birbirini izleyen her halkasında bir öncekine göre giderek artmakta ve belli bir düzeye ulaştıktan sonra toksik etki yapmaktadır. Ağır metaller sadece sucul organizmalar için değil bu organizmalarla

beslenen diğer canlılar, dolayısıyla insanlar için de önemlidir (Tuncer, 1985). Kirletici maddelerin bir kısmı besin zincirinde birikirken, bir kısmı ise birikmez. Bazı kirleticiler (iz elementler) besin zincirinin ilk halkalarında düşük düzeylerde bulunsalar bile, birbirini izleyen halkalarda artan yoğunluklarda bulunabilirler ki bu olaya Biyolojik Birikim denir. Bu metal iyonları dokularda biyolojik olarak birikebilen özelliktedir (Vural, 1993). Biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve ayrıca önemli bir protein kaynağı olarak insanlar tarafından tüketilen balıklarda ağır metal kirliliğinin etkilerinin araştırılması, ekolojik dengenin korunması ve insan sağlığı açısından gerekli hale gelmiştir. Çünkü denizel ortamda potansiyel olarak bulunan ağır metaller deniz canlıları tarafından ortamdaki alınıp birikmekte ve gıda zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşabilmektedir (Gökoğlu ve ark., 2008) (Şekil 2.6.1).



Şekil 2.6.1. Sucul ortamdaki besin zinciri döngüsü (Çulha ve Türk Çulha, 2010)

2.7. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Olan Zararlı Etkileri

Toplum sağlığı kaygısı barındıran kontamine edicilerin sınıflandırılması için belirlenen kriterler; kalıcılık, biyo-birikim potansiyeli, insanlar için toksisite, belirli sahalardaki kontamine edici kaynaklar ve bu tür sahalarda için tüketilen deniz mahsullerindeki kontamine edici konsantrasyonlar yer alır. İnorganik kimyasalların yükselmiş seviyeleri ile kontamine olmuş deniz mahsullerinin tüketiminden kaynaklanan sağlık riskinin değerlendirilmesi, özellikle toksik elementlerin özelliklerinin belirlenmesi ve önlem alınması açısından önem taşımaktadır (Ahmed ve ark., 1993).

Mineral maddelerden bazıları insan ve hayvanlar için esansiyel iken, Cu, Zn, Pb ve Cd gibi bazı ağır metaller, belli limitlerin üzerinde vücuda alındığı zaman farklı sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Cu; Wilson hastalığı, böbrek bozuklukları, nörolojik bozukluklara, Zn; gastrointestinal bozukluklara, Pb; beyinde hasar, kansızlık, böbreğin zarar görmesi ve nörolojik fonksiyon bozukluklarına ve Cd; organlarda kanser, kemik kırılması ve şiddetli ağrılara sebep olmaktadır (Vural, 1993; Vural, 2005; Üstdal ve ark., 2005).

Toksik iz element kirliliğinin en çarpıcı örneklerinden biri Japonya'nın Minimata Körfezi ve çevresinde ortaya çıkan ve ölümlerle sonuçlanan organik civa zehirlenmesidir. 1953 yılında "Minimata hastalığı" olarak isimlendirilen ve nörolojik bozukluklar saptanan bu olayda 421 akut zehirlenme olmuş, 47 kişi ölmüştür. Minimata Körfezi kıyısında "vinil klorür" üretimi yapan bir fabrikadan körfeze atılan civanın, sedimentlerde mikroorganizmalar tarafından metil civaya dönüştürüldüğü, lipofil özellikte ve çok toksik olan bu bileşiğin biyobirikim ve besin zinciri (metil civa → akuatik bitkiler → algler → ilkel hayvanlar → balıklar ve deniz kabuklu canlıları → insan) yolu ile insanlara ulaştığı anlaşılmıştır (Vural, 2005). Yine benzer farklı olaylarda, Irak'ta metilciva ile zehirlenmeler ve İngiltere'nin Lancashire bölgesindeki sabun fabrikasında çalışan kadınlarda, civa zehirlenmeleri sonucu düşükler ve anormal doğumlar gözlenmiştir (Çizelge 2.7.1.) (Egemen, 1999).

Çizelge 2.7.1. Metal kirliliğinin yaşandığı önemli zehirlenme vakaları

Yer	Tarih	Bulunma Şekli	Metal	Zehirlenme	Ölüm
Japonya-Minimata	1953-1970	balık ve kabuklu	Metil civa	700	46
Japonya-Niigata	1953-1970	balık ve kabuklu	Metil civa	48	6
Pakistan	1961	buğday	Fenil civa asetat Etil civa	34	5
Guatemala	---	buğday	Metil civadyaniamid	45	459
Irak	1971-1972	mısır	Etil civa	6530	36
Mısır-Gana	---	mısır	Etil civaklorit	65	17
ABD-New Meksiko	1969	domuz eti	Metil civadyaniamid	7	---

(Vural, 1993)

Bu tür zehirlenmelere bir örnekte, sanayide çok az kullanılan Cd neden olduğu kalp ve damar hastalıkları, böbrek yetmezliği ve kemiklerdeki kalsiyumun açığa çıkması sonucunda kemik erimesine yol açan “Itai-itai” hastalığıdır. 1946 yılında Japonya’da “Itai- itai” olarak adlandırılan bu olayda Pb, Zn ve Cd filizlerinin çıkarıldığı maden ocaklarındaki atıklar Jintzu nehrini kirletmiştir. Nehrin aşağı bölgesinde yaşayan halk, sulama ve içme suyu olarak nehirden yararlanmış ve böylece suyu kirleten Cd ve Pb besin zinciri ile buradaki insanlara ulaşarak birikmiştir. Yıllar sonra çok ağırlı anlamına gelen “Itai-itai” hastalığı şiddetli romatizmal ağrılarla dikkati çekmiştir. Bu olayda maruz kalan kişilerde; beslenme eksikliği, gebelik döneminde düşüklükler ve yaşlılığın arttığı bildirmiştir. Bu zehirlenme olayı 40-70 yaşları arasında 31 kadın ve 13 erkekte saptanmıştır (Vural, 2005).

Pb’nun yarattığı etki ise aşırı birikimi durumunda Pb zehirlenmesi olarak adlandırılan “Saturnizm” hastalığının görülmesidir. Pb, insanlara beslenme, solunum ve deri yoluyla girmektedir. Yetişkin bir insanın besinle günde 0.1-1.5 mg Pb alabildiği ve bu oranın 6-10 mg’a çıktığında birkaç haftada “Saturnizm” denilen Pb zehirlenmelerinin ortaya çıktığı bilinmektedir (Vural, 2005).

Fazla miktarda birikim yarattığı zararların yanısıra, esansiyel olan metallerin belirli bir düzeyin altında olması durumunda da canlıda zararlı etkilere neden olmaktadır. Örneğin yetişkin bir insanda 1.4-2.3 g Zn bulunur. Fe miktarı bu değer iki katıdır. Zn eksikliğinde cücelik, deri bozuklukları, kan pıhtılaşmasının azalması gibi etkiler görülmektedir. Fe eksikliği karasal omurgalılarda olduğu gibi balıklarda da kansızlığa (anemiye) neden olmaktadır. Pb ve Mn eksikliğinde balıkların gelişiminde yavaşlama görülmektedir. Hücre stoplazmasına ve diğer organellere göre mitokondride daha fazla bulunan mangan lipit ve karbonhidrat metabolizmasının yanı sıra beyin fonksiyonları için de gereklidir (Kalay ve ark., 2003). Cu ve Zn, biyotik derişimlerde

yüksek organizasyonlu canlılarda enzim aktivasyonu, kemik oluşumu, bağ dokusu gelişimi, omiriliğin miyelinleşmesi gibi çeşitli yapısal ve metabolik olaylarda işlev görmektedir (Cicik, 2003). Esansiyel olmayan metallerin ise canlıya hiçbir yararı olmayıp her düzeyde zararlıdır. Çizelge 2.7.2’de 60 kg ağırlığındaki bir kişinin haftalık olarak tolere edebileceği (PTWI) bazı iz elementlerin konsantrasyon değerleri verilmiştir (Özden ve ark., 2009).

Çizelge 2.7.2. 60 kg ağırlığındaki bir kişinin çift kabuklu türlerinde tüketebileceği haftalık iz element miktarı

İz Elementler	PTWI (mg/haftalık)
Hg	0.35
Cd	0.342
Pb	2.57
Zn	90
As	1.09
Fe	336
Al	420
Sn	840

(Özden ve ark., 2009).

Canlılardaki metal birikimi sadece besin yoluyla değil, içme sularına karışan organik ve inorganik maddelerde insan sağlığına olumsuz etki yapmaktadır. İnsanlarda zararlı olan etmenler ve olması gereken limit değerler Çizelge 2.7.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.7.3. Kirletici olarak içme sularına karışan organik ve inorganik maddelerin Limit değerleri

İnsan sağlığına zararlı elementler ve olması gereken alt limitler			
As	1 ppm	Se	0.05 ppm
Sb	0.1 ppm	Pb	1 ppm
Cd	0.1 ppm	Ra	8×10^{-8} ppm
Hg	0.01 ppm	Th	5 ppm
Tl	0.2 ppm		
İnsanlar için az miktarda gerekli, fazlası zararlı olan elementlerin alt limit değerleri			
Ti	1000 ppm	Zn	1 ppm
V	20 ppm	B	2 ppm
Cr	10 ppm	Sn	2 ppm
Mn	100 ppm	Te	0.01 ppm
Co	1 ppm	F	100 ppm
Ni	10 ppm	I	0.1 ppm
Cu	1 ppm		

(Bodur, 2000)

2.8. Çalışmada İncelenen Metaller Hakkında Genel Bilgiler

2.8.1. Kadmiyum (Cd)

Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanması, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum, fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; sigara dumanı, rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır. Endüstriyel olarak kadmiyum zehirlenmesi kaynak yapımı esnasında kullanılan alaşım bileşimleri, elektrokimyasal kaplamalar, kadmiyum içeren boyalar ve kadmiyumlu piller nedeniyledir. Kadmiyum önemli miktarda gümüş kaynaklarda ve sprey boyalarda da kullanılmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Kadmiyum diğer ağır metallerle içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd²⁺ halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olma (biriktirme) özelliğine sahiptir. İnsan vücudundaki Cd seviyesi ilerleyen yaşla beraber artış gösterir ve genellikle 50'li yaşlarda maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Yeni doğmuş bebeklerde hiç kadmiyum bulunmaz ve kadmiyum, kurşun ve cıvanın aksine plasenta ya da kan yoluyla anne karnındaki bebeğe geçmemektedir. Normal olarak vücudumuzda 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 µg'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Bu seviyeler, kadmiyumun çoğunu topraktan yani yiyecekler yoluyla alınması nedeniyle bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir. Kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmede öncelikle halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrıya beraber kusmayla 24 saat içinde ortaya çıkar ve 3. gün en şiddetli belirtileri göstererek 1 hafta içinde yeni bir yüklemeye söz konusu değil ise kaybolmaya başlar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki özellikle akciğer ve prostat kanseridir. Kronik zehirlenme böbrek hasarı ile ortaya çıkar ve idrarda düşük moleküllü protein görülür. Aşırı dozda kadmiyum alınımı (60-480 µg/g) böbrekler üzerinde tahrip edici etkinin ortaya çıkmasına yol açar ve etki

kuşlar da dahil olmak üzere tüm canlılarda görülmektedir. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklar da görülür. Diğer taraftan kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyumunun yitilmesi de önemli etkilerdir. Dünya Sağlık Örgütü (1993)'nün sınıflandırmasına göre kurşun 1. sınıf kanserojendir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

2.8.2. Bakır (Cu)

Atmosfer koşullarında metalik gri tonunda bulunmayan 2 metalden biri olan bakır, M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın latinesinden (aes cyprium=Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra Cuprum) almıştır. İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, M.Ö. 3000 yılından itibaren (Bronz Çağı) Anadolu, Yunanistan ve Hindistan'da mekanik özellikleri alaşımlandırma yolu ile artırılarak kullanılmıştır. Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir ve dünya bakır rezervlerinin % 68'ine Şili, ABD, Sovyetler Birliği, Zambiya, Peru, Zaire ve Kanada; % 32'sine ise diğer ülkeler olmak üzere yaklaşık 650×10^6 ton olarak tahmin edilmektedir. 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. Bakır genel kimyasal özelliklerinden dolayı doğaya yayılımı açısından "Atmofil" (hava sever) grupta yer almasına rağmen, havada bulunan bakır konsantrasyonu üretim yapan sanayi birimine uzaklığına bağlıdır. Bakır "Lithofil" (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılabilir bu nedenle de çevresel açıdan iki grubun arasında değerlendirilir. Atmosfere yayılan bakırın ancak % 1'i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken diğer kısım sedimana çöker. Tarımsal kesimlerde havadaki ortalama bakır konsantrasyonu 5-50 ng/m³ iken endüstriyel kirletilmemiş bölgelerdeki deniz suyundaki bakır konsantrasyonu 0.15 µg/L ve tatlı suda ise 1-20 µg/litre'dir. Doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu suların dibinde çöker ve doğal yeraltı tatlı suların çökeleklerinde yaklaşık 16 – 5000 mg/kg (kuru ağırlık) arasında ve deniz dibinde ortalama 2-740 mg/kg (kuru ağırlık) bakır bulunur. Kirletilmemiş toprakta bakır konsantrasyonu

ortalama 30 mg/kg (sınır değeri 2-250 mg/kg) seviyelerindedir. Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Örneğin %1-20 CuSO₄ içeren kireç sütü karışımı "Bordo-Karışımı" olarak bilinir ve üzüm tarımında fungusit olarak kullanılır. Hastanelerde kapı kolları ve elle sıkça temas edilen bölgeler bakır alaşımlarından imal edilen malzemelerden yapılır ve malzemenin antiseptik özelliğinden yararlanılarak mikropların yayılması engellenir (Kartal ve ark., 2004).

Bakır eksikliğine bağlı olarak hayvanlarda ve insanlarda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyonlar, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklar kendini gösterirken, bakır bileşikler eklemlerin kireçlenmesine ve romatizmaya karşı kullanılır. Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin insanlarda ortama 50–120 mg bulunan bakır, amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hastalıkları ve sinir sisteminde bozukluklar tespit edilmiştir (Kartal ve ark., 2004).

İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan sınır değeri 2 mg/L'dir. Gün içinde alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda 12 mg, erkeklerde 10 mg, 6-10 yaş grubu çocuklarda ise 3 mg'dır (Kartal ve ark., 2004). Bakır miktarı balık kasında 0.2-0.5 mg/kg'dır. Diğer organlarda sırasıyla karaciğer> pullar> dalak> böbrek> solungaçlarda daha fazla birikim olabilmektedir (Çaklı, 2007).

2.8.3. Kurşun (Pb)

Biyosfere insan faaliyetlerine bağlı olarak önemli oranda yayılan kurşun, günümüzden 4000-5000 yıl öncesinde, antik uygarlıklar tarafından gümüş üretimi esnasında yan ürün olarak keşfedilmiş ve tarih boyunca kurşun üretimi ve kullanımı giderek artış göstermiştir. Kurşun, Roma İmparatorluğu'nda su borularında, su saklama haznelerinde kullanılmıştır ve günümüz bilim adamları ve tarihçiler bu kullanımı

şeklinin Roma İmparatorluğunun sonunu hazırladığı görüşünü ortaya atmaktadırlar (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından (Çalışma ortamında izin verilen sınır 0.1 mg/m³) çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. 1920'lerde kurşun bileşikleri [Kurşuntetraetil Pb(C₂H₅)₄] benzine ilave edilmeye başlanmış ve bu kullanım alanı kurşunun ekolojik sisteme yayılımında önemli rol oynamıştır (227.250 ton/yıl ABD). Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere kurşun girdisi azalmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Kurşun 20. y.y.'da yüksek oranlarda paslanmaya karşı oksit boya hammaddesi olarak kullanılmıştır. Kurşunun diğer önemli kullanım alanları ise; teneke kutu kapakları, kurşun-kalay alaşımli kaplar, seramik sırları, böcek ilaçları, aküler vb. alanlardır. Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler, tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlar da, kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddeler de kurşun bulundururlar. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyon ve geri kazanımı esnasında uygulanan "Kal" işlemi yasa dışı olarak önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300- 400 mg geçmemektedir. Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep

olmaktadır. Bebekler ve çocuklarda düşük olan kurşun oranı, ilerleyen yaşla beraber, kurşuna maruz kalınmasıyla artış göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (1995)'nün sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kansorejen gruptadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Ekolojik olarak kurşun katı olarak çökme eğilimindedir ve özel durumlar dışında kompleks oluşturmaz. Genellikle doğaya salınan kurşun zor çözünür bileşikler [$Pb_3(PO_4)_2$, $Pb_4O(PO_4)_2$, $Pb_5(PO_4)_3OH$], ($PbCO_3$), (PbS)] şeklindedir. Besin zincirinde kurşun yayılımı genellikle midye türü kalsiyumlu kabuklular üzerinden ve kalsiyuma bağlı olarak gerçekleşir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

2.8.4. Çinko (Zn)

Kompleks cevherlerden yapılan bakır bazlı alaşımların üretiminden ortaya çıkmasına rağmen, metalik çinkonun üretimi hakkında kesin bir bilgi mevcut değildir. M.Ö. 1000 yıllarında Çinlilerin ve 14. yy da Hintlilerin metalik çinko ürettikleri ileri sürülmektedir (Kartal ve ark., 2004).

Miktar olarak en çok üretilen 3. renkli metal olan çinkonun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70 ppm'dir. Çinko demir konstrüksiyon malzemelerinininkine kıyasla daha elektronegatif olduğundan çinko kaplamalar çelik yapılar için korozyondan çok iyi korunma sağlarlar ve bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturur. Diğer taraftan düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Çinko beyazı veya Çin beyazı olarak bilinen çinko oksit (ZnO), boya pigmenti olarak kullanılır (Kartal ve ark., 2004).

Endüstrileşmiş bölgelerde kanalizasyon sularında görülen fazla düzeydeki çinko, su şebekesinden ve çatılardan kaynaklanmaktadır. Bu bölgede yağışlar daha asit özellikte olmakta ve daha fazla korozyon oluşmakta, sonuçta kanalizasyon sularının çinko düzeyi artmaktadır. Kanalizasyon atık sularının 50000 mg/kg düzeyine kadar çinko içerdiği bildirilmektedir (Elinç, 2000).

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Aşırı dozda elementel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik (zayıf) ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir. Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10-20 mg). Gelişme, deri

bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik işlemler için gereklidir. Fizyolojik miktarlardaki çinko Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açmaktadır. Çinko kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur. 70 kg ağırlığında bir insanın kanında 2.3 g çinko bulunmaktadır. Bu miktarın % 64'ü kaslarda ve % 28'i de kemiklerde bulunmaktadır (Kartal ve ark., 2004). Balıkta 3-5 mg/kg, istiridyelerde ise 9 mg/kg'a kadar yükselir (Çaklı, 2007).

2.9. İz Elementlerin Doğal ve Kabul Edilebilir Düzeyleri

Çevrenin korunması ve geliştirilmesi, deniz kabuklularının yaşadığı sular da dahil olmak üzere suların kirliliğe karşı korunması için bir takım somut önlemler alınmasını gerektirmektedir. Çift kabuklu yumuşakçaların, özellikle kirletici maddelerin denize boşaltılması sonucu, yol açtığı zararlardan korunması, popülasyonların devamı açısından çok önemlidir. Bu amaçla, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ile Çevre ve Orman Bakanlığı; “Kabuklu su ürünlerinin yetiştirildiği sulara ilişkin kalite standartları hakkında (2008-29) tebliğ” bildirmişlerdir (SÜY, 2008). Amaç; kabuklu su ürünlerinin yetiştirildiği suları ve bu suların kalite standartlarını belirlemek, bu sulara boşaltılan kirletici maddelerin çeşitli zararlı etkilerinden kabuklu su ürünleri stokları ve kabuklu türlerinin yaşadığı suları korumak, suların kalitesini iyileştirmek ve bu sularda izleme ve kirlilik azaltma programını oluşturmaktır.

Bilindiği gibi yetiştiricilik alanlarının seçimi çok önemlidir. Bölgesel yüzey akışları ve nehirler vasıtasıyla denizlerin littoral bölgelerine gelen materyaller, kıyısız bölgedeki sedimanların morfolojisini önemli düzeyde etkilemektedir. Bu materyaller, endüstriyel ve kentsel atıklardan başka, yöresel jeolojik yapı tarafından da etkilenmektedir. Kentsel atıklar, genellikle organik madde, askıda katı madde, deterjanlar, sentetik organikler ve Cd, Cu, Pb ve Zn gibi metallerce zengindir (Isaac ve ark., 1997). Taşınma sonucu oluşan birikim direkt olarak organik madde bileşiklerine bağlanmaktadır. Bu problemler sedimentlerde özellikle kıyısız alanlarda insan popülasyonunun olduğu bölgede, ağır metallerin birikmesi anlamına gelmektedir.

Böylece nehir ve endüstriyel atıkların içinde bulunan maddeler, kıyılardaki ve doğal olarak sedimandaki ağır metal kirliliğini arttırmaktadır (Altas ve Büyüküngör, 2006).

Sularda bulunabilecek çeşitli parametrelerin insan ve canlı yaşamı üzerindeki etkileri, hangi derişimlerde ve hangi koşullar altında ne gibi zararların oluşabileceğini belirleyen bilgiler ve kalite kriterleri, ülkeden ülkeye ve kullanım amaçlarına göre değişiklik arz etmektedir (Türk Çulha, 2007). Bu amaçla daha öncesinde yapılmış çalışmaların sonuçları gözönüne alınarak, elde edilen bilgilerden yeni kriterler oluşturulmuştur. İnsan sağlığına zararlı etkilerinden dolayı ağır metallerin gıdalarda (Çizelge 2.9.1) ve sularda (Çizelge 2.9.2) bulunması gereken miktarları belli limitlerle sınırlandırılmıştır.

Çizelge 2.9.1. Ağır metallerin maksimum limitleri

Metal	Gıda Maddesi	Mak. limit (Yaş ağırlık mg/kg)
Kurşun (Pb)	Balık eti	0.30
	Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların baş ve göğüs etleri hariç)	0.50
	Çift kabuklu yumuşakçalar	1.00
	Kafadan bacaklılar (İç organ hariç)	1.00
Kadmiyum (Cd)	Balık eti	0.05
	Bazı balık türleri için; Hamsi, Torik, Karagöz, Yılanbalığı, Kefal, İstavrit, Luvar, Sardalya, Orkinos, Dilbalığı	0.10
	Kılıç balığı eti	0.30
	Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların baş ve göğüs etleri hariç)	0.50
	Çift kabuklu yumuşakçalar	1.00
	Kafadan bacaklılar (İç organ hariç)	1.00
Cıva (Hg)	Su ürünleri ve balık etleri ile kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların baş ve göğüs etleri hariç)	0.50
	Bazı balık türleri için; Fener, Atlantik yayını/kedi balığı, Yılanbalıkları, Grenadier, Kalkan benzeri yassı balıklar, Kılıç balığı benzeri balık, Megrim, Barbunya, Turna, Torik, Poor cod, Portekiz köpek balığı, Vatozlar, Mercan balık türleri, Uskumru, Köpekbalığı, Mersin balığı, Kılıç balığı, Orkinos	1.00
	Çift kabuklu yumuşakçalar	20.0
Bakır (Cu)	Kabuklular ve Balıklar	20.0
Çinko (Zn)	Çift kabuklu yumuşakçalar ve Balıklar	50.0

(TGK, 2005)

Çizelge 2.9.2. İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve kabul edilebilir düzeyleri (mg/L)

Saha	Ref	Al	Cu	Zn	Fe	Cd	Hg	Pb	Cr	As
Denizlerde	1	0.002	0.002	0.005	0.002	---	-	3x10 ⁻⁶	3x10 ⁻⁴	--
Denizlerde	2	--	0.01	0.1	--	0.01	0.004	0.1	0.1	0.1
İçsularda (EPA, 2002)	3	0.75	0.013	0.12	1.0	0.004	--	0.065	0.016	--
Denizlerde (EPA, 2002)	3	---	0.005	0.09	---	0.042	--	0.21	0.0011	--
İçsularda Denizlerde	9	0.07	0.01	0.003	0.7	0.01	0.004	0.1	0.1	0.1
Çeşme suyu	4	0.2	0.03	5	0.3	0.005	0.001	0.05	0.05	0.001- 0.05
İçme suyunda	5	0.2	1.5	3	0.3	0	0	0.01	0.05	0.01
İçme Suyunda	7	0.2	2	5-15	0.2	0.005	0.001	0.01	0.05	0.01
EPA İçme suyu	6	0.05- 0.2	1.0- 1.3	5	0.3	0.005	0.002	0	0.1	0-0.01
WHO İçme suyu	4	0.2	1.0	5.0	0.3	0.005	0.001	0.01	0.05	0.05
FAO İçme suyu	4	0.2	0.03- 1.0	0.047- 5	0.04- 0.3	0.005	0.001	0.01- 0.05	0.006- 0.05	0.001- 0.05
WHO (2006) İçme suyu	8	--	0.05	1.0	--	--	--	0.05	0.05	0.05
İçme suyu	10	0.2	2.0	3.0	--	0.005	0.001	0.01	0.05	0.01

Referanslar:1.Kocataş 2004, 2. SKKY, 2004, 3. Türkmen, 2003, 4.Sciortino ve Ravikumar, 1999, 5. (Anonim 2010a), 6. EPA, 2009; 7. TSE-266, 2005; 8. Varol ve ark., 2008; 9. SÜY 2006; 10. EC, 1998

Ancak daha sonra su ürünleri yönetmeliğinde belirtilen, çift kabuklu yumuşakça türlerinde ağır metal düzeyleri ile ilgili yeni düzenleme getirilmiştir (Çizelge 2.9.3).

Çizelge 2.9.3. Su ürünleri yönetmeliği göre canlı, dondurulmuş ve işlenmiş çift kabuklu yumuşakçalarda değişen ağır metal limitleri

09.08.2005 Tarihli 25901 Sayılı Su Ürünleri Yönetmeliği'nin Çift Kabuklu Yumuşakçalardaki Ağır Metal Limiti (mg/kg)		21.09.2008 Tarihli 27004 Sayılı Su Ürünleri Yönetmeliği'nin Çift Kabuklu Yumuşakçalardaki Ağır Metal Limiti (mg/kg)	
Cd	1.0	Cd	1.0
Pb	1.0	Pb	1.5
Cu	20.0	Sn	200
Zn	50.0	Hg	0.5
As	1.0		
Hg	0.5		

(SÜY, 2008)

Gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde metallerin toksik değerlerinin canlılar için ne kadar zararlı olduğu bilinmektedir. Ancak birçok ülkenin ve çevre kuruluşlarının belirttikleri iz elementlerin tolere edilebilir değerleri farklılık göstermektedir (Çizelge 2.9.4).

Midye üretiminde yetiştiricilik sisteminin kurulacağı yerin seçimi, sistem güvenliği, midyelerde et verimi, ulaşım, pazarlanması ve midyeleri tüketen insan sağlığı açısından son derece önemlidir. Çift kabuklu yumuşakça yetiştiriciliğinde dikkat edilmesi gereken genel hususlar kapsamında her ülke kendi kriterlerini belirlemiştir. Bu kapsamda Ek-2’de “Kabuklu su ürünlerinin yetiştiği suların belirlenmesi” ve Ek-3’de “Kabuklu su ürünlerinde yetişen sulara ait kalite standartları ve analiz şartları” verilmektedir. Avrupa Birliği üye devletleri arasında 2006/113/EC sayılı deniz kabukları için su kalitesi hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi adı altında belirlenmiş gerekçeler de bulunmaktadır (Ek-4). Üye devletler, belirlenmiş zorunlu değerleri, kılavuz değer olarak benimsemek zorundadırlar (Anonim, 2007b). Bunlardan daha az değerlerin belirlenmesi yasak olduğu gibi, daha fazla değerler belirlenmesine ilişkin herhangi bir kısıtlama getirilmemiştir. Arzu edildiği takdirde deniz kabukluları için su kalitesini kapsayacak daha fazla parametre kullanabilmektedirler.

Çizelge 2.9.4. Bazı ağır metallerin organizmalardaki kabul edilebilir değerleri (mg/kg)

Organizma	Ref.	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
Balıklarda (Canlı, dondurulmuş, işlenmiş, konserve ve havyar)	1	20	50	1.0	0.05	0.3	0.5
Çift kabuklu yumuşakça	1	--	--	--	1.0	1.0	0,5
Karides, Kerevir, İstakoz, Yengeç	1	--	--	--	0.5	0.5	0.5
Salyangoz, Ahtapot, Mürekkep bal., Kalamar	1	--	--	--	1.0	1.0	0.5
Deniz ürünlerinde (EPA)	2	54.1	406	--	1.35	--	--
Deniz ürünlerinde Yumuşakçalarda (FAO) µg/g	3	70	100	--	1	2,5	--
Balık	4	10-30	40-100	--	2	1-6	--
Yumuşakça	5	0.10	50	1.0	0.10	0.01	0.5
Kabuklu	5	0.10	50	1.0	0.10	1.50	0.5
Balık	5	1.00	50	1.0	1.0	0.50	0.05
Krustase	6	--	--	--	0.05-0.1	0.2-0.4	0.5-1.0
Bivalv mollusk	6	--	--	--	0.5	0.5	0.5-1.0
Cephalopod	6	--	--	--	1.0	1.0	--
Balık eti (Kanada)	6	--	--	--	1.0	1.0	--
Balık eti (Macaristan)	7	100	100	--	--	--	--
Balık eti (Uluslar arası standart)	7	60	80	--	--	--	--
Balık eti (Avustralya)	7	10-100	40-100	--	--	--	--
Balık	7	10	150	--	--	--	--
Krustase	8	--	--	--	0.1	0.3	1.0
Bivalv mollusk	8	--	--	--	0.5	0.5	--
	8	--	--	--	0.05-0.1	1.5	--

Devamı arka sayfada

Çizelge 2.9.4'ün devamı

Cephalopod	8	--	--	--	1.0	1.0	--
Mollusk (FAO 1983)	9	50-150	200-500	0.5-25	10	5-30	--
Mollusk (Fas)	9	4-43	107-366	--	2-35	1-26	--
Mollusk (Kore)	9	4-14	70-157	--	<1-2	4-53	--
Mollusk (İspanya)	9	5-7	176-316	--	<1-1.4	1-3	--
Mollusk (Amerika)	9	6	75	--	1	1	--
Balık (IAEA-407)	10	3.28	67.1	12.6	0.189	0.12	0.222
Balık (UNEP 1985)	11	--	--	--	0.3	0.3	--

Referanslar: 1. TGK, 2005 ; 2. EPA, 2009; 3. Hungspeugs ve Yuangthong, 1984; 4. Wagner ve Boman, 2004; 5. Mol ve ark., 2005; 6.EU 2001 (yaş ağırlık); 7. Papagiannis ve ark., 2004; 8.EU 2008; 9. Çevik ve ark., 2008; 10. Anonim 2009a; 11. Öztürk ve ark., 2009

İnsan beslenmesi açısından önemli olan su ürünlerinin sağlıklı bir şekilde tüketilebilmesi için iz element içeriklerinin kontrolü ve önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Yoğun olarak deniz canlıları tüketilen ülkelerde, etin güvenli ve hijyenik olmasından daha önemli bir konu “kimyasal toksik madde analizinin” sağlık kriterlerinin belirlediği standartlarda kalmasıdır. Bu amaçla yapılacak çalışmalar sonucu elde edilen yeni bilimsel sonuçlar, su ortamlarında ya da gıdalarda bulunması gereken üst limitlerin saptanması ve yönetmeliklere standartların konulmasında büyük imkan sağlayacaktır.

2.10. Literatür Özeti

Dünyada başta gelişmiş ülkeler olmak üzere pek çok ülkede deniz ekosisteminde ağır metal düzeylerinin ölçülmesi sistematik ve sürekli olarak yapılarak, kirlilik düzeyini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyici parametreler izlenmekte ve gerekli çevre etki değerlendirmeleri (ÇED) yapılmaktadır. Deniz kirliliğine en fazla maruz kalabilecek olan midyelerin, açık denizde yetiştiriciliğinin çok yeni bir teknoloji olması nedeniyle, kirlilik parametrelerinin düzenli olarak izlenmesi daha fazla önem arz etmektedir. Ülkemiz kıyılarında bu tip sistemlerde (uzun halat sistemi) yapılmış ağır metal izleme çalışmaları yoktur. Ancak, dünya denizlerinde farklı sistemlerde (sal sistemi) yapılmış ağır metal çalışmaları da oldukça azdır. Farklı denizlerde yetiştirilen midye türlerindeki iz element çalışmalarını incelediğimizde;

Adami ve ark., (2002) Trieste Körfezi'nin sucül ekosistem bölgesinin, çevresel faktörlerden fazlasıyla etkilenen bir alan olduğunu ve buradaki suların genelde sığ ve (10-20 m) durgun yapıda olduklarını ifade etmişlerdir. ENE adı verilen güçlü fırtınaların etkisiyle suyun kendini yenileyebildiğini, ancak kıyısız alanda endüstriyel ve halktan kaynaklı pek çok kirlilik etkisinin baskın olduğunu belirtmişlerdir. Bu alandaki

metal kirliliğini belirlemek için, yüzen bidonlarda sallandırılan halatlara tutunmuş midyeleri kullanmışlardır. Düşük sıcaklık ve yüksek tuzluluğun ölçüldüğü kış aylarında canlı dokusundaki metal konsantrasyon değerlerinin yüksek çıktığını ifade etmişlerdir. Bu bölgede mollusk (kabuklu yumuşakça) türlerindeki üreme aktivitesi sonbaharın sonlarına doğru başladığını ve kışa kadar devam ettiğini ifade etmişlerdir. Özellikle sıcak mevsimlerde seksüel aktivitede artış olduğunu ve yumurtlamanın gerçekleştiği yaz aylarında da metal değerlerinin düşük çıktığını bildirmişlerdir. Bu bölgede metal konsantrasyon değerlerinin, ön yumurtlamanın gerçekleştiği yaz aylarında minimum değerde, kış aylarında ise maksimum değerde olduğunu tespit etmişlerdir.

İspanya'nın Kuzeybatısı'ndaki midye kültürünün ekonomik ve sosyal açıdan büyük öneminin olduğu Galicia eyaletinde, Saavedra ve ark., (2004)'nin yaptıkları araştırmada sal sisteminde yetiştirilen midyelerdeki büyüklüğün (kabuk uzunluğu) iz element içeriği üzerindeki etkisini çalışmışlardır. Araştırmacılar, metal içeriği ve kabuk boyu arasında ve yumuşak doku ağırlığı ile kabuk boyu arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, dokulardaki çinko (Zn) konsantrasyonunu yüksek bulmuşlardır.

Andral ve ark., (2007), Fransa'nın Akdeniz kıyıları boyunca yerleştirdikleri midye kafeslerinde yetiştirilen midyelerde, ağır metal, pestisit ve radyoaktif madde birikimini gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda yapay istasyonlarda yetişen midyelerdeki metal değerlerinin, doğal ortamda yetişen midyelerden daha düşük olduğunu, nedeninin ise metallerin dağılımı, besin, askıda katı maddeye bağlı metal miktarı, dokulardaki birikme kapasitesi ve canlının fizyolojik yapısına bağlı olarak değiştiğini saptamışlardır.

Vernocchi ve ark., (2007) Adriatik Denizi'nden hasat edilen *M. galloprovincialis*' in besin kompozisyonu içeriklerini incelemişlerdir. İz elementlerden Fe, Cr, Cd, Zn, Pb ve Cu konsantrasyonlarını mevsimsel olarak araştırmışlardır. Zn ve Cd miktarının yaz mevsiminde, Pb'nun yaz ve sonbahar, Cu'nun ise yaz dönemi hariç diğer mevsimlerde eşit değerde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Cardellicchio ve ark., (2008) nüfus artışıyla birlikte metal yoğunluğunun miktarını ve bu sahalarda yetişmiş olan midyelerin tüketiminin, insan sağlığına olan riskini değerlendirmeye çalışmışlardır. İtalya'nın Taranto Körfezi'nden belirledikleri iki farklı yetiştiricilik istasyonlarından 1999 Temmuz-2000 Haziran aylarında örnekledikleri midye dokularında organik madde içeriğini, kondüsyon indeksi ve metallerin değişimlerini araştırmışlardır. Çalışmada, üreme döngülerinin sonunda (Ocak

ve Nisan) farklı sahalardaki her iki midye populasyonunda kondüsyon indeksi ve organik madde içeriği düşük değerlerde ölçülmüştür. Mar Grande ve Mar Piccolo Bölgesi'nden örneklenen midyelerdeki metal değişimlerinin ise Aralık ve Ocak aylarında yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle Fe, Cu, Pb, As ve Cd konsantrasyonlarının her iki bölgede de kış sonu ve sonbahar başlangıcında maksimum değerlere ulaştığını, yaz boyunca ise bir azalma gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bu durumun da midyelerin üreme aktivitesinden kaynaklı olduğunu ve dokulardaki metal değişimlerinin belirlenmesinde, metal yoğunluğu yüzdelerinin en yüksek değere (kış sonu) ulaşacağı üreme döngülerinin sonunda ve hep aynı periyot içinde alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Chernova (2010) Rusya'nın kuzeydoğusunda, Barents Denizi'nin kıta içine doğru oluşmuş bir uzantısı olan Beyaz denizde beslenen *M. edulis* türünün dokularındaki Cd, Zn ve Cu konsantrasyonunun mevsimsel değişikliklerini ve üreme döngüsü (ön yumurtlama, yumurtlama ve yumurtlama sonrası) dönemindeki değişimlerini araştırmışlardır. Midye dokusundaki eser elementlerin mevsimsel dinamikler, özellikle jeokimyasal durumlarda ve üreme döngüsü döneminde değişikliğe uğradığını, proteinlere güçlü bir şekilde bağlanan Cd'un yumurtlama döneminden sonra midye dokusundan atıldığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde Cu konsantrasyonun yumurtlama öncesi yüksek seviyede, yumurtlama esnası ve sonrasında düştüğünü, Zn konsantrasyonun ise yumurtlama öncesi yüksek, yumurtlama esnasında düşük ancak yumurtlama sonrası periyotta yine artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

İz element birikimi ile ilgili çalışmaların çoğu doğal ortamdan toplanan mollusk türleri üzerinde olmuştur. Borchardt ve ark., (1988) nehir ağızlarından alınan *M. edulis* türünde tespit edilen iz metallerin konsantrasyonlarını Kuzey Denizi'nin Güneydoğusu'ndaki sahil ve açık deniz bölgelerinden alınan örneklerle kıyaslamışlardır. Açık denizden örneklenen midyelerdeki metal içeriğinin, kıyısız alandan örneklenen midyelerdeki değerler kadar yüksek sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bu benzerliğin nedenleri olarak; kıyısız ve açık deniz bölgelerinde bulunan midyelerdeki iz metal konsantrasyonlarının çeşitli parametrelerden etkilendiğini, bunun yanı sıra örnekleme tarihi, midye büyüklüğü ve vücut kondüsyonunun da bu faktörlerden biri olabileceğini bildirmişlerdir. Akıntıların da bunda büyük rol oynadığını belirtmişlerdir. Midyelerde düşük kondüsyon değerinin daha yüksek metal konsantrasyonlarına neden olduğunu, özellikle kış sonu ve ilkbahar

başında maksimum konsantrasyon değerine ulaştığını, sonbahar başlarında düşük konsantrasyonlarda ölçüldüğünü ifade etmişlerdir.

Bu-Olayan ve Subrahmanyam (1997), 1994 yılında toplanan gastropod (*Lunella coronatus*) ve istiridye (*Pinctada radiata*) örneklerinde Cu, Ni ve Zn konsantrasyon artışının ve buradaki metal varlığının nedeninin 1991 yılındaki Körfez savaşından meydana gelen petrol kirlenmesinin etkisiyle olduğunu bildirmişlerdir. Petrol ve petrokimya endüstri atıkları, ham petrol ya da yanmış fosil yakıtlarının Umman Körfezi'nin metal kirliliği yönünden zenginleşmesinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Gundacker (2000), Viyana kentsel nehir habitatında yaptığı çalışmada çift kabuklulardan 2 farklı midye türü olan *Anadonta* sp. ve *Unio pictorum* türlerinin çeşitli dokularından aldığı örneklerde ağır metal seviyelerini incelemiştir. Bu çalışmada dokular arası karşılaştırma yapıldığında, solungaçta kasa nazaran daha fazla ağır metal biriktiğini bildirmiştir. Midyelerdeki kondüsyon faktörünün düşük olması durumunda, ortamdan kaynaklı olarak canlıda fizyolojik bir stresin oluştuğunu bu durumda da ortamdan kirlilik kaynaklı maddelerin alım hızını etkilediğini ifade etmiştir.

Besada ve ark., (2002), 1991-1999 yılları arasında İspanya'nın Kuzey Atlantik kıyılarından topladıkları *M. galloprovincialis* türünde Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn metallerinin yıllık olarak nasıl değişim gösterdiğini incelemiştir. Farklı istasyonlar ve yıllara göre Bilbao Bölgesi'nde en yüksek Zn konsantrasyonunun 462 mg/kg kuru ağırlık olarak ölçüldüğünü bildirmişlerdir.

Franco ve ark., (2002), İspanya'nın kuzeyinde Basque sahil sularında yaptıkları bir çalışmada 5 istasyondan *Mytilus* sp. toplamışlardır. Yaptıkları analiz sonucunda sonbahar-kış döneminde; Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla, 4.05, 3.54, 250, 5.32, 4.91, 3.020 mg/kg kuru ağırlık, ilkbahar-yaz döneminde ise sırasıyla; 2.02, 2.46, 182, 3.06, 4.25, 1126 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir. Sonbahar-kış dönemi iz element miktarlarının daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Szefer ve ark., (2002) güney Baltık Denizi'nden toplanmış *M. edulis trossolus* türünün yumuşak doku, bissüs iplikleri ve kabuklarındaki metallerin dağılımını ve ilişkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, kabuklara nazaran, dokularda ve özellikle bissüs ipliklerindeki birikimin fazla olduğundan dolayı, metallere maruz kalmış kıyasal bölgelerin kirlilik durumunu anlamada iyi bir indikatör tür olduğunu bildirmişlerdir.

Beiras ve ark., (2003), Galican Rais Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada *M. galloprovincialis* örneklerinin yumuşak dokusunda ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları arasındaki değerleri sırasıyla 0.2- 0.77; 0.5-2.69; 2.2-45.7; 6.8-29.9; 174- 715; 4.3-15.8; 0.85-19; 0.3-6.1 ve 85-447 mg/kg kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

Nicholson ve Szefer (2003) metal kirliliğine maruz kalmış ve kalmamış istasyonlardan örnekledikleri *P. viridis* türünün yumuşak doku, bissüs iplikleri ve kabuklarındaki metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışmada bazı metallerin bissüs ipliklerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu, tutunma aracı olan bissüs ipliklerinin metal akümülyasyonunda önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir. Özellikle bissüs ipliklerinin tercihen esansiyel olmayan metalleri (Cd, Pb) değil de tercihen belirli esansiyel metalleri (Cu, Co, Ni, Cr, Mn, Fe) tuttuğunu ifade etmişlerdir. Ancak çalışmada Cd akümülyasyonunun midyenin yumuşak dokusunda daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Romeo ve ark., (2003), kuzeybatı Akdeniz'in Nice ve Connes Körfezleri'ndeki çeşitli istasyonlardan topladıkları *M. galloprovincialis* örneklerinin yumuşak dokusunda Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Sonuçları sırasıyla 0.55-0.94; 4.7-27.5 ve 144-394 arasında mg/kg kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

Licata ve ark., (2004), Faro Gölü'nde (Sicilya, İtalya) yaptıkları çalışmada 5 farklı istasyondan topladıkları 300 tane *M. galloprovincialis* örneklerinin yumuşak dokusunda organoklorin pestisit ve ağır metallerin konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışmada Cu ve Zn konsantrasyonlarının doğal kontaminasyondan kaynaklı olarak diğer metallerle göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Direkt olarak ağır metal kirliliği (As, Cd, Pb) içeren atropojenik aktivitelerin ihmal edilebilir düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir.

Yap ve ark., (2004), Malezya Yarımadası'nın batı sahilindeki 9 farklı istasyondan topladıkları *P. viridis*'de yumuşak dokuda Cd, Co, Pb ve Zn analizleri yapmışlardır. Analizler sonucunda metal konsantrasyonları arasında Cd, Cu, Pb ve Zn değerlerini sırasıyla 0.68-1.25; 7.76-20.1; 2.51-8.76 ve 75.1-129 mg/kg kuru ağırlık olarak bulmuşlardır. Malezya Yarımadasının batı kıyılarından örneklenen midyelerin dokularındaki konsantrasyonların kaynağı doğal ve antropojenik kaynaklara dayandırılmıştır.

Wagner ve Boman (2004), Vietnam'ın kuzeyinde yaptıkları çalışmada 2 istasyondan tatlı su midyesi olan Unionidae familyasına ait olan *Pletholophus swinhoei* türündeki iz elementleri (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını) araştırmışlardır. Araştırmacılar, periyodik tablodaki tüm elementlerin kömürde bulunduğunu, yanık kömür ve yol trafiği gibi antropojenik etkilerin organizma dokusunda biriken metallerin kaynağını teşkil ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, gübrelerin içeriğinde de fazla miktarda element olduğunu özellikle Cd konsantrasyonunun karasal kaynaklı olarak yağmur sularından direkt denize geçerek canlı dokusunda ve ortamın sediment yapısında birikime neden olabileceğini bildirmişlerdir.

Apeti ve ark., (2005) Florida'nın Apalachicola Körfezi'nde, sediment, su kolonu ve topladıkları Amerikan istiridyesinin (*Crassostrea virginica*) yumuşak dokularındaki ağır metal (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) konsantrasyonlarını, kış ve yaz mevsimlerinde topladıkları örneklerde belirlemeye çalışmışlardır. Mevsimlere ve istasyonlara göre, su fazındaki metal konsantrasyonlarının midye dokularındaki korelasyonunun sedimentteki değerlerden daha anlamlı olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle kış aylarında toplanan istiridyelerde Cu, Pb ve Zn'nun yaz aylarında toplanan istiridyelere göre birikimlerinin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada su kolonundaki metallerin istiridyelerin dokularında daha fazla birikim gösterdiğini, bu durumda mekansal ve zamansal değişimin iyi bir göstergesi olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, Zn ve Cu metallerinin istiridye dokusunda yüksek oranda bulduklarını belirtmişlerdir.

Liu ve Kueh (2005), Hong Kong kıyılarındaki 5 istasyondan topladıkları *P. viridis*'de ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları arasındaki değerleri sırasıyla 0.24-0.86, 0.7- 2.5, 9.2-43.8, 330-934, 37.4-57.6, 1.7-9.6, 4.4- 10.7 ve 102.8-143.3 mg/kg kuru ağırlık olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlara göre kastaki Mn dışındaki ağır metal konsantrasyonlarının düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Mubiana ve ark., (2005) Kuzey Denizi'nden örneklenen *M. edulis*'in metal konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişimlerin, çevredeki pek çok faktörden ve biyolojik süreçlerden etkilendiğini ifade etmişlerdir. *M. edulis* türünün yumuşak dokularındaki bazı metallerin ilkbahar döneminde pik yaptığını tespit etmişlerdir. Bu durumun özellikle hidrolojik parametreler (sıcaklık ve tuzluluk) ve üreme aktivitesini kontrol eden fizyolojik işlemlerle ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Romeo ve ark., (2005), Karadeniz'in Romanya kıyılarında yapmış oldukları çalışmada, metallerin biyomasla (canlı varlıklarda organizmanın suyu alındıktan sonra geriye kalan kuru kısmı) aynı oranda akümüle olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada yüksek kondüsyon indeksine sahip istasyonlardan örneklenen *M. galloprovincialis*'deki Cd ve Zn konsantrasyonları ile ortalama kondüsyon değerine sahip *M. galloprovincialis*'deki Cu konsantrasyonlarının düşük olduğunu belirlemişlerdir. Yine su kütlelerindeki hareket ve akıntıların midyelerdeki metal konsantrasyonunu etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca, midyeler de dahil olmak üzere birçok omurgasız canlı türünün düşük tuzlulukta fazla miktarda Zn ve Cd biriktirdiğini rapor etmişlerdir.

Mubiana ve ark., (2006) Kuzey Denizi'nden örneklenen *M. galloprovincialis*'in vücut büyüklüğü, kondüsyon indeksi ve gelgite bağlı olarak üç faktör üzerinde durmuşlardır. Çalışmada metal konsantrasyonlarının vücut büyüklüğüne bağlı olma durumunun istasyonlar ve yıl içinde oluşan değişikliklerden dolayı farklılıkların olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı habitat içinde benzer vücut büyüklüğüne sahip bireyler arasında gözlenen doğal değişkenliği açıklamak açısından kondüsyon indeksinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak, gelgitin midye dokularında akümüle olmuş metaller üzerindeki etkisinin, metalin tipine bağlı farklılıklar sergilediğini ifade etmişlerdir.

Orescanin ve ark., (2006) Orta Adriatik Denizi'nin doğu kıyılarından örneklenen *M. galloprovincialis*'deki Pb, Cu ve Zn arasındaki metal konsantrasyonlarını sırasıyla; 2-7, 3.7-11.1 ve 59.1-273 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Kıyı sularındaki oluşan ağır metal kirliliğindeki dalgalanmaların çeşitli doğal faktörler ve antropojenik etkenlerden kaynaklı olabileceğini ifade etmişlerdir. Ni hariç tüm metallerdeki konsantrasyon artışlarının ilkbahar döneminde olduğunu belirtmişlerdir. Bu mevsimsel değişimdeki farklılıkların, midyelerin üreme dönemi, fizyolojik yapıları ve çevresel etkenlerden kaynaklı olabileceğini bildirmişlerdir.

Benedicto ve ark., (2007) Kuzeybatı Akdeniz kıyılarındaki metal (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn ve As) kirliliğini belirlemek amacıyla kafeslere yerleştirilmiş *M. galloprovincialis* türünü kullanarak 36 istasyonda araştırma yapmışlardır. Çalışmada sadece Portman (Murcia) ile Cabo de Gata (Almeria) arasında yer alan sahil şeridinde Pb seviyelerinin yüksek çıktığını (6.81 mg/kg) ifade etmişlerdir.

Chirila ve ark., (2007) Karadeniz bölgesinde yer alan Romanya sahilinden örneklenen biyota (yeşil alg, midye, karides, balık) ve çökeltilerdeki (sediment) Ag, Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb birikimini incelemişlerdir. Karadeniz sahil şeridi ekosistemi üzerinde

çalışılan konsantrasyon değerleri çökeltiler için sırasıyla $Cu < Ag < Cd < Pb < Cr < Ni$; biyota örneklerinde ise $Ag < Cr < Pb < Cu < Cd < Ni$ şeklinde belirlemişlerdir. Çalışmada canlılardaki metal birikimlerinin organizmanın fizyolojik davranışına bağlı olduğunu, Cd, Ni ve Pb'nun midyelerde; Ag, Cr ve Cu'nun karideslerde yüksek seviyede biriktiğini tespit etmişlerdir. Ni ise Romanya kıyılarındaki tüm biyota ve sedimentte en yüksek konsantrasyon değerine sahip element olarak belirlemişlerdir.

Vlahogianni ve ark., (2007) Yunanistan'ın Saronikos Körfezi'nde, kıyısız alanlardaki metal değişimlerini belirlemek için *M. galloprovincialis* türünü kullanmışlardır. Mevsimsel olarak yapılan çalışmada Cd kış mevsiminde, Cu ve Pb yaz mevsiminde yüksek konsantrasyonlarda belirlemişlerdir. Genel olarak çalışmaya bakıldığında ise, metal konsantrasyonlarının Cd hariç daha çok ilkbahar, sonbahar ve yaz aylarında yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Maanan (2008), Fas'ın farklı kıyısız bölgelerinden 2004-2005 yılları arasında mevsimsel olarak örneklenen mollusklardan *M. galloprovincialis*, *Venerupis decussatus* ve *Crassostrea gigas* türlerinde, akümüle olmuş ağır metal konsantrasyon değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma bölgesi ve mevsimlere bağlı olarak farklı türlerin farklı birikim sergilediğini ifade etmişlerdir. Her tür için metal konsantrasyonu ve mevsimler arasındaki ilişkiler çok benzer yıllık profiller sergilemiş ve ilkbahar-yaz aylarında dokulardaki metal konsantrasyonlarının pik yaptığını tespit etmişlerdir. El Jadida kıyılarından ilkbaharda toplanmış midye örneklerindeki Zn, Hg, Ni, Pb, Cr, Mn ve Cd gibi ağır metallerin sonbaharda toplanan örneklere oranla daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Bu çalışmada Cu konsantrasyonu sonbahar ve kış mevsimlerinde yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu durumun her iki grupta yer alan elementlerin benzer bir hidrokimyasal davranış modeline sahip olduğunu veya aynı kaynaktan (doğal ya da antropojenik) geldiklerini gösterdiğini ifade etmiştir.

Asha ve ark., (2010) Hindistan'ın Tuticorin Bölgesi'nde deniz suyu, sediment ve bivalvlerde (*Marcia opima*, *Donax cuneatus*, *Donax faba*) Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Metallerin sıralanışı $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Cd > Ni$ şeklinde sıralandığını bildirmişlerdir. Metallerin sedimentteki dağılımı Zn, Cu ve Cd da, 7.94-10.31, 9.78-0.86, 1.65-0.60 mg/kg arasında; bivalvlerdeki dağılımı ise 227.67-85.68, 17.97-5.69, 1.24-0.44 mg/kg arasında tespit edilmiştir. Çalışma sonunda Tuticorn kıyılarındaki metal konsantrasyon değerlerinin yüksek çıktığını, sebebinin de Muson yağmurları ve Ekim-Aralık döneminde toprak kaynaklı metal girdisinden kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.

Ülkemizde de 1970’li yılların başından günümüze kadar, denizlerimizde yaşayan çeşitli canlı türlerine ait iz element konsantrasyonlarının belirlendiği, pek çok çalışma yapılmıştır. Çeşitli alg, mollusk, krustase, annelid, balık türleri ile deniz suyu, plankton, seston, bentoz ve sediment örneklerinde yapılmış iz element çalışmaları bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, canlı türleri arasında, cinsiyete, üreme dönemine, canlılığın yaşına, mevsimsel değişimlere, suyun fizikokimyasal özelliğine, canlılığın yaşadığı ortama bağlı olarak iz metal değişimlerini etkileyen pek çok faktör araştırılmıştır. Başta Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz olmak üzere gerçekleştirilen bu çalışmalar, eski ve son yıllarda yapılmış olan araştırmalardır.

Akdeniz’de, iz element derişimleri ile ilgili çalışmalara göz attığımızda; Yazkan ve ark., (2004), Antalya Körfezi’nde 2000 yılında, Ocak, Şubat ve Mart aylarında yakaladıkları bazı kafadanbacaklı türleri (*Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris*) ile bir karides türünün (*Parapenaeus longirostris*) yumuşak dokularında birikim gösteren Cu, Zn, Pb ve Cd konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Yumuşakça ve karides türlerinin Zn ve Cd açısından oldukça zengin olduğunu, herhangi bir su ortamının Zn ve Cd açısından kirlilik düzeyini belirlemede ahtapot, sübye, kalamar ve karides türlerinin iyi birer biyoindikatör tür olabileceklerini kaydetmişlerdir.

Göksu ve ark., (2005)’nin iki yumuşakça türünde (*Pinctada radiata* ve *Branchidontes pharaonis*) bazı iz element birikimlerini araştırmışlardır. *B. pharaonis* türünde $Fe > Zn > Cd > Cu$, *P. radiata* türünde ise $Fe > Zn > Cu > Cd$ şeklinde sıralandıklarını ifade etmişlerdir. Saptanan birikim miktarlarının Türk standartlarının belirlediği değerlerin çok altında olduğundan, Akkuyu Koyu’nda metal kirliliğinin olmadığını belirtmişlerdir.

Türkmen ve Türkmen (2005), İskenderun Körfezi’nde (Kuzey Doğu Akdeniz) kaya istiridyesi (*Spondylus spinosus*) türünde on iz element konsantrasyonunun mevsimsel değişimini incelemişlerdir. İstiridyedeki Cd, Cu, Pb ve Zn iz element konsantrasyonları sırasıyla 0.52-29.8, 10.5-26.1, 4.63-352, 20.8-104 mg/kg arasında kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. İz element konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı olarak değişiklikler gösterdiğini, bunun da belli periyotlarda canlılığın büyümesine ve üreme devresine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Türkmen ve ark., (2005a), İskenderun Körfezi’nden belirlenen 3 istasyondan örneklenen *Chama pacifica* ve *Ostrea stentina* bivalv türlerinde on iz element birikimini araştırmışlardır. *C. pacifica* türündeki Cd, Pb, Zn ve Cu metal değerleri sırasıyla, 7.53, 62.34, 419.8 ve 46.93 mg/kg kuru ağırlık bulunurken *O. stentina* türünde ise 4.27, 6.21,

1002 ve 64.70 mg/kg kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Farklı oranlarda oluşan birikimin, istasyonlar ve türlerin farklı olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Çalışma sonunda bivalv türlerindeki aşırı metal birikiminin, açık bir şekilde antropojenik kirliliğin etkisinden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

Türkmen ve ark., (2005b), Kuzeydoğu Akdeniz bölgesinde yer alan İskenderun Körfezi'nde *P.caerulea* ve *Balanus* sp. türünde dokuz iz element konsantrasyonunu araştırmışlardır. *P. caerulea*'de Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyon değerleri sırasıyla 2.39-4.97, 1.58-4.02, 4.28-14.5 ve 23.1-46.6 arasında mg/kg kuru ağırlık bulunurken, *Balanus* sp. türünde ise 6.2-22.3, 7.6-19.9, 23.1-107 ve 46.3-126 arasında mg/kg kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Her iki türde Zn en yüksek oranda bulunmuştur. Akdeniz ülkelerinde çok tüketilen *Patella* sp. türlerinde Cd konsantrasyonu yapılan pek çok çalışmada olduğu gibi, yüksek çıktığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada gastropod türlerinin kirlilik çalışmalarında iyi bir indikatör tür olduklarını tespit etmişlerdir.

Gökoğlu ve ark., (2006) Antalya Körfezi'nden topladıkları istiridyelerin (*Pinctada radiata*) dokularında besin kompozisyonu içeriklerine ve Cu, Cd, Mn, Fe ve Zn içeriklerini araştırmışlardır. En yüksek element içeriklerinin ilkbahar ve sonbahar döneminde belirlendiğini bildirmişlerdir. Elementlerin mevsimsel dalgalanmasında canlının beslenmesi, ortamdaki koşullara bağlı olarak suyun içerisindeki partikül madde miktarına, yağışların yoğunluğu ve canlının üreme döngüsündeki değişimlerin etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı zamanda sıcaklığında etken bir faktör olduğunu, özellikle Cd alımının sıcak mevsimlerde daha fazla gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Yüzereroğlu ve ark., (2010) İskenderun Körfezi'nin kirlenmiş ve kirlenmemiş bölgelerinden topladıkları *P. caerulea* türünde Co, Cd, Pb, Ni, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonlarını incelemişlerdir. En yüksek metal konsantrasyonları kış ve ilkbahar aylarında tespit edilmiştir. Mevsimsel değişimlerin çevresel ve biyolojik faktörlerden kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir. Yine bu çalışmada İskenderun Körfezi'ndeki kirliliğin tespit edilmesinde *P. caerulea* türünün iyi bir biyomonitör tür olduğunu belirtmişlerdir.

Ege Denizi ve İzmir Körfezi sularında ağır metal kirliliği üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Uysal (1974), Ege Denizi'ne açılan İzmir Körfezi'nden, İngiliz Kanalı'na açılan Tamar Körfezi'nden ve Atlantik Okyanusu'na açılan Padstow Körfezi'nden topladığı *M. galloprovincialis*'in doku ve organlarındaki Fe, Cu, Zn, Mn miktarlarını incelemiştir. Her bölgedeki midye türünde iz elementlerin farklı dokularda

farklı miktarlarda biriktiğini, midyelerin vücut dokularında Cu ve Mn'ı çok az, Fe ve Zn metalleri ise çok fazla biriktirdiğini belirtmiştir.

Tuncer (1985), Ege Denizi yumuşakça türlerinden; *M. galloprovincialis*, *Rudipates decussatus* (*Tapes decussatus*), *Patella vulgata*, *Osilinus turbinatus* (*Monodonta turbinata*), *Arca amygdalum* ile alglerden; *Ulva lactuca*, *Padina pavonica* ve deniz fanerogamlarından *Zostera marina* türlerinde Fe, Pb, Zn, Cd, Cu ve Hg konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı olarak değişimlerini araştırmıştır. *M. galloprovincialis* türünün özellikle ortamdaki Cd, *M. turbinata* ve *P. vulgata* türlerinin de Zn, Cu ve Pb'ü yüksek düzeyde biriktirdikleri için ilgili çalışmalarda birer biyoindikatör tür olarak kullanılabileceklerini ifade etmiştir.

Gey ve Mordoğan (1988), İzmir Körfezi'nin farklı biyotoplarında yaşayan çeşitli balık türleri ile *M. galloprovincialis* türünde ve sedimandaki iz element konsantrasyonlarını saptamışlardır. İz element konsantrasyonlarının türlere, mevsimlere, istasyonlara, biyotoplara ve canlının boyuna göre değişimler gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, midyelerdeki iz element konsantrasyonlarının incelenen balık türlerinden yüksek, sedimanda ölçülen iz element konsantrasyonlarının ise incelenen biyolojik türlerden çok daha yüksek düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir.

Uysal ve ark., (1989), Ege Denizi kıyılarında 8 balık ve 9 yumuşakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd ve Hg iz element düzeylerini araştırmışlardır. İz element konsantrasyonlarının mollusk türlerinde, özellikle pelajik balık türlerine oranla daha yüksek düzeyde olduğunu saptamışlardır.

Egemen ve ark., (1994), Ege ve Marmara Denizi'nden örnekledikleri *O. edulis* türünde Pb, Cd, Cu, Zn miktarlarını araştırmışlardır. Zn düzeyleri diğer metallere göre yüksek bulunmuş, yumuşakça türlerinde iz element konsantrasyonlarının kabul edilebilir değerlerin altında oldukları saptanmıştır.

Egemen ve ark., (1997), Çanakkale iline bağlı Karacaören ve Kepez kıyılarında dağılım gösteren *M. galloprovincialis* türünde Pb, Cd, Cu ve Zn'nun istasyonlara ve mevsimlere göre farklılık göstermediğini tespit etmişlerdir.

Sunlu (2002), İzmir Körfezi'nde, doğal ortamdan belirlediği dört istasyondan ve *M. galloprovincialis* yetiştiriciliğinin yapıldığı kültür alanından örneklenen midyelerdeki iz element (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni) değişimlerini araştırmıştır. Metal konsantrasyonlarının baskın kaynağını, evsel ve endüstriyel atıkların oluşturduğunu, daha az bir girdinin ise karasal ve ziraat kaynaklı olduğunu belirtmiştir. Doğal midyelerdeki metal konsantrasyonlarının İzmir Körfezi'nin iç kesimlerinde yüksek

seviyelerde olduğunu, özellikle Homa Dalyanı ve Gediz Nehri'nin yoğun kirliliğin etkisinde kaldığını ifade etmiştir. Antropojenik kaynaklardan nispeten daha uzakta olan midye yetiştiriciliği kültür alanının kirlilikten nispeten çok daha az etkilendiğini bildirmiştir.

Sunlu (2006) Ege Denizi kıylarından toplanan *M. galloprovincialis* örneklerindeki iz element (Cd, Pb, Zn, Cu) seviyelerini belirlemeye çalışmıştır. Yüksek seviyedeki metal konsantrasyonlarını İzmir'in iç körfezinde belirlemiştir. Metallerin sıralanışını $Zn > Cu > Pb > Cd$ şeklinde belirtmiştir. Denizel organizmalardaki aşırı Pb artışının insan kaynaklı olduğunu ve atmosferik kirliliğin kontrol edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Midyedeki metal konsantrasyonları ile fizikokimyasal çevresel parametreler arasında istatistiksel olarak önemli bir etkileşim olmadığını tespit etmiştir. Ayrıca Ege Denizi kıyılarının Gediz ve Bakırçay nehirlerinden etkilendiğini ve Gediz Nehri'nde bu kirlilikte büyük payı olduğunu belirtmiştir.

Küçüksezgin ve ark., (2010), İzmir Körfezi'nden toplanan çift kabuklu mollusk türlerinden biri olan *T. deccussatus* türünde, Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn ve Ni konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlardır. Ege Denizi'nde yapılan bu çalışmada belirlenen Cd, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonları sırasıyla 0.026-0.24, 0.38-1.2, 6.4-8.4 ve 56.0-81.8 µg/g arasında belirlemişlerdir. Düşük konsantrasyon değerlerini Cd, Cu ve Pb metalleri için Ocak ayında, yüksek konsantrasyon değerlerini ise Temmuz ayında tespit etmişlerdir.

İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde de çok sayıda iz element derişimleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Başarı ve ark., (2000), İstanbul Boğazı'ndan aylık periyotlar halinde toplanan *M. galloprovincialis* örneklerinde Pb, Zn ve Cu elementlerinin Şubat 1996, Nisan 1996 ve Mayıs 1996 aylarında maksimum seviyede olduğunu, özellikle Nisan ayında yapılan incelemelerde Zn elementinin 8 kat artığını saptamışlardır. Ayrıca bu türün bulunduğu çevredeki kirleticileri bünyesinde biriktirebilmesi ve ani değişikliklere adapte olabilen bir organizma olması açısından, ideal bir indikatör tür olduğunu belirtmişlerdir.

Altuğ ve Güler (2004) İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı ve Batı Karadeniz'in farklı noktalarından alınan kabuklu türleri (*C. gallina* ve *M. galloprovincialis*) ile kalkan balığında (*Scophthalmus maeoticus*) Zn, Pb, Cu, Cd ve As düzeylerini tespit etmeye çalışmışlardır. Analizler sonucunda kabuklu türleri ile deniz suyu arasında metal kontaminasyonu bakımından önemli derecede farklılıklar olduğunu ve kabuklu

örneklerindeki ağır metal kontaminasyonunun kalkan balığı örneklerinden belirlenen ağır metal seviyelerinden oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Aksu ve ark., (2007), yaptıkları çalışmada İstanbul'da midye tüketiminin çok fazla olduğunu ve bu artışın zamanla insan sağlığını tehdit edecek bir boyuta gelebileceğini bildirmişlerdir. Bu amaçla, İstanbul'un Asya ve Avrupa yakasından topladıkları büyük ve küçük boy midyelerde ve sedimentte, Cu, Pb, Cd ve Hg iz element konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda Asya kıyılarından toplanan midye örneklerindeki Cd ve Pb konsantrasyonlarının Avrupa kıyılarından toplanan midyelerden daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Küçüksu ve Göksu derelerinden gelen antropojenik kaynaklı kirliliğin etkisiyle bölgede kirliliğin artış gösterdiğini ve Pb değerlerinin belirlenen limit değerlerin de üstünde bulunduğunu bildirmişlerdir. Her iki kıyıdaki metal dağılımını ise sırasıyla $Cu > Pb > Cd > Hg$ şeklinde belirlemişlerdir.

Kayhan ve ark., (2007) İstanbul Boğazı'nın Avrupa ve Asya tarafından toplanan farklı boyda midye örneklerinde Cd ve Pb konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Cd ve Pb konsantrasyon değerlerinin belirlenen limitlerden yüksek çıktığını ifade etmişlerdir. Cd ve Pb değerleri, Asya kıyılarında örneklenen midyelere nazaran, Avrupa kıyılarından örneklenen midyelerde çok daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Yarsan ve ark., (2007) Marmara Denizi'nin Yenikapı ve Anadolu Kavağı yakasından toplanan *Elliptio buckleyi* midye türünde Cu, Pb, Cd ve Hg konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, Yenikapı'da belirlenen metal değerlerinin Anadolu Kavağı'ndan daha yüksek belirlemişlerdir. Ortamdaki bu metal artışının, akarsular, endüstriyel atıklar ve ziraat kaynaklı deşarjların yanı sıra, petrol kirliliği ve atmosfer kaynaklı kirliliğin etken olduğunu ifade etmişlerdir.

Özden (2008) İstanbul Boğazı'ndan örneklediği midyelerde 18 adet metalin konsantrasyon değerlerini araştırmıştır. Çalışmada Hg ve Cu değerinin AB, FAO/WHO ve TGK tarafından önerilen sınır değer çok altında olduğunu, ancak Cd, As ve Zn değerlerinin yüksek düzeyde çıktığını tespit etmiştir. Mevsimsel olarak metallerin dağılımını ise; Cd için, kış > sonbahar > ilkbahar > yaz; Cu için, yaz > ilkbahar > sonbahar > kış; Pb için, kış > sonbahar > ilkbahar > yaz ve Zn için yaz > kış > sonbahar > ilkbahar şeklinde belirlemiştir.

Özden ve ark., (2009) Marmara Denizi'nden örnekledikleri iki farklı mollusk (*C. gallina* ve *Donax trunculus*) türündeki iz mineralleri belirlemeye çalışmışlardır. Cu ve Zn elementlerinin insanlar dahil tüm canlılar için gerekli olan esansiyel elementler

olduklarını ve enzimatik reaksiyonlarda kofaktör olarak görev aldıklarını bildirmişlerdir. Cd ise gıdalarda ve sularda doğal olarak bulunmadıklarını, ancak canlılar tarafından kolaylıkla biriktirilebilen bir element olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma sonuçlarında ise Cd ve Pb konsantrasyonlarının her iki türde ilkbahar döneminde yüksek bulmuşlardır. Cu'nun maksimum değeri her iki türde kış mevsiminde Zn'nun ise *C. gallina* türünde yaz, *D. trunculus* türünde ise kış mevsiminde maksimum olduklarını tespit etmişlerdir.

Ergül ve ark., (2010), Marmara Denizi'nin Dil iskelesinden toplanan biota (*U. lactuca*, *M. galloprovincialis*, *P. lividus*) sediment ve deniz suyunda Zn, Fe, Mn, Pb konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Tüm örneklerdeki metallerin sıralanışı Fe > Mn > Zn > Pb şeklinde bulunmuştur. Sediment örneklerindeki metal seviyeleri yaz sezonunda yüksek tespit edilmiştir. Diğer bir sonuç ise, sediment örneklerindeki metal seviyelerinin mollusk türleri ve deniz suyundaki metal konsantrasyonlarından çok daha yüksek çıkmasıdır. Deniz suyundaki metal seviyelerinin birbirine yakın sonuçlarda olduğunu ancak, Fe konsantrasyonunun yaz mevsiminde, Mn konsantrasyonunun ise sonbahar mevsiminde yükseldiğini ifade etmişlerdir.

Çolakoğlu ve ark., (2011) Güney Marmara Denizi'nden örneklenen *C. gallina* türünde iz element kompozisyonunu incelemişlerdir. Et verimini maksimum ve minimum % 20.24-29.94, su % 67, protein % 10.12, lipit % 2.57 ve kül % 1.66 olarak belirlemişlerdir. İz elementlerden B, Cr, Co, Cu, Mn, Zn, Ni, Fe, Al, Pb, Ba ve Cd birikimine bakmışlardır. Çalışmada Pb ve Zn konsantrasyonunun iki istasyonda, Ulusal mevzuat ile Avrupa komisyonunun belirlediği kritik değerlerden yüksek çıktığını belirlemişlerdir. İnsan tüketimi açısından şu an bir risk taşınmasada, Pb ve Zn değerlerinin gelecekte izlenilmesi gereken metaller olduğunu ifade etmişlerdir.

Erkan ve ark., (2011), İstanbul'un belli marketlerinde satılan, ticari öneme sahip istiridye *O. edulis* türünün yenilebilen dokusunda, makro ve mikro element içerikleri ile besin kompozisyonunu incelemişlerdir. Cd, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarını kış mevsiminde yüksek bulmuşlardır.

Mol ve Üçok Alakavuk, (2011) Marmara Denizi'nde belirledikleri 10 istasyondan (Bayramoğlu, Büyükkada, Heybeliada, Yassıada, Anadolu Kavağı, Sarıyer, Tekirdağ, Gelibolu, Marmara Adası, Erdek) örnekledikleri *M. galloprovincialis* türlerinin dokularındaki Zn, Cu, Cd, Hg ve Pb konsantrasyon değerlerini incelemişlerdir. Cu ve Cd tüm istasyonlarda en düşük ölçülen metaller iken Zn ve Pb belirli bölgelerde yüksek seviyede tespit etmişlerdir. Özellikle Erdek ve Gemlik bölgelerindeki değerlerin yüksek

çıkmasının nedenleri olarak, nehir etkisiyle bölgeye taşınan antropojenik kirlilik, tekstil, petrol rafinerisi, kimya ve sanayi atıkları ile katı atıklar olduğunu belirtmişlerdir.

Türk Çulha ve ark., (2011) Yalova'dan (Marmara Denizi) örneklenen *M. galloprovincialis*'in yumuşak dokularında Co, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, Pb ve Zn konsantrasyon değerlerinin belirlenmiş limit değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çolakoğlu ve ark., (2011) Güney Marmara Denizi kıyılarından örneklenen *C. gallina* türünde besin kompozisyonu ve iz element değişimlerini incelemişlerdir. Et verimi maksimum % 29.24 kış mevsiminde, minimum % 23.23 ile yaz mevsiminde tespit etmişlerdir. Et verimindeki azalmanın canlının üreme sezonuna bağlı olarak gonad kaybının yaz mevsiminde gerçekleştiğini bu nedenle bir azalış olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, denizel ortamda Cu konsantrasyonunun yüksek çıkmasının, evsel ve endüstriyel kaynaklı bir kirliliğin göstergesi olduğunu saptamışlardır.

Karadeniz ekosisteminin kıyılarındaki metal kirliliğini izlemek amacıyla biyota (fauna ve flora), deniz suyu ve sediment örneklerinde çeşitli metal ve radyonüklid konsantrasyonları daha çok Topçuoğlu ve ark., (2000; 2002) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Ünsal ve ark., (1992), Orta ve Doğu Karadeniz'de ekonomik önemi olan deniz balıklarından hamsi, istavrit ve mezgit, omurgasız türünden midye ve fitoplankton türlerinde Hg, Cu ve Pb konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Analiz edilen organizmalarda Cu konsantrasyonlarının Doğu Karadeniz'in doğu kısmında batısına göre arttığı, Cu'nun aksine Pb konsantrasyonlarının batı kısmında daha fazla olduğu, Hg konsantrasyonlarının ise bazı istisnalar dışında tüm Doğu Karadeniz'de eşit dağıldıklarını ifade etmişlerdir.

Daş ve ark., (2009) Karadeniz'in Samsun ve Sinop kıyılarından örnekledikleri midyelerde Pb, Cd, Hg ve As konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlardır. Sinop'tan örneklenen midyelerdeki Pb ve Cd iz metal konsantrasyonları sırasıyla; 0.26 ve 0.47 mg/kg olarak, Samsun'dan örneklenen midyelerdeki metal değerleri ise sırasıyla; 1.87 ve 0.49 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Boran ve Karaçam (1997), Trabzon sahillerinden topladıkları *M. galloprovincialis*'de Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarını incelemişlerdir. İz element değerlerinin mevsimsel olarak değiştiğini, istasyonlara bağlı olarak farklılıkların olduğunu ve canlının boy gruplarına göre de metal birikiminin farklı olduğunu saptamışlardır. Metal düzeyinin özellikle ilkbahar mevsiminde yüksek olduğunu bunun

nedenini, ilkbahar mevsiminde akarsu debilerinin yüksek düzeyde oluşu, metal girdisinin deniz ortamında artması ve diğer çevre koşullarının değişmesine paralel olarak, midyelerdeki metabolik aktivitenin artışından ileri geldiğini bildirmişlerdir. İstasyonlara göre oluşan farklılığın ise, yörede bulunan ve çalışmanın yapıldığı dönemde faaliyet gösteren bakır işletmesinin atıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bakırın toprak altında kurşun ile birlikte bulunması ve dolayısıyla bakırın işlenmesi sırasında oluşan atıklar arasında kurşunun da bulunması, o dönemdeki metal girdisinin etkeni olduğunu bildirmişlerdir. Boy gruplarına göre metal düzeylerindeki farklılığın ise, küçük boylu bireylerdeki Cd birikiminin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun da genç bireylerin hızlı büyümsinden ileri geldiğini vurgulamışlardır.

Topçuoğlu (2002), Karadeniz ve Marmara Deniz’lerindeki kirlilik kaynaklarının, nehirlerden gelen endüstri atıkları, ziraat kalıntıları, belediyelerin kontrolsüz deşarjları, maden yatakları, petrol kirliliği, atmosfer kaynaklı girdilerden oluştuğunu ve bu kirletici maddelerin akıntılar yoluyla giderek yayıldığını ifade etmiştir.

Topçuoğlu ve ark., (2004b) Türkiye’nin Karadeniz kıyılarında sedimentlerdeki metal kirliliğinin çok yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Ünye sahillerinden örneklenen *M. galloprovincialis* ve sediment örneklerinde yaptıkları iz element birikim çalışmalarında, midyelerdeki Cd ve Pb konsantrasyonları sırasıyla, 2.5-5.8 ve 4.5-7.9 µg/g arasında; sedimentteki Cu ve Zn iz elementleri sırasıyla, 47-111 ve 68-148 µg/g arasında belirlemişlerdir. Midyedeki Pb miktarının oldukça yüksek olduğunu, bu kirliliğe etken olan etmenlerin başında insan kaynaklı kirliliğin etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Bakan ve Böke Özkoç (2007) Orta Karadeniz kıyılarından 2002-2003 yılları arasında sediman, *M. galloprovincialis* ve su örneklerinde ekolojik risk taşıyan ağır metallerin birikimini araştırmışlardır. Türkiye’nin Orta Karadeniz kıyılarının ağır metal kirliliğinin artış gösterdiğini, Cd ve Pb gibi metallerin artışında evsel ve endüstriyel deşarjlı girdinin etken maddeler olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, Türkiye’de endüstriyel ve kentsel gelişmelerin çoğunlukla kıyısız alanlarda olduğunu belirtmişlerdir.

Ergül ve ark., (2007), Karadeniz’deki kirlilik seviyesinin daha çok petrol kirliliği ve atmosfer kaynaklı girdilerin etkisinde artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bunların yanı sıra tarımsal girdiler ve bölgenin güneydoğusundaki küçük sanayi şirketlerinden gelen atık sular ile kanalizasyon ve kıyısız erozyonunda kirliliği arttıran

diğer etkenler olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada *M. galloprovincialis*'de ölçülen As, Zn, Cd ve Se değerlerinin sediment örneklerinde ölçülenlerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Cu ve Pb değerlerinin genellikle Karadeniz'in batı kıyı şeridinde daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Çevik ve ark., (2008) Doğu Karadeniz Bölgesi'nden örneklenen deniz suyu, sediment ve midye örneklerinde K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Cd ve Pb konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlardır. *M. galloprovincialis*'in dokusunda belirlenen Cu ve Zn konsantrasyon değerlerinin Türk Gıda Kodeksi limitlerinin oldukça üzerinde sonuçlar bulmuşlardır. Kıyısız sulardaki ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimin doğal ya da antropojenik kirliliğe bağlı olarak değiştiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca metaller arasında yapılan korelasyon analizlerinde, midye dokularında pozitif ve negatif yönlü ilişkiler olduğunu, bununda dokulardaki metallerin ortak bir noktadan geldiğini ve aynı dönemde canlı dokusunda birikim yaptığını ifade etmişlerdir.

Yine 1992'den 2007 yılına kadar Sinop bölgesinin ağır metal kirliliği yönünden genel durumunu tespit etmek amacıyla yürütülen birçok çalışma bulunmaktadır. Sinop Yarımadası ve çevresinde farklı türlerde yapılan çalışmaları incelediğimizde;

Öztürk ve Öztürk (1991), Sinop Yarımadası'nın üstinfralittoral zonunda yer alan farklı iki istasyondan toplanan *R. venosa* türünde Zn, Cu, Cd, Ni ve Pb konsantrasyonlarını araştırmışlardır. *R. venosa*'nın ticari bir tür olmasının yanı sıra, iz elementleri dokularında biriktirdiği ve birçok çalışmada biyoindikatör tür olarak değerlendirilen midyelerle beslendiği için daha da önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Öztürk (1994), Sinop Yarımadası'nda biyoindikatör olan *P. caerulea* ve *Enteromorpha linza* türlerinde bazı iz element birikimlerine bakmıştır. *P. caerulea* türünde Zn, Cu, Cd ve Pb'un İç Liman'da, Ni'in Akliman ve İç Liman'da en yüksek düzeyde; *E. linza* türünde Zn ve Pb'nun İç Liman'da, Cu'm Akliman'da, Cd'un Dış Liman'da daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda bu iki türün içerdiği iz element düzeylerinin türlere, istasyonlara ve aylara göre değişim gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Öztürk ve ark., (1994a) Sinop Yarımadası'ndan örneklenen *P. caerulea*, *Idotea balthica*, *E. linza*, *Cymodocea nodosa* türlerinde bazı iz element birikim düzeylerine bakmışlardır. Çalışma sonucunda, iz element birikiminin bitkisel türlerde hayvansal türlere göre daha yüksek olduğunu, ancak hayvansal türlerden zemine yakın yaşayan *I. baltica* ve kayalık substratumlarda yaşayan *P. caerulea* türlerinde metal seviyesinin daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Öztürk ve ark., (1994b), Sinop Yarımadası kıyılarında ve özellikle kirli olan noktalarda yayılım gösteren *U. lactuca* örneklerinde, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Fe ve Mn'in konsantrasyonlarını saptamışlardır. Belirtilen istasyonlarda (Akliman, Karakum, İç Liman) en yüksek metal konsantrasyonlarının Fe, en düşük Cd olduğunu saptamışlardır. Diğer çalışmalarla yapılan karşılaştırmalarda, bulunan iz element düzeyleri arasındaki farklılığın, bölgelerin farklı oluşu ve aynı bölgedeki farklı türlerden kaynaklandığını rapor etmişlerdir.

Öztürk ve Bat (1994), Sinop Yarımadası ve çevresinden örneklenen *Eriphia verrucosa* ve *Alosa bulgarica* türlerindeki iz element konsantrasyonlarını, benzer çalışmalarla karşılaştırmışlar ve bu canlılardaki metal birikim seviyelerinin düşük olduğunu, sebebinin de tür ve bölge farklılığından ileri geldiğini bildirmişlerdir.

Bat ve ark., (1996), Karadeniz'in ticari teleost balıklarından *Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus euxinus*, *Trachurus trachurus* ve *Engraulis encrasicolus* türünde 7 iz element konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Balıkların karaciğer dokusunda kasa göre daha yüksek metal biriktiğini tespit etmişlerdir. Mezgitin Pb dışında dokularındaki metal seviyesinin tüm balıklardan daha yüksek seviyede olduğunu ve balıkların tüketilmeden önce karaciğer dokusunun fazla bulaştırılmadan çıkarılması ve iyi bir şekilde yıkanması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Öztürk ve ark., (1996a), Sinop Yarımadası'nda dibe bağlı yaşayan, karnivor balıkların besinini oluşturan ve besin zincirinde önemli olan *Palaemon elegans* türünde iz elementlerin $Zn > Fe > Cu > Ni > Pb > Mn > Cd$ şeklinde sıralandığını belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada su örneklerindeki iz element konsantrasyonlarının karides örneklerindeki iz element seviyelerinden daha düşük olduğunu saptamışlardır.

Öztürk ve ark., (1996b), Sinop Yarımadasında *U. lactuca* ve *Cystoseira barbata* alg türlerinin yıkanmamış örneklerdeki iz element miktarlarının yıkanmışlara göre oldukça yüksek düzeyde olduğunu rapor etmişlerdir.

Bat ve Öztürk (1997), Sinop Yarımadası sahillerinden topladıkları *I. balthica* ile *C. nodosa*'da Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Fe ve Mn konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Ayrıca sahil sularına ait kirlilik çalışmalarının tespitinde hızlı ve ucuz bir teknik olarak deniz yosunu ve omurgasız türlerinin kullanıldığını bildirmişlerdir.

Bat ve ark., (1998a), Karadeniz kıyılarının metal kirliliğini saptamak amacıyla, *P. caerulea* türünde Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Mn ve Fe konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmış ve Sinop kıyılarının

endüstriyel yönden herhangi bir kirliliğe maruz kalmadığını ve temiz bir bölge olduğunu ifade etmişlerdir.

Bat ve ark., (1998b), Sinop Yarımadası'nda halk tarafından sevilerek tüketilen zargana (*Belone belone*), lüfer (*Pomatomus saltator*) ve sahil yengeci (*Carcinus aestuarii*) türlerinde iz element konsantrasyonlarının seviyelerini tespit ederek halk sağlığı açısından risk taşıyıp taşımadıklarını belirlemeye çalışmışlardır. *C. aestuarii* türünün geniş bir coğrafik dağılıma sahip olması, toplanmasının kolay olması nedeniyle çevresel kirliliğin belirlenmesinde uygun özellikte bir biyomonitör tür olduğunu saptamışlardır.

Ünsal ve ark., (1998)'nin yaptıkları çalışmada, Karadeniz'deki ağır metal kirliliğinin kaynaklarını araştırmışlardır. Sediment ve midye örneklerinden elde edilen sonuçlara göre; Doğu Karadeniz'e Hg, Cu, Cd, Pb ve Zn'nun en çok bakır işletmelerinin atıklarının denize verildiği Hopa'da ve Giresun-Tirebolu Harşit Çayı'nın denize ulaştığı noktadan girdiğini ve bunu Sinop Merkez Sanayi Bölgesi'nin izlediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca Kızılırmak, Yeşilirmak ve Giresun-Bulancak Pazar suyu yoluyla da önemli miktarda Cu ve Pb'un Doğu Karadeniz'e ulaştığını bildirmişlerdir. Batı Karadeniz'deki metal kirliliğinin en yüksek Şile'de gözlemlendiğini ve bunu Sakarya Nehri'nin denize döküldüğü alanın olduğunu belirtmişlerdir. Şile'deki bu kirlilik kaynağının Tuna Nehri ile Batı Karadeniz'e ulaşan ve akıntılar yoluyla doğuya doğru hareket eden kirleticilerin büyük rol oynadığını bildirmişlerdir.

Bat ve ark., (1999) Sinop Yarımadası'nda *M. galloprovincialis* türündeki metal değişimlerini araştırmışlardır. İstasyonlar (İç Liman, Akliman, Karakum, Dış Liman) arasındaki farkın, farklı coğrafik lokasyonlar nedeniyle olabileceğini bildirmişlerdir. İç Liman istasyonunda Cd konsantrasyonunun Dış Liman istasyonunda ise Zn, Cu ve Pb konsantrasyonunun yüksek ölçüldüğünü ifade etmişlerdir. Dokulardaki metal birikimi sırasıyla Zn > Cu > Pb > Cd şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Mevsimsel değişime bağlı olarak canlıların dokularındaki Zn değerinin ilkbahar-yaz başlangıcında maksimum olduğunu bunun da sebebinin, canlıların üreme periyoduna bağlı olarak metabolik aktivitesinden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle de Temmuz-Ağustos döneminde kıyasal kaynaklı aktivitelerdeki artış, insan ve evsel kaynaklı deşarjın artmasına paralel bir artış olduğunu ifade etmişlerdir.

Bat ve ark., (2000) Sinop Yarımadası'nda yaptıkları çalışmada, kıyıya yakın metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitör olan *R. venosa* türünün dokularında iz element konsantrasyonlarını araştırmışlardır. İç Limanda Cu, Fe, Ni, Karakumda Zn,

Pb, Mn ve Cd konsantrasyonlarını yüksek değerde bulmuşlardır. En yüksek değerlerin İç Liman ve Karakum istasyonlarında ölçüldüğünü bunun nedeni olarak da işlenmemiş evsel atıkların deşarjı, liman aktiviteleri, gemi atıkları ve kıyısız aktivitelerden kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir. *R. venosa*'nın Mart, Mayıs, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında dokularındaki metal konsantrasyonlarının yükseldiğini belirtmişlerdir. *R. venosa*'nın ilkbahar–sonbahar döneminde büyüme gösterirken sıcaklığın artış gösterdiği Temmuz-Ağustos döneminde ise yumurtlamaya başlar. Çalışmada, metallerin ilkbahar ve yaz başlangıcında konsantrasyonlarının yüksek olmasının, canlıdaki bu metabolik aktivite değişiminden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

Ünsal (2001), Karadeniz kıyıları boyunca örneklediği sediment ve midye örneklerinde kurşun kirliliğini belirlemeye çalışmıştır. Sedimentlerde belirlenen ortalama Pb miktarı 3.06-617.8 µg/g yaş ağırlık olarak bulunurken, özellikle Fatsa ve Sinop illerinin kıyı ve açık deniz alanlarından örneklenen midyelerdeki kurşun miktarı oldukça yüksek bulunmuştur (1.7 µg/g). Ünsal bu sonuçların güney-doğu ve güney-batı Karadeniz kıyı alanlarındaki kurşun kirliliğinin, karasal kaynaklı olduğunu ifade etmiştir. Sediment örneklerinde belirlenen en yüksek Pb konsantrasyonları Ekim ve Aralık aylarında, güney-doğudan örneklenen midyelerde Eylül ayında, güney-batıdan örneklenen midyelerde ise Nisan ayında yüksek Pb değerleri bulunmuştur. Ege Denizi ve Marmara Denizi yüzey akıntıları ile önemli miktarda Pb taşındığı bildirilmiştir. AKM ve fitoplanktona bağlı Pb konsantrasyonlarının yüzey akıntıları ile Karadeniz kıyıları boyunca dağılabildiğini saptamıştır.

Türk Çulha (2007), Türkiye'nin Orta Karadeniz kıyılarında yer alan Sinop Yarımadası ve civarında 4 demersal balık türü [barbun balığı (*M. barbatus*), mezgit balığı (*M. merlangus euxinus*), izmarit balığı (*Spicara smaris*), dikenli vatoz balığı (*Raja clavata*)] ve iki omurgasız türü [*M. galloprovincialis* ve *R. venosa*] ile sediment örneklerinde beş iz elementin konsantrasyonlarını (Zn, Co, Cu, Cd, Pb), kıyısız sulardaki metal kirliliğini saptamak amacıyla ölçmüştür. Çalışmanın sonucunda iz element konsantrasyonlarının mollusk türlerinde özellikle bentik balık türlerine oranla daha yüksek düzeyde olduğunu saptamıştır.

Türkiye'nin ve dünyanın farklı denizlerinden örneklenen balık, sediment, AKM, krustase, alglerdeki iz element birikimleri ile sedimentteki YOM değerleri ve organik madde miktarı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan; Akdeniz'de yapılan çalışmalar incelendiğinde;

Türkmen ve Türkmen (2004), İskenderun Körfezi'nden Ağustos 2001 ve Temmuz 2002 tarihleri arasında beş istasyondan AKM'de Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni dağılımları aylık olarak incelemiştir. Ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimleri genel olarak önemli derecede farklı bulmuşlardır. Körfezin, kendini çevreleyen yerleşim bölgelerinden kaynaklanan endüstriyel, tarımsal ve evsel ağır metal kirliliğinden etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Yılıgör ve Avcı (2004) Fethiye Limanı sedimentlerinde iz element birikimlerini incelemiştir. Çalışma alanındaki düşük konsantrasyonların, bölgenin kuzeyinde kalan açık deniz ortamında gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Bunun nedenini ise, ortama giren metal konsantrasyonlarının düşüklüğü, sediment tane boyutunun büyüklüğü, organik madde içeriğinin azlığı ve karbonat içeriklerinin yüksekliği olarak sıralamışlardır.

Yılmaz (2005)'in yaptığı bir çalışmada, İskenderun Körfezi'nde üç istasyonda avlanan kefal (*Mugil cephalus*) ve çipura (*Sparus aurata*) balıklarına ait üreme organları, deri ve kas dokularında Fe, Cu, Ni, Cr, Pb ve Zn düzeyleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda kefal balığındaki metal birikiminin çipura balığından daha yüksek olduğu ve bu durumun türlerin beslenme alışkanlıklarının farklılığından kaynaklandığını bildirmiştir.

Olgunoğlu ve Polat (2007), İskenderun Körfezi sediment örneklerinde Fe, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarını incelemiştir. Mevsimlere göre Fe, Cu ve Pb konsantrasyonlarını karşılaştırdıklarında, mevsimler ve istasyonlar arasında farklılıklar bulmuşlardır. Çalışmada, doğada olduğu gibi sediment örneklerinde bulunan en yüksek elementin Fe olduğunu ve sedimentlerdeki metal sıralamasının $Fe > Pb > Cu > Cd$ olarak belirlemişlerdir. Sedimentte Fe konsantrasyonunun yüksek olma sebebini, endüstriyel atıklar, tarımın yoğun yapıldığı karasal kaynaklı girdiler, yağış ve nehirlerin etkisiyle olduğunu, ayrıca Fe'den sonra en fazla bulunan metalin Pb olması nedeniyle, bölgenin karasal kaynaklı girdilerden çok fazla etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Esen ve ark., (2010) Nemrut Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde EF (Enrichment Faktörü) zenginleştirme faktörü kullanılarak sedimentlerdeki TEL (Eşik Etki Düzeyi) ve PEL (Olası Etki Düzeyi) değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonunda Nemrut Körfezi'nden örneklenen yüzey sedimentlerindeki ortalama Zn, Cu, Pb ve Cd düzeylerini PEL değerlerinin altında tespit etmişlerdir. Zenginleştirme faktörü kullanılarak yapılan çalışmada, analiz edilen sedimentlerdeki Pb ve Zn düzeylerinin yüksek çıkması, oluşan kirliliğin antropojenik kaynaklı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Balkıs ve ark., (2010) Gökova Körfezi'nin deniz suyu, askıda katı madde ve sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarının dağılımını araştırmışlardır. Çalışmada atmosferik ve karasal kaynaklı girdilerin özellikle yağmur suları ve nehirler vasıtasıyla Gökova Körfez suyunun kimyasını olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Özellikle, Mart-Nisan ve Mayıs 2006 döneminde meteoroloji istasyonundan alınan verilerle, yağışlı dönemlerin ilkbahar döneminde çok daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Bölgedeki Fe, Mn, Cr, Zn ve Ni konsantrasyonlarındaki artışın antropojenik kaynaklı olduğunu tespit etmişlerdir.

Ege, Marmara ve Karadeniz'de yapılan çalışmalarda, Yaramaz ve ark., (1991a), İzmir İç Körfezi'nde yapmış oldukları araştırmada, karbon miktarının % 0.57-3.42 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda İzmir İç Körfez sedimentlerindeki organik madde birikiminin, son yıllarda giderek artan Körfez kirliliğine paralel olarak artışlar gösterdiğini bildirmişlerdir.

Yaramaz ve ark., (1991b), İzmir Orta Körfez sediment örneklerindeki karbon (C) değişimlerinin % 0.87-1.60 arasında ve yanabilen madde miktarları değişimlerinin de % 0.60 – 0.62 arasında olduğunu saptamışlardır. Ayrıca sedimentlerindeki organik madde birikiminde İç Körfez'den bu bölgeye taşınan karasal girdiler ile Gediz Nehri'nden gelen girdilerin önemli rol oynadığını da tespit etmişlerdir.

Mordoğan ve ark., (1991), Ege Denizi'nin en önemli dalyanlarından biri olan Homa Dalyanı sedimanlarındaki Fe, Mn, Co, Ni, Sb iz elementlerin değişimlerini araştırmışlar ve Homa Dalyanı'nda iz element kirliliğinin Gediz Nehri ve İzmir Körfezi'nden kaynaklandığını ancak önemli düzeyde olmadığını bildirmişlerdir.

Sunlu ve ark., (1996), Ege Denizi'nin güneyinde yer alan Güllük Dalyanı girişinden toplanan *Upogebia pusilla* (keşiş yengeci) ve sediman örneklerindeki Cd, Pb, Zn, Cu, Fe konsantrasyonlarını mevsimsel olarak tayin etmişlerdir. Bölgenin sedimanlarında iz element değerlerinin mevsimlere bağlı düzenli değişimler göstermediği, *U. pusilla* türünde en yüksek Cd, Pb ve Zn değerlerinin sonbahar mevsiminde, Cu'nun ise yaz mevsiminde ölçüldüğünü belirtmişlerdir.

Sarı ve Çağatay (2001), 1994-1995 yılları arasında Saros Körfezi yüzey sedimentlerindeki iz elementlerden Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb ve Hg konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Değerlendirme sonucunda, körfeze dökülen Meriç Nehri ve Kavak Çayı nedeniyle doğal girdilerin ve antropojenik etkilerin oldukça fazla olduğunu saptamışlardır.

Küçüksezgin ve ark., (2004), İzmir Körfezi sedimentinde ölçülen metal seviyelerinin Hg: 0.05-1.3; Cd: 0.005-0.82; Pb:14.113; Cr: 29-316 µg/g aralığında değiştiğini, Dış Körfez'den alınan sediment örneklerinin ise Ege Denizi ve Akdeniz'de ölçülen değerlerle benzerlik gösterdiğini, ayrıca Gediz Nehri deltasında alınan değerlerin oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ölçülen iz element değerlerinin önceki yıllara göre azalma gösterdiğini, balık örneklerinde ölçülen iz element konsantrasyonlarının ise evsel ve endüstriyel girdiler nedeniyle yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Koçak ve ark., (2007), Ege Denizi Engeceli Körfezi'nden örnekledikleri *Posidonia oceanica* (deniz çayırı) ve kıyı sedimentlerindeki Cu ve Zn konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Özellikle bu bölge balık yetiştiriciliğinin yapıldığı bir alandır. Kıyı alanlarda yapılan yetiştiricilik faaliyetlerinin kirliliğe neden olduğunu ifade etmişlerdir. Belirlenen Cu ve Zn konsantrasyonları *P. oceanica* ve sediment için sırasıyla; 8.5-14.7 ve 24.4-82.7 µg/g arasında belirlemiştir.

Atayeter ve Köksal (1998), Gemlik Körfezi'nde sediment, su ve bazı dip balıklarında iz element konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Sedimentde belirlenen iz element konsantrasyonlarının su ve balıklarda belirlenen miktardan daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Çalışmada, her bir balığın karaciğer dokusundaki metal konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Yine bu çalışmada demersal balıklardan *Platichthys flesus* (pisi balığı) ve *Solea vulgaris* (dil balığı) balığındaki iz element konsantrasyonlarının pelajik balık türü olan *T. trachurus* ve *Sardina pilchardus* (sardalya) balıklarından daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Kocahan (1999), yaptığı çalışmada, Marmara Denizi'ndeki 30 istasyondan avlanılan demersal balıklardan *M. barbatus*, *M. merlangus euxinus*, *Merluccius merluccius*, *Serranus hepatus* (benekli hani), *Trigla hyra* (öksüz), *Eutrigla gurnardus* (kırlangıç), *Arnoglossus laterna* (Yalancı dil balığı) ve krustaselerden *Parapenaeus longirostris*'in yumuşak dokusunda Hg, Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe değerlerini araştırmıştır. Balıkların beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak, beslenmesini sedimente yakın yerlerden sağlayan türlerin yumuşak dokularındaki metal miktarının daha fazla olduğunu saptamıştır. Balık boylarına bağlı olarak, berlam, mezgıt ve karides örneklerinde Hg'nın, hani ve barbun örneklerinde Cd değerinin boy ile artış gösterdiği, berlam örneklerinde Cu miktarının, mezgıt örneklerinde Zn ve Fe miktarının, benekli ve kırlangıç örneklerinde ise Fe miktarının boya bağlı olarak azaldığını saptamıştır.

Kut ve ark., (2000)'nin İstanbul Boğazı'nda belirlenen üç istasyondan aldıkları sediment örneklerinde As, Cr, Fe, Zn, Co, Sb, Pb, Cd ve Cu konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. İstasyonlarda saptanan iz element değerlerinin Poyraz'da As, Rumeli Feneri'nde Cr, Zn, Sb'un ve Garipçe'de Fe ve Co'nun en yüksek düzeylere ulaştığı tespit edilmiştir.

Balkıs ve ark., (2007a) suda çözülmüş Cd içeriklerinin güney Karadeniz sahanlığında genellikle yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun nedeni olarak Cd'un suda yüksek derecede çözünabilir niteliğe sahip olmasından kaynaklı olduğunu ifade etmişler. Ayrıca Nisan ayında eriyen karların ve artan yağışların etkisiyle nehirler tarafından gelen karasal girdinin ortamın metal seviyesini arttırdığını bildirmişlerdir. Özellikle Samsun Limanı önünde görülen yüksek metal değerlerinin yoğun trafikten kaynaklı olduğunu, yine doğu bölgelerinde görülen yüksek Cu değerinin kökeninin Danube Nehri olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak yüksek değerlerin yoğun şehirleşme, endüstriyel aktiviteler, deniz trafiği ve mineral bölgelerden gelen nehir akıntılarına bağlı olarak artış olduğunu bildirmişlerdir.

Balkıs ve ark., (2007b) Kasım 1996, Mart 2001, Nisan 2002 ve Haziran 2002 yıllarında İstanbul Boğazı, Gökova, Marmara Denizi ve Karadeniz'den alınan yüzey sedimentlerinde toplam Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu içeriklerini incelemişlerdir. Yeşilirmak, Kızılırmak ve Sakarya örneklerinde Cd ve Pb miktarı ölçüm limitlerinin altında, Co, Cr, Ni, Zn, Fe ve Mn ise şeyl (organik madde yönünden zengin ince taneli sedimenter kayalar) ortalamasının üzerinde çıkmış, ancak İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi sedimentlerinde Cd, Gökova sedimentlerinde ise Cd ve Mn ortalamalarının çok üstünde olduğunu tespit etmişlerdir.

Farklı dünya denizlerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde ise, Mora ve ark., (2004), Oman Körfezi'nde Cd metalinin kaynağının antropojenik kirlilikten kaynaklı olduğunu ancak, nütrient açısından zengin suların güçlü upwelling noktalarında yüzey suyu ile dip sedimenti arasında karışıma neden olduğunu ve bu durumun da besin zincirine Cd transferinin gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir. Muson ayları sırasında bazı iz elementlerin özellikle upwelling ve sert deniz koşullarının hakim olduğu zamanlarda sularda ve AKM'de arttığını ifade etmişlerdir.

Kamidis ve ark., (2004) Kuzey Ege Denizi'nde yer alan Kavala Körfezi'ndeki sediment ve AKM örneklerinde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Kıyısız alanda karasal kaynaklı girdinin etkisiyle Cu, Cd ve Zn konsantrasyonlarında artış olduğunu, daha derin bölgelerde özellikle balık çiftliklerinin

bulunduğu alanın sediment yapısı daha ince yapıda olduğundan dolayı, bu bölgede de Ni, Pb ve Cr konsantrasyonlarını yüksek tespit etmişlerdir. AKM de ise, Ni, Zn ve Cr körfez içinde eşit dağılım gösterdiğini ancak derin kısımlara gidildikçe Cd değerinde artış gözlemlendiğini, aynı bölgede tespit edilen Cr değerlerindeki artışın da muhtemel endüstriyel ve turizm kaynaklı girdilerden oluştuğunu belirtmişlerdir. AKM ile sediment arasında yapılan karşılaştırmada ise, Cr ve Zn değerlerinin sedimentlere kıyasla partikül halde AKM de daha yüksek çıktığını, buna karşın Pb değerlerinin balık çiftliklerine yakın olan bölgelerdeki sedimentlerde fazla birikim yaptığını saptamışlardır.

Chakraborty ve ark., (2009) Batı Bengal'in kıyısızal zonundan 2002 yılında örnekledikleri yüzey sedimentlerinde ve su fazında Zn, Cu ve Pb konsantrasyonlarını mevsimsel olarak değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, su sıcaklığının, sudaki tuzluluk miktarının ve pH'ın kademeli olarak ağır metal dağılımını etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışılan istasyonlardaki fiziksel parametre değerleri (°C, ‰, pH) ile yüzey suyu ve sedimentlerdeki metaller arasında pozitif ve negatif yönde ilişkiler olduğunu tespit etmişlerdir. Sedimentlerdeki metallerin sıralanışı $Zn > Cu > Pb$ şeklindedir. En yüksek metal konsantrasyon değerleri Mart-Haziran ayları arasında, en düşük değerler ise Kasım-Şubat ayları arasında belirlemişlerdir. Ağır metal değerlerinin farklı çıkma sebebini, sıcaklığa ve istasyonlara bağı olduğunu, her bir istasyonun farklı özellikler taşıdığını bildirmişlerdir. Yine çalışma sonucunda, sedimentten su yüzeyine metal geçişinin gerçekleştiğini ifade etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

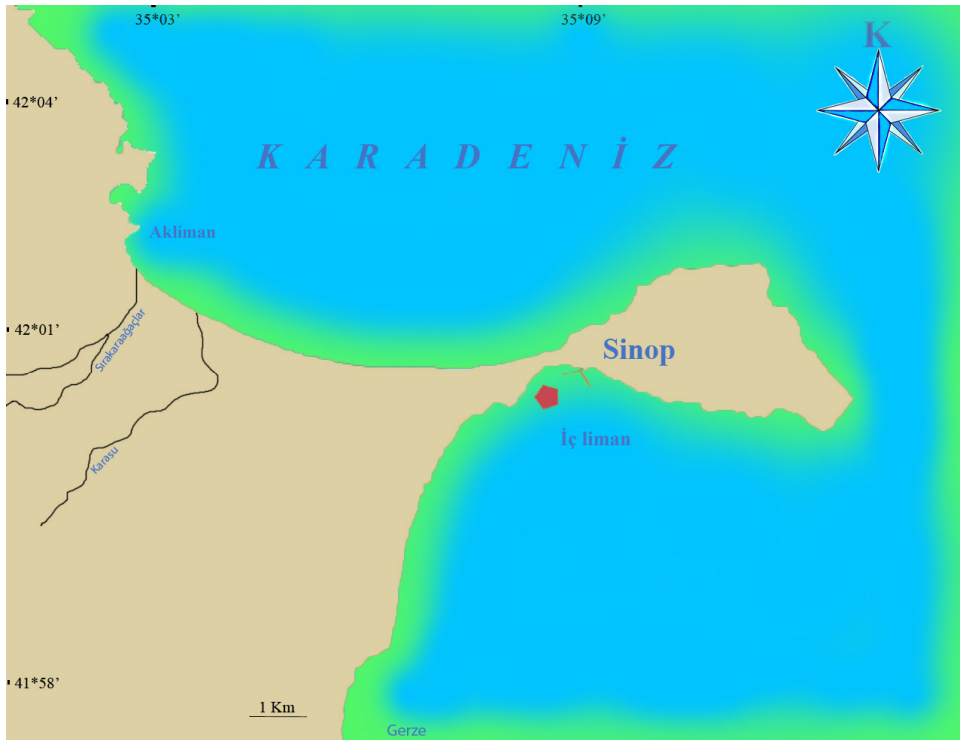
3.1.1. Sinop Yarımadası ve Genel Özellikleri

Sinop İli, ülkenin kuzeyinde Batı ve Doğu Karadeniz Bölgeleri'nin geçiş alanında Karadeniz Bölgesi'nin ortasında, Anadolu'nun en kuzeyinde Boztepe Yarımadası'nın en dar kesiminde yer alır. Kıyı şeridinin kuzeye doğru sivrilerle uzanmış bulunan Boztepe Yarımadası üzerinde kurulmuştur. İl toprakları, 41° 12' ve 42° 06' kuzey enlemleri ve 34° 14' ve 35° 26' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. 475 km uzunluğundaki sınırlarının 300 km'si kara, 175 km'si denizdir. 5862 km²'lik yüzölçümü ile ülke topraklarının % 0.8'ini kapsar. Kıyı kesimleri ile iç kesimler arasında doğal yapı, yerleşme deseni ve kültürel özellikler bakımından farklılıklar göstermektedir. İlin nüfusu 2010 yılı sayımlarına göre 198.412'dir. Nüfus ve yerleşmeler ise daha çok kıyı kesiminde ve Küre-Ilgaz dağları arasındaki verimli Gökırmak vadisinde toplanmıştır. İl nüfusunun üçte biri kentlerde yaşamaktadır. Kıyı kesiminde önemli ilçe merkezleri, Ayancık, Gerze ve iç kesimde Boyabat'dır. Ekonomisi, balıkçılık ve önemli ölçüde tarıma dayanmaktadır. Sinop şehir merkezinin % 95'lik bölümünün atık suyu kanalizasyon sistemiyle toplanarak, kuzey yönde 3 farklı noktadan denize deşarj edilmektedir. (Anonim, 2007a).

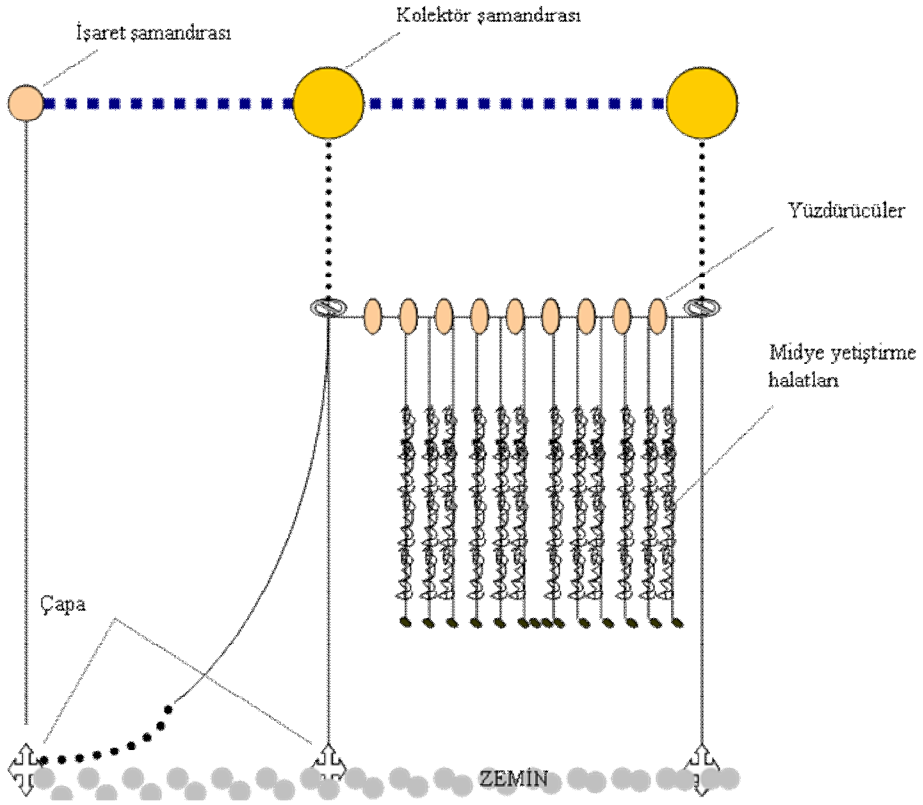
3.1.2. Araştırma Yeri

Çalışma, Mart 2009 – Mart 2010 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Sinop Yarımadası İç Limanı açıklarında (42° 01' 30'' Kuzey – 35° 12' 85'' Doğu), kısmen açık deniz özelliği gösteren, yaklaşık 25 m derinliğe sahip kısımda, su yüzeyinin 10 m altında, uzun halat sistemi üzerinde Akdeniz midyesi yetiştiriciliğinin yapılacağı bir sistem kurulmuştur (Şekil 3.1.2.1). TÜBİTAK 1070694 nolu proje kapsamında kurulan batırılmış uzun halat sisteminde gerçekleştirilen çalışma, TÜBİTAK 108Y335 nolu proje ile desteklenmiştir (Şekil 3.1.2.2; 3.1.2.3). İç Liman bölgesinin kıyısız zonu temsil etmesi ve yerli halkın tüketmek amacıyla kolaylıkla midye topladığı bir bölge olması açısından bu bölge tercih edilmiştir. Çalışmada kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), bakır (Cu) ve çinko (Zn) metallerinin canlı organizmalar üzerinde toksik etki yapmaları ve metal konsantrasyonlarının deniz örneklerinde ölçülebilir olmalarından dolayı seçilmişlerdir. İç Liman bölgesi, dalgakıran ve balıkçı barınağının yer aldığı bir istasyondur. Büyük gemilerin yanı sıra çok fazla özel küçük balıkçı tekneleri bir arada bulunmaktadır. Yine

bu bölgede, gemilerin atıklarını boşaltabileceği sistemler yoktur. Tarihi Sinop Cezaevi'nin denize bakan kıyısında, gemi bakım, onarım ve yapım alanı yer almaktadır (Şekil 3.1.2.4). Gemi ve teknelerin bakım ve onarımı yapıldığından kimyasal kirlilik söz konusudur (Gönlügür ve ark., 1995). Balık avcılığı sezonunda, limana yaklaşan gemilerin taşıma atıkları, hamsi yağlarının suya karışması ile kirlenen bu alan, evsel atıklardan da direkt olarak etkilenmektedir. Özellikle Boztepe Burnu'nun (Sinop Yarımadası) sağladığı doğal liman olma özelliği nedeniyle fırtına v.b. kötü hava şartlarında yerli ve yabancı uyruklu birçok gemi bu bölgede demirlemektedir.



Şekil 3.1.2.1. Araştırma Bölgesi (İç Liman)



Şekil 3.1.2.2. Su altında dizayn edilen uzun halat sisteminin genel görüntüsü



Şekil 3.1.2.3. Midye yetiştiriciliğinin yapıldığı uzun halat sistemi (Orijinal)



Şekil 3.1.2.4. Sinop tersanesi (Gemi bakım, onarım ve yapım alanı) (Orijinal)

3.2. Yöntem

3.2.1. Örnekleme ve Ölçüm Çalışmaları

Örnekler Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ne ait "Araştırma I" isimli tekne ile aylık olarak alınmıştır. Sahada yapılan ölçümlerden sıcaklık, oksijen, iletkenlik, tuzluluk ve pH değerlerinin ölçümü WTW Multi 340 i / SET tipi taşınabilir multiparametre cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2.1.1).



Şekil 3.2.1.1. WTW Multi 340 i set multiparametre cihazı (Orijinal)

Su örnekleri sistemde yetiştirilen midyelerin asılı olduğu halatların bulunduğu 13 m derinlikten 5 L'lik Niskin Tipi Şişe” kullanılarak alınmıştır (Şekil 3.2.1.2). Alınan su örnekleri plastik şişelerde depolanmış ve güneş ışığından etkilenmemesi için koyu renk poşetlerde muhafaza edilerek laboratuara getirilmiştir.



Şekil 3.2.1.2. Su örneği almada kullanılan Niskin tipi şişe (Orijinal)

Midye örnekleri halatlardan ve sediment örnekleri ise midyelerin yetiştiği bölgenin altında yer alan sediment yüzeyinin üstünde kalan 3-5 cm'lik kısmından, aletli dalışla dalgıç adamlar tarafından alınmıştır (Şekil 3.2.1.3). Asitle yıkanmış ve etiketlenmiş polietilen poşetlere sediment örnekleri konulmuştur (Yap ve ark., 2002). Hem Niskin şişesi hem de polietilen şişeler ortam suyuyla en az 3 defa çalkalanmıştır (Alam ve ark., 2001). Daha sonra soğutucu termostat içine yerleştirilmiş ve buz kalıplarıyla örtülen örnekler, Sinop Su Ürünleri Fakültesi laboratuvarına getirilerek hemen analizi yapılmıştır. Alınan midye örneklerinin boy ve ağırlık ölçümleri yapılarak ve et verimleri hesaplanmıştır (Ek-5). Analizi hemen yapılamayan midye ve sediment örnekleri – 21 °C'lik dondurucuda analiz süresine kadar muhafaza edilmiştir. (Gey, 1983).



Şekil 3.2.1.3. Dalgıç adamlar yardımıyla halatlardan midye örneklerinin toplanması (Orijinal)

3.2.2. Askıda Katı Madde (AKM), Partikül Organik Madde (POM),

Partikül İnorganik Madde (PİM), ve % Organik Madde Tayinleri

GF/C Whatman Filtre kağıtları numaralanarak 500 °C'de 6–8 saat (h) yakılmıştır. Yakılan filtre kağıtları saf suyla yıkanarak alüminyum folyo üzerinde 75 °C'de 1 saat boyunca kurutma dolabında kurutulmuştur. Desikatörde yaklaşık 30 dakika bekletilerek soğutulan filtre kağıtları tartılmıştır (W_1).

2L deniz suyu örneği 3 tekerrürlü olarak filtre kağıdından süzölmüştür. Süzme işleminden sonra filtre kağıdı katlanarak 100 °C'de 1 saat kurutulmuştur. Kuruyan filtre kağıdı desikatörde yaklaşık 30–45 dakika bekletildikten sonra tartılmıştır (W_2). Tartılan filtre kağıtları kül fırınında 500 °C'de 6–8 saat yakılmıştır. Yakma işleminden sonra desikatörde bekletilen yanmış filtre kağıtları tekrar tartılmıştır (W_3). Toplam askıdaki katı madde (AKM), organik madde ve inorganik madde hesaplanmasında;

$$\text{Toplam Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L)} = (W_2 - W_1) / V$$

$$\text{Partikül İnorganik Madde (PİM) (mg/L)} = (W_3 - W_1) / V$$

$$\text{Partikül Organik madde (POM) (mg/L)} = \text{Toplam Askıdaki Madde} - \text{İnorganik Madde}$$

$$\text{Organik Madde Oranı (\%)} = (\text{Organik Madde} / \text{Askıda Katı Madde}) \times 100$$

formülleri kullanılmıştır (V = Filtre edilen suyun hacmi) (Stirling, 1985).

3.2.3. Sedimentte % Yanabilen Organik Madde (YOM) Tayini

Yanabilen madde miktarının tayini için, kurutulup toz haline getirilen ve 63 µm'lik göz açıklığına sahip elek serisinden geçirilmiş sediment örnekleri kullanılmıştır (Şekil 3.2.3.1). Kül fırınında kullanılacak olan kül potaları 105 °C'de 1 saat bekletilerek neminin alınması sağlanmış, desikatörde soğutulan ve sabit tartıma getirilmiş olan kül potalarının darası ölçölmüştür (M). 5 g kurutulmuş sediment örneğinin ağırlıkları alınarak 600 °C'de 4 saat süreyle yakma fırınında bekletilmiştir (Şekil 3.2.3.2). Yakma fırınından desikatöre alınan ve oda sıcaklığına gelmesi beklenen örnekler tekrar tartılmıştır (M') Yanabilen organik madde tayininde;

$$\text{Yanabilen organik madde oranı (\%)} = (M - M') \times 100 / M$$

formülü kullanılmıştır (Buchanan, 1984).



Şekil 3.2.3.1. Elek serisinden geçirilmiş ve sınıflandırılmış sediment örnekleri (Türk Çulha, 2007)



Şekil 3.2.3.2. Sediman örneklerinde organik madde tayini için kullanılan PROTHERM marka kül fırını (Orijinal)

3.2.4. Et Verimi Oranı (%)

Analizde kullanılan midye örnekleri üzerinde bulunan *Balanus* sp., alg v.b. fouling organizmalar ve bissüs iplikçikleri temizlenerek ağırlıkları alınmış ve boyları ölçülmüştür. Çelik pens ve bistüri yardımıyla midyenin toplam yumuşak et dokusu çıkarılarak tartılmıştır. Et verimi oranının hesaplanmasında;

Et verimi oranı (%) = [Yaş et ağırlığı (g) / Toplam ağırlık (g)] x 100
formülü kullanılmıştır (Lutz, 1980).

3.2.5. İz Element Tayini

Örnek toplama ve analize hazırlama aşamasında kullanılan bütün alet ve ekipmanlar asit banyosundan geçirilerek metal kontaminasyonu önlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan tüm cam malzemeler laboratuarda önce distile su ile yıkanmış, 10-15 saat asit banyosunda (1:9) (konsantre HNO₃) bekletilmiş ve 2 - 3 kez saf su ile yıkanarak etüvde (105 °C) kurutulmuştur (Tanner ve ark., 2000).

3.2.5.1. Askıda Katı Maddede İz Element Tayini

Sabit ağırlığa gelmiş örneklerdeki iz element birikimini belirlemek için, kurutulup tartılan örnekler 250 ml'lik erlenlere konularak üzerlerine 10 ml HNO₃ (% 65 Merck) ilave edilmiştir. Erlenlerin üzerine saat camı kapatılarak örnekler 24 saat asitte bekletildikten sonra "Hot-plate" üzerinde beyaz duman oluşana kadar önce düşük (40 °C) daha sonra yüksek ısıda (120 °C) yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi sonrasında tekrar ultra saf su ile sulandırılan örnekler filtre kağıdı ile süzülmüş ve 30 ml'ye tamamlanarak iz element tayin işlemine kadar +5 °C'de saklanmıştır (UNEP, 1984). Aynı işlemler, körü (blank) elde etmek için boş filtre kağıtlarına da uygulanmıştır.

3.2.5.2. Sedimentte İz Element Tayini

Çalışmada, 105 °C'de kurutulmuş ve farklı göz açıklığına sahip elek serisinden geçirilen 63 µm'den küçük olan sediman örneği kullanılmıştır (Şekil 3.2.5.2.1). Förstner ve Wittmann (1983), sediman örneklerinde metal kirliliği ile ilgili yapılacak çalışmalarda, kirlenmiş yüzeylerin bir belirleyicisi olarak sedimanın küçük partikül tanelerinde çalışılmasını tavsiye etmektedir. Tane boyu 63 µm ve daha küçük (silt ve kil özelliğinde) olan partiküllerin, doğal ve antropojenik kirlilikten kaynaklanan iz element konsantrasyonlarının belirlenmesinde etkili olduğunu belirtmiştir. Aynı araştırmacı, küçük boyuttaki partiküllerin üzerine yapışmış olan iz elementlerin uzun mesafeler boyunca taşınabildiğini saptamıştır.

Analiz öncesi derin dondurucularda saklanan sediment örnekleri 1 gece oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilerek buzların çözülmesi sağlanmıştır. Kurutularak plastik elekten geçirilen sediment örneklerinden, 63 µm ve küçük tane boyutundan 10 g cam petri kaplarına konularak etüvde 105 °C' de 16 saat kurutulmuştur (Tanner ve ark.,

2000). Kuruyan sedimentten 1 g alınarak 250 ml'lik erlenlere konulmuş ve üzerine (4:1) kral suyu (Aqua regia) karışımından [konsantre Nitrik asit HNO₃ (% 65) ve Perklorik asit HClO₄ (% 70)] eklenerek ısıyı ayarlanabilen "Hot-plate" üzerinde önce düşük sıcaklıkta (40 °C) 1 saat daha sonra da yavaş yavaş ısı arttırılarak (120 °C) 3 saat örneklerin renkli buharları kayboluncaya kadar, çeker ocakta yakılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Organik parçalanması biten örnekler ultra saf su ile 30 ml tamamlanarak 40 µ'luk filtre kağıdından süzdürüldükten sonra etiketlenip numaralandırılmış polietilen saklama kaplarında iz element tayinine kadar +5 °C'de saklanmıştır (Yap ve ark., 2002; 2004). Körü (blank) elde etmek için boş erlen içine kral suyu eklenmiş ve aynı işlemler sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Analitik kalite kontrolü için kullanılan ERM-CE278 (midye) ve RTC-CRM016 (sediment) sertifikalı referans materyallerinde (SRM) de midye ve sediment örneklerindeki analiz işlemlerinin aynısı uygulanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.2.5.2.1. Farklı göz açıklığına sahip elek serisi (a) ve Shimadzu marka hassas terazi (b) (Türk Çulha, 2007)

3.2.5.3. Midye Etinde İz Element Tayini

Kurutma kağıdı üzerinde fazla suyu süzdürülen midyelerin toplam yumuşak dokusu paslanmaz çelikten bir mikser ile parçalanarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen karışımdan 10 g'lık et örneği, darası alınmış petri kaplarına konularak sabit bir ağırlığa gelene kadar 72 saat 105 °C'lik etüvde kurutulmuştur (Mo ve Neilson, 1994). Kurutulan örneklerden 1 g alınarak 250 ml'lik erlenlere üzerine 10 ml konsantre HNO₃ (% 65 Merck) eklenerek ağız kısımları saat camı ile kapatılıp bir gece oda sıcaklığında bekletilmiştir. Isısı ayarlanabilen "Hot-plate" üzerinde önce düşük

sıcaklıkta (40 °C) 1 saat daha sonra da yavaş yavaş ısı arttırılarak (120 °C) 3 saat örneklerin renkli buharları kayboluncaya ve organik parçalanma gerçekleşene kadar çeker ocakta yakılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Organik parçalanması biten örneklerin üzerine 1 ml HNO₃ eklenerek, ultra saf su ile 30 ml'ye tamamlanmış ve mavi bant filtre kağıdından (110 mm) etiketlenip numaralandırılmış polietilen saklama kaplarına süzdürülerek iz element tayinine kadar +5 °C'de saklanmıştır (Şekil 3.2.5.3.1) (Bernhard, 1976; Yap ve ark., 2002; 2004). Kör'ü elde etmek için boş erlenin içine aynı asit karışımından eklenmiş ve yapılan işlemler tekrarlanmıştır.



Şekil 3.2.5.3.1. Yakma sonrası sıvı hale getirilmiş ve polietilen şişelere konulmuş örnekler (Türk Çulha, 2007)

3.2.6. İndüktif Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektrofotometresi (ICP-AES) İle İz Element Tayini

Atomik Absorpsiyon Spektrometri (AAS) 1950'lerde ticari AAS cihazlarının ortaya çıkışıyla birlikte, element tayinlerinde en çok başvurulan metot olmuştur. Sonraki yıllarda ICP-AES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektrofotometresi) tekniği AAS'nin yanında yerini almıştır. 90'lı yıllarda ise bu iki tekniğe İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) eklenmiştir. Bugün bu üç teknik de element tayinlerinde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Kızılkaya, 2008).

Günümüzde çevresel örneklerde iz element tayininde kullanılan en genel metotlar, Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (FAAS ve GF-AAS) ve İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP-AES veya ICP-MS) gibi son derece hassas spektroskopik teknikleri içermektedir. Bu tekniklerde metal içeriğini belirleyebilmek için, katı örneklerin solüsyon haline getirilmesi gerekmektedir (Sastre ve ark., 2002). ICP-MS'in yaygınlaşmasının nedenleri olarak; tekniğin yüksek duyarlılığı ve bir çok element için

tain sınırının ng/L'nin altında olması, izotop oranlarının belirlenmesine olanak tanınması, multielement tainlerde kullanılabilmesi, kalitatif bilgi vermesi ve lineer çalışma aralığının daha geniş olması gibi sayılabilir. AAS tekniklerine göre dezavantajları ise cihazın fiyatı ve işletim masrafının daha yüksek olmasıdır (Kızılkaya, 2008).

İz elementlerin analizi Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Analize hazırlanan örneklerde ICP-AES Varian Liberty Series-2 cihazında her metal için belirtilen dalga boyunda köre karşı okuma yapılmıştır (Şekil 3.2.6.1). Sıvı hale getirilmiş örnekler 4 paralelli olarak analiz edilmiştir. ICP cihazına çözelti halinde verilen örnekler bu cihazda gaz fazına geçer ve bir süre sonra da rezonans ışınları yayarlar. Oluşan ışınlar tespit edilerek ölçüm gerçekleştirilir (Şekil 3.2.6.2). Analizler sırasında okunan her 50 örnekten sonra tekrar kalibrasyon ayarı yapılmıştır. Metallerin okuma yapıldığı dalga boyları ve cihazın okuma sınır değerleri Çizelge 3.2.6.1'de verilmiştir. Ölçümler sonucunda örneklerin içerdiği metal miktarları;

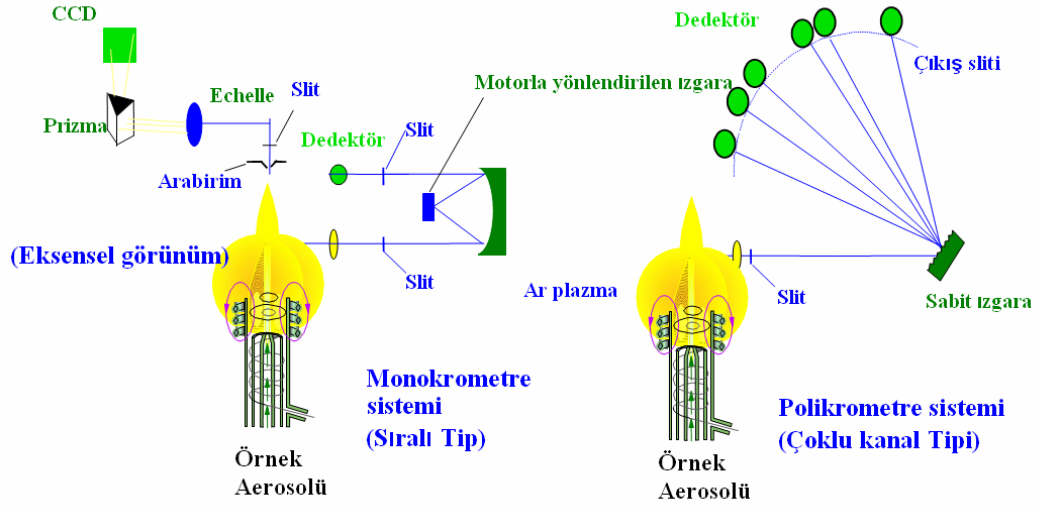
$$\text{Metal konsantrasyonu. (mg/kg)} = \frac{[\text{Sonuç} - \text{Kör (blank)}] \times \text{Seyreltme Oranı}}{\text{Örnek miktarı (g)}}$$

formülü ile belirlenmiştir. Canlılardaki su miktarı, tür, yaş, kondüsyon ve mevsim gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceği için, metal konsantrasyonları kuru ağırlık değerine göre hesaplanmıştır (Cohen ve ark., 2001). Bulunan Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyon değerleri midye, sediment ve AKM'de mg/kg (ppm) kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 3.2.6.1. ICP-AES cihazındaki analiz edilen iz elementlerin çalışma şartları

İz Elementler	Dalga Boyu (nm)	Optimum Çalışma Aralığı (ppm)	Gaz Türü
Cd	324.754	0.025- 0.05- 0.1- 0.5	Argon
Cu	226.502	0.025- 0.05- 0.1 - 0.5 - 1- 2 - 5 - 10	Argon
Pb	220.353	0.025- 0.05 - 0.1 - 0.5 - 1	Argon
Zn	213.856	0.5 - 1 - 2 - 5 - 10	Argon

ICP-AES'in Prensibi



Şekil 3.2.6.1. ICP-AES cihazının çalışma prensibinin şematik gösterimi (Kızılkaya, 2008)



Şekil 3.2.6.2. Varian Marka ICP-AES (Liberty- Series II) (Orijinal)

Cihazın ve kalibrasyon eğrisinin doğruluğunu ve kesinliğini test etmek için, kullanılan SRM'ler (Standart Referans Materyal) başlangıçta ve her örneğin analizinden sonra 5 tekrarlamalı olarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada midye örnekleri için "ERM-CE278" sediment örnekleri için "RTC-CRM016" sertifikalı referans materyaller kullanılmıştır (Çizelge 3.2.6.2).

Çizelge 3.2.6.2. Midye ve sediment örneklerinde kullanılan SRM'lerin değerleri

İz Elementler	Konsantrasyon Değerleri (mg/kg)			
	Sertifika edilen ERM-CE278 MİDYE	Analiz edilen (n:5)	Sertifika edilen RTC-CRM016 SEDİMENT	Analiz edilen (n:5)
Kadmiyum (Cd)	0.348	0.301±0.063	0.6	0.542±0.076
Bakır (Cu)	9.45	9.821±1.026	16.3	14.926±1.072
Kurşun (Pb)	2.00	2.280 ±0.639	15.5	14.655±7.271
Çinko (Zn)	83.1	74.858±2.183	74.0	68.141 ±4.237

3.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi

AKM, sediment ve midye örneklerinden elde edilen iz element verileri mevsimlere göre gruplandırılmıştır. Verilerin normal dağılışa uygunluğu Anderson-Darling testi ile test edilmiştir. Dağılımın normal olmadığı durumlarda parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Mevsimler arası varyansların homojenliği Levene İstatistik Testi ile analiz edilmiştir. Homojen bulunan grupların önemlilik testi tek yönlü Varyans Analizini (ANOVA) izleyen Tukey-HSD testi ile değerlendirilerek, AKM, sediment ve midyede ölçülen iz elementlerin düzeyleri ile ilgili parametrelerin mevsimlere göre farklılıkları saptanmıştır. Elde edilen bütün istatistiksel analizler bilgisayar ortamında Microsoft Excel Programı ve MINITAB 14.0 © paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Veriler arasındaki ilişkiler [Deniz suyundaki fizikokimyasal parametreler; S, sıcaklık; T, tuzluluk; O, oksijen; pH ile AKM, YOM, Et ve midyede Cd, Cu, Pb, Zn (Cd-m; Cu-m; Pb-m; Zn-m; Sedimentte (Cd-s; Cu-s; Pb-s; Zn-s) ve AKM'de (Cd-a; Cu-a; Pb-a; Zn-a)] korelasyon ve regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Korelasyon analizinden çıkan sonuç değerlendirilirken; Şekil 3.2.7.1'de görüldüğü üzere “*Pearson correlation*” ve “*p*” değerleri alt alta olacak şekilde çıkmaktadır. Sonuçlar değerlendirilirken eğer *p* değeri ≥ 0.05 ise aralarında ilişki olmadığını, *p* değeri ≤ 0.05 ise aralarında ilişki olduğunu göstermektedir. Bu durumda *Pearson correlation* değerinin “+” veya “-” olup olmadığına bakılarak ilişkinin yönü üzerine ve güçlü yada çok güçlü olup olmadığına dair yorum yapılmıştır. Örnekte A ile C arasında pozitif yönde bir ilişki ($p \leq 0.05$) varken B ile C arasında negatif yönde kuvvetli bir ilişki ($p \leq 0.001$) ve A ile D arasında ise ilişki ($p \geq 0.05$) olmadığı şeklinde yorum yapılabilir (Çelik, 2011).

	C	D
A	0,727 0,03	0,295 0,328
B	-0,875 0,001	

Şekil 3.2.7.1. Korelasyon analizi sonucu örneği (Çelik, 2011)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma, Sinop Yarımadası açıklarında şiddetli akıntı ve rüzgarların etkisindeki açık deniz özelliği gösteren mevkiide, batırılmış uzun halat sisteminde Mart 2009 – Mart 2010 tarihleri arasında yürütülmüştür. Sistemden aylık olarak, su, sediment ve midye örnekleri alınmış ve suyun fizikokimyasal parametre değerleri (sıcaklık, tuzluluk, oksijen, pH) yerinde (in-situ) ölçülmüştür. Sudaki AKM, sediment ve midye örneklerindeki iz elementlerin (Cd, Cu, Pb, Zn) birikim düzeylerine bakılmıştır. Bunun yanı sıra, deniz suyundaki toplam askıda madde (AKM), partikül organik madde (POM), partikül inorganik madde (PİM) deniz yüzeyinin 13 m altından alınan su örneklerinde ve sediment örneklerinde yüzde yanabilen organik madde (YOM) ile midye etindeki et verimi oranı (%) hesaplanmıştır. Yine aylık olarak alınan tüm verilerin ortalama grafik değerleri Ek-6, Ek-7, Ek-8, Ek-9, Ek-10 ve Ek-11’de verilmiştir.

4.1. Deniz Suyunun Fizikokimyasal Parametreleri

Uzun halat sistemlerinin kurulduğu İç Liman mevkiinde, alınan fizikokimyasal parametrelerin, minimum, maksimum ve yıllık ortalamaları Çizelge 4.1.1’de verilmiştir.

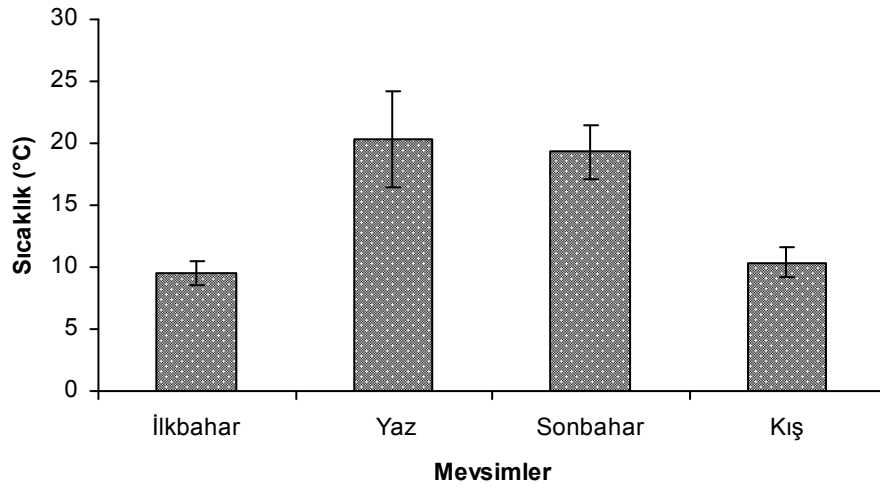
Çizelge 4.1.1. İç Liman mevkiinde ölçülen fizikokimyasal parametrelerin minimum, maksimum ve yıllık ortalama değerleri

	Sıcaklık (°C)	Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)	pH
Min.	7.84	3.41	17.03	8.31
Ortalama	14.48±1.71	7.00±0.62	17.56±0.07	8.59±0.05
Mak.	24.90	11.40	17.85	8.97

Mart 2009-Mart 2010 tarihleri arasındaki mevsimsel deniz suyu sıcaklık değişimleri incelendiğinde, en düşük ortalama sıcaklık değeri ilkbahar mevsiminde (9.53°C), en yüksek ortalama sıcaklık değeri ise yaz mevsiminde (20.29°C) görülmektedir. Genel yıllık ortalama su sıcaklığı ise 14.48 ± 1.71°C’dir. Çalışma süresi boyunca ölçülen deniz suyu sıcaklığının mevsimsel değerleri Çizelge 4.1.2 ve Şekil 4.1.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.2. İç Liman mevkiinden ölçülen sıcaklık (°C) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Sıcaklık Değerleri (°C)			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	7.84	9.53±0.92	12.00
Yaz (2009)	12.63	20.29±3.86	24.90
Sonbahar (2009)	15.20	19.33±2.16	22.50
Kış (2010)	8.07	10.40±1.27	12.45

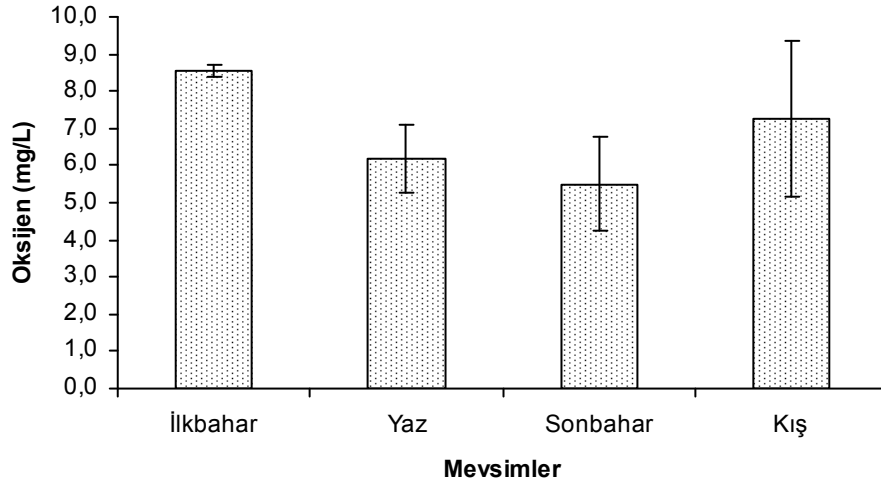


Şekil 4.1.1. İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel ortalama sıcaklık (°C) değerleri

Mevsimsel olarak deniz suyundaki çözünmüş oksijen değişimleri incelendiğinde (Çizelge 4.1.3), en düşük ortalama değer sonbahar mevsiminde (5.51 mg/L), en yüksek ortalama değer ise ilkbahar mevsiminde (8.55 mg/L) görülmektedir. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen değeri ise 7.00 ± 0.62 mg/L'dir. Deniz suyundaki çözünmüş oksijen değerlerinin mevsimlere göre değişimi Şekil 4.1.2'de sunulmuştur

Çizelge 4.1.3. İç Liman mevkiinden ölçülen çözünmüş oksijen (mg/L) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Çözünmüş Oksijen Değerleri (mg/L)			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	8.19	8.55±0.16	8.96
Yaz (2009)	4.77	6.20±0.91	7.89
Sonbahar (2009)	3.41	5.51±1.25	7.74
Kış (2010)	4.66	7.24±2.10	11.4

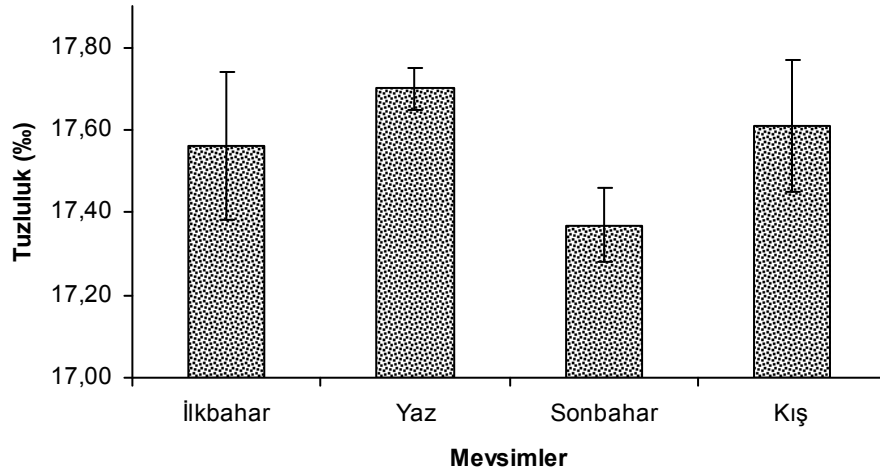


Şekil 4.1.2. İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri

Araştırma süresince ölçülen deniz suyu tuzluluk değerleri (Çizelge 4.1.4) mevsimsel olarak incelendiğinde, en düşük ortalama tuzluluk değeri, sonbahar mevsiminde (‰ 17.37), en yüksek ortalama tuzluluk değeri ise yaz mevsiminde (‰ 17.70) tespit edilmiştir. Yıllık ortalama tuzluluk değeri ise ‰ 17.56 ± 0.07'dir. Tuzluluk değerlerinin mevsimlere göre değişimi Şekil 4.1.3'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1.4. İç Liman mevkiinden ölçülen tuzluluk (‰) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Tuzluluk Değerleri (‰)			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	17.03	17.56±0.18	17.77
Yaz (2009)	17.61	17.70±0.05	17.77
Sonbahar (2009)	17.20	17.37±0.09	17.40
Kış (2010)	17.30	17.61±0.16	17.85

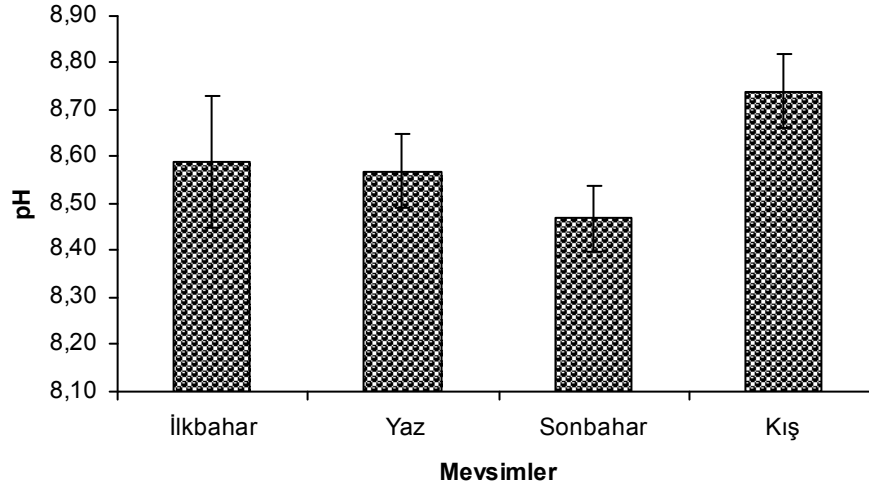


Şekil 4.1.3. İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel ortalama tuzluluk (‰) değerleri

Deniz suyunda ölçülen ortalama pH değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.1.5), en düşük ortalama pH değeri sonbahar mevsiminde (8.47), en yüksek ortalama değer ise kış mevsiminde (8.74) ölçülmüştür. Yıllık ortalama pH değeri 8.59 ± 0.05 olarak belirlenmiştir. pH değerlerinin mevsimlere göre değişimi Şekil 4.1.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.5. İç Liman mevkiinden ölçülen pH değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

pH Değerleri			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	8.31	8.59±0.14	8.59
Yaz (2009)	8.60	8.57±0.08	8.69
Sonbahar (2009)	8.35	8.47±0.07	8.60
Kış (2010)	8.60	8.74±0.08	8.86



Şekil 4.1.4. İç Liman mevkiinden ölçülen mevsimsel pH değerleri

4.2. AKM, POM, PİM, YOM (%) ve Et Verimi Oranı (%)

Deniz suyunda ölçülen AKM, POM, PİM, sedimentte YOM (%) ve et verimi oranı (%) parametrelerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri Çizelge 4.2.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. İç Liman mevkiinde ölçülen AKM, POM, PİM, et verimi oranı ve YOM’un minimum, maksimum ve yıllık ortalama değerleri

	AKM (mg/L)	POM (mg/L)	PİM (mg/L)	YOM (%)	Et Verimi (%)
Min.	9.43	2.93	4.97	6.21	14.57
Ortalama	11.99±0.48	4.81±0.39	7.18±0.29	8.60±0.61	23.54±1.05
Mak.	14.75	8.25	8.57	12.72	28.31

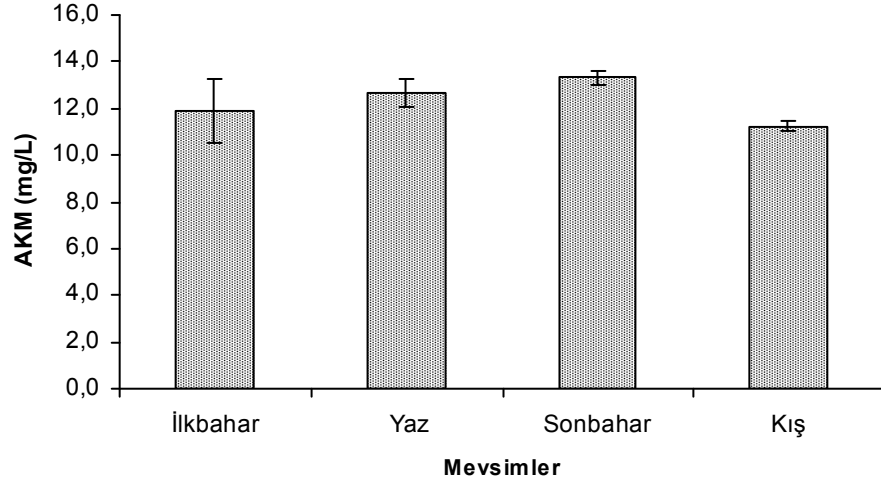
En düşük ortalama AKM değeri 11.23 mg/L ile kış mevsiminde, en yüksek ortalama değer ise 13.34 mg/L ile sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir (Çizelge 4.2.2; Şekil 4.2.1). İç Liman mevkiinde ölçülen yıllık ortalama AKM değeri ise 11.99±0.48 mg/L’dir (Çizelge 4.2.1). Maksimum 14.75 mg/L ile Mayıs 2009’da, minimum değeri ise 9.43 mg/L ile Mart 2009’da belirlenmiştir (Ek-8). Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, AKM değerlerinin mevsimlere göre istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.2.2. İç Liman mevkiinde ölçülen AKM (mg/L) değişimlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Mevsimler	AKM Değerleri (mg/L)		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	9.43	11.90±1.36 ^a	14.75
Yaz (2009)	11.20	12.63±0.60 ^a	13.03
Sonbahar (2009)	12.93	13.34±0.30 ^a	13.93
Kış (2010)	9.90	11.23±0.20 ^a	11.43

Her değer; ortalama ± standart hatayı ifade etmektedir.

Aynı sütunda aynı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir ($p>0.05$)



Şekil 4.2.1. İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama AKM (mg/L) değerleri

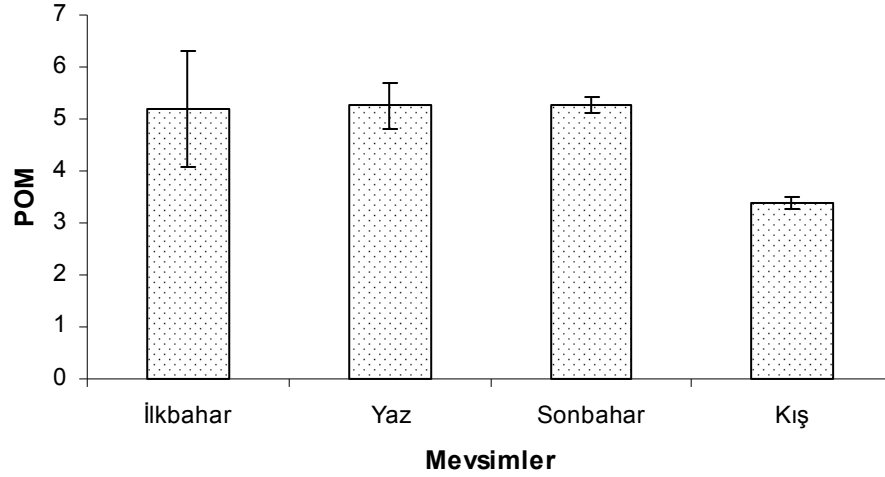
Yıllık ortalama POM değeri 4.81 ± 0.39 mg/L bulunmuştur (Çizelge 4.2.1). En düşük ortalama POM değeri 3.39 mg/L ile kış mevsiminde, en yüksek ortalama değer ise 5.27 mg/L ile sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir (Çizelge 4.2.3; Şekil 4.2.2). Maksimum 8.25 mg/L ile Mayıs 2009'da, minimum değeri ise 2.93 mg/L ile Mart 2010'da belirlenmiştir (Ek-8). Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, POM değerlerinde mevsimlere bağlı olarak değişimler gözlemlense de bu durumun istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 4.2.3. İç Liman mevkiinde ölçülen POM (mg/L) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

POM Değerleri (mg/L)			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	2.93	5.20 ± 1.12^a	8.25
Yaz (2009)	4.40	5.26 ± 0.43^a	5.77
Sonbahar (2009)	4.97	5.27 ± 0.15^a	5.40
Kış (2010)	3.20	3.39 ± 0.12^a	3.60

Her değer; ortalama \pm standart hatayı ifade etmektedir.

Aynı sütunda aynı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir ($p > 0.05$)



Şekil 4.2.2. İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama POM (mg/L) değerleri

Yıllık ortalama PİM değeri ise 7.18 ± 0.29 mg/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2.1). En düşük ortalama PİM değeri 6.69 mg/L ile yaz mevsiminde, en yüksek ortalama değer ise 8.08 mg/L ile sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir (Çizelge 4.2.4; Şekil 4.2.3). En yüksek değer 8.57 mg/L ile Nisan 2009'da, en düşük değer ise 4.97 mg/L ile Mart 2009'da hesaplanmıştır (Ek-8). Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, PİM değerlerinde mevsimlere bağlı olarak değişimler gözlenmede bu durumun istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 4.2.4. İç Liman mevkiinde ölçülen PİM (mg/L) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

PİM Değerleri (mg/L)			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	4.97	6.71 ± 0.74^a	8.57
Yaz (2009)	6.00	6.69 ± 0.37^a	7.27
Sonbahar (2009)	7.53	8.08 ± 0.29^a	8.50
Kış (2010)	6.70	7.40 ± 0.35^a	7.83

Her değer; ortalama \pm standart hatayı ifade etmektedir.

Aynı sütunda aynı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir ($p > 0.05$)



Şekil 4.2.3. İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama PİM (mg/L) değerleri

Sistemden alınan sediment örneklerindeki en düşük ortalama YOM değeri % 6.42 ile kış mevsiminde ölçülmüştür (Çizelge 4.2.5; Şekil 4.2.4). En yüksek ortalama değer ise % 9.53 ile yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Aylık olarak bakıldığında ise, en yüksek değer % 12.72 ile Mayıs 2009'da, en düşük değer ise % 6.21 ile Aralık 2009'da yılında belirlenmiştir (Ek-10). Yıllık ortalama YOM miktarı 8.60 ± 0.61 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2.1).

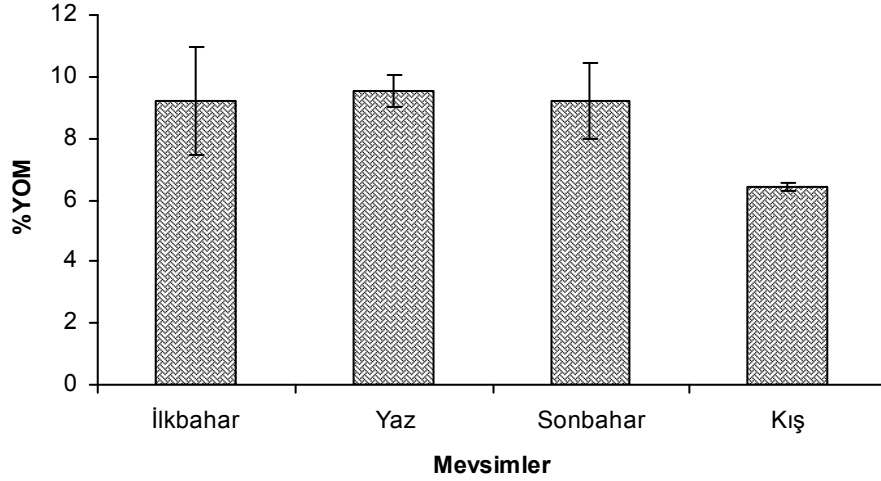
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, YOM değerlerinde mevsimlere bağlı olarak değişimler gözlemlenmediği bu durumun istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 4.2.5. İç Liman mevkiinden alınan sediment örneklerinde ölçülen YOM (%) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

YOM Değerleri (%)			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	7.02	9.22 ± 1.77^a	12.72
Yaz (2009)	8.65	9.53 ± 0.52^a	10.44
Sonbahar (2009)	6.89	9.21 ± 1.22^a	11.01
Kış (2010)	6.21	6.42 ± 0.15^a	6.71

Her değer; ortalama \pm standart hatayı ifade etmektedir.

Aynı sütunda aynı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir ($p > 0.05$)



Şekil 4.2.4. İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama YOM değerleri (%)

Açık deniz ortamında uzun halat sisteminde yetiştirilen midyelerdeki yıllık ortalama et verimi % 23.54 ± 1.05 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2.1). Sistemden örneklenen midyelerin en düşük ortalama et verimi % 21.28 ile kış mevsiminde, en yüksek ortalama değer ise % 26.56 ile yaz mevsiminde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.6; Şekil 4.2.5).

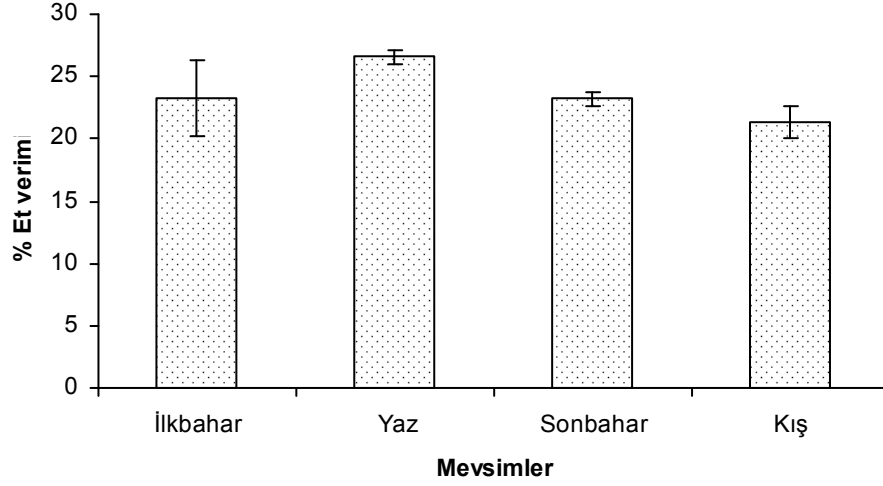
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, et verimi oranı değerlerinde mevsimlere bağlı olarak değişimler gözlemlense de bu durumun istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 4.2.6. İç Liman mevkiinden alınan midye örneklerinde ölçülen et verimi oranı (%) değerlerinin mevsimlere bağlı minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Et Verimi Oranı (%)			
Mevsimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
İlkbahar (2009)	14.57	23.25 ± 3.09^a	28.31
Yaz (2009)	25.31	26.56 ± 0.63^a	27.33
Sonbahar (2009)	21.94	23.19 ± 0.63^a	23.82
Kış (2010)	19.87	21.28 ± 1.30^a	23.87

Her değer; ortalama \pm standart hatayı ifade etmektedir.

Aynı sütunda aynı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir ($p > 0.05$)



Şekil 4.2.5. İç Liman mevkiinde ölçülen mevsimsel ortalama et verimi oranı (%) değerleri

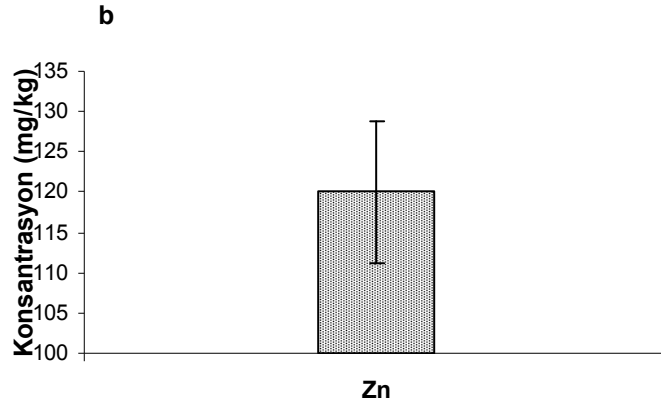
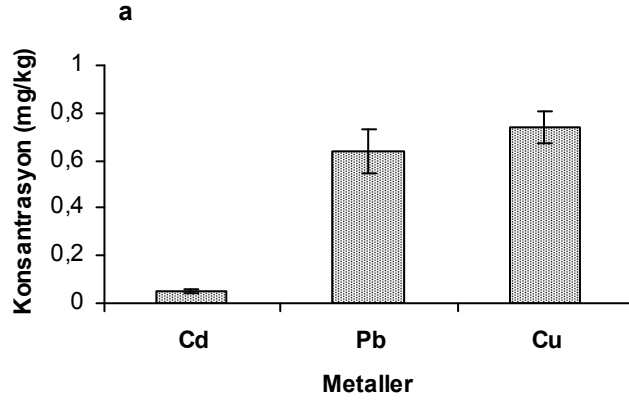
4.3. İz Elementler

4.3.1. AKM'de İz Element

AKM'deki yıllık ortalama iz element konsantrasyonları Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla, 0.052, 0.638, 0.737 ve 119.997 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.1.1; Şekil 4.3.1.1). AKM'deki iz element konsantrasyonları sırasıyla $Zn > Cu > Pb > Cd$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.1.1. AKM'de minimum, maksimum ve ortalama iz element değerleri (mg/kg)

İz elementler	Konsantrasyon Değerleri		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
Cd	0.003	0.052±0.006	0.194
Cu	0.087	0.737±0.066	2.175
Pb	0.009	0.638±0.094	2.378
Zn	40.800	119.997±8.723	263.250



Şekil 4.3.1.1. a, b AKM’de ölçülen ortalama iz element konsantrasyonları (mg/kg)

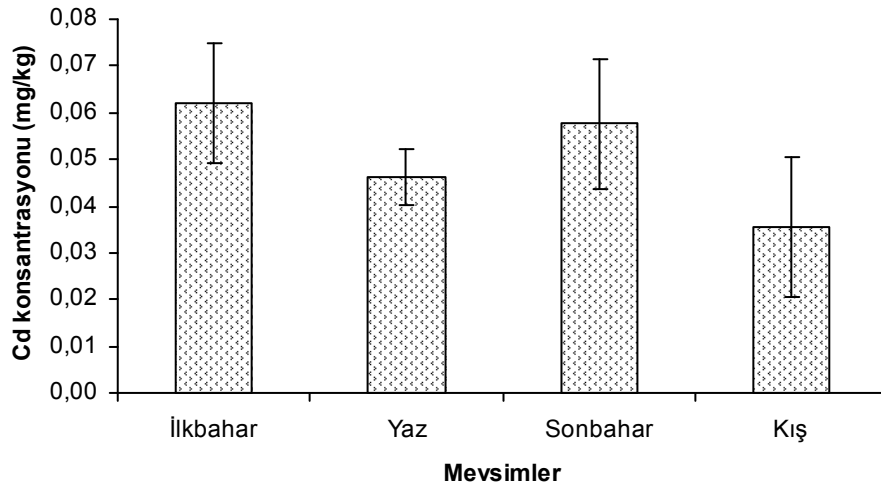
AKM’de Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri Çizelge 4.3.1.2’de verilmiştir. Cd, Cu ve Pb değerlerinin mevsimler arasındaki farkı istatistiksel açıdan önemsiz ($p>0.05$) bulunurken, Zn değerleri mevsimlere göre önemli derecede değişim göstermiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.3.1.2. AKM örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişim değerleri (mg/kg)

Mevsimler	Cd	Cu	Pb	Zn
İlkbahar	0.062±0.013 ^a	0.957±0.222 ^a	0.835±0.284 ^a	68.523±15.176 ^a
Yaz	0.046±0.006 ^a	0.646±0.084 ^a	0.567±0.126 ^a	100.421±8.676 ^b
Sonbahar	0.058±0.014 ^a	0.743±0.105 ^a	0.436±0.076 ^a	144.422±15.881 ^c
Kış	0.036±0.015 ^a	0.620±0.080 ^a	0.722±0.189 ^a	164.201±7.980 ^d

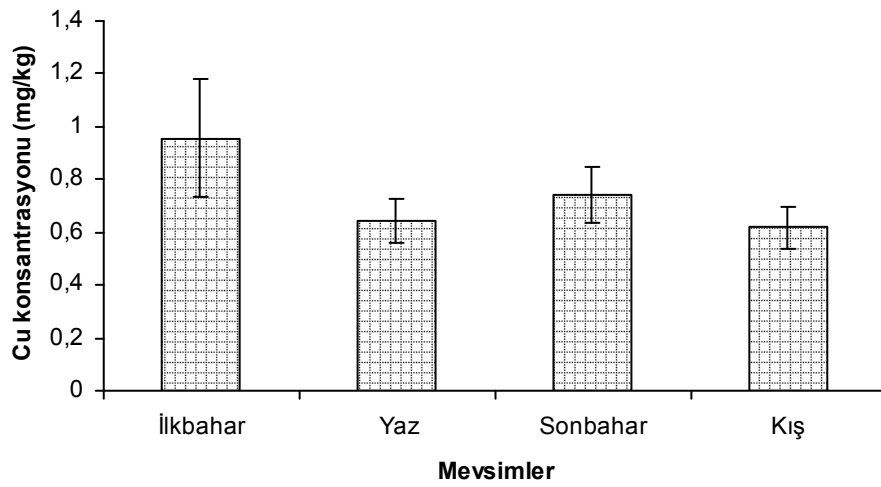
Her değer; ortalama ± standart hatayı ifade etmektedir.
Aynı sütunda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

Mevsimlere göre örneklenen AKM’de Cd konsantrasyonları incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri 0.036 mg/kg ile kış mevsiminde, maksimum konsantrasyon değeri 0.062 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde bulunmuştur (Şekil 4.3.1.2). Cd konsantrasyon değerlerinin mevsimlere göre sıralaması yapıldığında, ilkbahar > sonbahar > yaz > kış şeklinde gerçekleşmiştir. Aylık en düşük konsantrasyon değeri 0.022 mg/kg Ocak 2010’da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 0.105 mg/kg ile Nisan 2009’da tespit edilmiştir (Ek-16).



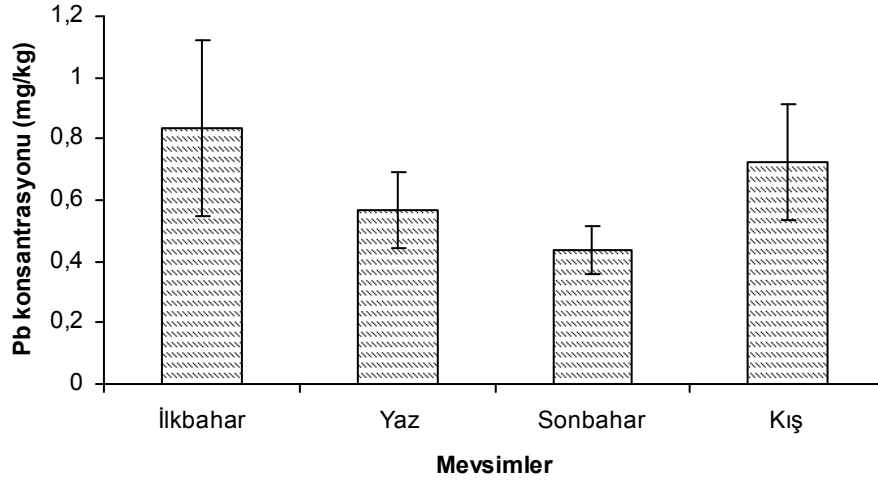
Şekil 4.3.1.2. AKM’deki Cd’un mevsimsel ortalama değerleri

Mevsimlere göre sistemin bulunduğu ortamdaki AKM'e ait Cu konsantrasyonları incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri 0.620 mg/kg ile kış mevsiminde, maksimum konsantrasyon değeri ise 0.957 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde bulunmuştur (Şekil 4.3.1.3). AKM'de Cu konsantrasyonu mevsimlere göre; ilkbahar > sonbahar > yaz > kış şeklinde sıralanmaktadır. Aylık en düşük Cu konsantrasyon değeri 0.217 mg/kg ile Mart 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 1.573 mg/kg ile Mayıs 2009'da tespit edilmiştir (Ek-16).



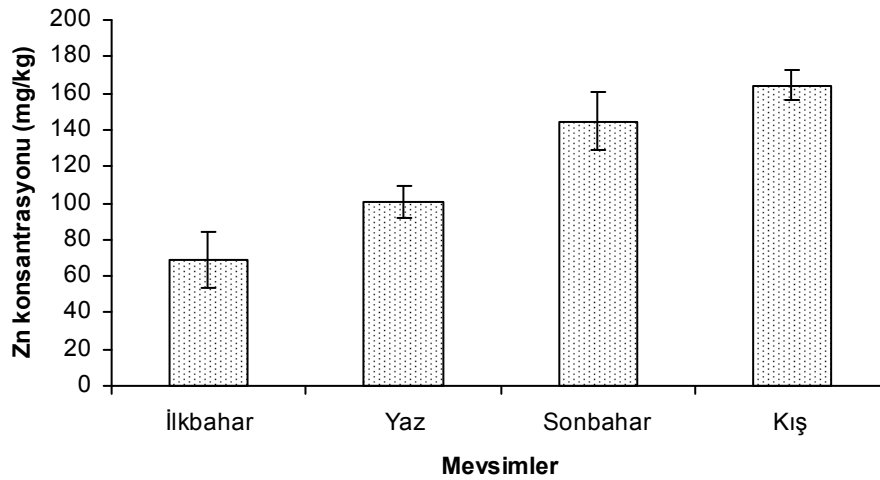
Şekil 4.3.1.3. AKM'deki Cu'nun mevsimsel ortalama değerleri

Mevsimlere göre Pb değerleri incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri 0.436 mg/kg ile sonbahar mevsiminde, maksimum konsantrasyon değeri ise 0.835 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde bulunmuştur (Şekil 4.3.1.4). Mevsimler arasındaki Pb değerinin sıralaması, ilkbahar > kış > yaz > sonbahar şeklinde gerçekleşmiştir. Aylık olarak değerlendirildiğinde ise en düşük konsantrasyon değeri 0.034 mg/kg ile Mayıs 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 2.055 mg/kg ile Nisan 2009'da tespit edilmiştir (Ek-16).



Şekil 4.3.1.4. AKM'deki Pb'un mevsimsel ortalama değerleri

Mevsimlere göre sistemde belirlenen AKM'ye ait Zn konsantrasyonu incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri 68.523 mg/kg ile ilkbahar mevsimi, maksimum konsantrasyon değeri ise 164.201 mg/kg ile kış mevsiminde bulunmuştur (Şekil 4.3.1.5). Mevsimlere göre Zn konsantrasyon dağılımına bakıldığında, kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde sıralandığı görülmektedir. Aylık olarak değerlendirildiğinde ise en düşük konsantrasyon değeri 41.208 mg/kg ile Nisan 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 219.870 mg/kg ile Kasım 2009'da tespit edilmiştir (Ek-16). Zn açısından mevsimler arasında önemli farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$).



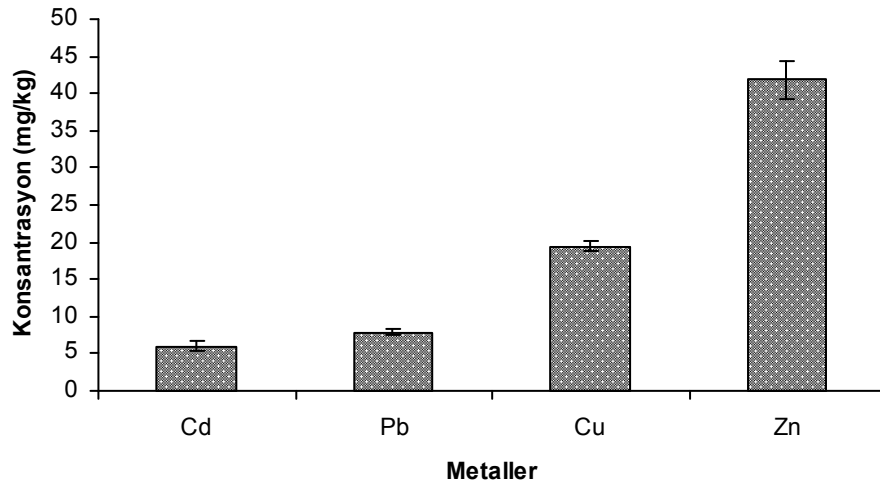
Şekil 4.3.1.5. AKM'deki Zn'un mevsimsel ortalama değerleri

4.3.2. Sedimentte İz Element

Uzun halat sisteminin bulunduğu alanın dip kısmından alınan sediment örneklerindeki ortalama iz element konsantrasyonları Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla; 5.949, 7.881, 19.454 ve 41.876 mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3.2.1). Sedimentteki iz element konsantrasyonları sırasıyla Zn > Cu > Pb > Cd olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3.2.1). Metallerin mevsimsel sıralaması ise kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.2.1. Sedimentte ölçülen minimum, maksimum ve ortalama iz element değerleri (mg/kg)

İz elementler	Konsantrasyon Değerleri		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
Cd	0.167	5.949±0.687	13.463
Cu	12.140	19.454±0.574	28.552
Pb	2.266	7.881±0.462	16.701
Zn	12.981	41.876±2.561	73.864



Şekil 4.3.2.1. Sedimentte ölçülen ortalama iz element konsantrasyonları (mg/kg)

Sediment örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişim değerleri Çizelge 4.3.2.2’de verilmiştir. Cd, Cu, Pb ve Zn değerlerinin mevsimler arasındaki farkı istatistiksel açıdan önemli derecede değişim göstermiştir ($p < 0.05$).

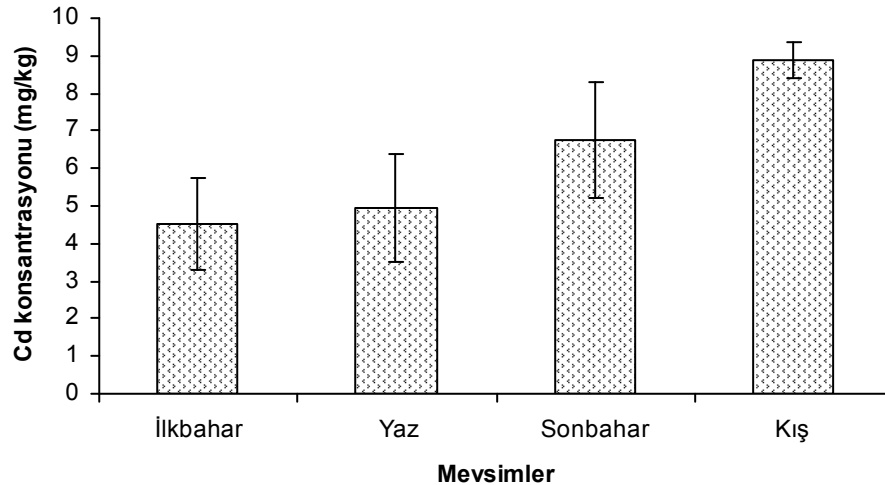
Çizelge 4.3.2.2. Sediment örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişim değerleri (mg/kg)

Mevsimler	Cd	Cu	Pb	Zn
İlkbahar	4.520±1.207 ^a	18.665±1.182 ^a	7.358±0.666 ^b	37.218±4.370 ^a
Yaz	4.959±1.426 ^{ab}	19.545±0.877 ^{ab}	10.530±0.868 ^c	40.220±4.926 ^{ab}
Sonbahar	6.756±1.526 ^b	21.998±0.976 ^b	8.170±0.703 ^{bc}	41.071±5.707 ^{ab}
Kış	8.883±0.460 ^{ab}	16.748±1.224 ^a	3.950±0.277 ^a	54.168±4.419 ^b

Her değer; ortalama ± standart hatayı ifade etmektedir.

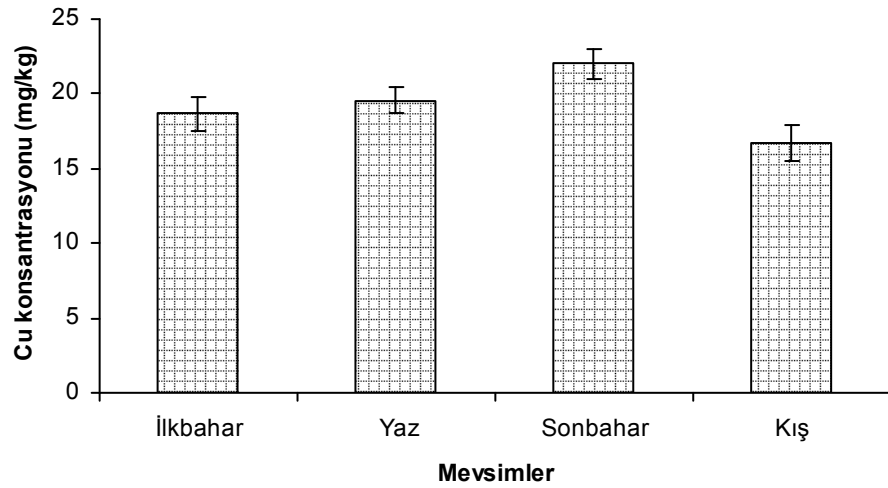
Aynı sütunda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

Mevsimlere göre sistemden örneklenen sedimentte Cd konsantrasyonları incelendiğinde, ortalama minimum konsantrasyon değeri 4.520 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde, maksimum konsantrasyon değeri ise 8.883 mg/kg ile kış mevsiminde bulunmuştur (Şekil 4.3.2.2). Mevsimler arasındaki sıralama, kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde gerçekleşmiştir. Aylık olarak sedimentteki Cd konsantrasyonları değerlendirildiğinde ise en düşük konsantrasyon değeri 4.088 mg/kg ile Mayıs 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 11.558 mg/kg ile Kasım 2009'da tespit edilmiştir (Ek-14). İlkbahar ve sonbaharda Cd değerleri arasında istatistiksel olarak fark varken (p<0.05), kış ile yaz ve bunların diğer mevsimlerle arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (p>0.05).



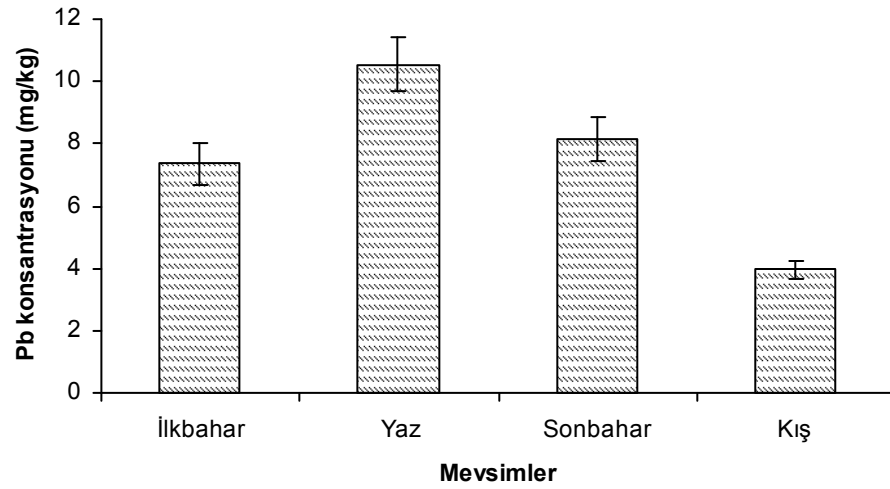
Şekil 4.3.2.2. Sedimentteki Cd'un mevsimsel ortalama değerleri

Cu konsantrasyonunun sedimentteki mevsimsel dağılımı incelendiğinde, minimum ortalama değer 16.748 mg/kg ile kış mevsiminde, maksimum ortalama değer 21.998 mg/kg ile sonbahar mevsiminde bulunmuştur. Sedimentteki Cu konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki sıralaması ise sonbahar > yaz > ilkbahar > kış şeklindedir (Şekil 4.3.2.3.). Aylık olarak sedimentteki Cu konsantrasyonlarını değerlendirildiğinde ise en düşük konsantrasyon değeri 14.330 mg/kg ile Şubat 2010'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 26.174 mg/kg ile Kasım 2009'da tespit edilmiştir (Ek-14). Sonbahar ile kış, ilkbahar ile sonbahar Cu değerleri arasında istatistiksel olarak fark varken ($p < 0.05$), ilkbahar, yaz ve kış mevsimleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).



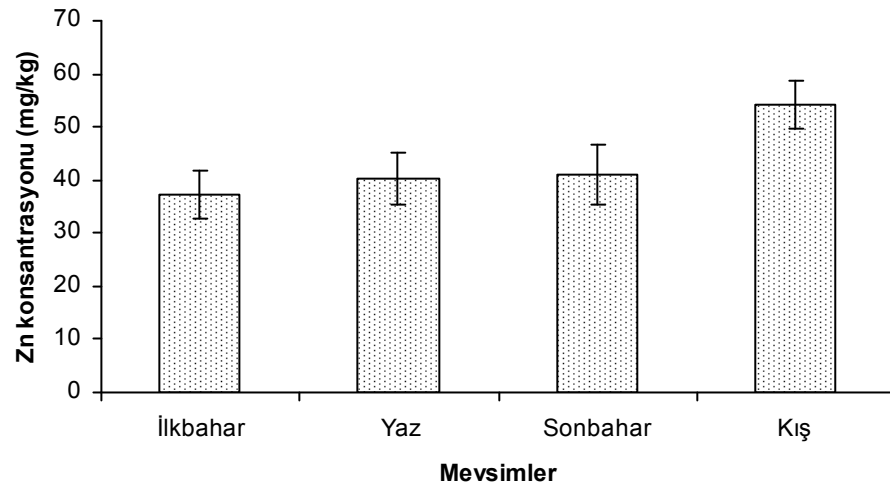
Şekil 4.3.2.3. Sedimentteki Cu'ın mevsimsel ortalama değerleri

Mevsimlere göre sedimentteki Pb değerleri incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri ortalama 3.950 mg/kg ile kış mevsiminde, maksimum değer ise 10.530 mg/kg ile yaz mevsiminde belirlenmiştir. Sedimentteki mevsimsel Pb konsantrasyonunun sıralaması ise yaz > sonbahar > ilkbahar > kış şeklindedir (Şekil 4.3.2.4.). Aylık sedimentteki Pb konsantrasyonlarının en düşük konsantrasyon değeri 3.286 mg/kg ile Şubat 2010'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 14.461 mg/kg ile Temmuz 2009'da tespit edilmiştir (Ek-14). Kış mevsimi ile sonbahar, yaz ve ilkbahar Pb değerleri arasında istatistiksel olarak önemli fark varken ($p < 0.05$), ilkbahar ile sonbahar ve yaz ile sonbahar mevsimleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).



Şekil 4.3.2.4. Sedimentteki Pb'un mevsimsel ortalama değerleri

Sedimentte ölçülen Zn konsantrasyonlarının ortalama minimum değeri 37.218 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde, maksimum değeri ise 54.168 mg/kg ile kış mevsiminde ölçülmüştür. Sedimentte ölçülen mevsimsel Zn konsantrasyonunun dağılım sıralaması kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklindedir (Şekil 4.3.2.5). Aylık olarak sedimentteki Zn konsantrasyonlarını değerlendirildiğinde ise en düşük konsantrasyon değeri 33.274 mg/kg ile Nisan 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 68.170 mg/kg ile Aralık 2009'da tespit edilmiştir (Ek. 14). İlkbahar ve kış Zn değerleri arasında istatistiksel olarak önemli fark varken ($p < 0.05$), ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).



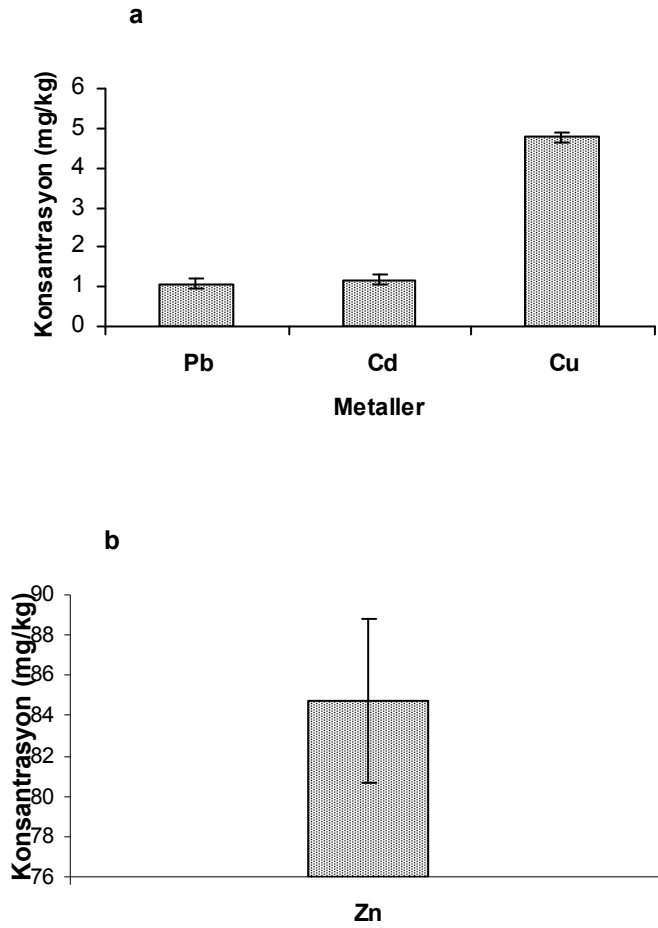
Şekil 4.3.2.5. Sedimentteki Zn'un mevsimsel ortalama değerleri

4.3.3. Midye Etinde İz Element

Midyelerdeki ortalama iz element konsantrasyonları; Pb, Cd, Cu ve Zn için sırasıyla; 1.081, 1.182, 4.774 ve 84.730 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.3.1; Şekil 4.3.3.1). Midyedeki iz element konsantrasyonları sırasıyla $Zn > Cu > Pb > Cd$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.3.1. Midyedeki minimum, maksimum ve ortalama iz element değerleri (mg/kg)

İz elementler	Konsantrasyon Değerleri		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
Cd	0.089	1.182±0.112	3.638
Cu	1.827	4.774±0.297	10.334
Pb	0.002	1.081±0.138	3.872
Zn	39.385	84.730±4.044	182.616



Şekil 4.3.3.1. a, b midyede ölçülen ortalama iz element konsantrasyonları (mg/kg)

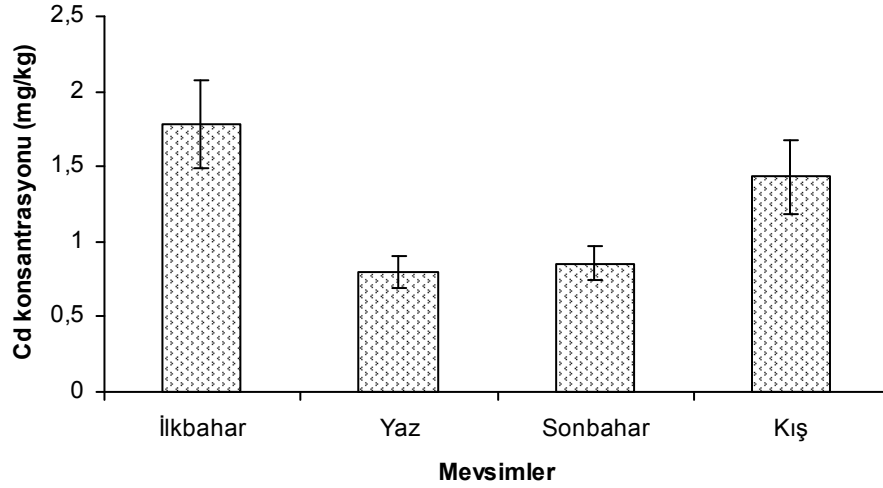
Midyelerdeki Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri Çizelge 4.3.3.2.'de verilmiştir. Cd, Cu, Pb değerlerinin mevsimler arasındaki farkı istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) bulunurken, Zn değerleri mevsimlere göre önemsiz olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.3.3.2. Midye örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel değişim değerleri (mg/kg)

Mevsimler	Cd	Cu	Pb	Zn
İlkbahar	1.781±0.293 ^a	5.595±0.556 ^{ac}	1.794±0.388 ^a	86.630±10.302 ^a
Yaz	0.800±0.105 ^b	3.159±0.318 ^b	0.874±0.154 ^b	75.990±7.791 ^a
Sonbahar	0.852±0.113 ^b	4.365±0.330 ^a	1.061±0.271 ^{ab}	85.856±4.602 ^a
Kış	1.432±0.242 ^a	6.871±0.744 ^c	0.674±0.184 ^b	93.439±8.019 ^a

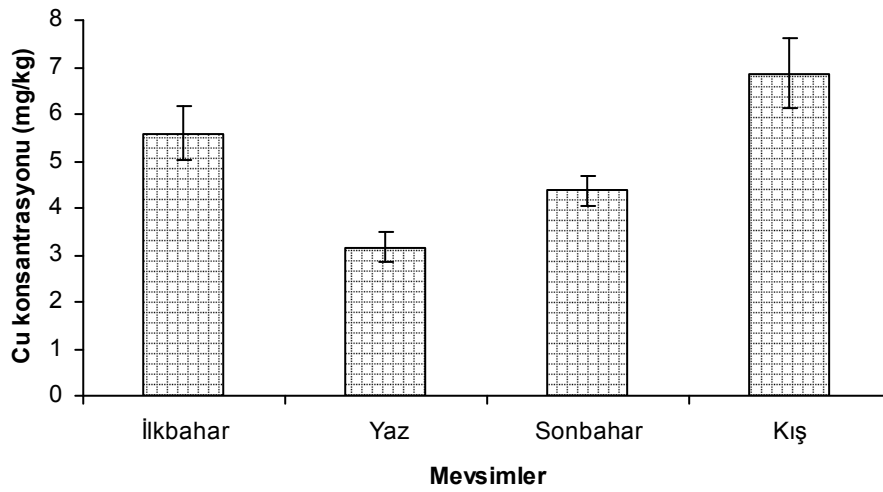
Her değer; ortalama ± standart hatayı ifade etmektedir.
Aynı sütunda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

Mevsimlere göre midyede ölçülen Cd konsantrasyonu incelendiğinde, minimum değeri 0.800 mg/kg ile yaz mevsiminde, maksimum değeri ise 1.781 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde bulunmuştur (Şekil 4.3.3.2). Cd konsantrasyon değerlerinin mevsimlere göre sıralaması yapıldığında, ilkbahar > kış > sonbahar > yaz şeklinde gerçekleşmiştir. Aylık en düşük konsantrasyon değeri 0.608 mg/kg ile Ağustos 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 3.198 mg/kg ile Mart 2009'da tespit edilmiştir (Ek-12). İlkbahar ile yaz mevsimi ve sonbahar ile kış mevsimi arasında istatistiksel olarak önemli fark varken ($P<0.05$), ilkbahar ile kış ve yaz ile sonbahar mevsimi arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).



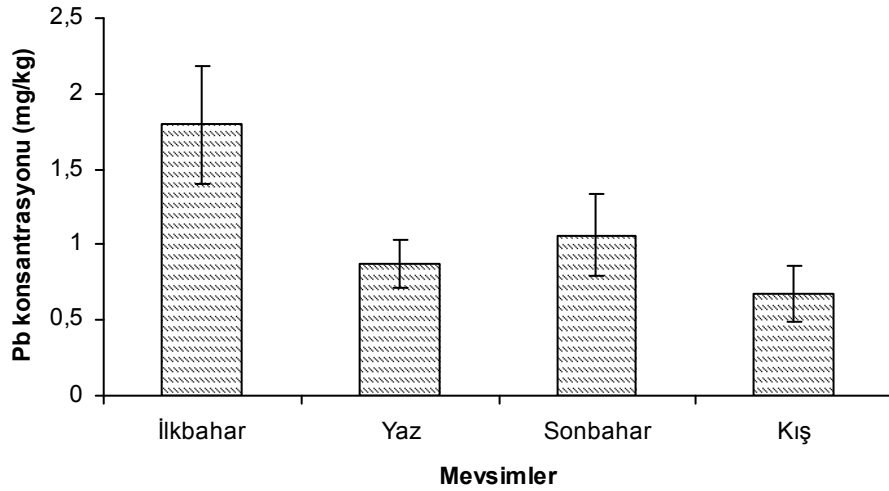
Şekil 4.3.3.2. Midyedeki Cd'un mevsimsel ortalama değerleri

Midyelerdeki Cu konsantrasyonu incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri 3.159 ile mg/kg yaz mevsiminde, maksimum konsantrasyon değeri ise 6.881 mg/kg ile kış mevsiminde bulunmuştur (Şekil 4.3.3.3). Cd konsantrasyonun mevsimlere göre sıralaması, kış > ilkbahar > sonbahar > yaz şeklindedir. Aylık, en düşük konsantrasyon değeri 2.112 mg/kg ile Haziran 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 8.292 mg/kg ile Mart 2009'da tespit edilmiştir (Ek-12). İlkbahar ile yaz mevsimi ve yaz ile sonbahar ve kış mevsimi arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). İlkbaharın sonbahar ve kış mevsimleri ile arasındaki fark ise önemsizdir ($p > 0.05$).



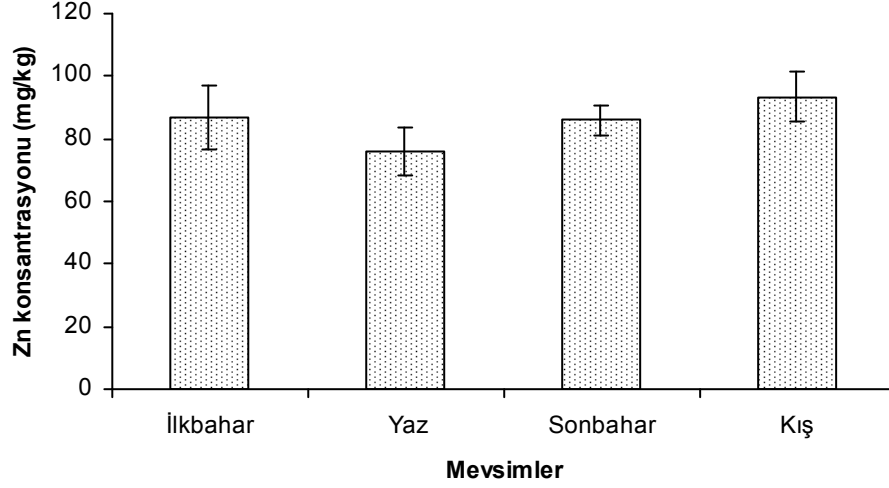
Şekil 4.3.3.3. Midyedeki Cu'nun mevsimsel ortalama değerleri

Mevsimlere göre midyelerdeki Pb konsantrasyonları incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri 0.674 mg/kg ile kış mevsiminde, maksimum konsantrasyon değerinin ise 1.794 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3.3.4). Midye'deki Pb konsantrasyonu mevsimlere göre, ilkbahar > sonbahar > yaz > kış şeklinde sıralanmaktadır. Aylık en düşük konsantrasyon değeri 0.236 mg/kg ile Aralık 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 2.553 mg/kg ile Mart 2009'da tespit edilmiştir (Ek-12). İlkbahar'ın yaz ve kış mevsimleri ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli ($p < 0.05$), sonbaharın ise diğer mevsimler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3.3.4. Midyedeki Pb'nun mevsimsel ortalama değerleri

Midyelerdeki Zn konsantrasyonu incelendiğinde, minimum konsantrasyon değeri 75.990 mg/kg ile yaz mevsimi, maksimum konsantrasyon değeri 93.439 mg/kg ile kış mevsiminde belirlenmiştir (Şekil 4.3.3.5). Aylık olarak midyedeki Zn konsantrasyonu incelendiğinde, en düşük konsantrasyon değeri 50.603 mg/kg ile Haziran 2009'da, en yüksek konsantrasyon değeri ise 121.002 mg/kg ile Şubat 2009'da tespit edilmiştir (Ek-12). Yapılan istatistiksel analizlerde Zn konsantrasyonu açısından mevsimler arasında farklılık bulunamamıştır ($p > 0.05$).



Şekil 4.3.3.5. Midyedeki Zn'nun mevsimsel ortalama değerleri

4.4. İz Elementlerin Suyun Fizikokimyasal Parametreler, AKM, YOM ve Et Verimi İle Arasındaki İlişkiler

İz elementlerin suyun fizikokimyasal parametreleri ile arasında tespit edilen ilişkiler Çizelge 4.4.1'de verilmiştir. Regresyon analizleri yapılarak Şekil 4.4.1; 4.4.2; 4.4.3 ve 4.4.4'de gösterilmiştir. Yapılan korelasyon matrisi analizine göre sıcaklık ile Cu-s arasında pozitif yönde ilişki bulunurken ($p < 0.05$), sıcaklık ile Pb-s arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Bununla birlikte, sıcaklık ile Cd-m ve Cu-m arasında negatif yönde bir ilişki bulunmuştur ($p < 0.05$).

İz elementlerle AKM, YOM ve et verimi arasında da ilişkiler tespit edilmiştir. AKM ile Cu-s ile Cu-a arasında pozitif yönde bir ilişki ($p < 0.05$), YOM ile Pb-a arasında negatif yönde ilişki ($p < 0.05$) ve et verimi ile Cu-a arasında negatif yönde çok güçlü bir ilişki tespit edilmiştir ($p < 0.001$).

AKM'de tespit edilen Cd, Cu, Pb ve Zn derişimleri arasında sadece Pb ile Cd arasında pozitif yönde bir ilişki tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bunun yanı sıra Cd-a ile Pb-m arasında pozitif yönde bir ilişki ($p < 0.05$) tespit edilirken, Cd-a ile Cd-s arasında negatif yönde bir ilişki bulunmuştur ($p < 0.05$). Zn-a ile Pb-s arasında negatif yönde bir ilişki ($p < 0.05$) bulunurken, Zn-a ile Cd-s arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki tespit edilmiştir ($p < 0.001$).

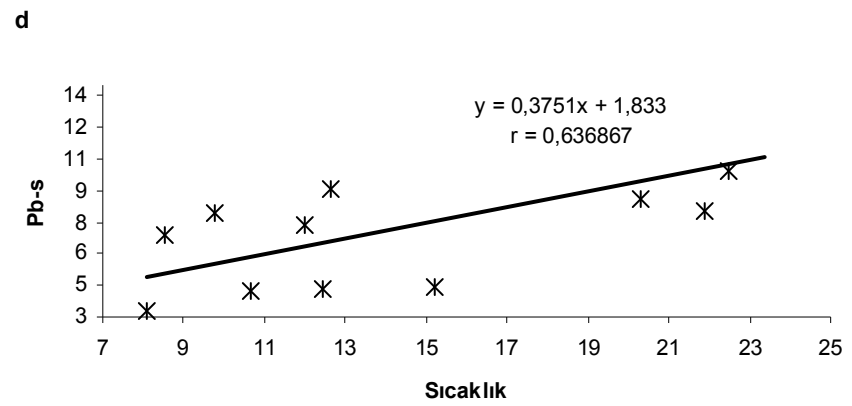
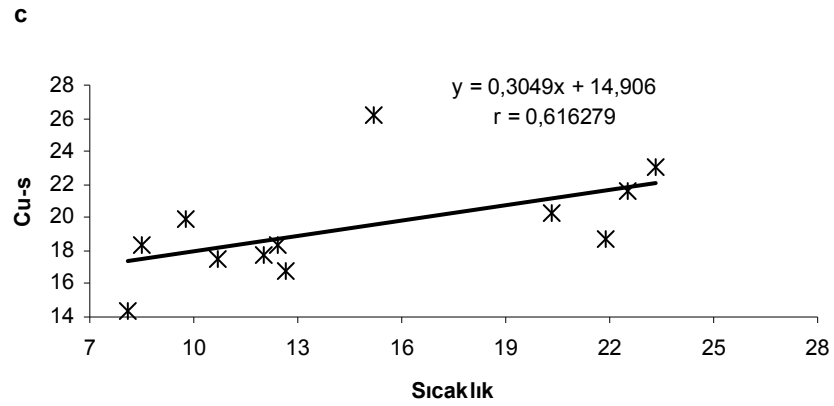
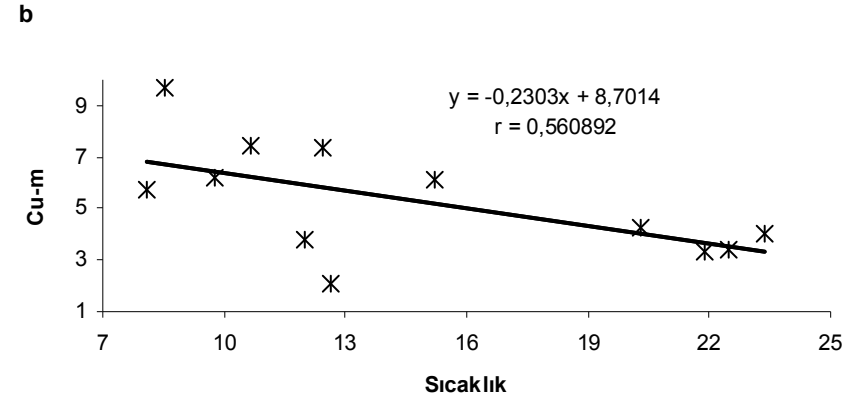
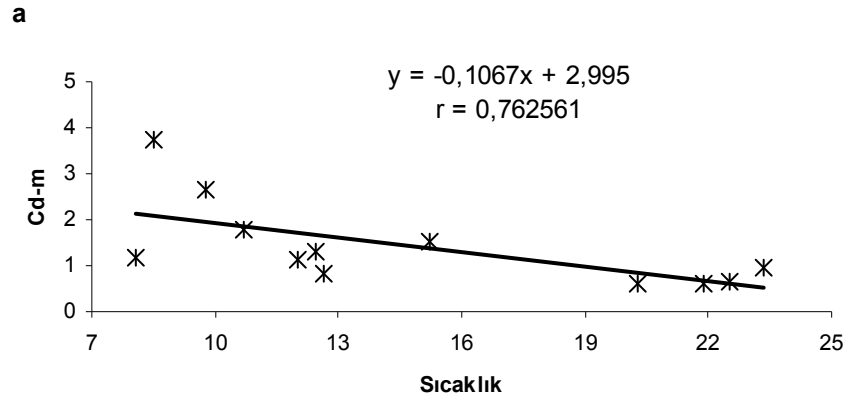
Sedimentte tespit edilen Cd, Cu, Pb ve Zn derişimlerindeki ilişkilere bakıldığında, Pb ile Cd arasında negatif yönde güçlü bir ilişki ($p<0.01$), Zn ile Cd arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki ($p<0.001$), Zn ile Pb arasında negatif yönde bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Bunun yanı sıra Zn-s ile Zn-a arasında pozitif yönde bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.001$).

Midyede tespit edilen Cd, Cu, Pb ve Zn derişimleri incelendiğinde, Cd ile Cu arasında çok güçlü ($p<0.001$), Cd ile Pb, Cd ile Zn ve Cu ile Zn arasında pozitif yönde güçlü ($p<0.01$) bir ilişki bulunmuştur. Pb ile Zn arasında ise zayıf bir ilişki tespit edilmiştir ($p\leq 0.05$).

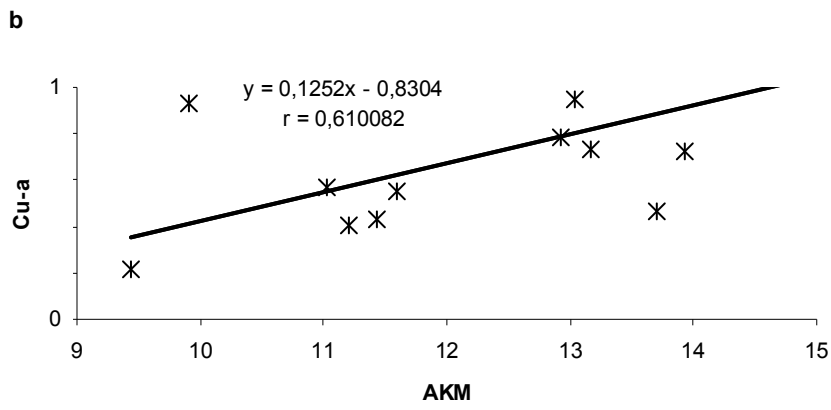
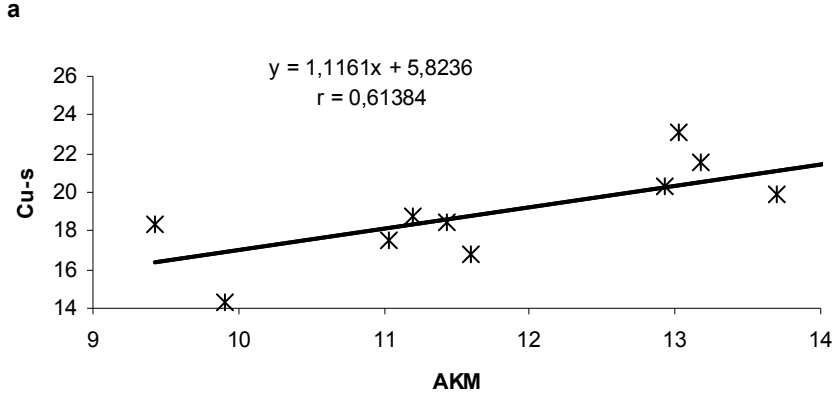
Çizelge 4.4.1. Deniz suyundaki fizikokimyasal parametreler; S, sıcaklık; T, tuzluluk; O, oksijen; pH ile AKM, YOM, Et ve midyede Cd, Cu, Pb, Zn (Cd-m; Cu-m; Pb-m; Zn-m; Sedimentte (Cd-s; Cu-s; Pb-s; Zn-s) ve AKM'de (Cd-a; Cu-a; Pb-a; Zn-a) ölçülen iz elementler arasındaki korelasyon matrisi

	S	T	O	pH	AKM	YOM	Et	Cd-m	Cu-m	Pb-m	Zn-m	Cd-s	Cu-s	Pb-s	Zn-s	Cd-a	Cu-a	Pb-a
T	0.090																	
O	-0.545	0.123																
pH	-0.017	0.165	0.045															
AKM	0.369	-0.332	0.101	-0.139														
YOM	0.191	0.160	0.136	-0.376	0.527													
Et	0.278	-0.195	0.022	-0.035	-0.129	-0.273												
Cd-m	-0.653*	-0.153	0.416	-0.212	-0.324	-0.280	0.056											
Cu-m	-0.602*	-0.039	0.358	0.144	-0.453	-0.495	-0.146	0.828***										
Pb-m	-0.218	-0.181	0.159	-0.549	-0.153	-0.074	0.197	0.794**	0.454									
Zn-m	-0.246	-0.081	0.042	0.073	-0.324	-0.486	0.060	0.802**	0.825**	0.692*								
Cd-s	-0.244	-0.208	0.137	0.292	-0.133	-0.230	-0.186	-0.003	0.407	-0.358	0.060							
Cu-s	0.559*	-0.358	-0.062	-0.216	0.595*	0.244	0.242	-0.057	-0.057	0.160	0.164	0.219						
Pb-s	0.687**	0.090	-0.262	-0.290	0.350	0.214	0.383	-0.264	-0.544	0.296	-0.044	-0.658**	0.357					
Zn-s	-0.213	0.152	0.445	0.349	-0.053	-0.092	-0.182	-0.108	0.293	-0.481	-0.139	0.844***	0.112	-0.598*				
Cd-a	0.019	-0.142	0.191	-0.161	0.015	-0.394	0.429	0.412	0.170	0.561	0.388	-0.613	-0.040	0.399	-0.508			
Cu-a	0.112	-0.017	-0.074	-0.081	0.582*	0.533	-0.715***	-0.446	-0.438	-0.261	-0.449	-0.090	0.003	0.149	-0.029	-0.315		
Pb-a	-0.275	-0.533	0.137	0.285	-0.040	-0.633*	0.427	0.519	0.425	0.347	0.513	-0.068	0.004	-0.091	-0.165	0.656*	-0.434	
Zn-a	-0.183	-0.006	0.033	0.026	-0.477	-0.192	-0.064	0.069	0.426	-0.204	0.072	0.808***	0.078	-0.649*	0.659*	-0.525	-0.369	-0.249

Not: * : ilişki ($p \leq 0.05$)
** : güçlü ilişki ($p \leq 0.01$)
*** : çok güçlü ilişki ($p \leq 0.001$)
- : negatif ilişki

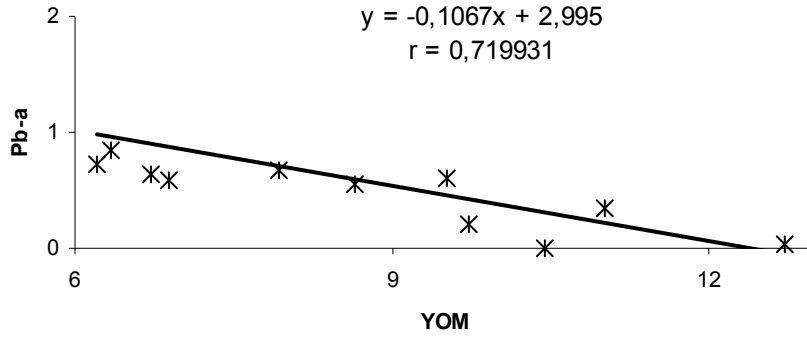


Şekil 4.4.1. a,b,c,d'de sıcaklık ile Cd-m, Cu-m, Cu-s, Pb-s arasındaki ilişki grafiği

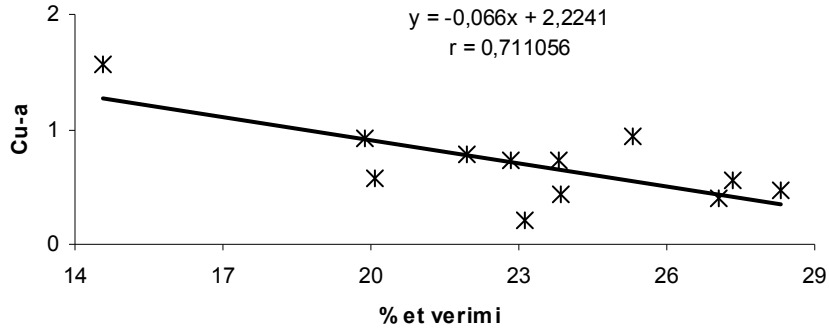


Şekil 4.4.2. a,b şekillerinde AKM ile (Cu-s), (Cu-a) arasındaki ilişki grafiği

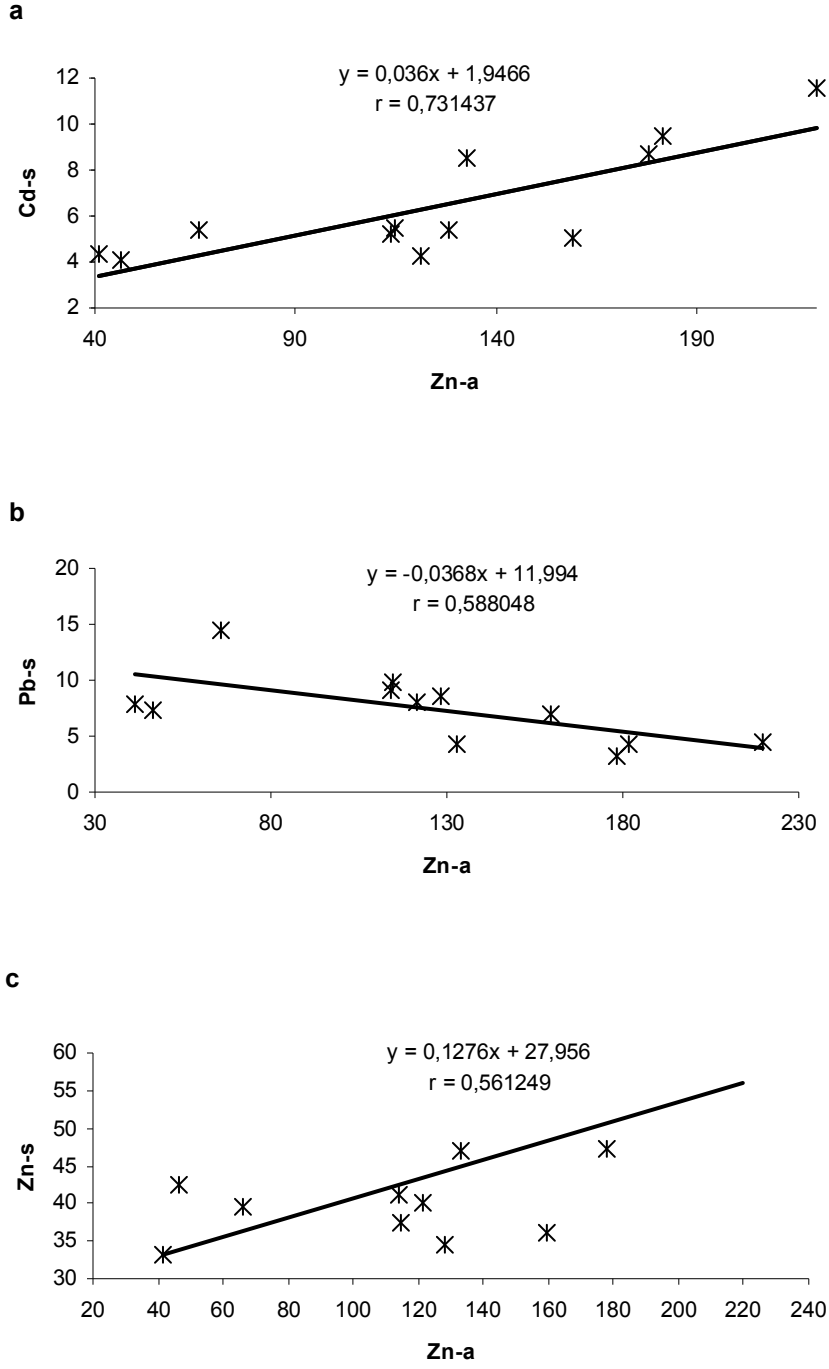
a



b



Şekil 4.4.3. a'da YOM ile (Pb-a), b'de ise et verimi oranı (%) ile (Cu-a) arasındaki ilişki grafiği



Şekil 4.4.4. a'da (cd-s) ile (Zn-a), b'de (Pb-s) ile (Zn-a) ve c'de ise (Zn-s) ile (Zn-a) arasındaki ilişki grafiği

5. TARTIŞMA

Uzun halat sistemlerinde yetiştirilen midyelerdeki iz element değişimleri ile ilgili olarak yurt dışında yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Mevcut çalışmalardan; Borchardt ve ark., (1988); Saavedra ve ark., (2004); Otero ve ark., (2005)'nin çalışma konusu daha çok sal sistemlerinde yetiştirilen midyelerde ve sedimentteki iz element değişimleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye'de ise bu konu ile ilgili herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Ülkemizde yapılan çalışmaların genel içeriği daha çok, biyotadan örneklenen türlerdeki ağır metal kirliliğinin tespiti üzerinedir. Karadeniz'in Sinop Yarımadası İç Liman mevkiinde yürütülen bu çalışmanın amacı, yetiştiriciliğin düşünüldüğü ve uzun halat sisteminin kurulduğu ortamın, metal kirliliği yönünden (midye, sediment, AKM) incelenerek, Karadeniz için alternatif bir tür olan midye yetiştiriciliği potansiyelinin değerlendirilmesidir.

Sinop Yarımadası'nda kentsel nitelikli atık sular, hiçbir arıtma olmadan denize deşarj edilmektedir. Bölgedeki deniz kirliliğinin başlıca nedenleri ise; evsel nitelikli atık sular, deniz araçlarının oluşturduğu kirlilik, evsel katı atıklar (düzensiz çöp depolama alanından rüzgar, kayma gibi nedenlerle denize dökülen atıklar) ve balıkçılık faaliyetleri sonucu oluşan atıklardır (Bat ve ark., 1999; Bat ve ark., 2000; Türk Çulha, 2007; Anonim, 2007a). Besin değeri olarak zengin içeriğe sahip midyeler, suyu filtre (süzerek) ederek beslendikleri için, buldukları ortamlara kıyasla daha yüksek miktarlarda kimyasalları biriktirebilmektedirler (Oliver ve ark., 2001). İnsan tüketimi ve sağlığı açısından önemli olan bu durum, yetiştiricilik alanında pek çok kalite standardının araştırılmasını gerektirmektedir. Bu amaçla, yetiştiriciliğin düşünüldüğü bölgenin uygunluğunun yanı sıra ulusal ve uluslararası limit değerler dikkate alınarak sonuçlar değerlendirilmiş ve elde edilen veriler ışığında bölgede daha önce yapılmış olan diğer iz element konsantrasyonları ile farklı denizlerde yapılmış olan çalışmalar karşılaştırılarak benzerlikler ya da farklılıklar ortaya konulmuştur.

5.1. Deniz Suyunun Fizikokimyasal Parametreleri

Yetiştiriciliğin yapıldığı alandaki kirlenme durumunu ve deniz suyunun yetiştiriciliğe olan uygunluğunu belirleyebilmek amacıyla, uzun halat sisteminde fiziksel parametrelerden sıcaklık, kimyasal parametrelerden tuzluluk, oksijen, pH ölçümleri düzenli olarak her ay gerçekleştirilmiştir (Ek-6). Sinop Yarımadası kıyılarında, su örneklerinde fizikokimyasal parametreler ve sediman örnekleri üzerine

bireysel ya da kurumsal olarak yapılmış pek çok çalışma mevcuttur (Gönlügür ve ark., 1995; Gündoğdu ve Erdem, 1998; Çulha ve ark., 2000; Alkan ve ark., 2004; Türk Çulha, 2007; Gökkurt, 2007; Çulha ve Türk Çulha, 2010). Bu çalışmalar oldukça geniş kapsamlı olup pek çok fizikokimyasal parametre değerleri incelenmiştir. 2009-2010 dönemine ait bu çalışmada, İç Liman mevkiinde ölçülen parametre değerleri ile özellikle son zamanlarda yapılan çalışmalar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda benzerlikler ve farklılıklar değerlendirmeye alınmıştır.

Deniz suyunun bileşimini etkileyen pek çok parametre (sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk, pH, alkalinite, elektriksel iletkenlik, çözülmüş gazlar, besleyici ve inorganik elementler) bulunmaktadır (Alkan ve ark., 2004). Bu parametrelerden sıcaklık ve tuzluluğun, suların birçok fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkileri vardır (Sunlu, 1994). Özellikle deniz suyunun sıcaklığı, midye yetiştiriciliğini etkileyen en önemli faktörün başında gelmektedir (Okumuş ve Stirling, 1994; Rajagopal ve ark., 1998). Okyanus ve denizlerin yüzey suyu sıcaklıkları günlük ve yıllık değişimler göstermektedir. Yüzey sularındaki günlük değişimler, güneş ışınlarının şiddeti ve süresi ile suların karışım durumlarına bağlı olarak meydana gelir. Yıllık değişimler ise, güneş ışınlarının mevsimsel değişimlerine, deniz ve atmosfer arasında oluşan, ısı alışverişini etkileyen hakim rüzgarlara ve akıntılara bağlıdır (Kocataş, 2004).

Çalışmada Mart 2009 yılından itibaren ölçülen aylık verilere göre, hava sıcaklığına bağlı olarak deniz suyu sıcaklığının, Şubat-Mart aylarında minimum sıcaklıklarda (8.07-7.84 °C) olduğu görülmektedir. Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları deniz suyunun ısınma sürecini, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak ayları ise deniz suyunun soğuma sürecini teşkil etmektedir. Yıllık ortalama su sıcaklığı, 14.48±1.71 °C olarak saptanmıştır. Bu verilere göre, 2 Haziran 2008 tarih ve 26894 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştigi Sulara İlişkin Kalite Standartları Hakkında Tebliğ” gereğince, midye yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgenin optimum sıcaklık aralığının 12°C-30 °C olması gerektiği belirtilmiştir (Çizelge 5.1.1; 5.1.2). Çalışmanın sonuçlarının Gosling, (1992) göre midyeler için belirtilen optimum sıcaklık aralığında olduğu tespit edilmiştir (8 °C ile 26 °C). Çelik (2011)’in aynı bölge ve istasyonda tespit etmiş olduğu ortalama deniz suyu sıcaklık değeri (15.47 °C), çalışmanın verileri ile de uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 5.1.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nce belirlenen deniz suyunun genel kalite kriterleri

Parametre	Kriter
pH	6.0-9.0
Renk ve bulanıklık	Doğal
Yüzer madde	-
Askıda katı madde (mg/L)	30
Çözünmüş oksijen (mg/L)	Doygunluğun % 90’ından fazla
Ham petrol ve petrol türevleri (mg/L)	0.003
Zehirlilik	Bulunmayacak
Fenoller (mg/L)	0.001
Çeşitli ağır metaller	Kriter
Bakır, (mg/L)	0.01
Kadmiyum, (mg/L)	0.01
Krom, (mg/L)	0.1
Kurşun, (mg/L)	0.1
Nikel, (mg/L)	0.1
Çinko, (mg/L)	0.1
Civa, (mg/L)	0.004
Arsenik, (mg/L)	0.1
Amonyak, (mg/L)	0.02

(SKKY, 2004)

Çizelge 5.1.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği’nce belirlenen “Midye Yetiştiriciliği” için su kalite kriterleri

Parametre	Kriter
Sıcaklık (°C)	12-30
Çözünmüş oksijen (mg/L)	≥5
Tuzluluk (‰)	10-37
pH	6.5-8.5
Askıda katı madde (AKM) (mg/L*)	5-80
Kadmiyum (mg/L*)	<0.01
Bakır (mg/L*)	<0.1
Kurşun (mg/L*)	0.025-0.1
Çinko (mg/L*)	0.03-0.1

* İhtiyaç duyulduğunda aranılacak parametreler (SÜY, 2006)

Deniz sularını diğer doğal sulardan ayıran en önemli özellik tuzluluktur. Suların tuzluluğunu arttıran faktörlerin başında buharlaşma, deniz suyunun donması, vertikal yöndeki karışımlar, azaltan etkenler ise yağışlar, buzların çözülmesi, daha az tuzlu buzlu su tabakalarıyla olan vertikal karışımlar ve özellikle kıyı bölgelerdeki sularda etkili olan nehir sularının karışımıdır (Kocataş, 2004). Uzun halat sisteminde yaz, kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki tuzluluk değerleri sırasıyla ‰ 17.70, ‰ 17.61, ‰ 17.56, ‰ 17.37 olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama deniz suyu tuzluluk değeri ise, ‰ 17.56±0.07’dir. Sistemden elde edilen verilerin, tebliğ gereğince, midyeler için

optimum tuzluluk aralığı olarak belirtilen ‰ 10-37 tuzluluk aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.1.2). Çelik'in (2011) aynı bölge ve istasyonda tespit etmiş olduğu deniz suyu ortalama tuzluluk değeri (‰ 17.68), çalışmanın verileri ile uyum göstermektedir.

pH'in su ortamındaki biyolojik olaylara ve sıcaklığa bağlı olarak mevsimsel hatta günlük değişimler gösterdiği de bilinmektedir (Kocataş, 2004). Deniz suyunun belirlenmiş normal değeri 8.1 ± 0.2 olup, 8.2-8.7 arasında değişim göstermektedir. Derinliğin artışına bağlı olarak pH değerlerinde de azalma olmaktadır (Güven, 2005). Deniz suyunda kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ölçülen deniz suyundaki mevsimsel ortalama pH değerleri sırasıyla; 8.74, 8.59, 8.57, 8.47 şeklindedir. Yıllık ortalama pH değeri ise 8.31 ± 0.05 'tir. Elde edilen verilere göre, tebliğ gereğince (Çizelge 5.1.1; 5.1.2), midyeler için optimum pH aralığı olarak belirtilen 6.5-8.5 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Oksijen, karasal ortamda olduğu gibi denizel ortamda da çözünmüş gazlar içinde en önemlisidir. Deniz suyu içersindeki çözünmüş oksijen miktarı 0-10 mg/L arasında değişim göstermektedir. Oksijenin mevsimsel değişimleri sıcaklık ve biyolojik olaylara bağlıdır. Genellikle yaz mevsiminde, sıcaklık artışına paralel olarak yüzey tabakalarında oksijen konsantrasyon miktarı azalma eğilimi göstermekte, buna karşın kış aylarında artmaktadır (Kocataş, 2004). Araştırma sonucunda elde edilen çözünmüş oksijen konsantrasyon değerleri incelendiğinde, sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde oksijen miktarında azalmaların olduğu belirlenmiştir. Deniz suyunda ilkbahar, kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ölçülen çözünmüş oksijen değerleri sırasıyla; 8.55, 7.24, 6.20, 5.51 mg/L şeklindedir. Yıllık ortalama oksijen değeri ise, 7.00 ± 0.62 mg/L'dir. Uzun halat sisteminde ortalama mevsimsel oksijen değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde, ilkbahar mevsiminde farklılık belirlenmiş ($p<0.05$), diğer mevsimler arasındaki değişimler istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Oluşan bu farklılık, biyotik olayların (fotosentez ve solunum) hızındaki değişimlerin etkisi ile olabileceği gibi abiyotik faktörlerin (su sıcaklığı, tuzluluk, yüzey tabakası) etkisiyle de oluşabilmektedir. Tebliğ gereğince, midyeler için optimum oksijen değerinde olduğu tespit edilmiştir.

Deniz suyunda belirlenen fizikokimyasal parametre (sıcaklık, oksijen, tuzluluk ve pH) değerleri ile ilgili önceki çalışmalar incelendiğinde, Ataç ve ark., (1997) ve Gökçurt, (2007) çalışmalarında, Sinop Yarımadası kıyısal alanlarındaki kirli noktaları tespit etmek amacıyla belirlenmiş farklı istasyonlardan deniz suyunda ölçülebilen

kirlilik parametreleri incelenmiştir. Bu istasyonlardan özellikle Tersane (İç Liman bölgesi) ve Pazaryeri altı (Dış Liman; kanalizasyon atıklarının deşarj noktası) olarak adlandırılan alanlarda, karasal kökenli ve insan aktivitelerinden kaynaklı organik kirliliğin yoğun şekilde oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bat ve ark., (2001)'nin Sinop Dış Liman mevkiinde, deniz suyunda belirledikleri fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık değerleri, uzun halat sisteminden elde edilen veriler ile uyum gösterirken, tuzluluk, pH ve oksijen değerleri sistemdeki verilerin sonuçlarından daha düşüktür. Bat ve ark., (2001)'nin seçmiş oldukları Dış Liman istasyonu, iki farklı noktadan denize etkisi olan kirlilik kaynaklarının bulunduğu kıyıs alandır. Bunlardan ilki, geçmişte şehir deşarjının (kanalizasyon) atıklarının döküldüğü (Çukurbağ altı) ve depolandığı alan olup, 2002 yılından itibaren farklı bir noktaya nakledilmiştir. Diğer istasyon ise şehir kanalizasyon sularının hiçbir arıtılma yapılmadan direkt olarak denize deşarj edildiği Pazaryeri altı istasyonudur. Bat ve ark., (2001)'nin çalışmaları göz önüne alındığında bu bölgede oksijen değerlerinin düşük çıkma nedeninin, bu iki istasyonun kıyıs alanda yarattıkları kirlilikten kaynaklı olma olasılığını güçlendirmektedir. Yakın zamanda gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, Sinop İç Liman mevki kıyıs alanında yapılan ölçümler sonucunda çözünmüş oksijen değeri 2.8-6.5 mg/L arasında olduğu bildirilmiştir (Gökkurt, 2007). Sistemden ölçülen oksijen değerlerinin açık denizde 13 m derinli kte ölçüldüğü için, elde edilen ortalama değeri 7.00 mg/L'dir.

Egemen ve Başaran (2002)'nin Samsun kıyıs alanı deniz suyunda belirledikleri fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık değerleri uzun halat sistemi verilerinden yüksek, ancak tuzluluk, pH ve oksijen değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Ege Denizi sularının özellikleri ile karşılaştırdığımızda ise, Atılğan ve Egemen (2001)'nin Güllük ve Homa Lagünü parametre değerleri ile Durallı (2005)'nin Urla Limanı parametre değerleri, farklı iki denizin karakteristik özelliklerini ortaya koymaktadır. Özellikle deniz suyunun tuzluluk ve sıcaklık değerlerinin yüksek, oksijen ve pH değerlerinin ise paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Fizikokimyasal sonuçlarının diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında bu farklılığın, deniz suyu örnekleme derinliklerinin farklı olması, örneklemenin yapıldığı zamanın, bölgeye ait çevresel faktörlerin etkisinden kaynaklandığı ifade edilebilir (Çizelge 5.1.3).

Çizelge 5.1.3. Karadeniz ve Ege Denizi kıyısularda ölçülen fizikokimyasal parametreler ve YOM ile AKM ortalama değerlerinin karşılaştırılması

Denizler	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	pH	Oksijen (mg/L)	AKM (mg/L)	YOM (%)	Ref
Karadeniz Sinop Kıyıları	6.60-24.50	17.3-19.3	8.14-8.30	7.64-9.87	--	--	1
Karadeniz Sinop/İç Liman	20.9-24.5	17.8-18.2	8.12-8.26	4.64-7.90	--	--	2
Karadeniz Sinop Kıyıları	--	--	--	--	--	1.5-2.7	3
Karadeniz Sinop/Dış Liman	8.1-23.9	13.4-14.1	6.63-8.1	5.17-6.48	--	0.4-2.0 *(6.6-8.7)	4
Karadeniz Samsun	26.0-28.0	16.67-16.97	8.29-8.35	6.0-7.2	1.5-2.5	--	5
Karadeniz Sinop/İç Liman	7.1-25.0	13.9-16.0	--	--	1.9-13.6 5.9 **(2.67)	--	6
Karadeniz Sinop Kıyıları	--	--	--	--	--	0.67-3.87	7
Karadeniz Sinop/Tersane	10.2-26.9	13.0-18.0	6.6-8.9	2.8-6.5	110-550 (2.1-13.1) **	0.65-2.6	8
Karadeniz Trabzon/Yomra	8.80-28.06	17.69	7.8-8.4	9.15±1.13	--	--	9
Ege Denizi Güllük Lagünü	9.6-28.5	7,50-16.38	7.35-8.48	4.1-9.25	--	7.33-13.46	10
Ege Denizi Homa Lagünü	10.2-28	40.36-70.20	7.6-8.2	4.0-8.0	--	12.36-16.24	10
Ege Denizi Urla Limanı	13.5-27.5	32.18-38.40	7.5-8.4	5.8-9.2	--	1.59-11.89	11
Karadeniz Sinop/İç Liman	Min.-Mak. 7.84-24.9 Ortalama 14.48	Min.-Mak. 17.03-17.85 Ortalama 17.56	Min.-Mak. 8.31-8.97 Ortalama 8.59	Min.-Mak. 3.41-11.4 Ortalama 7.00	Min.-Mak. 9.43-14.75 Ortalama 11.99 **(4.81)	Min.-Mak. 6.21-12.72 Ortalama 8.60	12

(--): Ölçüm yapılmadı; (*): Sedimentteki organik madde mg/L; (**): Sudaki organik madde mg/L
Referanslar: 1. Gönülgür ve ark., 1995; 2. Gündoğdu ve Erdem 1998; 3. Çulha ve ark., 2000;
4. Bat ve ark., 2001; 5. Egemen ve Başaran, 2002; 6. Karayücel ve ark., 2003b; 7. Türk Çulha, 2007;
8. Gökçurt, 2007; 9. Alkan ve ark., 2004; 10. Atılğan ve Egemen, 2001; 11. Durallı, 2005;
12. Mevcut çalışma

5.2. AKM, POM, PİM, YOM (%) ve Et Verimi Oranı (%)

Askıda katı madde (AKM), nehir ağızlarındaki ve denizlerdeki biyojeokimyasal döngülerde önemli bir rol oynamaktadır. Toplam askıda katı maddedeki element kompozisyonu, özellikle yakın kıyı dip sularının etkisi, yüzey suyu ve atık sulardan gelen girdiler, sediment yüzeyi ve su kolonunda meydana gelen fizikokimyasal işlemler, birincil üretim ve sediment yapısında oluşan değişimlerden etkilenmektedir. Deniz suyundaki AKM konsantrasyonu 17.3-32.2 mg/L aralığında değişmektedir (Violintzis ve ark., 2009).

AKM, POM ve PiM'in yıllık ortalama değerleri sırasıyla; 11.99 ± 0.48 , 4.81 ± 0.39 , 7.18 ± 0.29 mg/L şeklindedir. Ataç ve ark. (1997), Karadeniz Bölgesi'nde su kirliliğine sebep olan faktörlerin belirlenmesi ve su ürünlerine etkilerinin araştırılması konulu çalışmasında, Sinop Yarımadası İç Liman mevkiinden örneklenen deniz suyundaki AKM değerinin 30 mg/L'yi aştığını ifade etmişlerdir. Farklı derinliklerde yaptıkları bu çalışmada, kıyı örneklerindeki AKM değeri 2.4-106.4 mg/L, 100 m'deki değeri 14-44 mg/L arasında ve 500 m'de açıktan alınan su örneklerindeki AKM değerini ise 10-38 mg/L olarak belirtmişlerdir. Mayıs ve Haziran ayları hariç belirlenen bu parametrelerin, özellikle evsel atıklar ve sanayi atıklarından kaynaklı olduğunu rapor etmişlerdir. Gökkurt (2007)'un Sinop İç Liman mevkiinde belirlediği değerler ise (110-550 mg/L) oldukça yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni olarak, dip yapısının durumu, tatlı su girdisinin zaman zaman etkili olması ve bazı dönemlerde kıyısız bölgelerde oluşan toprak kaymalarından kaynaklı olduğunu bildirmiştir.

AKM'nin mevsimsel değişimi sırasıyla; sonbahar (13.34 mg/L), yaz (12.93 mg/L), ilkbahar (11.90 mg/L) ve kış (11.23 mg/L) şeklindedir. En yüksek değer sonbahar mevsiminde belirlenmiştir. Gökkurt (2007) AKM'deki mevsimsel değişimi, yaz > sonbahar > kış > ilkbahar şeklinde tespit etmiştir. Bu araştırmanın mevsimsel sıralamasından farklı olarak, uzun halat sisteminde belirlenen mevsimsel AKM dağılımı, sonbahar > yaz > ilkbahar > kış şeklindedir. Bu mevsimsel sıralanış, Erüz ve ark., (2000)'nin Trabzon kıyılarında yapmış oldukları çalışma ile paralellik göstermektedir. Erüz ve ark. (2000)'a göre, AKM değerlerinin kıyılarda ve akarsu ağızlarına yakın bölgelerde daha fazla olduğunu, mevsimsel dağılımının ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde maksimum seviyelere yükseldiğini ifade etmişlerdir. Çelik (2011) araştırma bölgesindeki dip yapısının, balçık-çamur özellikte olduğunu ve genellikle kuvvetli dalga ve akıntılarla sedimentin yukarı doğru çalkalanarak suyu bulandırdığını rapor etmiştir. Yine aynı araştırmacı, sudaki AKM, POM ve PİM miktarlarının mevcut fitoplankton yoğunluğu ve kompozisyonundan bağımsız olarak değiştiğini ve AKM miktarındaki organik maddenin genel olarak detritus kaynaklı olabileceğini belirtmiştir. Deniz suyunun sediman kaynaklı bulanması, ortamın bentik ve pelajik besin kaynağı açısından zenginleştini göstermektedir (Machás ve ark., 2003). Resgalla ve ark. (2007)'a göre denizde dalgalar ve akıntılar nedeniyle sedimanın yukarı doğru çalkalanmasının askıda maddeyi büyük çapta etkilediğini belirtilmiştir. Bu değerlendirmeler, mevcut çalışmanın AKM değerlerindeki sonuçlarıyla benzer sebepleri içermektedir.

Sediment, genel olarak karasal ortamın aşınarak nehirler yoluyla deniz ortamına taşınması ve askıda katı taneciklerin dipteki birikimleri sonucu oluşur. Organik maddeler partikül ve çözülmüş halde denizel ortamda bulunmakta, karasal kökenli doğal ve insan kaynaklı kirletici (evsel ve endüstriyel atıklar) girdiler ise denizel ortam için ayrıca bir kaynak oluşturmaktadır (Aydın ve Sunlu, 2004). İç Liman mevkiinden örneklenen sediment örneklerindeki yıllık YOM miktarı % 8.60'tır. Sinop Yarımadası kıyılarında, YOM değerleri ile ilgili yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında; Bat ve ark., (2001)'nin farklı derinliklerden örnekleddikleri sedimentlerde, YOM miktarını % 0.4-2.0 arasında tespit etmişlerdir. Çulha ve ark. (2000)'nin Karakum, İç Liman, D.S.İ açıklarından alınan sediment örneklerinde belirledikleri YOM miktarı ise % 1.5-2.7 arasındadır. Türk Çulha (2007), istasyonlardan alınan sediment örneklerinin partikül analizi sonucunda tane büyüklüklerini de belirlemiştir. Buna göre, İç Liman istasyonunun (% 58.58) çok kaba kum, sınıfına girdiğini ve yapılan analizlerde YOM değerini % 1.78 olarak tespit etmiştir. Gökkurt (2007)'un Sinop kıyılarında belirlediği YOM miktarı % 2.6'dır. Ayrıca, sediment yapısının ince taneli, balçık kıvamında, kötü kokulu ve siyah renkte olduğunu, bununda sülfür ve yüksek organik madde içeriğinin bir göstergesi olduğunu ifade etmiştir. İç Liman mevkiinden örneklenen sedimentlerdeki YOM değerleri ile belirtilen çalışmaların YOM verileri karşılaştırıldığında, sonuçların yüksek olduğu görülmektedir. İç Liman mevkiinin dip yapısı kıydan itibaren kademeli olarak artmaktadır. Kıyı alandaki sediment yapısı ince çakıl-kum özelliği gösterirken, derin bölgeler silt-çamur tabakasıyla kaplıdır. Denizin dalgalı olduğu dönemlerde, denize doğru sürekli toprak kayması gözlenmekte ve sediment yapısı silt-çamur şeklinde dipte birikmektedir (Çulha, 2004). Bu durum çalışmanın yapıldığı bölgenin dip yapısında görülmektedir, çünkü bölgenin dip yapısı (25 m) silt-çamur tabakasıyla kaplıdır.

Mevsimplere göre İç Liman mevkiindeki YOM değerlerinin mevsimsel sıralanışı; yaz (% 9.53), ilkbahar (% 9.22), sonbahar (% 9.21) ve kış (% 6.42) şeklindedir. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda mevsimsel YOM değerlerini incelediğimizde; Gökkurt (2007)'un çalışmasında İç Liman mevkiindeki mevsimsel sıralama, yaz > sonbahar > ilkbahar > kış şeklindedir. Elde edilen sonuçlar, Gökkurt (2007)'un mevsimsel sıralaması ile paralellik göstermektedir. Ege Denizi'nde yapılmış olan çalışmalarla kıyasladığımızda, Aydın ve Sunlu (2004), Güney Ege Denizi'nde 5 m derinlikte örnekleddikleri sedimentlerde YOM miktarını % 16.8 olarak tespit etmişlerdir. Sakız Adası ile Çeşme arasında kalan bu bölgenin gemi trafiği yönünden son derece

yoğun, insan aktivitelerinden, Ildır Körfezi'ndeki balık çiftliklerinden, karasal kökenli girdilerden, bölgedeki rüzgar ve su hareketlerinden etkilenerek organik maddenin sedimentte biriktiğini rapor etmişlerdir. Ege denizi Çandarlı Körfez'inde yapılan bir çalışmada, YOM (% 3.53-16.14) miktarında görülen artışın karasal kaynaklı organik maddeler ve yoğun liman aktivitelerinden kaynaklı olabileceği belirtilmiştir (Taş ve ark., 2007). Ege Denizi'nde yapılan çalışmalar ile elde edilen veriler karşılaştırıldığında, tespit edilen organik madde birikiminin bölgeye, farklı kirlilik kaynaklarının (sanayi, tarım v.s.) yoğun olmasına bağlı olarak değişiklik gösterirken, insan aktivitesi ve gemi trafiği yoğunluğu faktörleri ile benzerlikler göstermektedir.

Bu çalışmada yetiştirilen midyelerdeki et verimini incelediğimizde, et veriminin ortamdaki besin miktarı, gonadların olgunlaşması ve yumurtlama ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Nisan 2009'da % 28.31 olan et veriminin Mayıs ayında % 14.57'ye düştüğü belirlenmiştir. Bu durumun, birinci yumurtlamanın gerçekleştiği zamanı gösterdiği tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz aylarında ortamdaki mevcut besin miktarının bol olması nedeniyle haziran ayından itibaren midyelerin, boşalan gonadlarını hızla doldurduğu belirlenmiştir (EK-1). Eylül ve Ekim aylarında ise ikinci bir yumurtlama gözlenmiştir. Sıcaklığın kış aylarında bile midyeler için optimum sıcaklık (8-26 °C) aralığı içerisinde kalması midyelerde metabolizmalarının sürekliliğini sağlamıştır. Yapılan birçok çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çelik (2011), midyelerde kondüsyon indeksinin ve et veriminin, besin rezervi, gonadların olgunlaşması ve yumurtlama ile yakından ilişkili olduğunu, en yüksek et veriminin ise yumurtlamadan hemen önceki dönemde elde edildiğini bildirmiştir. Strohmeier ve ark., (2008), sudaki besin miktarının arttığı bahar aylarında, et veriminde iki kat artış olduğunu ifade etmişlerdir. Okumuş ve Stirling (1998) ise kışın yumurtlamaya bağlı olarak et verimi ve kondüsyon indeksinin düştüğünü bildirmişlerdir.

5.2. AKM'deki İz Element

Deniz suyundaki konsantrasyonu 17.3-32.2 mg/L aralığında olan AKM'ler, nehir ağızlarındaki ve denizlerdeki biojeokimyasal (diğer organizmaların kullanması için mikroorganizmalar tarafından kimyasal elementlerin yeniden kullanılabilir hale getirilmesi) döngülerde önemli bir rol oynamaktadırlar (Violintzis ve ark., 2009). Toplam askıda katı maddedeki element kompozisyonu, özellikle yakın dip sularının etkisi, yüzey suyu ve atık sulardan gelen girdiler, sediment yüzeyi ve su kolonunda

meydana gelen fizikokimyasal işlemler, birincil üretim ve sediment yapısında oluşan değişimlerden etkilenmektedir (Violintzis ve ark., 2009). Bunların yanı sıra insan kaynaklı faaliyetler metal girdisi yönünden yüksek oranda katkı yaparken, toprağın yıkanması da (suların topraktan süzülerek geçmesi) nehirlerdeki ve doğal olarak denize ulaşan bu suların içeriğindeki pek çok elementin (Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Mn, Fe ve Zn) temel kaynağı olarak görülmektedir (Violintzis ve ark., 2009).

Sinop Yarımadası İç Liman mevkiinde örneklenen AKM'deki Zn, Cu, Pb ve Cd'daki metallerin konsantrasyonları; 119.997, 0.737, 0.638, ve 0.052 mg/kg'dır. Sinop kıyılarında, AKM'de iz element konsantrasyonları ile ilgili yapılan tek çalışma, Ünsal ve ark., (1997) "Batı Karadeniz'de ağır metal kirliliğinin karasal kaynaklarının belirlenmesi" adlı projedir. Bu projede, Ayancık ilçesi kıyısız alanından örneklenen AKM'lerdeki Cu ve Pb konsantrasyonları incelendiğinde, mevcut çalışmadan örneklenen AKM'lerdeki Cu ve Pb konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu görülmektedir.

Türkiye kıyıları ve farklı ülkelerin yapmış oldukları çalışmalardan; Balkıs ve ark., (2010) (Gökova Körfezi); Violintzis ve ark., (2009) (Thermaikos Körfezi); Türkmen ve Türkmen, (2004) (İskenderun Körfezi); Türkmen, (2003) (İskenderun Körfezi); Niencheski ve Baumgarten, (2000) (Patos Lagünü)'nin verileri incelendiğinde, mevcut çalışmada belirlenen AKM sonuçlarından oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 5.2.1). Sinop Yarımadası kıyılarında, deniz suyundaki iz element konsantrasyonları ile ilgili önceki yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Öztürk (1991) Sinop Yarımadası kıyısız alanından örneklediği deniz suyunda, Cd, Cu, Pb ve Zn iz elementlerini belirlemiştir. Karaalioğlu (2006)'nın Sinop kıyılarından örneklenen deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonlarına bakıldığında, iz element değerlerinin deniz suyunda giderek artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 5.2.2). Güven ve ark. (2007)'nin Karadeniz kıyılarından örnekledikleri deniz suyundaki ortalama iz element konsantrasyon değerlerinin (Cd, Mn, Zn ve Cr) yüksek olduğunu, bu elementlerden özellikle Cd'un, Karadeniz'in Türkiye kıyılarında yapılan çalışmalarda genellikle yüksek değerlerde olduğunu rapor etmişlerdir.

Çizelge 5.2.1. Sinop kıyıları ile Türkiye'nin ve dünyanın farklı denizlerinden örneklenen AKM'deki iz element konsantrasyonlarının (mg/kg) karşılaştırılması

Denizler	Bölge	Cd	Cu	Pb	Zn	Ref.
Karadeniz*	Sinop/Ayancık	--	2.10-60.0	4.17-33.0	--	1
Karadeniz**	Sinop/İç Liman	0.551	13.54	--	28.17	2
Karadeniz**	Sinop/İç Liman	0.177	9.58	--	33.92	2
Karadeniz	Sinop	0.13-0.50	0.255-0.40	0.01-1.5	--	3
Ege Denizi	Gökova Körfezi	0.12-0.73	1.8	0.07-0.39	--	4
Akdeniz	İskenderun Körf.	5.88-66.7	110-725	65-783	466-1547	5
Akdeniz	İskenderun Körf.	23.300	345.41	333.03	940.35	6
Akdeniz***	Çamlık Lagünü	1.16-17.06	24.61-31,21	30.97-49.02	1604-2295	7
Kuzey Ege Denizi	Thermaikos Körf.	0.1-66	32-81	38-223	60-244	8
Brezilya	Patos Lagünü	--	0.40-216.7	1.3-65.7	2.7-489.7	9
Kuzey Ege Denizi	Kavala Körf.	4.4	24	37.6	173	10
Karadeniz	Sinop/İç Liman	Min.-Mak. 0.003-0.194 Ortalama 0.052	Min.-Mak. 0.087-2.175 Ortalama 0.737	Min.-Mak. 0.009-2.378 Ortalama 0.638	Min.-Mak. 40.800-263.25 Ortalama 119.997	11

N.D. Ölçümler, duyarlılık sınırlarının altındadır; (--): Ölçüm yapılmamış; (*): Yaş ağırlık; (**): Zooplankton (***) Seston Referanslar: 1. Ünsal ve ark.,1992; 2. Bat ve Gündoğdu, 2003; 3. Balkıs ve ark., 2007a; 4. Balkıs ve ark., 2010; 5. Türkmen ve Türkmen 2004; 6. Türkmen, 2003; 7. Dural ve Göksu, 2006; 8. Violintzis ve ark., 2009; 9. Niencheski ve Baumgarten, 2000; 10. Kamidis ve ark., 2004; 11. Mevcut çalışma

Farklı bölgelerin deniz suyunda iz element seviyeleri ile ilgili yapılan bazı çalışmalar incelendiğinde; Altuğ ve Güler, 2004; Çevik ve ark., 2008; Balkıs ve ark., 2010; Atayeter ve Köksal 1998; Ayas ve ark., 2009; Türkmen, 2003'ün yaptıkları çalışmalarda Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının farklı sonuçlarda belirlenmesinin sebebinin, bölgeleri çevreleyen karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetlerden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 5.2.2. Sinop kıyıları ile Türkiye'nin farklı deniz sularında örneklenen iz element konsantrasyonlarının (mg/L) karşılaştırılması

Denizler	Bölge	Cd	Cu	Pb	Zn	Ref.
Karadeniz *	Sinop Kıyıları	0.017	0.018	0.019	0.017	1
Karadeniz	Sinop/İç Liman	N.D.	0.06	0.06	0.23	2
Karadeniz**	Samsun Kıyıları	7.0-41.0	--	64.0-93.0	24.0-239	3
Karadeniz **	Sinop	0.02-0.36	0.29-1.64	0.01	--	4
Karadeniz**	Kıyısız alan	0.31	1.74	<0.01	4.9	5
Karadeniz	İstanbul Boğazi	0.023	2.75	0.002	7.8	6
Karadeniz	Şile	0.04	0.97	0.02	3.7	6
Karadeniz	Dereköy	N.D.-0.04	0.61	0.71	2.77	6
Karadeniz	Melenağzı	N.D.-0.05	1.10	0.05	1.85	6
Karadeniz	Karaburun	N.D.-0.04	2.06	N.D.-0.01	5.15	6
Karadeniz	İğneada	N.D.-0.05	1.07	0.06	4.05	6
Karadeniz**	Çamburnu	3.8	4.436	134.8	1.836	7
Karadeniz**	Rize/Liman içi	N.D.	122	41.7	305	7
Karadeniz**	Rize/Liman dışı	N.D.	161	43.7	125	7
Karadeniz**	Çayeli	N.D.	414	50.6	359	7
Karadeniz**	Hopa	5.9	6.259	355.1	2.344	7
Marmara Denizi	Karacaali bölgesi	0.085-0.228	0.050-0.096	202-574	--	8
Ege Denizi**	Gökova Körfezi	0.19-3.26	<0.01-4.3	<0.01-2.26	4.9	9
Akdeniz**	Mersin Körfezi	0.15-0.44	--	2.24-14.20	--	10
Akdeniz	İskenderun Körf.	0.0550	0.0652	0.6173	0.0709	11

N.D. Ölçümler, duyarlılık sınırlarının altındadır; (*):µg/ml; (**):µg/l

Referanslar: 1. Öztürk, 1991; 2. Karaalioglu, 2006; 3. Bakan ve Böke Özkoç, 2007; 4. Balkıs ve ark., 2007a; 5. Güven ve ark., 2007; 6. Altuğ ve Güler, 2004; 7. Çevik ve ark., 2008; 8. Atayeter ve Köksal, 1998; 9. Balkıs ve ark., 2010; 10. Ayas ve ark., 2009; 11. Türkmen, 2003.

Yapılan pek çok çalışmada, AKM'deki iz element konsantrasyonlarının mevsimsel farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Akçay ve ark., 2003; Turgut, 2003; Türkmen ve Türkmen, 2004). Bu çalışmada, mevsimsel olarak AKM'de Cd, Pb ve Cu konsantrasyonlarının en yüksek ilkbahar mevsiminde, en düşük ise Cd ve Cu'nun kış mevsiminde, Pb'nun ise sonbahar mevsiminde biriktiği belirlenmiştir. Zn'nun ise en yüksek kış mevsiminde, en düşük ise ilkbahar mevsiminde biriktiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar bize, Sinop İç Liman mevkiinde belirlenen AKM'deki metal konsantrasyonlarının ilkbahar ve sonbahar aylarında arttığını, kış ve yaz aylarında azaldığını göstermiştir. Yalnızca, Zn konsantrasyonunun mevsimler arasındaki farklılıkları istatistiksel açıdan önemli ve kış mevsiminde yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Dural ve Göksu (2006), seston (deniz suyunda dalga veya diğer akıntılarla hareket eden çok küçük cansız maddelerle, mikroskobik bitki ve hayvanlardan oluşan heterojen bir topluluk) örneklerinde Cd konsantrasyonunun mevsimler arasında farklılık yarattığını, Cd ortalamalarının kışın, diğer mevsimlere göre daha yüksek bulunduğunu, genelde birikimlerin daha çok kış mevsimi ve yağışlı olan bahar aylarında olduğunu

ifade etmişlerdir. Türkmen ve Türkmen (2004) İskenderun Körfez’inde yer alan istasyonlardan alınan AKM’deki iz element konsantrasyonlarının mevsimlere göre değişim gösterdiğini ve Cd, Pb, Cu ve Zn’nun kış mevsiminde yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut çalışmanın sonuçları her iki çalışmaylada benzerlik göstermektedir. Kuzey Alboran Denizi’nde yapılan bir çalışmada ise AKM’ye tutunmuş metallerin sonbahar ve kış dönemlerinde dip sedimentine çökmesiyle azalma olduğunu, yaz boyunca Zn konsantrasyonunun yüksek belirlendiğini, Pb konsantrasyonunun da belli bir zaman sonra Zn gibi artış gösterdiğini belirtmişlerdir (El Khatab ve ark., 2004). Metal miktarlarının ilkbahar ve yaz mevsiminde artmasının sebebinin, eriyen kar suları ve artan nehir debilerinin fitoplankton artışına etken olmasının, sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde deniz suyunda meydana gelen buharlaşmanın yine sonbahar ve kış mevsimindeki artış sebebinin ise, yağışların bu aylarda yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü yağışlar, toprağın yağmur sularıyla yıkanarak, karasal ortamda mevcut bulunan metallerin denizel ortama taşınmasında önemli bir etkidir (Niencheski ve Baumgarten, 2000; Kar ve ark., 2008).

Bir diğer çalışmada, Gökova Körfez’inden seçilen istasyonlardan AKM’deki metal konsantrasyonlarının aylara göre değişiklik gösterdiğini, özellikle yağışlı dönemlerde artan nehir girdisi ile doğal ve antropojenik kirliliğin karalardan deniz ortamına taşındığını, bunun da iz elementlerden Pb, Cd konsantrasyonlarının artışına neden oluşturabileceğini bildirmişlerdir (Balkız ve ark., 2010). Karaalioglu (2006), İç Liman istasyonunda ölçülen en yüksek iz elementin Zn olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca, mevsimlere bağlı olarak iz element konsantrasyonlarında değişimler olduğunu, Cu ve Zn’nun ilkbahar mevsiminde, Pb’nun ise yaz mevsiminde artış gösterdiğini belirtmiştir. İlkbahar mevsiminde metallerde (Cu, Zn) oluşan artış sebebinin, arıtılmamış atık suların direkt olarak denize deşarjı ve antropojenik etkenlerden kaynaklı olduğunu ifade etmiştir. Avustralya kıyısız alanında yapılan diğer bir çalışma incelendiğinde, sestondaki ağır metal düzeylerinin mevsimlere göre değiştiği ve kış dönemindeki metal miktarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Edwards ve ark., 2001). Bu değerlendirmeler, mevcut çalışmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir.

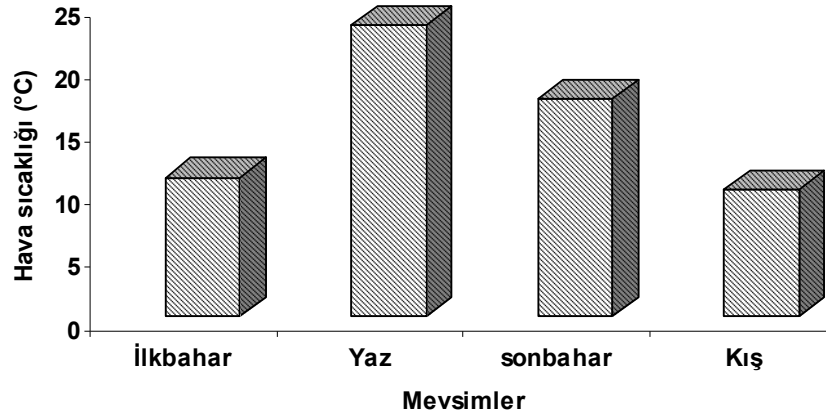
Deniz suyunda ölçülen en yüksek konsantrasyonlu element Pb’dur. Deniz suyunda Pb konsantrasyonlarının yüksek olma sebebinin, yüzey sularına gelen atmosferik düşüşler ile belediye atıkları, kanalizasyon deşarjı ve belli dönemlerde artan nüfusa bağlı olarak oluşan kirlilikten kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Sunlu ve Egemen (1998), İzmir İç Körfez’de belirlenen farklı organizmalardaki yüksek Pb

konsantrasyonunun, motorlu taşıtların egzoz gazlarından atmosfere ulaşan Pb miktarındaki artışa ve atmosferde artan Pb'un denizel ortama ulaşmasından kaynaklandığını belirtmektedirler. Atmosfer girdisi ile ilgili bir diğer çalışma ise, Ünsal ve ark., (1997) farklı örneklerde elde edilen sonuçlarda, en fazla belirlenen element Pb olup, atmosfer kaynaklı girdi sebebiyle suya geçen Pb partiküllerinin, deniz suyunda mevcut olan Pb ile birleşerek, sudaki konsantrasyonunun artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, Karadeniz suyundaki Pb miktarlarının önemli bir bölümünün (% 42) AKM'ye tutunmuş halde bulunduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları başka bir çalışmada ise, denizlerdeki Pb girdisinin atmosfer kaynaklı olduğunu rapor etmişlerdir (Ünsal ve ark., 1995). Marmara Denizi sedimentlerinde yapılan başka bir çalışmanın sonuçları da bu düşünceyi desteklemektedir (Algan ve ark., 2004).

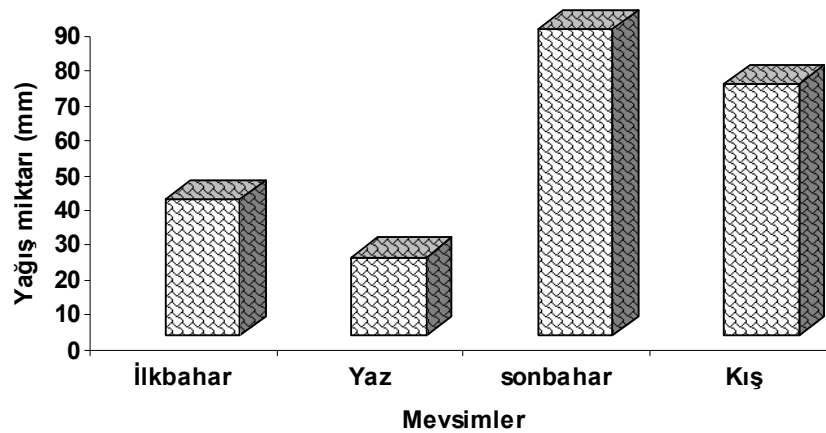
Deniz ortamına giren kirletici maddelerin çoğu karasal kaynaklıdır. Bunlar karadan denizlere; akarsular, yağmur ve kıyı bölgelerdeki atıklar ile taşınır. Denizlerdeki ağır metallerin en önemli kaynağı ise nehirlerdir. Sularda meydana gelen birikim, çözünme şeklinde olabileceği gibi, çözünmeden suların dibinde çökme şeklinde de olabilir. Bu şekilde bir kirlenme endüstriyel, zirai atıklardan meydana geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metal türü maddelerden de meydana gelebilir (Rainbow, 1995). Yapılan bazı çalışmalarda, AKM'deki ağır metal konsantrasyonlarının yağışlı ve kurak dönemlerde mevsimsel olarak değiştiği bildirilmektedir (Gundacker 2000; Edwards ve ark., 2001). Hindistanın Tuticorin kıyılarında yapılan bir çalışmada, Muson yağmurlarının yoğun olduğu Ekim–Aralık ayı dönemlerinde metal konsantrasyonlarındaki artışın, karasal kaynaklı (toprakten suya geçen) girdinin etkisiyle oluştuğunu rapor etmişlerdir (Asha ve ark., 2010). Yine Gökova Körfezi'nde gerçekleştirilen bir çalışmada da yağmur sularının etkisiyle ilgili benzer sonuca rastlanılmaktadır. Çalışmada, yağmur dönemini içeren (Mart, Nisan, Mayıs) aylarda karasal kaynaklı pek çok girdinin Gökova Körfezi'ne taşındığını, atmosferik ve karasal girdilerin Körfezi olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir (Balkıs ve ark., 2010).

Sinop ilinin yağışlı iklimde olması (yıllık ortalama yağış miktarı 912.7 mm), akarsularının kısa ve debilerinin yüksek olmasından dolayı, erozyonla toprak denize taşınmakta ve bu durum belirli mevsimlerde deniz suyuna pek çok karasal kökenli maddelerin taşınmasına neden olmaktadır. Özellikle, tarımda ilaç ve gübre kullanımına

dayalı olarak kimyasal girdilerde artış meydana gelebilmekte ve su kirliliğine sebep olabilmektedir (Tosun ve ark., 2005). Sinop meteoroloji istasyonundan 2009-2010 döneminde ölçülen aylık sıcaklık (°C) ve yağış (mm) miktarlarının mevsimsel ortalaması (Şekil 5.2.1; Şekil 5.2.2) incelendiğinde, ortalama yağış miktarı sırasıyla; sonbahar > kış > ilkbahar > yaz mevsimi; hava sıcaklığının ise yaz > sonbahar > ilkbahar > kış mevsimi şeklinde sıralandığı görülmektedir (Anonim, 2010b). Yağışın yoğun olduğu dönemlerde suda asılı halde bulunan parçacık miktarı artmakta ve bu parçacıklara ağır metal iyonlarının yapışması daha kolay olduğundan metal seviyelerinde bir artış gözlenebilmektedir. Benzer sonuç Dural ve Göksu (2005a, 2005b) tarafından da rapor edilmiştir.



Şekil 5.2.1. Sinop İli 2009-2010 dönemi, mevsimlere göre yıllık hava sıcaklığı (Anonim, 2010b)



Şekil 5.2.2. Sinop İli 2009-2010 dönemi, mevsimlere göre yıllık yağış miktarı (Anonim, 2010b)

AKM’de belirlenen Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayınladığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde yer alan (Çizelge 5.1.1, SKKY, 2004) “Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri” (Cd: 0.01 mg/L, Cu: 0.01 mg/L, Pb: 0.1 mg/L, Zn: 0.1 mg/L) ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü’nün (Çizelge 5.1.2) (SÜY 2006) bildirdiği “ Su Ürünleri Yönetmeliği” nde yer alan kriterlerle (Cd: 0.01mg/L, Cu: 0.01 mg/L, Pb: 0.1 mg/L, Zn: 0.003 mg/L) karşılaştırdığımızda, Sinop Yarımadası İç Liman mevki deniz suyundaki AKM’de ölçülen iz element konsantrasyonlarının belirlenmiş ulusal standart değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5.3. Sedimentteki İz Element

Denizel ortama rüzgar, akarsu ve atmosfer yoluyla, endüstriyel ve evsel atıklarla ve doğal karasal kaynaklardan giren metaller sedimente geçinceye kadar suda birçok fiziksel, biyojeokimyasal olaylar ve döngüler içinde yer alırlar. Metallerin sedimentte depolanmaları sırasında da oluşan mikrobiyolojik reaksiyonlar nedeniyle sediment yüzeyinden gözenek suyuna katılmalar ve gözenek suyundan sedimente çökelmeler meydana gelmektedir. Suda çözülmüş haldeki metal sediment ortamındaki inorganik veya organik bileşenlerle birleşerek sediment içinde minerallerin yoğunlaşmasına neden olurlar. Karşılıklı etkileşmenin olduğu sediment ve su katmanında eğer ortamdaki dengeyi bozacak bir artış oluyorsa bu durum ortamda yaşayan canlı için toksik bir etki oluşturur (Balkıs ve Algan, 2005). Özellikle süzerek beslenen (filter-feeding) organizmalar beslenmeleri sırasında sediment yoluyla iz elementleri bünyelerine alabilmektedirler. Sedimente henüz ulaşmakta olan, sediment malzemesini temsil eden sediment/su ara tabakası, ilk aşamada tekrar askıya alınabilen katı maddeyi temsil eder. Bu tabakanın kimyasal ve fiziksel özellikleri öncelikle filtrasyonla beslenen bentik canlılar için çok önemlidir (Çağatay ve ark., 1997). Sediman kaynaklı bentik ve pelajik besinin *M. galloprovincialis* için önemli bir besin kaynağı olduğu rapor edilmiştir (Machas ve ark., 2003). Sedimentteki iz element konsantrasyonları, kısa sürelerde çok fazla değişken değildir, fakat uzun sürelerde ortamdaki farklılıkları çok iyi göstermektedir (Rubio ve ark., 2000). Kirlenmiş bir bölgede ağır metallerin ekosistem üzerinde etkilerinin tahmini, mevcut olan muhtemel insani risklerin tespiti açısından da önem taşımaktadır (Ansari ve ark., 2004).

Mevcut çalışmadaki sediment örneklerinde ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn iz element konsantrasyonları sırasıyla; 5.949, 19.454, 7.881 ve 41.876 mg/kg kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. Sinop Yarımadası ve civarına ait sedimentte iz element birikimi ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Sinop kıyılarında sedimentteki metal birikimleri üzerine yapılmış en eski veriler Ünsal ve ark., (1997; 1998)'nin yapmış oldukları çalışmalardır. Sinop - Gerze arasında belirlenen istasyondan aldıkları sediment örneklerinde ölçülen Zn, Cu ve Pb metal konsantrasyonlarının, mevcut çalışmanın sonuçlarından oldukça yüksek çıktığı görülmektedir (Çizelge 5.3.1). Karaalioğlu (2006)'nun Sinop kıyılarından örneklediği sediment değerleri incelendiğinde, en yüksek iz element miktarının Zn'da, en düşük ise Cu'da tespit ettiği görülmektedir. Mevcut çalışmada, sedimentlerdeki iz element miktarları ile Karaalioğlu (2006)'nun tespit ettiği sedimentteki iz element sonuçları karşılaştırıldığında, Karaalioğlu'nun belirlediği iz element değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Türk Çulha (2007)'nin yapmış olduğu çalışmada ise Cd hariç, belirlenen Pb, Cu ve Zn iz element değeri, sistemde yapılan çalışma sonuçlarından düşük olduğu tespit edilmiştir. Topçuoğlu ve ark., (2002)'nin çalışmasıyla karşılaştırıldığında ise, mevcut çalışmadaki Cd, Cu, Pb ve Zn değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Çizelge 5.3.1'de Türkiye ve dünyanın farklı bölgelerinde sediment örneklerindeki iz element konsantrasyonları bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılmış olup, bölgelerin kirlilik durumları arasındaki benzerlik ve farklılıklar ortaya konulmuştur. İz element değerlerindeki bu farklılıklar, incelenen bölgeleri çevreleyen karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler ile ortamın özellikleri gibi bölgeler arasındaki farklılık ve benzerliklerden kaynaklanabilir.

Organik madde ile kompleks oluşturan metal bileşikleri, çökme sırasında kil mineralleri tarafından absorblanmaktadır (tutunma) (Förstner ve Wittmann, 1983). Yapılan çalışmalarda, organik madde konsantrasyonunun küçülen tane boyu ile arttığı ve sedimanın kil partiküllerinde daha fazla organik madde bulunduğu, bu durumda da metal konsantrasyonlarını daha fazla içerdiği bildirilmiştir (Förstner ve Wittmann, 1983; Yılgör ve Avcı, 2004; Balkıs ve Algan, 2005). Sinop İç Liman'daki bu çalışmada, 63 µm tane boyutundaki sediment örneklerinde YOM ve iz element analizleri gerçekleştirilmiş ve sistemdeki sonuçların YOM değerinin önceki çalışmalardan yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Metallerin özellikle ince tane boyutundaki sedimente adsorblanma miktarı daha fazla olmaktadır (Balkıs ve Algan, 2005). Sinop Yarımadası İç Liman mevkiinde Zn konsantrasyonunun fazla çıkma sebeplerinden biri, sedimentte

bulunan organik madde miktarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ege Denizi kıyusal alanında yapılan bir çalışmada, kanalizasyon atıklarının deşarj edildiği noktalarda iz element kontaminasyon miktarının fazla yüksek tespit edildiği bildirilmiştir (Aloupi ve Angelidis, 2001). Yine bu bölgede çoğunlukla oluşan güçlü kuzey rüzgarları nedeniyle hüküm süren kuvvetli hidrodinamik koşulların, ince ve metatce zengin sedimentlerin yeniden süspansiyon hale gelmesine ve açık denize dağılmasına sebep oldukları belirtilmiştir. Sinop Yarımadası İç Liman mevki, kıyusal alanında kaba kum yapısı baskın iken, derinlere doğru gidildikçe balçık ve çamurdan oluşan bir dip yapısı hakimdir (Çulha, 2004). Sistemden örneklenen sediment örneklerinde belirlenen iz elementlerin; yaz dönemlerinde artan nüfus sayısı, kıyusal alandan deşarj edilen kanalizasyon atıkları, ayrıca küçük olmakla birlikte, özellikle yağışlı dönemlerde denize akıntısı olan Karasu ve Sırakaraağaçlar dereleriyle de bağlantılı olan Akliman bölgesinden akıntı ve rüzgarların etkisiyle gelen suların da bu artışta etkili olduğu düşünülmektedir. Bu durum Öztürk ve Öztürk (1991) ile Türk Çulha (2007)'nin yapmış oldukları çalışmalarla da desteklenmektedir.

Çizelge 5.3.1. Türkiye ve dünya denizlerinden örneklenen sedimentlere ait iz element konsantrasyonları (mg/kg)

Denizler	Bölge	Cd	Cu	Pb	Zn	Ref.
Karadeniz*	Sinop/Ayancık	--	5.30-11.0	2.13-5.70	--	1
Karadeniz *	Sinop /Gerze	3.25-4.8	48-52	101-112	75.92	2
Karadeniz	Sinop Kıyıları	0.89	37.3	15.1	91.5	3
Karadeniz	Sinop /İç Liman	N.D.	40.37	72.20	244.32	4
Karadeniz	Sinop /İç Liman	N.D.	2.58	2.17	7.04	5
Karadeniz	Samsun kıyıları	<0.02	32.9-64.85	12.13-223.7	109.55-261.65	6
Karadeniz	Perşembe	0.93	69.9	31.1	82.9	3
Karadeniz	Amasra	0.73	27.60	21.4	92.6	3
Karadeniz	Kilyos	<0.02	4	<0.05	33.9	3
Karadeniz	Rize	<0.02	95.5	<0.05	267.4	3
Karadeniz	İğneada	<0.02	13.57	<0.05	119.3	3
Karadeniz	Güneybatı	--	20-47	19-51	50-111	7
Karadeniz	Pazar	<0.02	15.5	<0.5	50.1	8
Karadeniz	Rize	<0.02	459.5	84.2	480.8	8
Karadeniz	Yeşilirmak	<0.02	43.7-59.9	<0.01	119.8-325.3	9
Karadeniz	Kızılırmak	<0.02	23.0-27.6	<0.01	91.4-119.5	9
Karadeniz	Sakarya	<0.02	39.1-42.8	<0.01	106.4-456.6	9
Karadeniz	İstanbul Boğazı	0.5	12.0	23.5	17.8	9
Ege denizi	İzmir Körfezi	1.60-3.70	7.50-28.50	24.10-54.50	11.0-68.20	10
Karadeniz	Doğu Kıyıları	<0.02	52.03	<0.1	169	11
Karadeniz	Romanya sahil	57-200	33-164	64-270	--	12
Karadeniz	Yomra kıyıları (50 m)	0.2	60.2	40.4	118.0	13
Karadeniz	Yomra kıyıları (200 m)	0.3	62.7	43.6	184.0	13
Marmara D.	Kıyıları	0.4	27.8	17.2	40.8	9

Devamı arka sayfada

Çizelge 5.3.1'in devamı

Marmara D.	Kıyıları	1.92-3.23	25-55	43.7-135	15.2-138	14
Marmara D.	Kıyıları	<0.1-0.5	12.7-30.6	21.6-31.9	34.1-51	15
Marmara D.	Gemlik Körfezi	<0.02	22-58	<0.1-67	88-185	16
Marmara D.	İstanbul Boğazı	2.0	57	92	128	17
Ege Denizi	Gökova	0.3	22.4	11.8	17.0	9
Ege Denizi	Saroz Körfezi	N.D.	6-44	2-80	23-154	18
Ege Denizi	İzmir Körfezi	--	0.005-0.33	14-90	--	19
Ege Denizi	Homa Lagünü	--	12.8-28.8	--	34.2-86.2	20
Ege Denizi	Güllük Lagünü	--	0.5-0.7	--	1.34-10.47	20
Ege Denizi	Degaj Tersanesi	0.001-0.222	1.93-17.42	2.43-8.28	10.9-57.8	21
Ege Denizi	Homa Dalyanı	0.005-1.16	4.03-51.3	5.27-19.1	13.1-95.5	21
Ege Denizi	Güllük Körfezi	0.56	25.2	20.0	80.8	22
Ege Denizi**	Homa Lagünü	1.90	15.35	32.20	31.84	23
Ege Denizi**	Deniz Bostanlığı	2.55	23.65	35.80	50.50	23
Ege Denizi**	İnciraltı	2.34	19.01	42.50	62.80	23
Ege Denizi**	Urla iskelesi	1.65	13.75	27.80	25.25	23
Ege Denizi**	Yetiştirilen Midye	1.24	11.93	20.60	17.24	23
Ege Denizi	Gökova Körfezi	<0.01-0.2	2-52	3-40	--	24
Kuzey Ege	Thermaikos Körf.	0.3-8.4	32-130	38-190	84-537	25
Akdeniz	Fethiye Limanı	--	45	20	95	26
Akdeniz	Çamlık Lagünü	1.33-1.66	19.15-32.23	35.96-67.29	27.58-67.41	27
Akdeniz	Tuzla Lagünü	1.02-1.25	9.48-13.43	22.15-35.90	24.71-35.71	28
Akdeniz	İskenderun Körf.	1.37-3.86	3.63-8.50	14.06-34.38	--	29
Akdeniz	İskenderun Körf.	4.473	37.053	141.63	232.87	30
Marmara D.	Dil İskelesi	--	--	60.7-108.5	356-613	31
Ege Denizi	Nemrut Körf.	0.10-0.25	16.8-43.7	29.5-89.4	75-271	32
Ege Denizi	İzmir Körf.	2.5-9.5	24.5-102.4	55.2-172	440-1900	33
Ege Denizi	İzmir Körf.	3.3-8.6	60.6-139	23.8-178	500-1,190	34
Hindistan	Tuticorin	0.60-1.65	0.86-9.78	--	10.31-17.94	35
Malezya	Malacca boğazı	0.06	17.46	18.43	63.68	36
İran	Anzali kıyısı	1.33	33.17	23.20	--	37
Ege Denizi	Kavala Körf.	0.3	25.1	64.7	153.4	38
İtalya	Varano Lagünü	0.15-0.23	--	0.71-2.22	--	39
Fas	Atlantik kıyıları	--	35.46	54.59	227.86	40
Fas	Sidi Moussa kıyı.	--	40	--	73	41
Ege Denizi	Kıyısal alanlar	0.88-3.01	6.36-219.56	9.13-58.33	10.43-250.77	42
		Min.-Mak.	Min.-Mak.	Min.-Mak.	Min.-Mak.	
Karadeniz	Sinop/İç Liman	0.167-3.463	8.552-12.140	2.266-16.701	3.864-12.981	43
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	
		5.949	19.454	7.881	41.876	

N.D. : Ölçümler cihazın duyarlılık sınırının altında; (--): Ölçüm yapılmadı; (*): Yaş ağırlık; (**): mg/g
Referanslar: 1. Ünsal ve ark.,1997; 2. Ünsal ve ark., 1998; 3. Topçuoğlu ve ark., 2002;
4. Karaalioglu, 2006; 5. Türk Çulha, 2007; 6. Bakan ve Böke Özkoç, 2007, 7. Ergin ve ark., 2003;
8. Topçuoğlu ve ark., 2003; 9. Balkıs ve ark., 2007b; 10. Egemen ve ark., 1998; 11. Ergül ve ark.,
2008; 12. Chirilia ve ark., 2007;13. Ergül ve ark., 2007; 14. Topçuoğlu ve ark., 2000; 15. Topçuoğlu
ve ark., 2004a; 16. Ünlü ve ark., 2008; 17. Okay ve ark., 2008; 18. Sarı ve Çağatay, 2001;
19. Küçüksezgin ve ark., 2004; 20. Atılgan ve Egemen, 2001; 21. Dora, 2005; 22. Dalman ve ark.,
2006; 23. Sunlu, 2002; 24. Balkıs ve ark., 2010; 25. Violintzis ve ark., 2009; 26. Yılıgör ve Avcı,
2004; 27. Dural ve Göksu, 2005a; 28. Dural ve Göksu, 2005b; 29. Olgunoğlu ve Polat, 2007;
30. Türkmen, 2003; 31. Ergül ve ark., 2010; 32. Esen ve ark., 2010; 33. Pekey, 2006a; 34. Pekey,
2006b; 35. Asha ve ark., 2010; 36. Saion ve ark., 2007; 37. Pourang ve ark., 2010; 38. Kamidis ve
ark., 2004; 39. Storelli ve Marcotrigiano, 2001; 40. Zourarah ve ark., 2007; 41. Maanan ve ark., 2004;
42. Koçbaş, 2005; 43. Mevcut çalışma

Mevcut çalışmada, sediment örneklerindeki iz element konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı incelendiğinde, metallerin genel olarak kış ve sonbahar aylarında yüksek, yaz ve ilkbahar aylarında düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Cd ve Zn

konsantrasyonlarının en yüksek kış mevsiminde, en düşük ise ilkbahar mevsiminde, Cu'nun en yüksek sonbahar mevsiminde, en düşük kış mevsiminde biriktiği belirlenmiştir. Diğer bir element olan Pb'nun ise en yüksek yaz mevsiminde, en düşük kış mevsiminde birikim gösterdiği belirlenmiştir.

Sinop'un kıyı alanından deşarj edilen kanalizasyon ve evsel atıkların sonbahar ve kış mevsimlerinde direkt olarak farklı 3 noktadan denize verilmesinin, en önemli insan kaynaklı kirliliğin etkeni olduğu düşünölmektedir. Bilindiği gibi, denizlerdeki liman alanlarında, sanayileşmenin olduğu kıyısız alanlar gibi düzenli metal girdilerine sahip ekosistemlerde yüksek kontaminasyonlu sedimanlar görölmektedir (Ansari ve ark., 2004). Mevcut çalışmanın sediment yapısı ise ince kum özelliğindedir, genelde ölü kabuk ve taşlardan oluşmaktadır (Türk Çulha, 2007). Sediment yapısındaki bu farklılık, metallerin birikim özelliğini de etkilemektedir. Çünkü 63 µm'dan daha küçük tane boyu fraksiyonları (silt-kil) doğal ve antropojenik bileşenlerin en önemli taşıyıcıları olarak bilinmekte çok uzak mesafelere taşınabilmektedir (Balkıs ve Algan, 2005). Akıntılar, çözünmüş ve partiküle bağılı metallerin taşınma işlemlerinde baskın olarak rol oynamaktadır (Borchardt ve ark., 1988). Upwelling (dipteki deniz suyunun yüzeye taşınımı) olayının gerçekleştiği sularda, nütrientce zengin sedimentin üst katmandaki sulara taşınması, sedimente bağılı olan çözünebilir haldeki elementlerin suya geçişi ile ortamda metal artışı olabilmektedir (Mora ve ark., 2004). Sinop Yarımadası ve civarındaki denizel ekosistem, mevsimsel bir takım doğa olaylarının (yağmur, rüzgar, erozyon vb.) etkisindedir. Örneğin, Karadeniz Bölgesi'nin genel özelliklerinden olan ve 3 mevsim (ilkbahar, sonbahar, kış) etkisini yoğun olarak gösterdiği yağışlar, çeşitli büyüklükteki akarsularla denizel ortama taşınmaktadır. Özellikle Sinop Yarımadası iç körfezinde yaz mevsiminde oluşan termoklin tabakası (tabakalaşma), Gündoğusu ve Karayel rüzgarlarının karşılıklı esmeleri sonucu, ortadan kalkarak altta bulunan soğuk su tabakasının üste çıkmasıyla halk arasında "Deniz soğuşu" denilen olay gerçekleşmektedir. Bu olaydan bentik ve pelajik tüm canlılar olumsuz etkilenmektedir (Çulha, 2004). Dolayısıyla, İç Liman bölgesi bu durumdan etkilenen en önemli bölgedir. Bu durum bölgede sedimentteki mevcut metalin su katmanına geçişi ve durgun hava koşullarında özellikle yaz aylarında, su katmanından sedimentde de çökelmelerin meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Daha öncede ifade edildiği gibi, Sinop Yarımadasında yağışın en yoğun olduğu dönem sonbahar mevsimidir. Yağışlarla denizel ortama taşınan metal yükü, askıda bulunan çözünmüş haldeki organik ve inorganik maddelere adsorbsiyon yoluyla bağlanabilmektedir. Yine kış mevsiminde de

yağış ve rüzgarın etkisi ile karasal girdi akışı devam edeceğinden, suda asılı halde bulunan partiküllerin artması dolayısıyla, iz element iyonlarının bu partiküllere yapışma olasılığının daha fazla olması ile açıklanabilir. Bizsel ve ark., (2007), akıntı ve rüzgarın fazla olmadığı dönemlerde, sediment ve su kolonu arasında metal değişimi olabildiğini, böyle durumlarda sedimentlerin, metallerin birikimi açısından önemli bir difüzyon kaynağı olarak rol aldığını ifade etmişlerdir. Resgalla ve ark., (2007)'a göre denizlerde oluşan dalga ve akıntılar nedeniyle sedimanın yukarı doğru çalkalanmasının askıda maddeyi büyük çapta etkilediğini belirtmişlerdir.

Sediment örneklerinde yapılan analizler, seçilen bölgelerdeki kirlenmenin düzeyi hakkında önemli bilgiler verir. Ortamda yıllar boyunca meydana gelen kirlilik yükünü taşıyan sediment tabakasıdır (Violintzis ve ark., 2009). Sinop Yarımadası İç Liman mevkiinden alınan sediment örneklerinde saptanan iz elementlerin, canlılar için toksik etkilerinin olup olmadığını ortaya koymak için, sediment kalite kılavuzundaki değerler karşılaştırılmıştır. Sediment Kalite Kılavuzları (Sediment Quality Guidelines: SQG) sedimentlerde veya yakınlarında yaşayan canlıların korunması için sedimentlerin bağlayıcı atıklarını tolere edilebilen konsantrasyonlarını sunmaktadır. Çeşitli çalışmalardan toplanan kimyasal ve zehirlilik verilerinin birleştirildiği geniş bir veri kümesi, aşılın SQG değerleri ile beklenen zehirlilik arasındaki ilişkiyi anlamada kullanılmaktadır. Çeşitli atıkların ölçülen konsantrasyonlarının SQG ile karşılaştırılması, sedimentlerin kalitesini değerlendirmede ilk basamak sayılabilecek yaygın bir yaklaşımdır. Kılavuzlardan iki set yaygın olarak kullanılmaktadır bunlar; ERL/ERM ve TEL/PEL yaklaşımlarıdır. Düşük aralık değerleri (ERL veya TEL), sedimentlerde yaşayan fauna üzerinde istenmeyen etkilerin seyrek olarak bekleneceği, düşük konsantrasyonları temsil etmektedir. Yüksek aralık değerleri (ERM veya PEL) ise ters etkilerin yüksek ihtimalle görüleceği yüksek konsantrasyonları ifade etmektedir. Aralarındaki fark TEL/PEL seti etki ve etkisizlik verilerini kapsarken ERM/ERL seti sadece etki verilerine dayanmaktadır (Violintzis ve ark., 2009).

Belirtilen Sediment Kalite Kılavuzu sonuçları ile sistemden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, sediman örneklerinde belirlenmiş Cd konsantrasyonunun TEL ve PEL değerlerini aştığı, diğer elementlerin zararlı boyutta olmadığı tespit edilmiştir. Bir başka araştırmada, sediment örneklerindeki Pb ve Zn'nun PEL ve TEL değerlerini aştığı bildirilmiştir (Esen ve ark., 2010). Yine Pb ve Zn'nun yüksek çıkma nedenini antropojenik kirlilik etkisinden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde mevcut çalışmada saptanan Cd kirliliğinin, antropojenik kökenli olduğunu

göstermektedir. Pekey (2006a; 2006b) yapmış olduğu çalışmalarda, yüksek düzeyde tespit edilen PEL değerlerinin sebebini, ortamdaki dış kaynaklı kirliliğe bağlamıştır. Bu sonuçlar ışığında, Sinop Yarımadası İç Liman bölgesinin dip yapısının karasal kaynaklı ve antropojenik kirliliğin etkisiyle ortamdaki Cd iz elementi miktarının zamanla artış gösterdiğini ifade edebiliriz (Çizelge 5.3.2).

Çizelge 5.3.2. Sediment Kalite Kılavuzu (SQG) ve mevcut çalışma sedimentlerindeki iz element düzeyleri ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık)

Elementler	ERL	ERM	TEL	PEL	Mevcut çalışma
Cu	34	270	18.7	108	19.454
Zn	150	410	124	271	41.876
Cd	1.2	9.6	0.68	4.21	5.949
Pb	46.7	218	30.2	112	7.881

ERL: Düşük etki aralığı; ERM: Ortalama etki aralığı, TEL: Eşik etki düzeyi;
PEL: Olası etki düzeyi, Referans: Violintzis ve ark., 2009; Burton, 2002

Yine uzun halat sistemi sedimanındaki sonuçlar, Uluslar arası Kanada, Hollanda ve Amerika-NewYork (USA-NYS) sediment standart değerleri (Çizelge 5.3.3) ile karşılaştırıldığında (Saion ve ark., 2007), Cd konsantrasyonunun her üç standart değerinden oldukça yüksek, Cu konsantrasyonunun ise Kanada sediment standardından biraz yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.3.3. Kanada, Hollanda ve ABD-NYS (New York Eyaleti) deniz sediment için uluslararası kurallar ile mevcut çalışmadaki sediment örneklerinde ortalama konsantrasyonların (ppm) karşılaştırılması

Elementler (ppm)	Mevcut çalışma	Kanada	Hollanda	USA-NYS
Cd	5.949	0.70	0.80	0.60
Pb	7.881	30.20	85	31
Cu	19.454	18.70	36	16
Zn	41.876	124	140	120

(Saion ve ark., 2007)

5.4. Midye Etindeki İz Element

Midyeler gibi süzerek beslenen denizel organizmalar, sulardaki kimyasal kirlenmelerin ve özellikle ağır metallerin, toksik etkilerini değerlendirmek ve kıyı alanlarında çevresel kirliliğin izlenmesinde en çok kullanılan organizmalardır (Vlahogianni ve ark., 2007). Ortamdaki iz metal düzeyinin iyi bir belirleyicisi

(indikatörü) olan çeşitli midye türleri üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır (Storelli ve Marcotrigiano, 2001; Campanella ve ark., 2001; Cubadda ve ark., 2001; Hung ve ark., 2001; Szefer ve ark., 2002; Conti ve Cecchetti, 2003; Wagner ve Boman, 2004; Romeo ve ark., 2005; Otero ve ark., 2005; Wang ve ark., 2005; Szefer ve ark., 2006; Vernocchi ve ark., 2007; Lafabrie ve ark., 2007; Besada ve ark., 2008; Özden, 2008; Özden ve ark., 2009; Daş ve ark., 2009; Çolakoğlu ve ark., 2010; Türk Çulha ve ark., 2011; Çolakoğlu ve ark., 2011; Mol ve Üçok Alakavuk, 2011). Midyelerin en önemli özelliği ise, balıklar gibi uzun süreli göçler yapan ve farklı su katmanlarında gezinmeyen canlılardır. Bu canlılar, larval dönemden sonra tutundukları ortamda tüm yaşamlarını geçirmektedirler, çok uzun süre yaşayabilmektedirler (Angelo ve ark., 2007). Gıda ürünü açısından bakıldığında, sosyoekonomik düzeyi yüksek olmayan ülkeler için midyeler, ucuz bir protein kaynağıdır (Amiard ve ark., 2008) ve sevilerek tüketilmektedirler (Maanan, 2007).

Mevut çalışmada, yetiştirilen midye örneklerindeki ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn iz element konsantrasyonları sırasıyla; 1.182, 4.774, 1.081, ve 84.730 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Sinop Yarımadası ve civarına ait midye örneklerindeki iz element konsantrasyonları ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; Öztürk (1991), aylara bağlı olarak iz element konsantrasyonlarında değişimler olduğunu ve Zn'nun İç Liman istasyonunda yüksek bulunduğunu bildirmiştir. Bat ve ark., (1999), Zn, Cu ve Pb konsantrasyonlarının en yüksek Dış Liman'da, Cd'un ise en yüksek İç Liman'daki örneklerde tespit edildiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, coğrafik lokasyonlar açısından en yüksek değerlerin Dış Liman ve İç Liman bölgelerinde gözlemlendiğini, bunun nedenlerinin de arıtılmamış evsel atıkların deşarjı, liman aktiviteleri, gemi atıklarının boşaltılması ve kıyısız aktiviteler olduğunu ifade etmişlerdir. Karaalioğlu (2006)'nun topladığı midye örneklerindeki iz element ölçüm sonuçlarına göre, metal birikiminin en fazla olduğu istasyonun Dış Liman daha sonra da İç Liman olduğunu rapor etmiştir. Öztürk (1991) ile Bat ve ark., (1999)'nin yaptıkları çalışmalarla mevcut çalışmada midyedeki iz element verileri karşılaştırıldığında, midye örneklerindeki iz element konsantrasyonlarının daha yüksek çıktığı; Topçuoğlu ve ark., (2002)'nin Sinop kıyılarında yaptıkları çalışmanın sonuçlarındaki Zn ve Cu değerinin, mevcut çalışma örneklerindeki konsantrasyonlardan daha yüksek, Pb ve Cd konsantrasyonlarının ise düşük olduğu, Karaalioğlu (2006)'nun bulunduğu sonuçlara göre değerlendirildiğinde, Cu ve Pb'nun bulunan sonuçlardan daha yüksek, Zn konsantrasyonunun ise daha düşük

olduğu görülmektedir. Yine, Türk Çulha (2007)'nin çalışmasında elde edilen sonuçların Pb hariç, yapılan bu çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği ve midyedeki iz elementlerin Zn > Cu > Cd > Pb şeklinde sıralandığı ve mevcut çalışmayla paralellik gösterdiği, diğer bir çalışmada ise Daş ve ark., (2009)'nın bildirdiği sonuçlar incelendiğinde ise değerlerin düşük çıktığı görülmektedir. Sinop kıyılarında *R. venosa* ile ilgili yapılan çalışmaların sonucunda da İç Liman istasyonunun karasal kaynaklı girdiler nedeni ile oldukça fazla etkilendiği ve iz element konsantrasyonlarının canlıların dokularında yüksek oranda biriktiği belirtilmiştir (Öztürk ve Öztürk, 1991). Çizelge 5.4.1'de Ülkemizin ve dünyanın farklı bölgelerinden midye örneklerindeki iz element konsantrasyonu ile ilgili verilerle uzun halat sisteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, bölgelerin kirlilik durumları arasındaki benzerlik ve farklılıkların belirgin şekilde ortaya konulduğu görülmektedir. Bu durum, bölgeleri çevreleyen karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler ile ortamın özellikleri gibi bölgeler arasındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.4.1. Ülkemiz ve dünyanın farklı denizlerinden örneklenen midyelerdeki iz element konsantrasyonlarının (mg/kg) karşılaştırılması

Denizler	Bölge	Cd	Cu	Pb	Zn	Ref.
Karadeniz *	Sinop Kıyıları	0.075-0.863	0.089-1.438	0.041-3.646	0.818-8.946	1
Karadeniz *	Sinop Kıyıları	--	0.29-6.03	0.05-2.94	--	2
Karadeniz *	Sinop/Ayancık	--	0.36-1.20	10.0-44.85	--	3
Karadeniz *	Sinop San. Merk.	--	0.81-0.93	0.83-1.71	--	4
Karadeniz *	Sinop San. Merk.	0.33-1.05	1.20-1.90	5.00-10.50	71-188	5
Karadeniz	Sinop Kıyıları	0.03-0.27	0.10-1.89	0.11-1.18	1.58-7.28	6
Karadeniz	Sinop	1.79	8.01	0.31	256.4	7
Karadeniz	Sinop (İç Liman)	1.21	6.83	0.56	150.32	8
Karadeniz	Sinop Kıyıları	N.D.	7.65	2.75	43.25	9
Karadeniz	Sinop Kıyıları	0.47	--	0.26	--	10
Karadeniz	Samsun	0.49	--	1.87	--	10
Karadeniz	Samsun Kıyıları	<0.02	11.75-23.35	<0.05-108.6	312.15-396.5	11
Karadeniz	Trabzon sahil	--	6.98-122.4	1.49-14.30	87.89-326.53	12
Karadeniz	Doğu bölg. (4 il)	2-4	90-260	5-21	180-630	13
Karadeniz	Amasra	6.44	7.26	2.6	512	7
Karadeniz	Rize	<0.02	11.52	<0.05	78.12	7
Karadeniz	Pazar	2.36	7.95	4.8	59	14
Karadeniz	Rize	<0.02	10.3	5.3	79.2	14
Karadeniz	Kıyıları	1.8-6.4	7.3-8.0	0.3-2.6	256-512	15
Karadeniz	İstanbul Boğazı	0.30-8.98	--	0.06-9.38	--	16
Karadeniz	İst.-Çanak. Boğ.	0.05-0.08	16.4-29.3	0.04-0.08	48.0-54.0	17
Karadeniz	İstanbul Boğazı	--	4.1-134	37-599	70-6800	18
Karadeniz	Ünye Sahili	2.5-5.8	12-29	4.5-7.9	98-255	19
Karadeniz	Yomra kıyıları	1.08	10.35	0.89	180.2	20
Karadeniz	Romanya Kıyısı	186-3461	88-521	64-1477	--	21
Karadeniz	Danube deltası	0.96-1.74	6.64-8.34	--	108-190	22
Marmara	Kıyıları	3.40-4.50	13.6-15.5	4.8-8.1	168-345	23
Marmara	Kıyıları	1.26-2.88	6.7-9.5	0.1-5.2	208-319	24
Marmara	Gemlik Körfezi	2.4	5.5	0.5	196	25
Ege Denizi *	Kıyıları	0.04-0.52	0.95-1.85	0.49-1.72	16.11-37.15	26
Ege Denizi	İzmir Körfezi	0.009-0.03	3.56-5.30	0.07-0.42	17.85-28.47	27

Devamı arka sayfada

Çizelge 5.4.1'in devamı

Ege Denizi *	Homa Lagünü	0.40	1.40	1.08	18.72	28
Ege Denizi *	Deniz Bostanlığı	0.68	1.51	1.20	21.75	28
Ege Denizi *	İnciraltı	0.25	1.42	1.18	29.38	28
Ege Denizi *	Urla iskelesi	0.22	1.29	0.73	16.20	28
Ege Denizi *	Kültür Midyesi	0.19	1.20	0.70	16.85	28
Ege Denizi	Batı Anadolu	--	7.4-52	17-63	117-423	29
Marmara *	Kıyılar	0.296-0.740	0.850-3.473	0.219-1.150	55.74-97.13	30
Marmara	Yalova	--	5.54	2.92	106.23	31
Fas, El Jadida		1.33-25.3	4.35-142.2	0.50-34.2	112.6-612.3	32
Fas, Safi Kıyıları		2.12-34.71	4.1-43.1	0.1-26.45	107.4-365.7	33
Brezilya, Natal Körfezi ^a		1.34-2.36	18.0-39.0	--	967-2028	34
Kore, Masan ve Uslan Körfezi		0.63-9.98	6.99-58.8	0.44-18.9	107-279	35
Japonya, Ussuriyskiy ^b		4.7-27.2	250-6576	4.1-36	1683-7262	36
Kuzey İtalya		0.46-1.40	5.33-7.2	0.9-3.0	176-316	37
LosAngeles, Mugu lagünü		0.90	5.8	0.8	75	38
Baltık D. ^c		33	--	13.4	184	39
İyon D.	Taranto Körf.	0.23-0.95	6.35-15.72	1.19-4.29	68-109	40
Akdeniz	Fransa Kıyıları	1.1	6	1.13	150	41
Kuzey Atlantik	İspanya Kıyıları	0.46-1.40	5.33-7.2	0.9-3.0	176-316	42
Tyrrhenian	İtalya	0.32-0.49	5.51-11.50	1.67-2.49	123-180	43
Marmara*	Boğazlar	0.75-1.06	1.96-3.42	0.90-1.64	68.28-129.94	44
Iberian Yarımadası		0.2-0.77	--	0.3-6.1	--	45
Adriatik	Vranjic bölgesi	--	3.7-11.1	2-7	59.1-273	46
Akdeniz	Thermaikos Körf.	--	1.67-6.35	--	20.8-115	47
Atlantik	Galicia kıyıları	0.605-0.839	4.92-8.01	1.63-6.11	226-286	48
Florida ^d	Apalachicola Köf.	2.88-3.81	57.5-108	0.34-0.50	343-1296	49
Akdeniz ^e	Maden Körf.	1.50-13.21	0.63-2.21	--	238.5-874.5	50
Ege Denizi*	Saronikos Körf.	0.07-0.055	1.4-0.54	10.52-0.22	--	51
Hong Kong ^f		0.66	37.15	7.65	116.4	52
Dakar-Senegal ^f		2.37	7.2	--	121	53
Muar -Malaysia ^f		0.58	8.96	2.28	86.73	54
Marmara* ^g	Güney kıyıları	0.04-0.69	0.71-5.30	0.18-3.24	13.08-77.76	55
Ege Denizi*	İzmir Körfezi	0.04-1.12	0.32-3.25	0.58-1.82	9.55-58.50	56
Ege Denizi*	İzmir Körfezi	0.86-1.22	0.53-8.40	0.53-7.96	7.00-40.37	57
		Min.-Mak.	Min.-Mak.	Min.-Mak.	Min.-Mak.	
Karadeniz	Sinop (İç Liman)	0.089-3.638	0.334-1.827	0.002-3.872	9.385-82.616	58
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	
		1.182	4.774	1.081	84.730	

N.D. : Ölçümler cihazın duyarlılık sınırının altında; (--) : Ölçüm yapılmadı; (*) : Yaş ağırlık
(a): *Crassostrea rhizophorae*; (b): *Crassostrea gigas*; (c): *M. trossulus*; (d): *C. Virginica*; (e): *Pinctada radiata*;
(f): *Perna* sp.; (g): *Chamelea gallina*

Referanslar: 1. Öztürk, 1991; 2. Ünsal ve ark., 1992; 3. Ünsal ve ark., 1997; 4. Ünsal ve ark., 1995;
5. Ünsal ve ark., 1998; 6. Bat ve ark., 1999; 7. Topçuoğlu ve ark., 2002; 8. Türk Çulha, 2007;
9. Karaalioglu, 2006; 10. Daş ve ark., 2009; 11. Bakan ve Böke-Özkoç, 2007; 12. Boran ve Karaçam, 1997;
13. Çevik ve ark., 2008; 14. Topçuoğlu ve ark., 2003; 15. Topçuoğlu, 2000; 16. Kayhan ve ark., 2007;
17. Altuğ ve Güler, 2004; 18. Başarı ve ark., 2000; 19. Topçuoğlu ve ark., 2004b; 20. Ergül ve ark., 2007;
21. Chirilila ve ark., 2007; 22. Romeo ve ark., 2005; 23. Topçuoğlu ve ark., 2000; 24. Topçuoğlu ve ark., 2004a;
25. Ünlü ve ark., 2008; 26. Sunlu, 2006; 27. Küçüksezgin ve ark., 2008; 28. Sunlu, 2002;
29. Uğur ve ark., 2002; 30. Mol ve Çok Alakavuk, 2011; 31. Türk Çulha ve ark., 2011; 32. Maanan, 2008;
33. Maanan, 2007; 34. Silva ve ark., 2006; 35. Szefer ve ark., 2004; 36. Shulkin ve ark., 2003;
37. Besada ve ark., 2002; 38. Cohen ve ark., 2001; 39. Rainbow ve ark., 2000; 40. Cardellicchio ve ark., 2008;
41. Andral ve ark., 2007; 42. Besada ve ark., 2008; 43. Conti ve Cecchetti, 2003; 44. Özden, 2008;
45. Beiras ve ark., 2003; 46. Orescanin ve ark., 2006; 47. Catsiki ve Florou, 2006; 48. Besada ve ark., 2010;
49. Apeti ve ark., 2005; 50. Gökoğlu ve ark., 2006; 51. Vlahogianni ve ark., 2007; 52. Liu ve Kueh, 2005;
53. Sidoumou ve ark., 2006; 54. Kamaruzzaman ve ark., 2008; 55. Çolakoğlu ve ark., 2011;
56. Egemen ve ark., 1998; 57. Koçbaş, 2005; 58. Mevcut çalışma

Sinop Yarımadası kıyılarının farklı noktalarında yapılan çalışmalar incelendiğinde, yaş ağırlık olarak hesaplanan mollusk dokularındaki Pb değerlerinin 0.04-44.85 arasında değişim gösterdiği görülmüştür (Öztürk 1991, Ünsal ve diğ., 1992; 1995; 1997; 1998). Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar (midye dahil farklı pek çok tür) metal kirliliğinin giderek artış göstermesi dikkat çekicidir (Balkıs ve ark., 2007a; Topçuoğlu ve ark., 2000; 2002; 2003; 2004b). Bu sonuçların yakın zamanlarda yapılmış olan çalışmalarla (Türk Çulha, 2007; Karaalioğlu 2006; Çulha ve Türk Çulha, 2010) paralellik göstermesi, Sinop Yarımadası kıyılarının metal kirliliğinin tehdidi altında olduğunu ifade etmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, midye örneklerinde ölçülen ağır metal düzeylerinin mevsimlere göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Midye örneklerindeki ağır metallerin mevsimsel değişimi incelendiğinde, Cd ve Pb konsantrasyonlarının en yüksek ilkbahar mevsiminde, en düşük ise Cd'un yaz ve Pb'nun kış mevsiminde biriktiği tespit edilmiştir. Diğer elementlerden Zn ve Cu konsantrasyonlarının en yüksek kış mevsiminde, en düşük ise yaz mevsiminde belirlenmiştir.

Sinop Yarımadası kıyılarında, midye dokularındaki iz elementlerin mevsimsel değişimi ile ilgili çalışmalar oldukça azdır. Bat ve ark., (1999)'ı Zn, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarının her istasyonda aylık olarak değişiklik gösterdiğini rapor etmişlerdir. Yine, ilkbahar ve yaz başlangıcında toplanan midyelerdeki Zn konsantrasyonlarının diğer metallerden oldukça yüksek bir değere sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Karaalioğlu (2006), İç Liman mevkiinden toplanan midyelerdeki iz element değişimlerinin mevsimlere göre farklılık gösterdiğini, metallerdeki konsantrasyon birikiminin, Cu'da en yüksek yaz (21.54 mg/kg), en düşük kış (3.09 mg/kg), Zn'nun en yüksek kış (44.78 mg/kg), en düşük sonbahar (40.40 mg/kg), Pb'nun en yüksek yaz (5.57 mg/kg), en düşük sonbahar (1.24 mg/kg) mevsiminde olduğunu bildirmiştir. Türk Çulha (2007) Sinop Yarımadası İç Liman bölgesinden örneklediği midyelerde, Cd, Zn ve Pb'un en yüksek ilkbahar aylarında, Cu'nun ise en yüksek kış aylarında birikim gösterdiğini saptamıştır. Mevsimlere bağlı olarak canlının dokusundaki metal değişiminin farklılık göstermesi, canlının metabolik aktivitesinde bir değişimin olduğunu ifade etmektedir (Bayne, 1993). Karayücel ve ark., (2003b)'nin yapmış olduğu çalışmada, Akdeniz midyesinde büyüme oranının en fazla olduğu mevsim ilkbahar ve yaz olmakla beraber yumurtlamanın nisan ayında gerçekleştiği bildirilmektedir. Yine midyelerde, düşük sıcaklık ve sudaki besin miktarının

azalmasıyla büyümede, sonbahar sonu ve kış aylarında azalmanın olduğu bilinmektedir (Çelik ve ark., 2009). Ünsal ve Beşiktepe (1994) Sinop Yarımadası ve civarında toplanan midye örneklerindeki Pb ve Cu konsantrasyonlarını yüksek seviyede tespit etmişlerdir. *M. edulis* türünde ise, Zn, Cd, Pb ve Cu konsantrasyonlarının kış sonunda en yüksek seviyelerine ulaştığı bildirilmiştir (Phillips, 1976).

Metal konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişimler, gonadların ve gametlerin olgunlaşmasını içeren üreme döngüsünden ve mevcut besin miktarındaki değişimlerden de kaynaklanmaktadır (Bryan, 1976; Usero ve ark., 1997). Üreme ve üreme zamanı, organizmalarda metal birikimi üzerinde etki eden en önemli faktörlerden birisidir (Adami ve ark., 2002; Ansari ve ark., 2004; Türkmen ve Türkmen, 2005; Mubiana ve ark., 2006; Vlahogianni ve ark., 2007; Cardellicchio ve ark., 2008). Midyelerde düşük kondüsyon değerinin daha yüksek metal konsantrasyonlarına neden olduğunu, özellikle kış sonu ve ilkbahar başında maksimum değere ulaştığı Borchardt ve ark., (1988) tarafından bildirilmiştir. Mevcut çalışmada, midyelerin ilkbahar ayında suyun ısınmaya başlamasıyla gonad gelişimini tamamladığı ve Mayıs 2009'da yumurtlama olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Mart-Nisan ayları gonadların en dolu olduğu zaman olarak belirlenmiştir. Midyelerin dokularında ölçülen Cd ve Pb iz element değerleri ilkbahar döneminde yüksek tespit edilmiştir. *M. edulis* türünün yumuşak dokularındaki bazı metallerin ilkbahar döneminde pik yaptığı rapor edilmiştir (Mubiana ve ark., 2005; Maanan, 2008). Bir diğer çalışmada ise, Cd hariç bir çok elementin ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsimlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu bildirmişlerdir (Vlahogianni ve ark., 2007). Yaz dönemi boyunca uygun besin ortamından faydalanarak rezervlerini dolduran ve gonad gelişimlerini tamamlayan midyeler Eylül ve Ekim ayında ikinci bir yumurtlama gerçekleştirmektedirler. Canlıların dokusunda meydana gelen bu değişimler özellikle hidrolojik parametreler ve üreme aktivitesini kontrol eden fizyolojik etmenlerle ilgilidir (Mubiana ve ark., 2005; Orescanin ve ark., 2006). Kış döneminde ortamdaki besin miktarının ve sıcaklığın düşmesiyle birlikte midyelerin et veriminde düşüş tespit edilmiştir. Bu dönemde de Zn ve Cu konsantrasyon değerleri yüksek belirlenmiştir. Avrupa sularında midyelerin başlıca yumurtlama dönemi ilkbahardır. Yumurtlama sonrası boşalan gonadların yeniden olgunlaşabilmesi için, yumurtlamadan sonraki mevcut besinin de bol olduğu yaz aylarında, beslenme oranlarını arttırarak, gonad gelişimi için enerji depolanmaktadır. Buna bağlı olarakta midye etindeki mikro-elementlerin miktarında bir artış olduğu belirtilmiştir (Bayne ve ark., 1993). Gundacker (2000) midyelerdeki kondüsyon faktörünün düşük olması

durumunda, ortamdan kaynaklı olarak canlıda fizyolojik bir stresin oluştuğunu ve bu durumda canlının ortamdaki kirlilik kaynaklı maddelerin alım hızının yüksek olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada, midyelerin dokularında bulunan Zn ve Cu konsantrasyonları yüksek tespit edilen elementlerdir. Zn ve Cu metallerinin molluskların dokusunda yüksek oranda bulundukları rapor edilmiştir (Apeti ve ark., 2005). Türkmen ve ark., (2005b) İskenderun Körfezi'nde farklı mollusk türlerinde yaptıkları bir çalışmada en yüksek belirlenen iz element konsantrasyonunun Zn olduğunu ifade etmişlerdir.

Wagner ve Boman (2004) periyodik tablodaki tüm elementlerin kömürde bulunduğunu, yanık kömür ve yol trafiği gibi antropojenik etkilerin organizmanın dokusunda biriken metallerin kaynağını teşkil ettiğini ifade etmişlerdir. Özellikle kış dönemlerinde yüksek tespit edilen Zn ve Cu elementlerinin kaynağının, arıtılmadan bırakılan kanalizasyon ve evsel atık suları gibi, fosil yakıt olarak kullanılan kömür ve araç yakıtlarının (atmosfer kaynaklı girdi) etken olduğu düşünülmektedir.

Bunun yanı sıra, midyelerin üreme dönemi, fizyolojik yapıları, askıda katı maddeye bağlı metal miktarı, dokulardaki birikme kapasitesi ve çevresel etkenlerden kaynaklı bir çok faktöründe etken olabileceği bildirilmiştir (Orescanin ve ark., 2006; Andral ve ark., 2007). Yaz aylarında karasal ve kıyısız kirliliğin artması ve sonbahar döneminde yoğunlaşan yağmurların etkisiyle, organik maddeye bağlı olan metaller çözülerek suya karışmaktadır. Bu dönemlerde de, midyeler tarafından besin olarak AKM'ye bağlı partikül maddeleri tükettiği düşünülmektedir. AKM miktarının dalgalar ve akıntılar sonucu deniz tabanındaki sediman kaynaklı karışımlardan etkilendiği bilinmektedir. Midyeler iz metalleri sadece besinlerden değil aynı zamanda inorganik partiküllerden (Phillips, 1977) ve sediment kaynaklı bentik, pelajik besin her türlü organik maddelerden de almaktadırlar (Machas ve ark., 2003). Yine enerjinin fazla harcandığı ve filtrasyon oranının az olduğu sıcak aylarda midyelerde büyümenin düşük, sestondaki organik madde oranının yüksek olduğu kış ve ilkbahar aylarında yüksek olduğunu rapor etmişlerdir (Resgalla ve ark., 2007).

5.5. İz Elementlerin Suyun Fizikokimyasal Parametreler, AKM, YOM ve Et Verimi İle Arasındaki İlişkiler

Yapılan korelasyon matrisi analizine göre, fizikokimyasal parametreler ile ağır metaller arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Sadece Cu-a ile AKM arasında pozitif yönde bir ilişki ($p \leq 0.05$), Pb-a ile YOM arasında negatif yönde bir ilişki ($p \leq 0.05$)

ve Cu-a ile et verimi arasında negatif yönde çok güçlü bir ilişki tespit edilmiştir ($p \leq 0.001$). Daka ve ark., (2003) YOM ile metaller arasında çok önemli korelasyonların bulunduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, sedimentteki organik madde ile metaller arasındaki korelasyonların, organik maddeye metallerin adsorbsiyon yoluyla bağlandığını ve birikim yaptığını rapor etmişlerdir. Yetiştiricilik sisteminin bulunduğu ortamdan örneklenen AKM'deki metaller arasındaki ilişkiler incelendiğinde, Pb-Cd arasında pozitif yönde bir ilişki belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). İz elementlerin sudaki konsantrasyonları arttıkça, AKM'deki konsantrasyonları da artmakta ya da azalmaktadır. AKM'deki metal konsantrasyonları deniz suyundaki değişikliklerden çok fazla etkilendiği ve AKM'nin sudaki miktarları yansıtabileceği söylenebilir. Bu durum Türkmen, (2003) tarafından da ifade edilmiştir. AKM ile midye arasında ilişkiler incelendiğinde, önemli korelasyonların olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.1).

Yapılan korelasyon matrisi analizine göre sıcaklık ile Cu-s arasında pozitif yönde bir ilişki ($p \leq 0.05$), sıcaklık ile Pb-s arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki bulunmuştur ($p \leq 0.01$). Ancak diğer fizikokimyasal parametreler ile ağır metaller arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Gökoğlu ve ark., (2006) sıcaklığın Cd alımında etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Olgunoğlu (2008) makroalg türlerinde saptadığı metal düzeyleri ile sıcaklık arasında pozitif ve negatif yönde bir ilişkinin olduğunu bildirmiştir. Sıcaklığın artması genellikle birikimin artmasına neden olurken, bazı durumlarda birikimin azalmasına neden olabileceği Ünsal, (2004) tarafından bildirilmiştir. Mevcut çalışmada örneklenen sedimentlerdeki metaller arasındaki ilişkiler incelendiğinde, sıcaklığın artışına bağlı olarak sedimentteki Cu ve Pb konsantrasyonlarının arttığı tespit edilmiştir. Sıcaklık-ağır metal arasında gözlenen pozitif yöndeki korelasyonlar, sıcaklık gibi çevresel faktörlerin, metaller üzerindeki çözücü etkisi olduğunu göstermektedir (Türkmen ve ark., 2004). Analiz sonuçlarına göre sediment örneklerinde Pb-Cd arasında negatif yönde güçlü bir ilişki ($p \leq 0.01$), Cd-Zn arasında pozitif yönde çok güçlü ($p \leq 0.001$), Pb-Zn arasında ise negatif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Metaller arasında belirlenen ilişkilerin, metallerin aynı veya benzer kaynaklardan gelmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Türkmen ve ark., (2004) İskenderun Körfezi'nde ağır metaller arasında pozitif yöndeki korelasyonların, sudaki kirliliğin ortak bir kaynaktan geldiğini ifade ettiğini bildirmişlerdir. Sediment ile midye arasında ilişkiler incelendiğinde, önemli korelasyonların olmadığı görülmektedir. Uzun halat sisteminde örneklenen, askıda katı madde ile sediment arasındaki ilişkiler de incelenmiştir. Buna göre; Cd-s ile Cd-a

arasında negatif yönde bir ilişki ($p \leq 0.05$), Cd-s ile Zn-a arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki ($p \leq 0.001$), Pb-s ile Zn-a arasında negatif yönde bir ilişki ($p \leq 0.05$) ve Zn-s ile Zn-a arasında pozitif yönde bir ilişki tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Sediment ile AKM arasında pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonların olması, her iki materyal arasında karşılıklı ilişkilerin varlığını göstermektedir. Yapılan çalışmalarda, sediment ve AKM konsantrasyonları arasında önemli korelasyonlar bulunmuştur (Rubio ve ark., 2000; Türkmen 2003) (Çizelge 4.1).

Uzun halat sisteminde yetiştirilen midyelerdeki ilişkiler incelendiğinde, sıcaklığın artışına bağlı olarak midyelerdeki Cd ve Cu azaldığı tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre midye örneklerinde Cd-Cu arasında pozitif yönde çok önemli, Cd-Pb; Cd-Zn; Cu-Zn arasında pozitif yönde güçlü, Pb-Zn arasında ise pozitif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Metaller arasında belirlenen ilişkilerin, metallerin aynı veya benzer kaynaklardan gelmesi ya da metaller arası sinerjik etkileşimler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Midye ve istiridyelerin yumuşak dokularında bulunan iz elementlerle, ortamdaki sedimentlerde bulunan iz element konsantrasyonları arasında önemli pozitif korelasyonların olduğu bildirilmiştir (Shulkin ve ark., 2003). Sediment ile midye ve askıda katı madde ile midye arasındaki korelasyonlar incelendiğinde, önemli korelasyonların olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.1).

Sistemden örneklenen su sıcaklığı, pH, oksijen ve tuzluluk değerleriyle ağır metal konsantrasyonları arasında yapılan korelasyon analizleri sonucunda pozitif ve negatif yönde istatistiksel olarak önemli korelasyonlar elde edilmiştir. Türkmen ve ark., (2004) fizikokimyasal parametrelerle, ağır metaller arasında gözlemlenen pozitif korelasyonların, bu parametrelerdeki değişimlerin, ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimleri ifade ettiğinden dolayı bir indikatör olabileceğini ifade etmişlerdir. Yapılan korelasyon matrisi analizine göre sıcaklık ile Cd-m ve Cu-m arasında negatif yönde bir ilişki bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak diğer fizikokimyasal parametreler ile ağır metaller arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Gökoğlu ve ark., (2006) sıcaklığın Cd alımında etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Sıcaklığın artması genellikle birikimin artmasına neden olurken, bazı durumlarda birikimin azalmasına neden olabilmektedir (Ünsal, 2004). Olgunoğlu (2008), incelenen bazı türlerde metal birikimiyle sıcaklık artışı arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu bildirmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uzun halat sisteminde midye yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği ortamın fizikokimyasal parametreleri; sıcaklık $14.48 \pm 1.71^\circ\text{C}$, tuzluluk $\% 17.56 \pm 0.07$, çözülmüş oksijen 7.00 ± 0.62 mg/L, pH 8.59 ± 0.05 , YOM $\% 8.60$, AKM 11.99 ± 0.48 olarak belirlenmiştir.

Çalışma periyodu boyunca, sistemden örneklenen deniz suyundaki askıda katı madde (AKM) ortalama iz element konsantrasyonları; Zn (119.997 mg/kg) > Cu (0.737 mg/kg) > Pb (0.638 mg/kg) > Cd (0.052 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Mevsimsel dağılımı ise kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde sıralanmaktadır. AKM değeri, sistemin kurulduğu ortamdaki deniz suyundan süzülerek elde edildiği için, elde edilen sonuçları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2004) ve Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliğinde (SÜY, 2006) belirlenen “Midye Yetiştiriciliği için su kalite kriterleri” limit değerleri ile karşılaştırılmış ve AKM’deki Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının, limit değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinde belirlenen iz element konsantrasyonları sırasıyla; Zn (41.876 mg/kg) > Cu (19.454 mg/kg) > Pb (7.881 mg/kg) > Cd (5.949 mg/kg) olarak; mevsimsel dağılımı, kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde sıralanmaktadır. SQG’ya göre, sistemden alınan sediment örneklerinde belirlenmiş Cd konsantrasyonunun TEL ve PEL değerlerini aştığı belirlenmiştir.

Yetiştirilen midye örneklerindeki iz element konsantrasyonları ise sırasıyla; Zn (84.730 mg/kg) > Cu (4.774 mg/kg) > Cd (1.182 mg/kg) > Pb (1.081 mg/kg) olarak; mevsimsel dağılımı, kış > ilkbahar > sonbahar > yaz şeklinde sıralanmaktadır. Midye örneklerindeki iz element değerleri, Resmi Gazete’de yayımlanan, 21.09.2008 tarihli 27004 Sayılı Su Ürünleri Yönetmeliği’nin Çift Kabuklu Yumuşakçalardaki Ağır Metal Limit değerleri (SÜY, 2008) ile karşılaştırıldığında, mevcut çalışmada yetiştirilen midyelerdeki Cd konsantrasyonunun, limit değeri aştığı görülmektedir. Sonuçlar, EPA (2009)’ya göre karşılaştırıldığında, sistemden örneklenen midyelerdeki Cu ve Zn konsantrasyonları, limit değerinin altında, Cd ise limit değerini biraz aşmıştır. EU (2008)’ya göre ise, midyelerdeki Cd konsantrasyonunun, belirtilen limit değerinin çok üstünde, Pb konsantrasyonunun ise limit değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, Sinop İç Liman mevki, Cd iz element kirliliğinin tehdidi altındadır.

Sinop Yarımadası ve civarında endüstriyel kirliliğe neden olabilecek işletmelerin olmaması, bu bölgedeki metal birikiminin kaynağını farklı bir noktaya çekmektedir.

Deniz suyunda AKM, sediment ve midye örneklerinde belirlenen iz element konsantrasyonları, Sinop kıyılarının evsel atıklardan daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Sinop ilinde arıtma tesisi olmayışı nedeniyle, şehir kanalizasyonunun % 95'lik kısmı atık su kanalizasyon sistemi ile denize deşarj edilmektedir. 30000'nin üzerinde nüfusa sahip olan il yaz mevsiminde 2-3 katına yükselmektedir (Anonim, 2007a). Özellikle yaz aylarında insan aktiviteleri ve dolayısıyla atıkların çokluğu nedeniyle metal konsantrasyonları oluşabilmektedir (Bat ve ark., 1999). Yapılan çalışmalarda, canlı organizmalarda Pb konsantrasyonundaki artışın, motorlu taşıtların egzoz gazlarından atmosfere ulaşan Pb'nun etkili olduğu ve atmosferde artan Pb'un denizel ortama ulaşmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Sunlu ve Egemen, 1998; Ünsal ve ark., 1998; Maanan, 2007). 2005 yılı Emniyet Müdürlüğü'nün verilerine göre, Sinop ilinin genelindeki araç sayısı 23008 adettir. Bölgedeki lokal nüfusun yarısından fazlası araç kullanmaktadır. Yaz döneminde artan nüfus sayısı ile birlikte gelen yerli ve yabancı turistlerin araç sayıları da hava kirliliğine neden olacak ve böylece atmosfer kaynaklı metal girişi artacaktır (Türk Çulha, 2007). 2009-2010 yılını kapsayan bu yeni araştırmada ise 2007 yılı Emniyet Müdürlüğü'nün verilerine kıyasla, Sinop ilinin genelindeki araç sayısı 28102'e yükselmiştir. Özellikle yaz döneminde turizme bağlı olarak artan nüfus çok fazla artış göstermektedir. Bölgedeki lokal nüfusun yarısından fazlası araç kullanmaktadır. Yaz döneminde artan nüfus sayısı ile birlikte gelen yerli ve yabancı turistlerin araç sayıları da hava kirliliğine neden olacak ve böylece atmosfer kaynaklı metal girişi artacaktır. Ayrıca, ilin yağışlı iklim olması, akarsularının kısa ve debilerinin yüksek olmasından dolayı erozyonla toprağın denize taşınması ve belirli mevsimlerde deniz kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Yine tarımda ilaç ve gübre kullanımına dayalı olarak su kirliliği de görülmektedir (Tosun ve ark., 2005).

Kömürün içerdiği mineral maddelerle birlikte bulunan bu elementlerin çevre kirliliğine katkısının iki yolla olduğu ifade edilmiştir; 1. Külün veya maden artıklarının yağmur suları ile ekstraksiyonu, 2. Yakma sistemlerinden baca gazı ile atmosfere taşınımı (Meriçboyu ve ark., 1997). Arıtılmadan bırakılan kanalizasyon ve evsel atık suları gibi, fosil yakıt olarak kullanılan kömür ve araç yakıtlarının sebep olduğu atmosfer kaynaklı girdinin, bir diğer kirlilik kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Gerek çevre gerekse halk sağlığı açısından Sinop Yarımadası kıyılarında (Orta Karadeniz) bu tür çalışmaların rutin olarak yapılması gerekmektedir. Midyeler, değişik zaman dilimlerinde farklı miktarlarda toksin maddeleri biriktirebilmektedirler. Bu

birikim kısa süre içerisinde vücutlarından atılabildiği gibi, bazı dönemlerde (gelişme ve üreme) bu tür toksik kimyasal maddeleri uzun yıllar bünyelerinde taşıyabilmektedirler. Özellikle sahillerimizden temin edilen kabuklu su ürünleri tüketimi aşamasında meydana gelebilecek zehirlenmelerin iyi takip ve kontrolünün yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda toplum sağlığı için toksik maddelerin zararlı etkileri konusunda bilgiler verilmelidir. Ülkelerin yasal düzenlemeleri için çevresel izleme ve çevre kalitesini geliştirmeye yönelik biçimde çalışmalar yapılmalı ve bu çalışmalar desteklenmelidir. Yapılan çalışmaların takibi ve işin sorumluluğu dikkate alınarak, bu konuda yeterli düzenlemelerin yapılmasına yardımcı olunmalıdır. Devlet kurumlarının desteği ile halk eğitilmelidir. İthal edilen ürünlerin denetimi ve ürün güvenliği açısından kalitesinin uygunluğu gibi belirteçler belirli bir sistemde düzenlenmeli ve yasal değerlerle daha sık kontrol altına alınmalıdır. Buna benzer düşünülen çalışmalarda, ağır metal düzeylerinin besin zincirinin farklı kademelerinde belirlenmesi ve bunun periyodik olarak yapılması, ortamdaki değişimlerin gözlenmesi yönünden oldukça önem taşımaktadır.

7. KAYNAKLAR

- Adami, G., Barbieri, P., Fabiani, M., Piselli, S., Predonzani, S., Reisenhofer, E., 2002.** Levels of cadmium and zinc in hepatopancreas of reared *Mytilus galloprovincialis* from the Gulf of Trieste (Italy). *Chemosphere*, 48: 671-677.
- Ahmed, F.E., Hattis, D., Wolke, R.E., Steinman, D., 1993.** Human Health Risks Due to Consumption of Chemically Contaminated Fishery Products. *Environmental Health Perspectives Supplements*, 101 (3): 297-302.
- Akçay, H., Oğuz, A. and Karapire, C., 2003.** Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz River sediments. *Water Research*, 37: 813-822.
- Aksu, A., Balkıs, N. and Müftüoğlu, E.A., 2007.** Metal Pollution in Mussel (*Mytilus galloprovincialis*) at The Bosphorus. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38.
- Alkan, A., Zengin, B., Yıldırım, C., Serdar, S., 2004.** Trabzon açıklarında deniz suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. 2001-2003 Sonuç Raporu, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon, 1113 s.
- Alam, M.G.M., Tanaka, A., Stagnitti, F., Allinson, G., and Mackawa, T., 2001.** Observations on the effects of caged carp culture on water and sediment metal concentrations in Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48: 107-115.
- Algan, O., Balkıs, N., Çağatay, M.N., Sarı, E., 2004.** The sources of metal contents in the shelf sediments from the Marmara Sea, Turkey. *Environmental Geology*, 46: 932-950.
- Alpbaz, A.G., 2000.** Kabuklu ve Eklem Bacaklılar Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 26 , 317 s.
- Aloupi, M. and Angelidis, M.O., 2001.** Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the Island of Lesbos, Aegean Sea. *Environmental Pollution*, 113: 211-219.
- Altas, L. and Büyükgüngör, H., 2006.** Heavy metal pollution in the Black Sea shore and offshore of Turkey. *Environmental Geology*, 145-153.
- Altuğ, G. and Güler, N., 2004.** The Levels of Heavy Metals in Some Organisms and Seawater Samples from the Istanbul strait, Dardanelles and Black Sea, Turkey. *Istanbul University, Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 17: 47-55.

- Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Charbonnier, L., Mesnil, A., Rainbow, P.S., Wang, W.X., 2008.** Bioaccessibility of essential and non-essential metals in commercial shellfish from Western Europe and Asia. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 2010–2022.
- Angelo, R.T., Cringan, S.M., Chamberlain, D. L., Stahl, A. J., Haslouer, S. G., Goodrich, C.A., 2007.** Residual effects of lead and zinc mining on freshwater mussels in the Spring River Basin (Kansas, Missouri and Oklahoma, USA). *Science of the Total Environment*, 384: 467-496.
- Andral. B., Thébault, H. and Boissery, P., 2007.** Monitoring Chemical Contamination Levels In The Mediterranean Based On The Use Of Mussel Caging. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38.
- Anonim, 2006a.** Deniz Kirliliği, <http://www.denizce.com/denizkirli.asp> (15.06.2006)
- Anonim, 2006b.** EEA Briefing
http://reports.tr.eea.europa.eu/briefing_2006_3/tr/eea_briefing_3_2006-tr.pdf
(15.06.2006)
- Anonim, 2006c.** Geo-2000, Global Environment Outlook, Chapter two: the state of the environment- Europe and Central Asia Marine and Coastal Areas, Black Sea and Azov Sea. <http://www.grid.unep.ch/geo2000/english/0079.htm>
(15.06.2006)
- Anonim 2006 d.** Karadeniz Havzası
http://maps.grida.no/go/graphic/map_of_the_black_sea_basin (15.06.2006)
- Anonim, 2007a.** Sinop ili 2006 yılı Çevre Durum Raporu, Sinop Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 199 s. (15.06.2006)
- Anonim, 2007b.** Avrupa Birliği Balıkçılık Müktesebat Rehberi, Bandırma Ticaret Odası'nın "Türk Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliği Sektörlerinin AB Balıkçılık Müktesebatına Uyuma Hazırlanması" Projesi kapsamında, İstanbul, 287 s.
- Anonim, 2009a.** IAEA-407 Trace Elements and Methylmercury in fish tissue.
http://www.iaea.org/programmes/aqcs/database/ref_sheets/iaea-407_cor.pdf
(15.06.2006)
- Anonim, 2009b.** Midyenin dünyadaki dağılımı.
www.fao.org/.../Mytilus_galloprovincialis (22.07.2009)
- Anonim, 2010a.** Sularda İncelenen Parametreler ve Limit Değerleri. Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi. <http://www.rshm.gov.tr/> (12.07.2010)

- Anonim, 2010b.** Sinop İstasyonu Aylık Verileri, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Sinop.
- Ansari, T.M., Marr, I.L. and Tariq, N., 2004.** Heavy Metals in Marine Pollution Perspective-A Mini Review. Journal of Applied Sciences, 4 (1): 1-20.
- Apeti, D.A., Robinson, L. and Johnson, E., 2005.** Relationships between Heavy Metal Concentrations in the American Oyster (*Crassostrea virginica*) and Metal Levels in Water Column and Sediment in Apalachicola Bay, Florida. American Journal of Environmental Sciences, 1 (3): 179-186.
- Arıman, H. ve Düzgüneş, E., 2004.** Doğu Karadeniz’de (Trabzon) Sal Sisteminde İp Kolektörlerle Midye (*Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819) Spatlarının Toplanması. Ege Üni., Su Ürünleri Dergisi, (1-2): 43-47.
- Asha, P.S., Krishnakumar, P.K., Kaladharan, P., Prema, D., Diwakar, K., Valsala, K.K., Bhat, G.S., 2010.** Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves off Tuticorin. Journal Of Marine Biology Assessment India, 52 (1): 48-54.
- Ataç, Ü., Aktaş, M., Yıldırım, C., Alemdağ, N., Zengin, B., Alkan, A., 1997.** Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğini Sebep Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Etkilerinin Araştırılması. TAGEM/N/96/12/02/001, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon, 212 s.
- Atayeter, S. and Köksal, G., 1998.** Determination of Bioaccumulation Levels of Fe, Cu, Zn, Pb, and Al in Mussel, *Mytilus galloprovincialis*, L., 1819 from Anadolu Kavagi, İstanbul. The Proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, 2-4 Sep., Trabzon/Turkey, 432-435.
- Atılğan, İ. ve Egemen, Ö., 2001.** Güllük ve Homa Lagünü Sedimentlerinde Karbon, Yanabilen Madde ve Bazı İz Element (Cu, Zn) Düzeylerinin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması. Ege Ünversitesi, Su Ürünleri Dergisi, Vol: 18, Sayı 1-2, 225-232 s.
- Ayas, D., Kalay, M., Sangün, M.K., 2009.** Mersin Körfez’inden Örneklenen Yüzey suyu ve Patella Türlerindeki (*Patella caerulea*, *Patella rustica*) Cr, Cd ve Pb Düzeylerinin Belirlenmesi. Ekoloji 18, 70: 32-37 s.
- Aydın, A. ve Sunlu, U., 2004.** Güney Ege Denizi Sedimanlarında Karbon ve Yanabilen Madde Düzeylerinin Araştırılması. E. Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21: (3-4) 229-234.

- Bakan, G. ve Büyükgüngör, H., 2000.** The Black Sea. Marine Pollution Bulletin 41: 24-43.
- Bakan, G. and Böke Özkoç, H., 2007.** An ecological risk assessment of the impact of heavy metals in surface sediments on biota from the mid-Black Sea coast of Turkey. International Journal of Environmental Studies, 64: 45-57.
- Balkıs, N., Algan, O., 2005.** Marmara Denizi Yüzey Sedimentlerinde (Şelf Alanı) Metallerin Birikimi ve Denetleyen Mekanizmalar. Deniz Kirliliği. (Ed. Güven, K.C., Öztürk, B.), Tüdev Yayınları No: 21, 512 s., İstanbul.
- Balkıs, N. Aksu, A. ve Müftüoğlu, A.E., 2007a.** Heavy Metal Pollution of the Turkish Shores of the Black Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38.
- Balkıs, N. Topcuoğlu, S., Güven, K.C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kırbaşoğlu, Ç. and Aksu, A., 2007b.** Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea resgions of Turkey. J. Black Sea Mediterranean Environment, Vol. 13: 147-153.
- Balkıs, N., Aksu, A., Okuş, E., Apak, R., 2010.** Heavy metal concentrations in water, suspended matter and sediment from Gökova Bay, Turkey. Environmental Monitoring Assessment, (DOI 10. 1007/s10661-009-1055-x).
- Baki, B., 2010.** Sinop ili Balıkçılık Kıyı Yapılarının Mevcut Durumu, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları. VIII. Ulusal Kongresi (Ed. L. Balas), 27 Nisan- 1 Mayıs Trabzon, 564-573.
- Başsarı, A., Türkmen, G. ve Akyüz, T., 2000.** İstanbul Boğazı'ndan Toplanan *Mytilus galloprovincialis* Örneklerinde Eser ve Toksik Element Düzeyleri. "Marmara Denizi 2000" Sempozyumu, 11-12 Kasım, İstanbul, 543-549.
- Bat, L., 1992.** Sinop Yarımadası Üst-İnfralittoralinden Toplanan Bazı Organizmalardaki İz Element Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri ABD, Sinop, 108 s.
- Bat, L., Öztürk, M. and Öztürk, M., 1996.** Heavy Metal Amounts In Some Commercial Teleost Fish From The Black Sea. O.M.Ü. Faculty of Science-Arts, Journal of Science, 7(1): 117-135.
- Bat, L. and Öztürk, M., 1997.** Heavy Metal Levels in Some Organisms From The Sinop Peninsula Of The Black Sea. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 21: 29-33.

- Bat, L., Öztürk, M. and Öztürk, M., 1998a.** *Patella caerulea* as a Biomonitor of Coastal Metal Pollution. II. Spil Fen Bilimleri Dergisi (Biyoloji), 23-25 Ekim 1997, Celal Bayar Üniversitesi Fen–Edebiyat Fakültesi Dergisi, 1: 142-147 s.
- Bat, L., Öztürk, M. and Öztürk, M., 1998b.** Heavy Metal Concentrations in some Fish and Crab from the Black Sea of Turkey, II. Spil Fen Bilimleri Dergisi (Biyoloji), 23-25 Ekim 1997 Manisa, Celal Bayar Üniversitesi Fen–Edebiyat Fakültesi Dergisi, Sayı 1: 148-155.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M. and Öztürk, M., 1999.** Copper, Zinc, Lead and Cadmium Concentrations In The Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 From The Sinop Coasts of The Black Sea. Tr. J. of Zoology, 23: 321-326.
- Bat, L., Gönlügür, G., Andaç, M., Öztürk, M. and Öztürk, M., 2000.** Heavy Metal Concentrations In The Sea Snail *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) From Sinop Coasts of The Black Sea. Turkish J. Marine Sciences, 6: 227-240.
- Bat, L., Akbulut, M., Sezgin, M., Çulha, M., 2001.** Effects of Sewage Pollution the Structure of the Community of *Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza* and Rocky Macrofauna in Dış Liman of Sinop. Turk J. of Biol., 25: 93-102.
- Bat, L. ve Gündoğdu, A., 2003.** Sinop İli İç Liman Bölgesindeki Zooplankton, Bazı Ekonomik Balıklar ve Farklı Derinliklerden Alman Su Örneklerindeki İz Element Düzeyleri, OMÜ Sinop Su Ürünleri Fakültesi, S.078 No’lu Araştırma Projesi Raporu, Sinop.
- Bayne, B.L., Iglesias, J.I.P., Hawkins, A.J.S., Navarro, E., Heral, M. and Deslous-Paoli, J.M., 1993.** Feding Behaviour of the Mussel, *Mytilus edulis*: Responses to variations in Quantitiy and Organic content of the Seston. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 73: 813-829.
- Beiras, R., Bellas, J., Fernandez, N., Lorenzo, J.I., Cobelo-Garcia, A., 2003.** Assesment of Coastal Marine Pollution in Galicia (NW Iberian Peninsula); Metal Concentrations in Seawater, Sediments and Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) Versus Embryolarval Bioassays Using *Paracentrotus Lividus* and *Ciona Intestinalis*. Mar. Environ. Res., 56 (4): 531 – 53.

- Benedicto, J., Martinez-Gomez, C., Guerrero, J., Deudero, S., De Torres, m., Manzanera, M., Andral, B., 2007.** Heavy Metals Along The Iberian Peninsula and Belaric Islands Coast (Northwestern Mediterranean) Using Caged Mussels: An Active Biomonitoring Approach (*Mytilos* Project). *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38, 234 pp.
- Bernhard, M., 1976.** Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 3. Sampling and Analysis of Biological Matreial. FAO Fish. Tech. Pap. FIRI/ T, Rome, No: 158, 123 pp.
- Besada, V., Fumega, J. and Vaamonde, A., 2002.** Temporal trends of Cd, Cu, Hg, Pb and Zn in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North-Atlantic coast 1991-1999. *The Science of the Total Environment*, 288: 239-253.
- Besada, V., Andrade, J., Schultze, F., Fumega, J., Cambeiro, B., Gonzalez, J.J., 2008.** Statistical comparison of trace metal concentrations in wild mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in selected sites of Galicia and Gulf of Biscay (Spain). *Journal of Marine Systems*, 72: 320-331.
- Besada, V., Andrade, J. M., Schultze, F., Gonzalez, J.J., 2010.** Monitoring of heavy metals in wild mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North-Atlantic coast. *Continental Shelf Research*, (DOI: 10.1016/j.csr.2010.04.011).
- Bizsel, N., Bizsel, K.C., Demirdağ, A., Suzal, A., Ardelan, M.V., 2007.** The Particulate trace Metal (Cu, Zn, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb and Hg) Load Carried by Gediz River Into the Outer Izmir Bay; the Aegean Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 37, 236 pp.
- Blackmore, G., 2001.** Interspecific variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates. *Environmental Pollution*, 114: 303-311.
- Blackmore, G., and Morton, B., 2002,** The influence of diet on comparative trace metal cadmium, copper and zinc accumulation in *Thais clavigera* (Gastropoda: Muricidae) preying on intertidal barnacles or mussels. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 870-876.
- Blackmore, G., and Wang, W.X., 2003.** Comparison of metal accumulation in mussels at different local and global scales. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22: 388-395.

- Bodur, M.N., 2000.** İçme Sularına Karışan Organik ve İnorganik Maddelerin İnsan ve Çevre Sağlığı Açısından Oluşturacağı Olumsuz Etkiler. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği Hizmetiçi Eğitim Semineri Notları, Ankara 2001.
- Boran, M. ve Karaçam, H., 1997.** Trabzon Sahillerindeki Midyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) İz Element Düzeyleri. Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi, 14: (3-4), 336-344, Bornova- İzmir.
- Boran, M., Karacam, H., Kose, S., Sivri, N., 1998.** Present State of Pollution in the Black Sea. The Proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, 2-4 Sep., 554-558, Trabzon/Turkey.
- Borchardt, T., Burchert, S., Hablizel, H., Kabre, L., Zeitner, R., 1988.** Trace metal concentrations in mussels: comparison between estuarine, coastal and offshore regions in the southeastern North Sea from 1983 to 1986. Marine Ecology, 42: 17-31.
- Bryan, G. W., 1976.** Some Aspects of Heavy Metal Tolerance in Aquatic Organisms, In: Lockwood (Ed.), Effects of Pollutants on Aquatic Organisms, A.P.M. Cambridge University Press., 7-34.
- Buchanan, J. B., 1984.** Sediment Analysis, In: N.A. Holme and A.D. McIntyre (Eds.), Methods for the Study of Marine Benthos. Blackwell Sci. Publ., 41-65.
- Burton, A. G., 2002.** Sediment Quality criteria in use around the world. The Japanese Society of Limnology, 3: 65-75.
- Bu-Olayan, A.H. and Subrahmanyam, N.N.V., 1997.** Accumulation of copper, nickel, lead and zinc by snail, *Lunella coronatus* and pearl oyster, *Pinctada radiata* from the Kuwait coast before and after the gulf war oil spill. The science of the Total Environment, 197: 161-165.
- Campanella, L., Conti, M. E., Cubadda, F., Sucapane, C., 2001.** Trace metals in seagrass, algae and molluscs from an uncontaminated area in the Mediterranean. Environmental Pollution, 111: 117-126.
- Cardellicchio, N., Buccolieri, A., Di Leo, A., Giandomenico, S., Spada, L., 2008.** Levels of metals reared mussels from Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). Food Chemistry, 107: 890-896.
- Casas, S., Cossa, D., Gonzalez, J.L., Bacher, C., Andral, B., 2004.** Modeling Trace Metal Accumulation in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis*. Rapp. Comm. Int. Mer. Médit., 37, 306-308 pp.

- Catsiki, V.A. and Florou, H., 2006.** Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and ^{137}Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 86: 31-44.
- Chakraborty, R., Zaman, S., Mukhopadhyay, N., Banerjee, K. and Mitra, A., 2009.** Seasonal variation of Zn, Cu and Pb in the estuarine stretch of West Bengal, *Indian Journal of Marine Sciences*, 38 (1): 104-109.
- Chernova, E.N., 2010.** Changes in Trace Metal Concentrations in the Tissues of the White Sea Mussel *Mytilus edulis* over the Reproductive Cycle. *Russian Journal of Marine Biology*, 36 (1): 63-69.
- Chirila, E., Bavaru, A., Carazeanu, I., 2004.** About Accumulation Factors of Cd, Cr, Cu and Pb, in the Black Sea Coast Biota. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 37.
- Chirila, E., Petislean, T., Balaban, D.P. and Carazeanu, I.P., 2007.** New Results Concerning Accumulation Factors of Metals in the Black Sea Coast Ecosystem. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38.
- Cicik, B., 2003.** Bakır- Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio* L.)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri. *Ekoloji Dergisi*, 12 (48): 32-36 s.
- Clemam, 2011.** Unitas Malacologica Check List of European Marine Mollusca, Internet site (current URL <http://www.mnhn.fr/base/malaco.html>), Réalisé par J. LE RENARD, B.I.M.M., M.N.H. N, Paris (10.06.2009).
- Cohen, T., Que Hee, S. S. and Ambrose, R. F., 2001.** Trace elements in fish and Invertebrates of three California coastal wetlands. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (3): 224-232.
- Conti, M.E., Cecchetti, G., 2003.** A biomonitoring study: trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian coastal areas. *Environmental Research*, 93: 99–112.
- Cubadda, F., Conti, E. M., Campanella, L., 2001.** Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods. *Cemosphere*, 45: 561-569.
- Çaklı, Ş., 2007.** Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 76, Bronova-İzmir, 696 s.
- Çaklı, Ş., 2008.** Su Ürünleri İşleme Teknolojisi II, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 76, 513 s., Bronova-İzmir.

- Çalta, M. ve Canpolat, Ö., 2002.** Hazar Gölü'nden Yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)' de Bazı İz Element Miktarlarının Tespiti. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14 (1): 225-230.
- Çağatay, N., Algan, O., Kırath, N., Balkıs, N., Sarı, E., 1997.** Marmara Denizi'nin Kuzey Şelfinde Sediment Jeokimyasının Su Ürünleri Açısından İncelenmesi. TÜBİTAK YDABÇAG 452/G Ankara, 80 s.
- Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Çakır Arıca, Ş., Kırındı, T., 2007.** *Mytilus* sp. (midye), *Gammarus* sp. (nehir tırnağı) ve *Cladophora* sp. (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğinin araştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 9, Sayı: 1, 52-60.
- Çelik, M.Y., 2006.** Sal Sisteminde Midyenin (*Mytilus galloprovincialis*, LAMARK, 1819) Toplanması ve Büyütülmesinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 89 s.
- Çelik, M.Y., Karayücel, S., Karayücel, İ., 2009.** Effects of environmental factors on growth and mortality of raft cultivated mussel (*Mytilus galloprovincialis* L.) cultivated in lantern nets in Black sea. AACL Bioflux, 2 (2): 97-108.
- Çelik, M.Y., 2011.** Açık Denizde Batırılmış Uzun Halat Sisteminde Midye (*Mytilus galloprovincialis*, Lamark 1819) Yetiştiriciliği. (Doktora Tezi), Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 220 s.
- Çetingül, V. ve Aysel, V., 1998.** Ekonomik Değerdeki Bazı Kahverengi ve Kırmızı Alglerin İz Element Birikim Düzeyleri. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 15 (1-2): 63-76, Bornova-İzmir.
- Çevik, U., Damla, N., Kobyay, A. I., Bulut, V. N., Duran, C., Dalgıç, G., Bozacı, R., 2008.** Assessment of metal element concentrations in mussel (*M. galloprovincialis*) in Eastern Black Sea, Turkey. Journal of Hazardous Materials, 160: 396-401.
- Çolakoğlu, F.A., Ormancı, H.B., Kunili, İ.E., Çolakoğlu, S., 2010.** Chemical and Microbiological Quality of the *Chamelea gallina* from the Southern Coast of the Marmara Sea in Turkey. Kafkas Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 16A; 153-158.
- Çolakoğlu, F.A., Ormancı, H.B., Berik, N., Kunili, İ.E., Çolakoğlu, S., 2011.** Proximate and Elemental Composition of *Chamelea gallina* from the Southern Coast of the Marmara Sea (Turkey). Biological Trace Element Research, (DOI: 10.1007/s12011-010-8943-3).

- Çulha, M., Bat, L., Akbulut, M. ve Satılmış, H. H., 2000.** Sinop İli İç Liman Mevkiinde Bulunan Bazı Makrobentik Organizmalar Üzerine Bir Çalışma. Su Ürünleri Sempozyumu, 20-22 Eylül, 456-477 s.
- Çulha, M., 2004.** Sinop ve Civarında Dağılım Gösteren Prosobranchia (Gastropoda-Mollusca) Türlerinin Taksonomik ve Ekolojik Özellikleri. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, 149 s.
- Çulha, M. ve Türk Çulha S., 2010.** Açık Denizde Batırılmış Uzun Halat Sisteminde Yetiştirilen Midyeler İle Doğal Ortamdan Toplanan Midyelerdeki İz Element Seviyelerinin Tespiti ve Karşılaştırılması. 108Y335 No'lu 1002 TÜBİTAK Projesi, 114 s.
- Dalman, Ö., Demirak, A. and Balcı, A., 2006.** Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by Atomic Absorption Spectrometry. Food Chemistry, 95: 157-162.
- Daka, E.R., Allen, J.R., Hawkins, S.J., 2003.** Heavy metal contamination in sediment and biomonitors from sites around the Isle of Man. Marine Pollution Bulletin, 46: 784-794.
- Daş, K.Y., Aksoy, A., Başkaya, R., Duyar, H.A., Güvenç, D. and Boz, V., 2009.** Heavy Metal Levels of Some Marine Organisms Collected in Samsun and Sinop Coasts of Black Sea in Turkey. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8 (3): 496-499.
- Diez, S., Lacorte, S., Viana, P., Barcelo, D., Bayona, J.M., 2005.** Survey of organotin compounds in rivers and coastal environments in Portugal 1999-2000. Environmental Pollution, 136: 525-536.
- Dora, Ç. E., 2005.** İzmir Körfezi'nde Poliket Türleri (*Hediste diversicolor*, *Diopatra neapolitana*) İle Bunların Yaşadığı Sedimentte İz Element Düzeylerinin Araştırılması. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir, 189 s.
- Dural, M., Tepe, Y., Türkmen, M., 2005.** Karabalık *Clarias gariepinus* (Boulenger, 1902) için öldürücü krom konsantrasyonları. Ulusal Su Günleri, Türk Sucul Yaşam dergisi, Yıl: 3 Sayı: 4, 314-316.
- Dural, M. ve Göksu, L. Z. M., 2005a.** Çamlık Lagünü (Karataş/Adana), Seston, Bentoz ve Sedimentinde Mevsimsel İz Element Değişimi. XIII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Eylül 2005, Çanakkale, Türkiye.

- Dural, M. ve Göksu, L. Z. M., 2005b.** Çukurova Bölgesindeki Tuzla Lagününde (Adana/ Türkiye) İz Element Araştırması. Ulusal Su Günleri, Türk Sucul Yaşam Dergisi, Yıl: 3, Sayı: 4, 360-366 s.
- Dural, M. ve Göksu, L. Z. M., 2006.** Çamlık Lagünü (Karataş/Adana), Seston, Bentoz ve Sedimentinde Mevsimsel Ağır Metal Değişimi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, Bornova-İzmir, 23 (1-1): 65-69.
- Durallı, E., 2005.** Urla Limanı ve Civarında Bazı Fizikokimyasal ve Kirlilik Parametrelerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, 49 s.
- Edwards, J.W., Edyvane, K.S., Boxalls, V.A., Hamann, M and Soole, K.L., 2001.** Metal levels in seston and marine fish flesh near industrial and metropolitan centres in South Australia. Marine Pollution Bulletin, 42 (5): 389-396.
- Egemen, Ö., Sunlu ,U., Mordoğan, H., Önen, M., 1994.** Ege ve Marmara Bölgesinde Dağılım Gösteren *Ostrea edulis* L. 1758'de Bazı Ağır Metal (Pb, Cd, Cu, Zn) Düzeylerinin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, Cilt No: 11, Sayı: 42-43, Bornova, İzmir, 33-36.
- Egemen, Ö., Alpaslan, M., Sunlu, U., 1997.** Çanakkale'de (Karacaören ve Kepez) Toplanan Midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck) Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, Cilt: 14, Sayı 1-2, Bornova-İzmir, 189-196.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., Başaran, K.A., 1998.** Heavy Metal Concentrations in some Molluscs and in Surficial Sediments from Izmir Bay/Turkey, *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 35, 250-251 pp.
- Egemen, Ö., 1999.** Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 42, Bornova-İzmir. 116 s.
- Egemen, Ö. ve Başaran, K.A., 2002.** Doğu Karadeniz'de (Samsun, Türkiye) Bazı FizikoKimyasal Parametrelerin Araştırılması. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, Vol: 19, sayı (1-2): 177-182.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U., 2003.** Su Kalitesi Ders Kitabı. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayın no:14, 148 s.
- EC, 1998.** European Commission, Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998, on the quality of water intended for human consumption, L330/32, 5.12.1998.
- EU, 2001.** Commission Regulation as regards heavy metals. Official journal of the European Communities, Directive 2001/22/EC, No: 466.

- EU, 2008.** COMMISSION REGULATION (EC) No 629/2008 of 2 July 2008 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
<http://www.ecolex.org/ecolex/ledge/view/RecordDetails;jsessionid=8B816645E604D25E39AF2DCFAD21EBFA?id=LEX-AOC034471&index=documents>.
- El Khatab, M., Palanques, A., Puig, P., 2004.** Spatial and Temporal Distribution of Heavy Metals in Downward Particulate Matter from the Northwestern Aliborean Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 37.
- Elinç, F., 2000.** Sürdürülebilir Tarım ve Çevrenin Korunması Bağlamında Toprak, Bitki, Su Kirliliğini Oluşturan Etmenler. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği Hizmetiçi Eğitim Semineri Notları, Ankara 2001.
- EPA, 2009.** Environmental Protection Agency, National Secondary Drinking Water Regulation. <http://www.epa.gov/safewater/> (22.07.2009).
- Ergin, M., Keskin, Ş., Algan, O., Alpar, B., Ongan, D., Kırıcı, E., Bayhan, E. ve Temel, A., 2003.** Güneybatı Karadeniz kıta sahanlığının genç Kuvanternler jeolojisi: sedimantolojik, sığ sismik stratigrafik, mineralojik ve jeokimyasal araştırmalar, TÜBİTAK Sonuç Raporu, Ankara, 175 (Güven, K.C., Öztürk, B., 2005'ten).
- Ergül, H.A., Alkan, A. and Topçuoğlu, S., 2007.** Trace Metals in Mussel and Sediment Samples from Southeastern Coast of the Black Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38.
- Ergül, H.A., Topçuoğlu, S., Ölmez, E., Kırbaşoğlu, Ç., 2008.** Heavy metals in sinking particles and bottom sediments from the eastern Turkish coast of the Black Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 78: 396-402.
- Ergül, H.A., Ay, U., Karademir, A., Cayır, B., Topçuoğlu, S., Telli, B. and Terzi, M., 2010.** Heavy Metal Concentrations In Biota and Sea Water Samples From Dil Iskelesi Region. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 39.
- Erkan, N., Özden, Ö., Ulusoy, Ş., 2011.** Seasonal Micro and Macro-Mineral Profile and Proximate Composition of Oyster (*Ostrea edulis*) Analyzed by ICP-MS. *Food Analytical Methods*, 4: 35-40.
- Esen, E., Küçüksezgin, F., Uluturhan, E., 2010.** Assessment of trace metal pollution in surface sediments of Nemrut Bay, Aegean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160: 257-266.

- Erüz, C., Köse, E., Özer, F., Sivri, N. ve Feyzioğlu, M., 2000.** Distribution of Seawater and Riverine Suspended Matter in Coastal Waters of Trabzon. Turkish Journal Marine Sciences, 6: 255-262.
- FAO, 2009.** FAO-Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. FISHSTAT Plus. Universal Software for Fishery statistical time series. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome (Italy). Version.2.3. last updated, March 2004.
- FAO/Fishstat Plus, 2011.** FAO-Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. FISHSTAT Plus. Universal Software for Fishery statistical time series. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome (Italy). Version.2.3. last updated, March 2004.
- Ferreira, J. G., Hawkins, A.J.S., and Bricker, S.B., 2007.** Management of productivity, environmental and profitability of shellfish aquaculture effects the Farm Aquaculture Resource Management (FARM) model. Aquaculture, 264: 160-174.
- Förstner, U., and Wittmann, G.T.W., 1983.** Metal Pollution in the Aquatic Environment, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 486 pp.
- Franco, J. , Borja, A., Solaun, O. and Perez, V., 2002.** Heavy metals in Molluscs from the Basque Coast (Northern), Spain, Results From an 11-year Monitoring Programme. Baseline/Marine Pollution Bulletin, 44: 956-976.
- Funes, V., Ahlma, J., Navas, J.I., Lopez-Barea, J., Peinado, J., 2006.** Ecotoxicological effects of metal pollution in two mollusc species from the Spanish South Atlantic littoral. Environmental Pollution, 139: 214-223.
- Gey, H., 1983.** Türkiye'nin Ege Denizi Kıyılarında Avlanan *Dicentrarchus labrax* (L.) ve *Solea vulgaris* Quensel'de Bazı İz Element Birikim Düzeylerinin Araştırılması. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji ABD, 65 s.
- Gey, H. ve Mordoğan, H., 1988.** İzmir Körfezi'ndeki Bazı Deniz Organizmalarında ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli Ağır Metallerin Derişimleri. Doğa Dergisi Tr. J. of Zoology , Cilt: 12 Sayı 3, 216-224.
- Gosling, E. 1992.** The Mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 25 pp.

- Gökkurt, O., 2007.** Sinop Kıyılarında Potansiyel Deşarj Noktalarının Suyun Kalitesine ve Canlılara Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 202 s.
- Göksel, H., 1993.** Trabzon Limanı ve Çevresinde Avlanılan Mezgit (*Merlangus merlangus euxinus* Nordmann, 1840)'te Bazı Ağır Metal (Cu, Mn, Zn) Birikimlerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Trabzon, 36 s.
- Göksu, M.Z.L., Akar, M., Çevik, F. and Fındık, Ö., 2005.** Bioaccumulation of Some Heavy Metals (Cd, Fe, Zn, Cu) in Two Bivalvia Species (*Pinctada radiata* Leach, 1814 and *Brachidontes pharaonis* Fischer, 1870). Turk J. Vet. Anim. Sci., 29: 89-93.
- Gökoğlu, N., Gökoğlu, M. and N., Yerlikaya, 2006.** Seasonal variations in proximate and elemental composition of pearl oyster (*Pinctada radiata*, Leach, 1814). Journal of the Science Food and Agriculture, 86: 2161-2165.
- Gökoğlu, N., Yerlikay, P., Gökoğlu, M., 2008.** Trace elements in edible tissues of three shrimp species (*Panaeus semisulcatus*, *Parapanes longirostris* and *Paleomon serratus*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 175-178.
- Gönlüğü, G., Öztürk, M., Gündoğdu, A., Öztürk, M., 1995.** Sinop Körfezinde Bazı Nutrientlerin ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerin Aylık Değişimleri. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi 11-13 Eylül 1995 Ankara, Biyologlar Derneği, 815.
- Gundacker, C., 1999.** Tissue-Specific Heavy Metal (Cd, Pb, Cu, Zn) Deposition in a Natural Population of the Zebra Mussel *Dreissena polymorpha* Palas. Chemosphere, 38 (14): 3339-3356.
- Gundacker, C., 2000.** Comparison of heavy metal bioaccumulation in freshwater molluscs of urban river habitats in Vienna. Environmental Pollution, 110: 61-71.
- Gündoğdu, A. ve Erdem, M., 1998.** Turizm Sezonunda Sinop Kıyılarında Oluşan Anyonik Deterjan Kirliliğindeki Değişimler. Celal Bayat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Dergisi, ISSN 1301-2428, sayı 1: 14-20.
- Güven, K.C. 2005.** Deniz Kirliliği. Güven, Ed., K.C. ve Öztürk, B., Tüdev Yayınları No: 21, İstanbul, 512 s.

- Güven, K., Topçuoğlu, S., Balkıs, N., Ergül, H., Aksu, A., 2007.** Heavy Metal Concentrations in Marine Algae from the Turkish Coast of the Black Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38.
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y., Fırat, A. 2008.** Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası). Ege Üniversitesi Yayınları No: 50, Üniversite Ders Kitabı Dizini No: 19, 5. baskı, Bornova-İzmir, 276 s.
- Hung, T.C., Meng, P.J., Han, B.C., Chuang, A., Huang, C.C., 2001.** Trace metals in different species of mollusca, water and sediments from Taiwan coastal area. *Chemosphere*, 44: 833-841.
- Hungspreugs, M. and Yuangthong, C., 1984.** Present levels of Heavy Metals in some Mollusc of the Upper Gulf of Thailand. *Water Air Soil Poll.*, Vol 22 No: 4, 395-402.
- Isaac, R.A., Gil, L., Cooperman, A.N., Hulme, K., Eddy, B., Ruiz, M., Jacobson, K., Larson, C., and Pancorbo, O.C., 1997.** Corrosion of drinking water distribution systems: a major contribution of copper and lead to wastewater effluents. *Environmental Science Technology*, 31: 3198-3203.
- İlhan, R. ve Gülyavuz, H., 2004.** Çanakkale’de Avlanan Bazı Bivalvia Türlerinin Kimyasal Kompozisyonlarının Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, I. Ulusal Malakoloji Kongresi 1-3 Eylül, İzmir, 199-204 s.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004.** Metallerin Çevresel Etkileri I. *Metalurji Dergisi*, Sayı 136: 47-53.
- Kalay, M., Dönmez, E.A, Koyuncu E.C., 2003.** *Tilapia nilotica* (L.,1758)’nın Solungaç ve Karaciğer Dokularındaki Mangan, Demir ve Çinko Düzeyleri Üzerine Bakırın Etkisi. *Ekoloji Dergisi*, Cilt: 13, Sayı 49: 1-5.
- Kamaruzzaman, B.Y., Ong, M.C., Zaleha, K., and Shahbudin, S., 2008.** Levels of Heavy Metals in green-Lipped Mussel *Perna viridis* (Linnaeus) from Muar Estuary, Johore, Malaysia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11 (18): 2249-2253.
- Kamidis, N.I., Stamatis, N. and Sylaios, G., 2004.** Trace Elements Concentrations in the Surface Sediments and the Water Column of Kavala Gulf (Northern Greece). *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 37.

- Karaaliolu, O., 2006.** Sinop İli kıyı şeridinde deniz ortamı kalitesinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 109 s.
- Kar, D., Sur, P., Mandal, S.K., Saha, T., Kole, R.K., 2008.** Assessment of heavy metal pollution in surface water. *Journal of Environmental Science Technology*, 5 (1): 119-124.
- Karadede, H., 2002.** Dicle Nehri'nde Su, Sediment ve Bentik Bazı Canlı Organizmalardaki İz Element Birikiminin Araştırılması. (Doktora Tezi), Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 129 s.
- Karayücel, S., 1996.** Influence of Environmental Factors on Spat Collection and Mussel (*Mytilus edulis*) Culture in Raft Systems in two Scottish Lochs. (PhD. Thesis), Institute of Aquaculture University of Stirling, Scotland, 267 pp.
- Karayücel, S., Erdem, M., Uyan, O., Saygun, S., Karayücel, İ., 2002.** Spat Settlement and Growth on Long-line Culture System of the Mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the Southern Black Sea. *The Israeli Journal Of Aquaculture-Bamidgeh*, 54 (4), 163-172.
- Karayücel, S., Kaya, Y., Karayücel, İ., 2003a.** Sinop Bölgesi'nde Akdeniz midyesinin (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) kondüsyon ve biyokimyasal kompozisyonu üzerine çevresel faktörlerin etkisi. *Turkish Veterinary Animal Science*, 27: 1391-1396.
- Karayücel, S., Karayücel, İ., Erdem, M., Saygun, S., Uyan, O., 2003b.** Growth and production in long-line cultivated Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) in Sinop, Black Sea. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 55 (3): 169-178.
- Karayücel, S., Çelik, M.Y., Karayücel, İ., Erik, G., 2009.** Development of Mussel (*M. galloprovincialis* L., 1819) Seed on Different Combined Collectors Used on Raft System, in Sinop, Black Sea. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8 (4): 764-770.
- Karayücel, S., Çelik, M.Y., Karayücel, İ., Erik, G., 2010.** Growth and Production of Raft Cultivated Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 9-17.

- Kargın, F., ve Erdem, C., 1992.** Bakır-Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* L.'nin Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. Tr. J. of Zoology, 16: 343-348.
- Kartal, G., Kahvecioğlu, Ö., G., Güven, A., Timur, S., 2004.** Metallerin Çevresel Etkileri II., Metalurji Dergisi, Sayı 137: 46-51.
- Kavun, V., Ya., Shulkin, V. M., Khristoforova, N. K., 2002,** Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, North-west Pasific Ocean. Marine Environmental Research, 53: 219-226.
- Kayhan, F.E., 2006.** Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, Vol: 23, Sayı (1-2): 215-220.
- Kayhan, F.E., Gülsoy, N., Balkıs, N., and Yüce, R., 2007.** Cadmium (Cd) and Lead (Pb) Levels of Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck,1819) from Bosphorus, İstanbul, Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10 (6): 915-919.
- Kıdeys, A., 1994.** Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The reason for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries. J. Mar. Sys., 5: 171-181.
- Kızılkaya, B., 2008.** Ağır Metaller ve Ağır Metal Tayinlerinde Kullanılan Enstrumental Teknikler. (Doktora Semineri), Çanakkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 31 s.
- Kocataş, A., 2004.** Oseanoloji, Deniz Bilimlerine Giriş. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Ders Kitabı, No: 28, 357 s.
- Kocak, F., Uluturhan, E., Küçüksezgin, F., 2007.** Copper and Zinc Contaminations In The Coastal Sediments and *Posidonia oceanica*. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 38.
- Kocahan, İ., 1999.** Marmara Denizi Demersal Balıklarında İz Element Kirliliği. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 187 s.
- Koçbaş, F., 2005.** Kuzey Ege Kıyılarında Yayılış Gösteren *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) ve Ortam Sedimentlerinde Bazı Ağır Metal (Cu, Zn, Pb ve Cd) Dağılımlarının Araştırılması. (Doktora Tezi), Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 336 s.
- Kut, D., Topçuoğlu, S., Esen, N., Küçükcezzar, R., and Güven, K. C., 2000.** Trace Metals in Marine algae and Sediment Samples from the Bosphorus. Water, Air and Soil Pollution, 118: 27-33.

- Kumlu, M., 2001.** Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 6, 305s.
- Küçüksezgin, F., Konaş, A., Altay, O., Uluturhan, E. ve Darılmaz, E., 2004.** İzmir Körfezi'nin Kimyasal Özelliklerine Genel Bakış. Ulusal Su Günleri, Türkiye Sucul Yaşam Dergisi, Yıl: 2, Sayı: 3, 361-370 s.,
- Küçüksezgin, F., Kayatekin, B.N., Uluturhan, E., Uysal, N., Açıkgöz, O., Gönenç, S., 2008.** Preliminary investigation of sensitive biomarkers of trace metal pollution in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from Izmir Bay (Turkey). Environmental Monitoring and Assessment, (DOI 10.1007/s10661-007-9900-2).
- Küçüksezgin, F., Kaçar, A., Küçüksezgin, G., Uluturhan, E., 2010.** Monitoring metal contamination levels and fecal pollution in clam (*Tapes decussatus*) collected from Izmir Bay (Turkey). Environmental Monitoring and Assessment, 162: 401-415.
- Lafabrie, C., Pergent, G., Kantin, R., Pergent-Martini, C., Gonzalez, J.L., 2007.** Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species- Validation of the use of *posidonia oceanica* as a metal biomonitor. Chemosphere, 68: 2033-2039.
- Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Martino, D., Naccari, F., 2004.** Organochlorine Compounds and Heavy Metals in the Soft Tissue of the *Mussel galloprovincialis* Collected from Lake Faro (Sicily, Italy). Environment International, 30: 805-810.
- Liu, J.H., and Kueh, C.S.W., 2005.** Biomonitoring of heavy metals and trace organics using the intertidal mussel *Perna viridis* in Hong Kong coastal waters. Marine Pollution Bulletin, 51: 857-875.
- Lök, A., 2001.** İskele-Urla'da (İzmir Körfezi) kültüre alınan farklı boy gruplarındaki midyelerin (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) büyüme oranları. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 1-2: 141-147.
- Lök, A., Acarlı, S., Serdar, S., Köse, A., Yıldız, H., 2007.** Growth and mortality of Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819, in relation to size on longline in Mersin Bay, Izmir (Turkey–Aegean Sea). Aquaculture Research, 38: 819-826.
- Lutz, R.A., 1980.** Mussel culture and harvest: A North American perspective, Elsevier Scientific Pub. Comp., Amsterdam. 350 p.

- Maanan, M., Zourarah, B., Carruesco, C., Aajjane, A., Naud, J., 2004.** The distribution of heavy metals in the Sidi Moussa lagoon sediments (Atlantic Moroccan Coast). *Journal of African Earth Sciences*, 39: 473-484.
- Maanan, M., 2007.** Biomonitoring of Heavy Metals Using *Mytilus galloprovincialis* in Safi Coastal Waters, Morocco. *Environmental Toxicology*, 22 (5): 525-531.
- Maanan, M., 2008.** Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. *Environmental Pollution*, 153: 176-183.
- Machás, R., Santos, R., Peterson, B., 2003.** Tracing the flow of organic matter from primary producers to filter feeders in Ria Formosa Lagoon, Southern Portugal. *Estuaries*, 26: 846–856.
- Meriçboyu, A.E., Beker, Ü.G., Küçükbayrak, S., 1997.** Kömür Özellikleri. *Teknolojisi ve Çevre İlişkileri*, (Editör: Orhan Kural), 746 s.
- Mo, C., and Neilson, B., 1994.** Standardization of oyster soft dry weight measurements. *Water Research*, 28: 243-246.
- Mol, S., Çakalp, Z. ve Çırpıcı, E., 2005.** Su Ürünlerinde İz Element Birikimi ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Hasad Gıda Dergisi*, Sayı: 244, Eylül 2005.
- Mol, S., 2006.** Fayda ve Riskleriyle Midye. *Dünya Gıda Dergisi*, Sayı: 5, 83-88 s.
- Mol, S. and Üçok-Alakavuk, D., 2011.** Heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Marmara Sea, Turkey, *Biological Trace Element Research*, (DOI: 10.1007/s12011-010-8721-2).
- Mora, S., Fowler, S.W., Wyse, E., Azemard, S., 2004.** Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 410- 424.
- Mordoğan, H., Yaramaz, Ö., Alpbaz, A., 1991.** Homa Dalyanı Sedimentlerinde Bazı Ağır Metallerin (Fe, Ni, Co, Mn, Sb) Derişimlerinin Araştırılması. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, Cilt No: 8 Sayı 29-30 S. 49-50, İzmir.
- Mubiana, V. K., Qadah, D., Meys, J. and Blust, R., 2005.** Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from the Western Scheldt estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 540: 169–180.
- Mubiana, V. K., Vercauteren, K., Blust, R., 2006.** The influence of body size, condition index and tidal exposure on the variability in metal bioaccumulation in *Mytilus edulis*. *Environmental Pollution*, 144: 272-279.
- Nicholson, S., 1999.** Cardiac and Lysosomal Responses from Gren Mussel *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae). *Marine Pollution Bulletin*, 38: 1157-1162.

- Nicholson, S. and Szefer, P., 2003.** Accumulation of metals in the soft tissues, byssus and shell of the mytilid mussel *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) from polluted and uncontaminated locations in Hon Kong coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1035-1048.
- Niencheski, L.F. ve Baumgarten, M.G.Z., 2000.** Distribution of particulate trace metal in the southern part of the Patos Lagoon estuary. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 515-520.
- Okay, O.S., Pekey, H., Morkoç, E., Başak, S. and Baykal, B., 2008.** Metals in the surface sediments of İstanbul Strait (Turkey). *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 43: 1725-1734.
- Okumuş, İ. and Stirling, H.P., 1994.** Growth, mortality and shell morphology of cultivated mussel (*Mytilus edulis*) stocks cross-planted between two Scottish Sea Lochs. *Marine Biology*, 119: 115–123.
- Okumuş, İ. and Stirling, H.P., 1998.** Seasonal variations in the meat weight, Condition Index and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in suspended culture in two Scottish sea lochs. *Aquaculture*: 159(3–4): 249–261.
- Olgunoğlu, M.P.P. ve Polat, S., 2007.** İskenderun Körfezi'nde Dağılım Gösteren iki Makroalg Türünde [*Cystoseira corniculata* (Phaeophyta), *Laurencia papillosa* (Rhodophyta)] Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 24 (1-2): 25-30.
- Olgunoğlu, M.P.P., 2008.** İskenderun Körfezi Kıyılarındaki Bazı Makroalg Türleri ve Çökeline Ağır Metal Birikimlerinin Mevsimsel Değişimi. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 94 s.
- Oliver, L. M., William, S. F., Winstead, J. T., Hemmer, B. L. and Long, E. R., 2001.** Relationships between tissue contaminants and defense-related characteristics of oysters (*Crassostrea virginica*) from five Florida Bays. *Aquatic Toxicology*, 55: 203-222.
- Orescanin, V., Lovrencic, I., Mikelic, L., Barisic, D., Matasin, Z., Lulic, S., Pezelj, D., 2006.** Biomonitoring of heavy metals and arsenic on the east coast of the Middle Adriatic Sea using *Mytilus galloprovincialis*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 245: 495–500.

- Otero, X.L., Vidal-Torrado, P., Calvo de Anta, R.M., Macias, F., 2005.** Trace elements in biodeposits and sediments from mussel culture in the Ria de Arousa (Galicia, NW Spain). *Environmental Pollution*, 136: 119-134.
- Özden, Ö., 2008.** Study of seasonal heavy metal and macronutrient mineral profile of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) using inductively coupled plasma mass spectrometry methods. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (9): 1300-1306.
- Özden, Ö., Erkan, N., Deval, M.C., 2009.** Trace mineral profiles of the bivalve species *Chamelea gallina* and *Donax trunculus*. *Food Chemistry*, 113: 222-226.
- Öztürk, M., 1991.** Sinop İli İç ve Dış Koy ve Limanlarında Yayılım Gösteren İki Omurgasız ve İki Alg Türünde Bazı İz Elementlerin Birikim Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma. (Doktora Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 85 s.
- Öztürk, M. ve Öztürk, M., 1991.** Karadeniz'deki Deniz Salyangozlarında (*Rapana venosa*, Valenciennes, 1846) Birikim Gösteren İz Elementlerinin Miktarları Üzerine Bir Çalışma. Karadeniz'in Ekolojik Sorunları ve Ekolojik Değerlendirme Olanakları Sempozyumu.
- Öztürk, M., 1994.** Sinop'un Koy ve Limanlarında Yayılım Gösteren *Patella caerulea* L., ve *Enteromorpha linza* L., J. Agardh Türlerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Tr. J. Of Biology*, Cilt: 18, 195-211.
- Öztürk, M. ve Bat, L., 1994.** Karadeniz'in Sinop Kıyılarında Bazı Yenilebilir Organizmalardaki İz Element Düzeyleri. *Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Dergisi, Seri B (16/1)*: 177-196 s.
- Öztürk, M., Bat, L., ve Öztürk, M., 1994a.** Sinop'un Koy ve Limanlarından Örneklenen Bazı Biyoindikatör Türlerindeki Ağır Metal Düzeyleri. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Botanik Seksiyonu (Posterler) Cilt: II, 6-8 Temmuz, S. 20-25, Edirne.
- Öztürk, M., Bat, L., ve Öztürk, M., 1994b.** Sinop Kıyılarında Yayılış Gösteren *Ulva lactuca* L., Le Jolis 1863 Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma. E.Ü. Fen Fak. Der. Seri B, Ek 16/1,1. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi 5-7 Ekim. 187-194.
- Öztürk, M., Bat, L. ve Öztürk, M., 1996a.** Karadeniz'in Sinop Kıyılarından Örneklenen Bir Karides Türünde (*Palaemon elegans* Rathke, 1837) Bazı İz Elementlerin Birikim Düzeyleri. *Tarım ve Çevre İlişkileri Sempozyumu* 13-15 Mayıs, Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 36 s.

- Öztürk, M., Öztürk, M. ve Bat, L., 1996b.** Karadeniz'in Sinop Kıyılarında Yayılım Gösteren İki Alg Türünün Yıkanmış ve Yıkanmamış Örneklerindeki Bazı İz Element Birikim Düzeylerinin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, Bornova –İzmir, 13 (3-4): 409-412 s.
- Öztürk, B., Çulha, M. ve Ürkmez, D., 2004.** Sinop Yarımadası ve Civarının Bivalvia Faunası, Ege Üniversitesi, I. Ulusal Malakoloji Kongresi 1-3 Eylül, İzmir, 71-80 s.
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E., 2009.** Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. Iran J. Environ. Health. Sci. Eng., Vol: 6 No: 2, 73-80.
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonarod, J., Petridis, V. and Kalfakakou, V., 2004.** Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). Environmental International, 30: 357-362.
- Pekey, H., 2006a.** The distribution and sources of heavy metals in Izmit Bay surface sediments affected by a polluted stream. Marine Pollution Bulletin, 52: 1197-1208.
- Pekey, H., 2006b.** Heavy Metal Pollution Assessment In Sediments Of The Izmit Bay, Turkey. Environmental Monitoring And Assessment, 123: 219-231.
- Pipe, R. K., Coles, J.A., Carissan, F.M.M., Ramanathan, K., 1999.** Copper induced immunomodilation in the marine mussel, *Mytilus edulis*. Aquatic Toxicology, 46: 43-54.
- Phillips, D. J. H., 1976.** The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. II Relationship of metals in the mussel to those discharged by Industry. Marine Biology, 38: 71-80.
- Phillips, D. J. H., 1977.** The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environment-a review. Environmental Pollution, 13: 281-317.
- Phillips, D.J.H., 1980.** Quantitative Aquatic Biological Indicators. The Use to monitor Trace Metal and organochlorine Pollution, Applied Science Publishers LTD, London, 488.
- Pourang, N., Richardson, C.A., Mortazavi, M.S., 2010.** Heavy metal concentrations in the soft tissues of swan mussel (*Anodonta cygnea*) and surficial sediments from Anzali wetland, Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 163: 195-213.

- Rainbow, P.S. and Phillips, D. J. H., 1993.** Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, 26: 593-601.
- Rainbow, P.S., 1995.** Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 31: 183-192.
- Rainbow, P.S., Wolowicz, M., Fialkowski, W., Smith, B.D., Sokolowski, A., 2000.** Biomonitoring Of Trace Metals In The Gulf Of Gdansk, Using Mussels (*Mytilus trossulus*) and Barnacles (*Balanus improvisus*). *Water Research*, 34 (6): 1823-1829.
- Rainbow, P.S., 2002.** Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: Why and so what? *Environmental Pollution*, 120: 497-507.
- Rajagopal, S., Venugopalan, V.P., Nair, K.V.K., Van der Velde, G., Jenner, H.A., 1998.** Settlement and growth of the green mussel *Perna viridis* (L.) in coastal waters: influence of water velocity. *Aquatic Ecology*, 32: 313-322.
- Readman, J. W., Fillman, G., Tolosa, I., Bartocci, J., Villeneuve, J. P., Catinni, C., Mee, L. D., 2002.** Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 48-62.
- Regoli, F. and Orlando, E., 1994.** Accumulation and Subcellular Distribution of Metals (Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* During a Field Transplant Experiment. *Marine Pollution Bulletin*, 28 (10): 592-600.
- Resgalla, C.Jr., Brasil, E.S., Laitano, K.S., Reis Filho, R.W., 2007.** Physioecology of the mussel *Perna perna* (Mytilidae) in Southern Brasil. *Aquaculture*, 270: 464-474.
- Romeo, M., Hoarau, P. Garello, G., Gnassia-barelli, M., Grad, J.P., 2003.** Mussel Transplantation and Biomarkers as Useful Tools for Assessing Water Quality in the NW Mediterranean. *Environmental Pollution*, 122: 369-378.
- Romeo, M., Frasila, C., Gnassia-Barelli, M., Damiens, G., Micu, D., Mustata, G., 2005.** Biomonitoring of trace metals in the Black Sea (Romania) using mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Water Research*, 39: 596-604.
- Rubio, B., Nombela, M.A. and Vilas, F., 2000.** Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (11): 968-980.

- Saavedra, Y., Gonzales, A., Fernandez, P., Blanco, J., 2004.** The effect of size on trace metal levels in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*). The Science of the Total Environment, 318: 115-124.
- Sağlamtimur, B., Cıçık, B. ve Erdem, C., 2004.** Kısa Süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus* L.,1758)'nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi. Ekoloji Dergisi, 14 (53): 33-38.
- Saion, E.B., Wood, Ab K.H., Sulaiman, A.Z., Alzahrany, A.A., Elias, M. S., and Siong, W.B., 2007.** Determination of Heavy Metal Pollution in Depth Profile of Marine Sediment Samples From The Strait of Malacca. Fresenius Environmental Bulletin, 16 (10): 1279-1287.
- Sarı, E. and Çağatay, M. N., 2001.** Distributions of heavy metals in the surface sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea. Environment International, 26: 169-173.
- Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal and Rauret, G., 2002.** Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwave-assisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction. Analytica Chimica Acta, 462: 288-304.
- Sciortino, J. A. and Ravikumar, R., 1999.** Fishery Harbour Manual on the Prevention of Pollution-Bay of Bengal Programme. Chapter 2- Water Quality Monitoring, Standards and Treatment. BOBP For Fisheries Management BOBP/MAG/22, Mandras, India.
- Shumway, S. E., Davis, C., Dawney, R., Karney, R., Krauter, J., Parsons, J., Rheault, R., Wikfors, G., 2003.** Shellfish aquaculture in Praise of Sustainable Economies and Environment. World Aquaculture, 1-4.
- Shulkin, V. M. Presley, B.J. Kavun, V.I., 2003.** Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. Environment International, 29: 493-502.
- Sidoumou, Z., Gnassia-Barelli, M., Siau, Y., Morton, V. and Romeo, M., 2006.** Heavy metal concentrations in mollusks from the Senegal coast. Environment International, 32: 384-387.
- Silva, C.A.R., Smith, B.D., Rainboe, P.S., 2006.** Comparative biomonitoring of coastal trace metal contamination in tropical South America (N. Brazil). Marine Environmental Research, 61: 439-455.

- SKKY, 2004.** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Yönetmelikleri, Yayımlandığı Resmi Gazete : Tarih 31 Aralık Cuma 2004 Sayı : 25687. <http://www.cevreorman.gov.tr/COB/Files/yasa/yonetmelik.htm> (11.07.2004).
- Souci, S.W., Fachmann, W., Kraut, H. 2000.** Food Composition and Nutrition Tables. CRC Press Medpharm Scientific Publishers Stuttgart, 482-483.
- Stirling, H.P., 1985.** Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Aquaculturalists. Institute of Aquaculture, University of Stirling, 119.
- Storelli, M.M. and Marcotrigiano, G.O., 2001.** Heavy Metal Monitoring in Fish, Bivalve Molluscs, Water and Sediments from Varano Lagoon, Italy. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 66: 365-370.
- Strohmeir, T., Duinker, A., Strand, Q., Aure, J., 2008.** Temporal and spatial variation in food availability and meat ratio in a longline mussel farm (*Mytilus edulis*). Aquaculture, 276: 83–90.
- Sunlu, U., 1994.** S.Ü.F.A. (Homa) Dalyanı ve Ege Denizi'nin Farklı Bölgelerindeki Kirlenme Durumu İle Bazı Ekonomik Balık Türlerinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 174 s.
- Sunlu, M., Egemen, Ö., Onan, M., 1996.** Güllük Lagünü Girişinde Dağılım Gösteren Mamun (*Upogebia pusilla*)'da Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. II. International Symposium on aquatic Products, September 21-23. Atatürk Kültür Merkezi, Taksim-İstanbul.
- Sunlu, U. ve Egemen, Ö., 1998.** Homa Dalyanı ve İzmir Körfezi'nin (Ege Denizi) Farklı Bölgelerindeki Kirlenme Durumu İle Bazı Ekonomik Balık Türlerinde İz Element Düzeylerinin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 15 (3-4): 241-261.
- Sunlu, U., Egemen, Ö. ve Kaymakçı, A., 1999.** Urla İskelesi Ağ Kafeslerde Yapılan Balık Yetiştiriciliğinin Su Kalitesine Olan Etkilerinin İncelenmesi. X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 22-24 Eylül 1999, Adana.
- Sunlu, U., 2002.** Comparison of heavy metal levels in native and cultured mussel *Mytilus galloprovincialis* (L, 1758) from the Bay of Izmir (Aegean Sea/Turkey). *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, CIESM Workshop Series n°15, Marseilles, 18-20 April.

- Sunlu, U., 2006.** Trace Metal Levels in Mussels (*Mytilus galloprovincialis* L, 1758) from Turkish Aegean Sea Coast. Environmental Monitoring and Assessment, 114: 273- 286.
- SÜY, 2006.** Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği (1993), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma kontrol genel Müdürlüğü, Genelge 2006/1. <http://eski.kkgm.gov.tr/Mevzuat/1380/1380y.htm> (12.03.2007).
- SÜY, 2008.** 21.09.2008 Tarihli 27004 Sayılı Su Ürünleri Yönetmeliği'nin Çift Kabuklu Yumuşakçalardaki Ağır Metal Limiti. <http://www.kkgm.gov.tr/mev/teblig.html> (22.07.2009).
- Szefer, P., Ikuta, K., Frelek, K., Zdrojewska, I & Nabrzyski, M., 1999.** Mercury and other trace metals (Ag, Cr, Co and Ni) in soft tissue and byssus of *Mytilus edulis* from the east coast of Kyushu Island, Japan. The Science of the Total Environment, 229: 227-234.
- Szefer, P., Frelek, K., Szefer, K., Lee, C.B., Kim, B.S., Warzocha, J., Zdrojewska, I., Ciesielski, T., 2002.** Distribution and relationships of trace metals in soft tissue, byssus and shells of *Mytilus edulis trossulus* from the southern Baltic. Environmental Pollution, 120: 423-444.
- Szefer, P., Kim, B.S., Kim, C.K., Kim, E.H., Lee, C.B., 2004.** Distribution and coassociations of trace elements in soft tissue and byssus of *Mytilus galloprovincialis* relative to the surrounding seawater and suspended matter of the southern part of the Korean Peninsula. Environmental Pollution, 129: 209-228.
- Szefer, P., Fowler, S.W., Ikuta, K., Paez Psuna, F., Ali, A.A., Kim, B.S., Fernandes, H.M., Belzunce, M.J., Guterstam, B., Kunzendorf, H., Wolowicz, M., Hummel, H., Deslous-Paoli, M., 2006.** A comparative assessment of heavy metal accumulation in soft parts and byssus of mussels from subarctic, temperate, subtropical and tropical marine environments. Environmental Pollution, 139: 70-78.
- Taş, E.Ç., Sunlu, U., Özaydın, O., 2007.** Çandarlı Körfezi (Ege Denizi) Sedimentte Karbon, Yanabilen Madde Miktarı ve Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi, Vol: 24, sayı (3-4): 273-277.
- Tanner, P. A., Leong, L. S. and Pan, S. M., 2000.** Contamination of heavy metals in marine sediment cores Victoria Harbour, Hong Kong. Marine Pollution Bulletin, 40 (9): 769-779.

- TGK, 2005.** Türk Gıda Kodeksi, Resmi Gazete, 23.09.2002, No: 24885.
- Topçuoğlu, S., 2000.** Black Sea Ecology, pollution research of the marine environment in Turkey. IAEA Bulletin, 42(4): 12-14.
- Topçuoğlu, S., Kut, D., Esen, N., Ölmez, E., Küçükcezzar, R., Başsarı, A., Güngör, N. ve Kırbaçoğlu, Ç., 2000.** Marmara Denizi'nin Sediment ve Organizmalarında İz Element Kirliliği. Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, 11-12 Kasım 2000, İstanbul, 607 s.
- Topçuoğlu, S., Güven, K. C., Kırbaçoğlu, Ç., Güngör, N., Ünlü, S. and Yılmaz, Y. Z., 2001.** Heavy Metals in Marine algae from Şile the Black Sea 1994-1997. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 67: 288-294.
- Topçuoğlu, S., 2002.** Monitoring of radionuclides and heavy metals in Turkish Black Sea Coast, Bosphorus and Marmara sea using mussels (*Mytilus galloprovincialis*) as a bioindicator. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, CIESM Workshop Series n°15, Marseilles, 18-20 April.
- Topçuoğlu, S., Kırbaçoğlu, Ç. and Güngör, N., 2002.** Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environment International*, 27: 521-526.
- Topçuoğlu, S., Ergül, H.A., Baysal, A., Ölmez, E., Kut, D., 2003.** Determination of Radionuclide and Heavy Metal Cocentrations in Biota and Sediment Samples from Pazar And Rize Sattions in The Eastern Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol: 12, No: 7, 695-699.
- Topçuoğlu, S., Kırbaçoğlu, Ç. and Yılmaz, Z. Y., 2004a.** Heavy Metals In Biota and Sediments in the Northern coast of the Marmara Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96: 183-189.
- Topçuoğlu, S., Ölmez, E., Kırbaçoğlu, Ç., Yılmaz, Z. Y., Saygın, N., 2004b.** Metal and Radioactivity in Biota and Sediment Samples Collected from Ünye in the Eastern Black Sea, *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 37.
- Tosun, H., Çolak, N., Yılmaz, A. ve Usta, Ş., 2005.** Sinop İli Turizm Master Planı, T. C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Sinop Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 93s.
- TSE-266, 2005.** Türk Standartları Enstitüsü, İnsani Tüketim Amaçlı Kullanılan Sular, Ankara, 1-5 s.
- TUİK, 2008.** Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri İstatistiği, www.tuik.gov.tr (24.07.2008)

- Tuncer, S., 1985.** İzmir ve Çandarlı (Aliğa limanı) Körfezleri'nde Yaşayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki İz Element Kirlenmesi İle İlgili Araştırmalar. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, Hidrobiyoloji ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, İzmir, 86 s.
- Tuncer, G., Karakaş, T., Balkas, T. I., Gökçay, C. F., Aygnn, S., Yurteri, C., Tuncel, G., 1998.** Land-based Sources of Pollution along the Black Sea Coast of Turkey: Concentrations and Annual Loads to the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 36: 409-423.
- Turgut, C., 2003.** The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in Küçük Menderes River in Turkey. *Environmental International*, 29: 29-32.
- Türk, N. ve Yabanlı, M., 2006.** Balık, Balıkçılık Ürünleri ve İnsan Sağlığı. I. Türkiye Zoonotik Hastalıkları Sempozyumu, 14-15 Kasım 2006, Ankara, 151-161.
- Türk Çulha, S., 2007.** Sinop ve Civarında Sediment, Dip Balığı ve Omurgasız Hayvanlarda Bazı İz Element Düzeyleri. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 100s.
- Türk Çulha, S., Koçbaş, F., Gündoğdu, A., Baki, B., Çulha, M. and Topcuoğlu, S., 2011.** The Seasonal Distribution of Heavy Metals in Mussel Sample from Yalova in the Marmara Sea, 2008-2009. *Environmental Monitoring and Assessment*, (DOI: 10.1007/s10661-011-1937-6).
- Türkmen, A., 2003.** İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus spinosus* Schreibers, 1973) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 152 s.
- Türkmen, A. and Türkmen, M., 2004.** The Seasonal Variation of Heavy Metals in the Suspended Particulate Material in Iskenderun Bay (North-eastern Mediterranean Sea, Turkey). *Ege Univerity, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol 21, Issue (3-4): 307-311.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Naz, M., 2004.** İskenderun Körfezi Deniz suyu Ağır Metal Konsantrasyonları ile Sıcaklık, pH, Oksijen ve Tuzluluk Değerleri Arasındaki Korelasyonlar, *Türk Sucul Yaşam Dergisi* (Ed. Cihangir, B., Demirkurt, E., Tıraşın, E.M.), yıl: 2 sayı: 3, 385-392.

- Türkmen, A. and Türkmen, M., 2005.** Seasonal and Spatial Variations of Heavy Metals in the Spiny Rock Oyster, *Spondylus spinosus*, from Coastal Waters of Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 75: 716-722.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., 2005a.** Biomonitoring of Heavy Metals from Iskenderun Bay Using Two Bivalve Species *Chama pacifica* Broderip, 1834 and *Ostrea stentina* Payraudeau, 1826. Turkish Journal Of Fisheries and Aquatic Sciences, 5: 107-111.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Akyurt, İ., Tepe, Y., 2005b.** Limpet, *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 and Barnacle, *Balanus* sp., as Biomonitors of Trace Metal Availabilities in Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 74: 301-307.
- Uğur, A., Yener, G. and Başsarı, A., 2002.** Trace metals and ^{210}Po (^{210}Pb) concentrations in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) consumed at Western Anatolia. Applied Radiation and Isotopes, 57: 565-571.
- UNEP, 1984.** Determination of total Cadmiyum, Zinc, Lead and Copper in Selected marine organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 11 Rev. 1.
- Usero, J., Gonzales-Regalado, E. and Gracia, I., 1997.** Trace Metal sını the Bivalve Molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the Atlantic Coast of Southern Spain. Environmental International, 3(3): 291-298.
- Usero, J., Morillo, J., Gracia, I., 2005.** Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. Chemosphere, 59: 1175-1181.
- Uysal, H., 1974.** Çeşitli Bölgelerdeki *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck) 'de Bazı Eser Elementlerin Distribisyonu. Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, İlmi Raporlar Serisi. 165. Bornova-İzmir, 1-16.
- Uysal, H., 1983.** İzmir Körfezi ve Ege Kıyılarında Yaşayan Bazı Gıda Zinciri Organizmalarında Saptanan İz Element Düzeylerinde Bulunan Bölgesel ve Mevsimsel Değişimleri Üzerine Araştırmalar, Ege Üniversitesi. Fen Fakültesi Dergisi. Series B, Suppl: 429-446 s.
- Uysal, H., Yaramaz, Ö., Tuncer, S., Parlak, H., 1989.** Ege Denizi Kıyılarında Pollusyon Durumu, Organizma ve Ekosistem Üzerindeki Etkileriyle İlgili Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, Bornova-İzmir, Cilt: 6 Sayı 21-22-23-24: 144-159 s.

- Ünlü, S., Topçuoğlu, S., Alpar, B., Kırbaşoğlu, Ç., Yılmaz, Y.Z., 2008.** Heavy metal pollution in surface sediment and mussel samples in the Gulf of Gemlik. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144: 169-178.
- Ünsal, M., Doğan, M., Ataç, Ü., Yemencioğlu, S., Akdoğan, Ş., Kayıkcı, Y. ve Aktaş, M., 1992.** Orta ve Doğu Karadeniz’de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında İz Elementlerin Belirlenmesi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Proje No: DEBAG-18/G, 52s., Erdemli.
- Ünsal, M. and Beşiktepe Ş., A 1994.** Preliminary study on the metal content mussels, *Mytilus galloprovincialis* (Lmk.) in the Eastern Black Sea. *Tr. J. of Zoology*, 18: 265-271.
- Ünsal, M., Bekiroğlu, Y., Beşiktepe, S., Kayıkcı, Y., Alemdağ, N., Aktaş, M., ve Yıldırım, C., 1995.** Orta ve Doğu Karadeniz’de Ağır Metal Kirliliğinin Karasal Kaynaklarının Belirlenmesi. Proje No: DEBAG- 121/6. S. 82 Erdemli – Mersin.
- Ünsal, M., Bekiroğlu, Y., Beşiktepe, Ş., Kayıkcı, Y., Alemdağ, N., Aktaş, M., Yıldırım, C., 1997.** Batı Karadeniz’de Ağır Metal Kirliliğinin Karasal Kaynaklarının Belirlenmesi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü. Proje No: YDEBÇAG-258/G. s. 93. Edemli-Mersin.
- Ünsal, M., Çağatay, N., Bekiroğlu, Y., Kırath, N., Alemdağ, N., Aktaş, M. ve Sarı, E., 1998.** Karadeniz’de İz Element Kirliliği. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Proje No: YDEBÇAG-456/G-457/G, 70s, Erdemli-Mersin.
- Ünsal, M., 2001.** Lead pollution and its sources along the Turkish coast of the Black Sea. *Mediterranean Marine Science*, Vol. 2/2: 33-44.
- Ünsal M., 2004.** 2003-2004 Yıllarında Düzenlenen Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği Hizmetiçi Eğitim Semineri Notları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 159 s., Ankara.
- Üstdal, K.M., Karaca, L., Testereci, H., Kuş, S., Paşaoğlu, H., Türköz, Y., 2005.** *Biyokimya*. Pelikan Yayıncılık, 987 s.
- Varol, S., Davraz, A., Varol, E., 2008.** Yeraltı Suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 7 (4): 351-356.

- Vernocchi, P., Maffei, M., Lanciotti, R., Suzzi, G., Gadrini, F., 2007.** Characterization of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) harvested in Adriatic Sea (Italy). Food Control, 18: 1575-1583.
- Violintzis, C., Arditoglou, A., Voutsas, D., 2009.** Elemental composition of suspended particulate matter and sediments in the coastal environment of Thermaikos Bay, Greece: Delineating the impact of inland waters and wastewaters. Journal of Hazardous Materials, 166: 1250-1260.
- Vlahogianni, T., Dassenakis, M., Scoullou, M.J., Valavanidis, A., 2007.** Integrated use of biomarkers (superoxide dismutase, catalase and lipid peroxidation) in mussels *Mytilus galloprovincialis* for assessing heavy metals pollution in coastal areas from the Saronikos Gulf of Greece. Marine Pollution Bulletin, 54: 1361-1371.
- Vural, H., 1993.** Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. Çevre Dergisi (Temmuz-Ağustos-Eylül), (8): 3-8.
- Vural, N., 2005.** Toksikoloji. Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi yayınları No: 73, 629 s.
- Yalçın, E., Maraş, M., Çavuşoğlu, K., 2007.** Kurşun ve cıva ağır metal iyonlarının albino farelerde canlı ağırlık ve serum alkalin fosfatase düzeyi üzerine etkisi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 9, Sayı: 1, 61-67.
- Yanık, T. ve Atamanalp, M., 2001.** Balık Yetiştiriciliğinde Su Kirliliğine Giriş. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü, Ders Yayınları No: 226, Erzurum, 301 s.
- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S. G., and Omar, H., 2002.** Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. Environment International, 28: 117-126.
- Yap, C.K., Ismail, A., Omar, H., and Tan, S. G., 2004.** Toxicities and tolerances of Cd, Cu, Pb and Zn in a primary producer (*Isochrysis galbana*) and in a primary consumer (*Perna viridis*). Environment International, 29: 1097-1104.
- Yaramaz, Ö., Önen, M., Sunlu, U., Alpbaz, A., 1991a.** İzmir Körfezi Sedimentlerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması (Pb, Cd, Zn, Cu). I. Uluslararası Çevre Koruma Sempozyumu Bildirileri. Çevre Kirliliği ve Kontrolü 8 Haziran 1991, Cilt: 2, Ege Üniversitesi, İzmir.

- Yaramaz, Ö., Mordoğan, H., Önen, M., sunlu U., Alpbaz, A., 1991b.** İzmir Körfezi Sedimentlerinde Bazı Ağır Metal (Fe, Mn, Ni) ve Organik Madde (%C) Düzeylerinin Araştırılması. E. Ü. Su Ür. Yüksekokulu, Eğitimin 10. Yılında Su Ürünleri Sempozyumu 12-14 Kasım 1991, Ege Üniversitesi, Atatürk Kültür Merkezi. S. 406-412, İzmir.
- Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ., 2000.** Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio Stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. Tr. J. Vet. Anim. Sci. Vol: 24, 93-96.
- Yarsan, E., Başkaya, R., Yıldız, A., Altıntaş, L., Yeşilot, S., 2007.** Copper, Lead, Cadmium and Mercury Concentrations in the Mussel *Elliptio* sp. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 79: 218-220.
- Yazkan, M., Özdemir, F. ve Gölükçü, M., 2002.** Antalya Körfezi'nde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb, Cd İçeriği. Tübitak, Türk Veteriner ve Hayvancılık Dergisi, 26: 1309-1313 s.
- Yazkan M., Özdemir, F., Gölükçü, M., 2004.** Antalya Körfezi'nde Avlanan Bazı Yumuşakçalar ve Karidesde Cu, Zn, Pb, ve Cd İçeriği. Turk J. Vet. Anim:Sci. 28(2004): 95-100.
- Yıldız, H., Lök, A., 2005.** Çanakkale Boğazı'nda farklı boy gruplarındaki midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) iki değişik sistemde büyüme ve yaşama performansları. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi. 22 (1-2): 69–74.
- Yıldız, H., Lök, A., Köse, A., Serdar, S., Acarlı, S., 2006.** Çanakkale Boğazında yavru midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) halat sisteminde yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 23: 319-322.
- Yılğör, S. ve Avcı, M., 2004.** Fethiye Limanı Sedimentlerinde İz Element Birikimleri. Ulusal Su Günleri, Türk Sucul Yaşam Dergisi, Yıl:2, Sayı:3, 443-450.
- Yılmaz, B. A., 2005.** Comparison of Heavy Metal Levels of Grey Mullet (*Mugil cephalus* L.) and Sea Bream (*Sparus aurata* L.) Caught in Iskenderun Bay (Turkey), Turk J. Vet. Anim. Sci., 29: 257-262.
- Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A., Levent Tuna, A., 2007.** Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. Food Chemistry, 100: 830-835.

- Yığiterhan, O. and Murray, J.W., 2008.** Trace metal composition of particulate matter of the Danube River and Turkish rivers draining into the Black Sea. *Marine Chemistry*, 111: 63-76.
- Yüzereroğlu, T.A., Gök, G., Çoğun, H.Y., Fırat, Ö., Aslanyavrusu, S., Maruldağ, O., Kargın, F., 2010.** Heavy metals in *Patella caerulea* (Mollusca, Gastropoda) in polluted and non-polluted areas from the Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, (DOI 10.1007/s10661-009-1047-x).
- Wagner, A. and Boman, J., 2004.** Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. *Spectrochimica Acta Part B*, 59: 1125-1132.
- Wang, W.X and Fisher, N.S., 1999.** Delineating metal accumulation pathways from marine invertebrates. *The Science of the Total Environment*, 237/238: 459-472.
- Wang, Y., Liang, L., Shi, J., Jiang, G., 2005.** Study on the contamination of heavy metals and their correlations in mollusks collected sites along the Chinese Bohai Sea. *Environment International*, 31: 1103-1113.
- Woitke, P., Wellmitz, J., Helm, D., Kube, p., Lepom, P., Litheraty, P., 2003.** Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube. *Chemosphere*, 51: 633-642.
- Zourarah, B., Maanan, M., Carruesco, C., Aajjane, A., Mehdi, K., Conceic, M., Freitas, M.C., 2007.** Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution in the lagoon of Oualidia (Moroccan Atlantic coast). *Estuarine Coastal Shelf Sciences*, 72: 359-369.

EKLER

EK 1. Ülkelere Göre Midye Yetiştiriciliği Yöntemleri (Gosling, 1992)

Ülke	Tür	Kültür Yöntemleri
Çin	<i>Mytilus edulis</i>	Sal Sisteminde Yetiştiricilik
	<i>Perna viridis</i>	Uzun Halatlarda Yetiştiricilik
İspanya	<i>Mytilus edulis</i>	
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Sal Sisteminde Yetiştiricilik
İtalya	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Uzun Halatlarda Yetiştiricilik
Hollanda	<i>Mytilus edulis</i>	Zeminde Yetiştiricilik Sistemi
Fransa	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Kazıklarda Yetiştiricilik
		Uzun Halatlarda Yetiştiricilik
Amerika Birleşik Devletleri	<i>Mytilus edulis</i>	Kazıklarda Yetiştiricilik
	<i>Mytilus californianus</i>	Uzun Halatlarda Yetiştiricilik
Almanya	<i>Mytilus edulis</i>	Zeminde Yetiştiricilik
İrlanda	<i>Mytilus edulis</i>	Uzun Halatlarda Yetiştiricilik
		Zeminde Yetiştiricilik
İngiltere	<i>Mytilus edulis</i>	Sal Sisteminde Yetiştiricilik
		Zeminde Yetiştiricilik
Yunanistan	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Sal Sisteminde Yetiştiricilik
		Uzun Halatlarda Yetiştiricilik
Malezya	<i>Perna viridis</i>	Sal Sisteminde Yetiştiricilik
Portekiz	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Sal Sisteminde Yetiştiricilik
Bulgaristan	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Halatlarda Yetiştiricilik
Hindistan	<i>Perna viridis</i>	Sal Sisteminde Yetiştiricilik
	<i>Perna indica</i>	Uzun Halatlarda Yetiştiricilik
Türkiye	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Sal sisteminde Yetiştiricilik

EK 2. Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştığı Suların Belirlenmesi (Resmi gazete, 2008)

Bölge Kodu	Bölge Adı	Kabuklu Su Ürünlerinin Kullanım Amacı
I	Ayvalık	Canlı veya işlenmiş olarak ihraç etmek üzere
II	Çanakkale	Canlı veya işlenmiş olarak ihraç etmek üzere
IV	Batı Karadeniz	İşlenmiş olarak ihraç etmek üzere
V	Orta Karadeniz	İşlenmiş olarak ihraç etmek üzere
84	İzmir	Canlı veya işlenmiş olarak ihraç etmek üzere
85	İzmir	Canlı veya işlenmiş olarak ihraç etmek üzere
86	İzmir	Canlı veya işlenmiş olarak ihraç etmek üzere

EK 3. Kabuklu Su Ürünleri Yetişen Sularda Kalite Standartları ve Analiz Şartları
(Resmi gazete, 2008)

Parametre	Birim	Limit Değerler ve Yorumlar	Referans Analiz Metodu	Minimum Numune Alma ve Ölçüm Frekansı
PH	pH Birimi	≥ 7 ve ≤ 9	Elektrometri (Numune alma zamanındaki gerçek ölçüm)	Üç ayda bir
Isı	° C	Kabuklu deniz ürünleri sularını etkileyen bir boşaltımın bu suyun sıcaklığını, böyle bir etki altında olmayan suya göre 2° C'den fazla artırmaması gereklidir.	Termometri (Numune alma zamanındaki gerçek ölçüm)	Üç ayda bir
Renklendirme (filtrasyondan sonra)	mg Pt/l	Kabuklu su ürünleri yetişen suları etkileyen bir boşaltımın bu suyun filtrasyondan sonraki rengini, böyle bir etki altında olmayan suya göre 10 mg PT/l'den fazla değiştirmemesi gereklidir.	0,45 mm membran filtre yoluyla filtrasyon Plantin/kobalt ölçek kullanılarak fotometrik metot	Üç ayda bir
Askada katı madde	mg/l	Kabuklu su ürünleri yetişen suları etkileyen bir boşaltımın bu suyun kalıcı katı içeriğini, böyle bir etki altında olmayan suya göre %30'dan fazla artırmaması gereklidir.	0,45 mm membran filtre yoluyla filtrasyon, 105 ° C'de kurutma ve tartma Santrifüj (En az beş dakika 2800 ile 3200 devir arası dönme hızında santrifüj ile santrifüjleme) ve 105°C'de kurutma sonrası tartım	Üç ayda bir
Tuzluluk	0%	Kabuklu su ürünleri yetişen suları etkileyen bir boşaltımın bu suyun tuzluluğunu, böyle bir etki altında olmayan suyun tuzluluğuna göre %10'dan fazla artırmaması gereklidir.	Kondüktimetri	Ayda bir
Çözünmüş oksijen doygunluğu	% Doygunluk	% 70 (ortalama değer) % 70'ten daha düşük bir değer gösteren ölçümlerde ölçümler tekrarlanmalıdır. Anlık ölçüm kabuklu su ürünleri kolonilerinin gelişimi için zararlı sonuçlar içermediği sürece % 60'ta daha düşük değer göstermemelidir.	Winkler metodu Elektro-kimyasal metot	Numune alma günündeki düşük oksijen şartlarını temsil eden en az bir numune alınması kaydıyla ayda bir. Ancak gün içinde büyük değişikliklerin olduğundan şüphelenilen yerlerde günde en az iki numune alınmalıdır.

Deavamı arka sayfada

Petrol hidrokarbonları	Hidrokarbonlar kabuklu su ürünleri yetişen sularda aşağıda belirtilen miktarlarda bulunamamalıdır: Suyun yüzeyinde görünür bir film tabaka oluşturacak kadar ve/veya kabuklu su ürününün üzerinde birikecek kadar. Kabuklu su ürününe zararlı etkileri olacak kadar.	Gözle inceleme	Üç ayda bir
Organohalojenli maddeler	Her bir maddenin konsantrasyonu, kabuklu su ürünü yetişen suda ya da kabuklu su ürününün etinde, kabuklu su ürünü ve larva üzerinde zararlı etkiye neden olacak düzeye ulaşmamalı yada bu düzeyi aşmamalıdır.	Uygun çözücülerle ayrıştırma ve saflaştırmadan sonra gaz kromatografisi	Altı ayda bir
Arsenik Kadmiyum Krom Bakır Cıva Nikel	mg/l Ag As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Her bir maddenin konsantrasyonu, kabuklu su ürünü yetişen suda ya da kabuklu su ürününün etinde, kabuklu su ürünü ve larva üzerinde zararlı etkiye neden olacak düzeye ulaşmamalı yada bu düzeyi aşmamalıdır. Bu metallerin sinerjik etkileri dikkate alınmalıdır.	Uygun olan yerlerde, yoğunlaştırma ve/veya ayrıştırmayı takiben atomik absorpsiyon spektrometrisiyle	Altı ayda bir
Fekal koliformlar	EMS/100 ml Kabuklu su ürününün etinde ve kabuklar arası sıvısında ≤ 300	En azından üç sulandırmadaki üç tüpte sıvı maddelerin fermantasyonla sulandırma metodu. Bir doğrulama kültür vasatı üzerinde pozitif tüplerin alt kültürü. EMS 'ye göre hesaplama. İnkübasyon sıcaklığı $44^{\circ} C \pm 0.5^{\circ} C$	Üç ayda bir
Kabuklu deniz ürününün tadını etkileyen maddeler	Kabuklu su ürününün tadını bozacak miktardan daha düşük konsantrasyonda	Bu maddelerin bir yada birden fazlasının var olduğu varsayılan yerlerde kabuklu su ürününün tatma suretiyle incelenmesi	Bakanlıkça belirlenir
Saxitoxin (dinoflagellate'ler tarafından üretilen)	$\mu g/kg$ Kilogramda 800 mikrogramı aşmayacak (Tüm vücutta veya ayrı ayrı yenilebilen kısımda ölçülen)	Gerekirse Saxitoxin'in tespiti için bir kimyasal metotla birlikte biyolojik analiz metodu veya tanınmış her hangi bir metot	Bakanlıkça belirlenir

EK 4. 2006/113/EC sayılı deniz kabukları için su kalitesi hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (Anonim, 2007b)

Parametre	Rehber	Zorunlu	Referans Analiz Yöntemi	Asgari Örnekleme ve Ölçme Sıklığı
pH		7 - 9	Elektrometri	3 ayda bir
Derece °C	Sulara boşaltılan atıklar, Su ısısında 2°C'yi aşan bir Artışa yol açmamalı		Sıcaklık Ölçümü Termometre	3 ayda bir
Renklenme mg Pt/l	Filtrasyondan sonra	Sulara boşaltılan atıklar, Suların renginde 10 mg Pt/l'den fazlasapma yaratmamalı	-0,45 µm membran filitre yoluyla filtrasyon -Plantin/kobalt ölçek kullanılarak fotometrik metot	3 ayda bir
Asılı haldeki katı maddeler mg/l		Sulara boşaltılan atıklar, sularda Bulunan asılı haldeki katı maddelerin hacminde %30'dan fazla artış yaratmamalı	-0,45 µm membran filitre yoluyla filtrasyon, 105 °C de kurutma ve tartma -Santrifüj (En az beş dakika 2800 ile 3200 devir arası dönme hızında) ve 105 °C de kurutma ve tartma	3 ayda bir
Tuz yoğunluğu PSU (Practicaly salinity units)		<%40 Kabuklu sularına gelen deşaj suları ortamdaki tuzluluğu % 10 dan daha fazla etkilememli	İletkenlik ölçümü	Aylık
Çözülmüş Oksijen (doymuşluk %)	≥ %70	≥ %70 (ortalama değer)	Winkler yöntem, Elektro kimyasal yöntem	Aylık
Petrol Hidrokarbonları		Hidrokarbonlar, deniz kabuklarının yaşadığı sularda su yüzünde görünür bir film veya deniz kabuklusunda kalıntı bırakacak ve zararlı etki yaratacak oranda bulunmamalı	Görsel inceleme	3 ayda bir
Organohalojen maddeler	Her maddeniz deniz kabuklusu etindeki, yoğunluğu ancak bu ürün kalitesine katkı yapacak oranda olmalı	Deniz kabuklusunun etinde ya da canlının yaşadığı sularda bulunan her bir maddenin yoğunluğu deniz kabuklusuna ya da larvaya zarar verecek oranda olmamalı	Uygun çözücüler kullanılarak gaz kromatografisi ve arındırma	6 ayda bir

Devamı arka sayfada

Ek 4.'ün devamı

Ag, Cr, As, Hg, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn (µg/l)	Her maddenin deniz kabuklusu etindeki yoğunluğu ancak bu ürünün kalitesine katkıda bulunacak oranda olmalı	As 40, Cd 5, Cr 30, Cu 10, Pb 20, Hg 0,4, Ni 50, Ag 10, Zn 200 Deniz kabuklusunun etinde ya da canlının yaşadığı sulara her bir maddenin yoğunluğu deniz kabuklusuna ya da larvaya zarar verecek oranda olmamalı. Metallerin birbirlerini etkileme ihtimalleri göz önüne alınmalı	AAS, ICP	6 ayda bir
Dışkı organizmalar 100 ml	Fekal koliform/100		En azından üç sulandırmadaki üç tüpte sıvı maddelerin fermentasyonla sulandırma metodu. Bir doğrulama kültür vasatı üzerinde pozitif tüplerin alt kültürü. MPN'ye (Most probable number) göre hesaplama. İnkubasyon sıcaklığı 44 °C± 0,5 °C	3 ayda bir
Deniz kabuklusunun tadını etkileyen maddeler		Oran deniz kabuklusunun tadını bozacak seviyenin altında olmalıdır.	Tat testi yapılır	

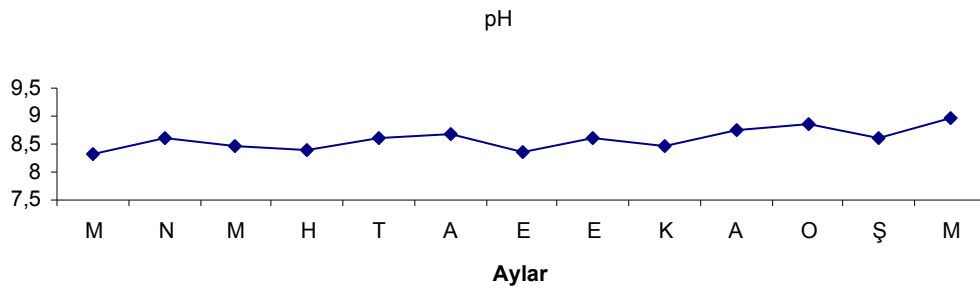
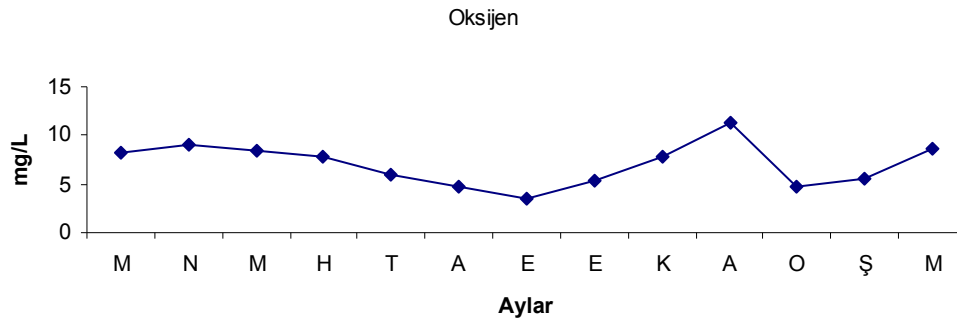
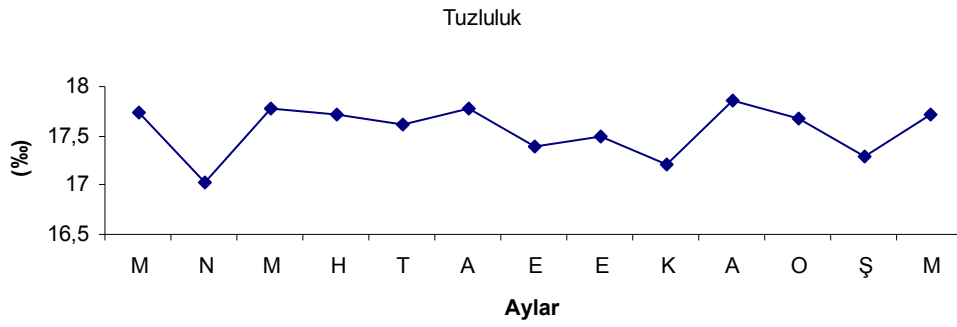
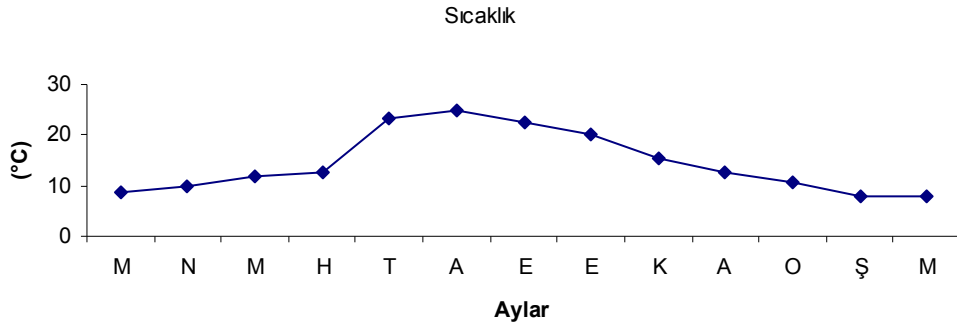
Ek 5. Sistemden Aylık Ölçülen Ortalama Midye Büyüme Parametreleri

AYLAR	Midye Boyu	Midye Ağırlığı	Midye Et Ağırlığı
	(mm)	(g)	(g)
Mart 2009	38.98 ± 0.64	5.40 ± 0.26	1.23 ± 0.05
Nisan 2009	45.96 ± 0.67	7.47 ± 0.29	2.07 ± 0.07
Mayıs 2009	42.09 ± 0.48	6.28 ± 0.23	1.82 ± 0.05
Haziran 2009	48.78 ± 0.50	10.01 ± 0.34	2.74 ± 0.10
Temmuz 2009	53.95 ± 0.71	13.67 ± 0.53	3.52 ± 0.18
Ağustos 2009	51.94 ± 0.57	12.05 ± 0.38	3.28 ± 0.10
Eylül 2009	56.60 ± 0.62	16.05 ± 0.53	3.74 ± 0.13
Ekim 2009	59.84 ± 0.54	18.62 ± 0.63	4.04 ± 0.13
Kasım 2009	64.10 ± 0.79	21.02 ± 0.78	4.97 ± 0.19
Aralık 2009	66.76 ± 0.79	24.06 ± 1	5.64 ± 0.21
Ocak 2010	66.04 ± 0.62	24.27 ± 0.84	4.79 ± 0.16
Şubat 2010	69.33 ± 1.2	28.19 ± 1.15	5.53 ± 0.20
Mart 2010	70.05 ± 1.04	27.14 ± 1.14	7.21 ± 0.22
Ortalama	56.49	16.48	3.89

Ek 6. Aylık Olarak Ölçülen Ortalama Fizikokimyasal Parametreler

AYLAR	Sıcaklık	Tuzluluk	Oksijen	pH
	(°C)	(‰)	(mg/l)	
Mart 2009	8.51	17.73	8.19	8.31
Nisan 2009	9.78	17.03	8.96	8.59
Mayıs 2009	12	17.77	8.70	8.48
Haziran 2009	12.63	17.72	7.89	8.41
Temmuz 2009	23.35	17.61	5.93	8.6
Ağustos 2009	24.9	17.77	4.77	8.69
Eylül 2009	22.5	17.4	3.41	8.35
Ekim 2009	20.3	17.5	5.38	8.6
Kasım 2009	15.2	17.2	7.74	8.46
Aralık 2009	12.45	17.85	11.02	8.76
Ocak 2010	10.68	17.67	4.66	8.86
Şubat 2010	8.07	17.30	5.65	8.60
Mart 2010	7.84	17.71	8.57	8.97

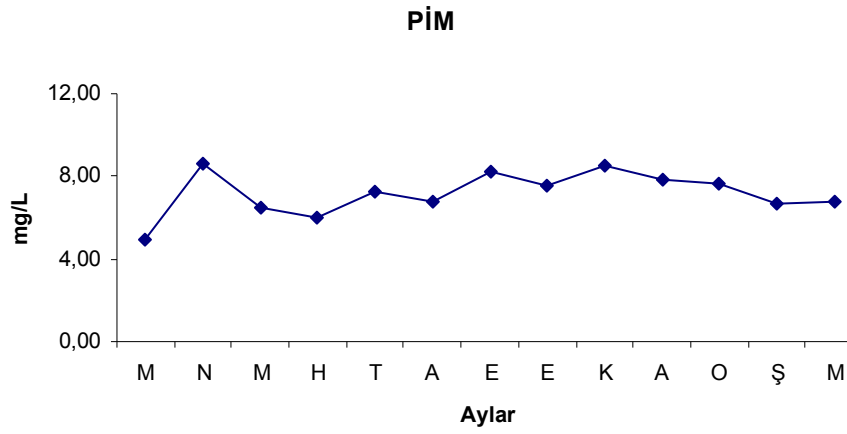
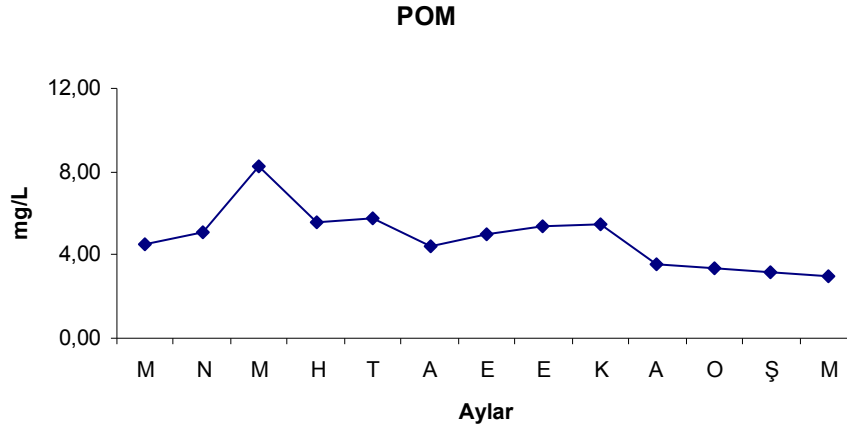
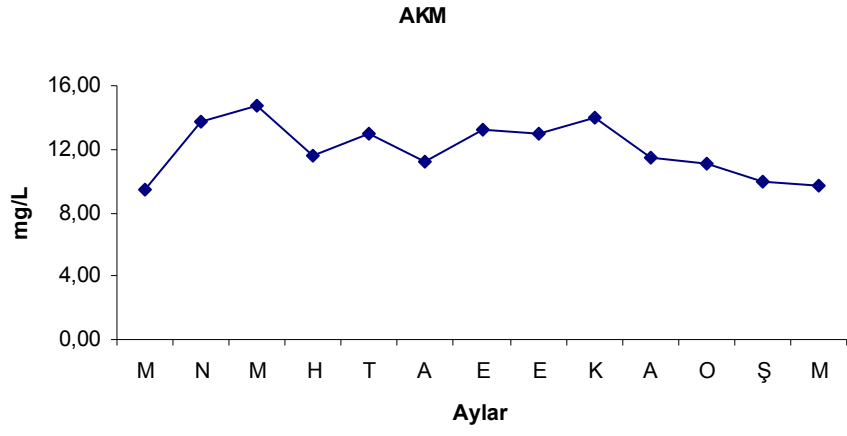
Ek 7. Aylık Olarak Ölçülen Ortalama Fizikokimyasal Parametrelerin Grafikleri



Ek 8. Deniz Suyunda Ölçülen Aylık Ortalama AKM, POM, PİM

AYLAR	AKM (mg/L)	POM (mg/L)	PİM (mg/L)
Mart 2009	9.43	4.47	4.97
Nisan 2009	13.70	5.13	8.57
Mayıs 2009	14.75	8.25	6.50
Haziran 2009	11.60	5.60	6.00
Temmuz 2009	13.03	5.77	7.27
Ağustos 2009	11.20	4.40	6.80
Eylül 2009	13.17	4.97	8.20
Ekim 2009	12.93	5.40	7.53
Kasım 2009	13.93	5.43	8.50
Aralık 2009	11.43	3.60	7.83
Ocak 2010	11.03	3.37	7.67
Şubat 2010	9.90	3.2	6.7
Mart 2010	9.73	2.93	6.80

Ek 9. Deniz Suyunda Ölçülen Aylık Ortalama AKM, POM, PİM Grafikleri

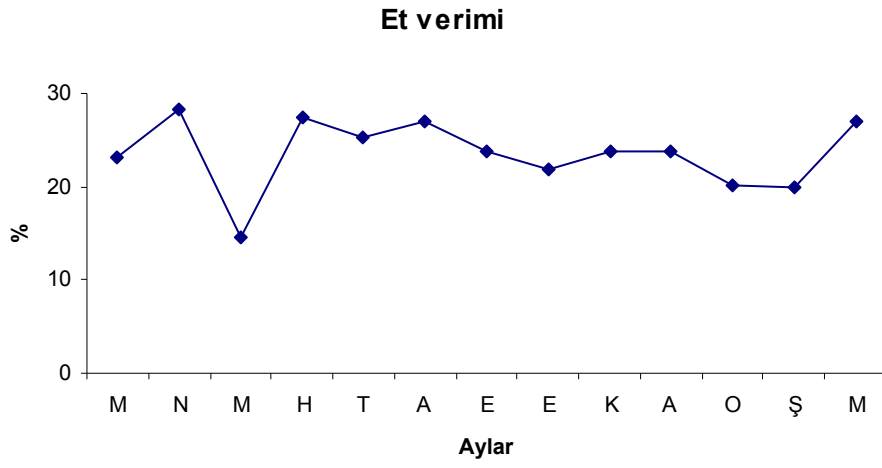
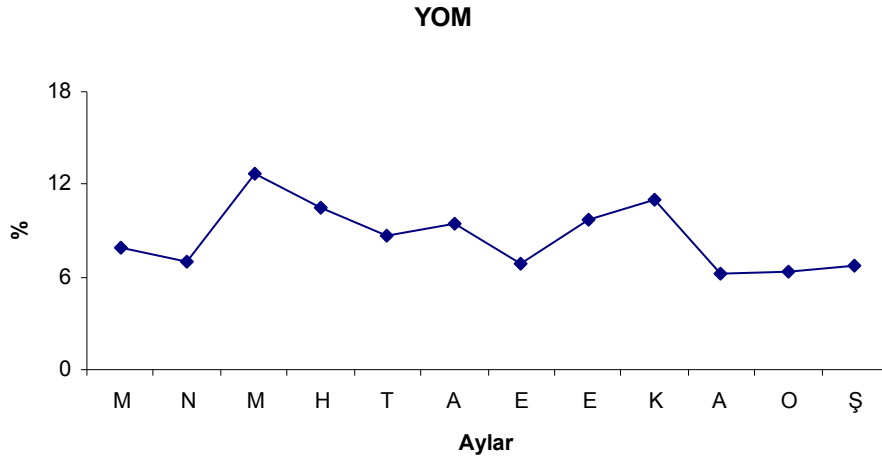


Ek. 10 Sedimentte Ölçülen Aylık Ortalama YOM (%) ve Midyelerde ölçülen Et Verimi Oranları (%)

AYLAR	YOM (%)	Et Verimi (%)
Mart 2009	7.93	23.13
Nisan 2009	7.02	28.31
Mayıs 2009	12.72	14.57
Haziran 2009	10.44	27.33
Temmuz 2009	8.65	25.31
Ağustos 2009	9.51	27.05
Eylül 2009	6.89	23.81
Ekim 2009	9.73	21.94
Kasım 2009	11.01	22.82
Aralık 2009	6.21	23.87
Ocak 2010	6.35	20.10
Şubat 2010	6.71	19.87
Mart 2010	--	26.97

(--): Veri alınamamıştır

Ek 11. Sedimentte Ölçülen Aylık Ortalama YOM (%) ve Midyelerde ölçülen Et Verimi (%) Grafikleri

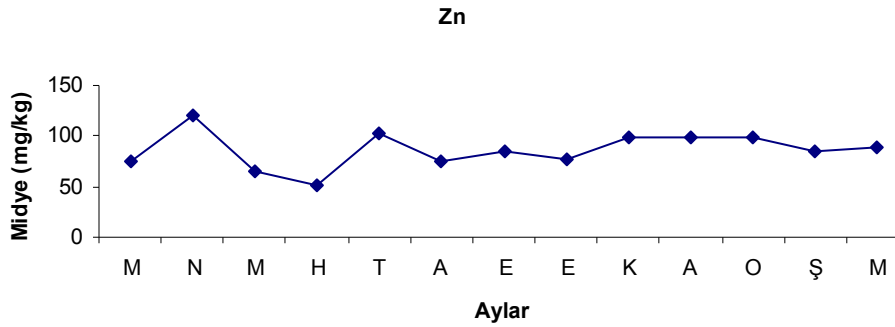
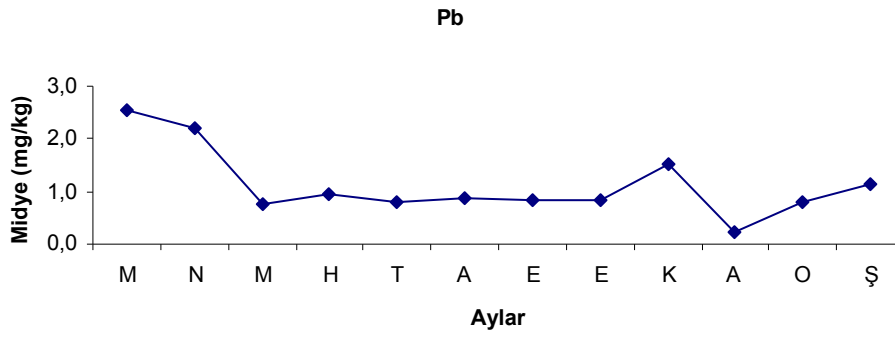
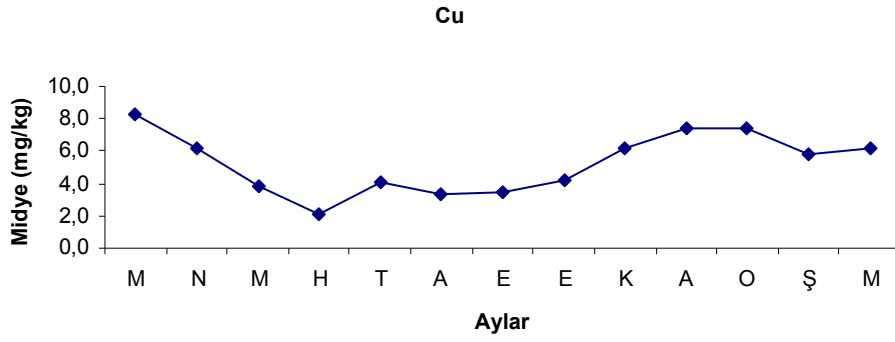
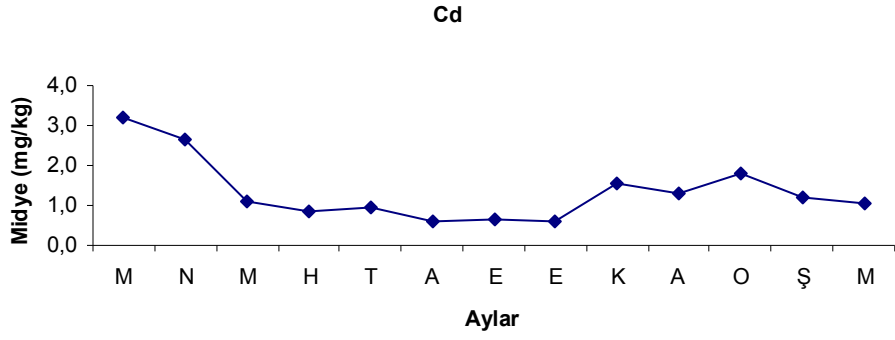


Ek. 12 Midyede Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Miktarları

AYLAR	Midye			
	Cd	Cu	Pb	Zn
Mart 2009	3.198±0.374	8.292±0.666	2.553±0.699	75.483±10.314
Nisan 2009	2.645±0.629	6.186±1.174	2.207±0.293	121.002±31.715
Mayıs 2009	1.124±0.185	3.823±0.523	0.759±0.079	65.033±10.988
Haziran 2009	0.841±0.075	2.112±0.152	0.962±0.280	50.603±6.402
Temmuz 2009	0.950±0.214	4.061±0.658	0.779±0.061	102.064±8.049
Ağustos 2009	0.608±0.223	3.303±0.348	0.857±0.363	75.302±10.966
Eylül 2009	0.669±0.052	3.437±0.336	0.838±0.835	85.129±6.575
Ekim 2009	0.620±0.048	4.236±0.105	0.838±0.252	77.276±9.297
Kasım 2009	1.543±0.080	6.128±0.356	1.507±0.610	98.267±1.551
Aralık 2009	1.307±0.114	7.389±0.983	0.236±0.095	98.318±5.595
Ocak 2010	1.797±0.744	7.461±1.474	0.796±0.243	98.221±25.593
Şubat 2010	1.191±0.182	5.764±1.607	1.148±0.460	85.374±17.276
Mart 2010	1.065±0.151	6.161±0.480	N.D.	88.485±10.362

N.D.: Ölçümler ICP-AES duyarlılık sınırlarının altındadır

Ek 13. Midyede Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn Konsantrasyonlarının Grafikleri

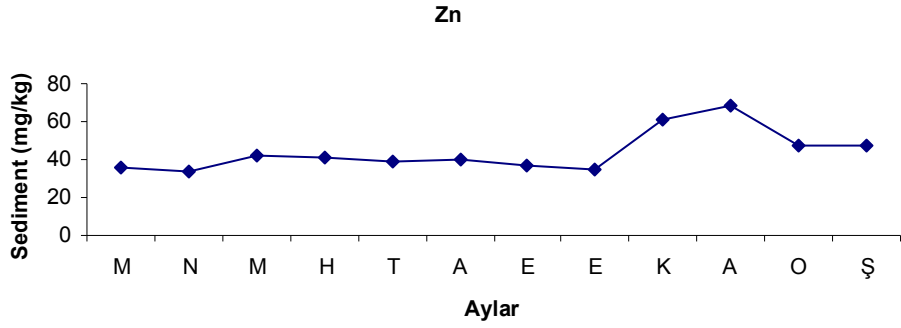
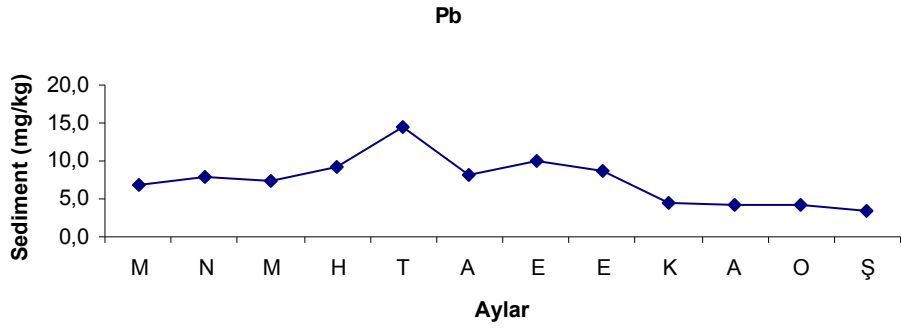
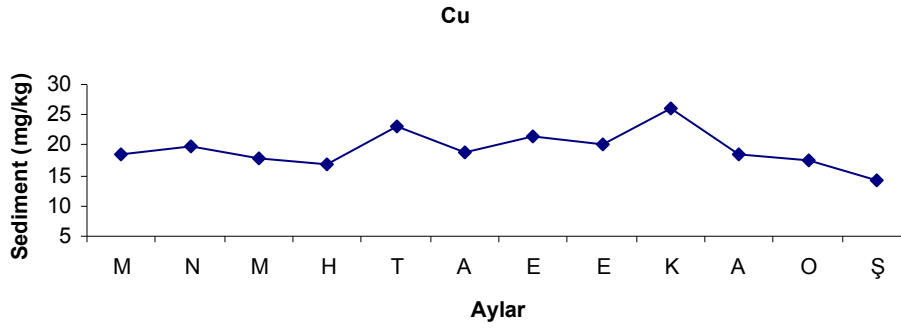
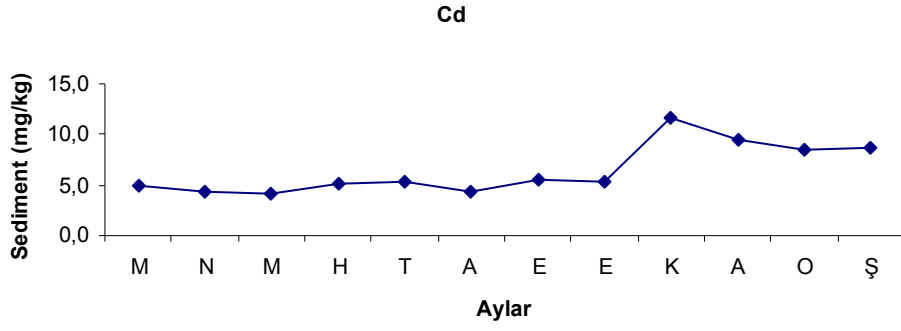


Ek 14. Sedimentte Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Miktarları

AYLAR	Sediment			
	Cd	Cu	Pb	Zn
Mart 2009	5.026±2.055	18.394±1.878	6.887±1.056	36.013±8.560
Nisan 2009	4.346±2.460	19.935±3.110	7.941±0.833	33.274±8.476
Mayıs 2009	4.088±2.228	17.719±1.072	7.340±1.673	42.607±5.981
Haziran 2009	5.210±2.932	16.816±0.756	9.104±0.229	41.198±11.199
Temmuz 2009	5.409±2.789	23.089±1.262	14.461±0.843	39.445±9.210
Ağustos 2009	4.258±2.191	18.729±0.861	8.025±1.098	40.016±6.640
Eylül 2009	5.482±2.954	21.571±1.456	9.891±0.601	37.352±10.857
Ekim 2009	5.415±2.276	20.266±1.031	8.624±0.879	34.400±8.062
Kasım 2009	11.558±0.960	26.174±2.152	4.394±0.317	60.613±4.810
Aralık 2009	9.435±0.567	18.396±1.166	4.285±0.657	68.170±3.958
Ocak 2010	8.493±0.892	17.518±2.885	4.279±0.179	46.973±6.722
Şubat 2010	8.721±1.086	14.330±1.930	3.286±0.353	47.362±5.142
Mart 2010	--	--	--	--

(--): Veri alınamamıştır

Ek 15. Sedimentte Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn Konsantrasyonlarının Grafikleri

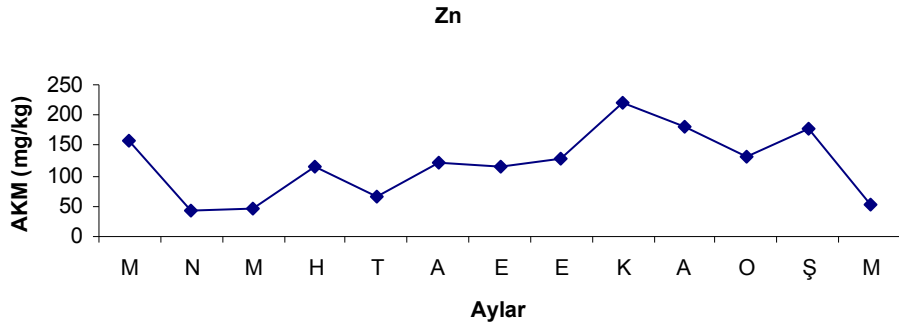
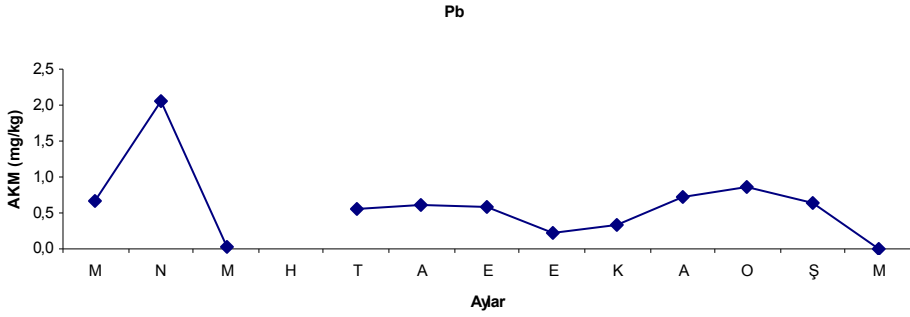
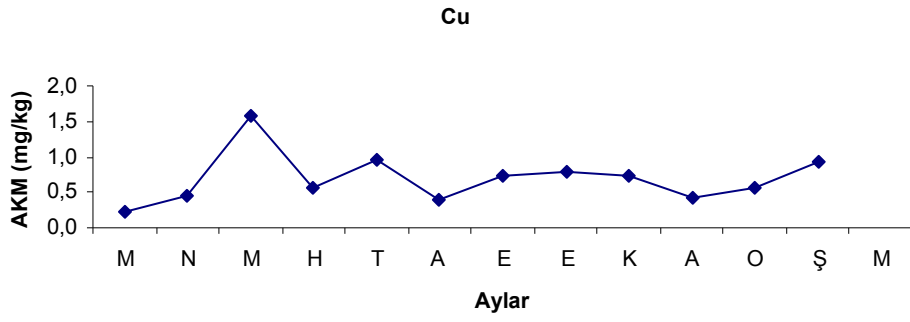
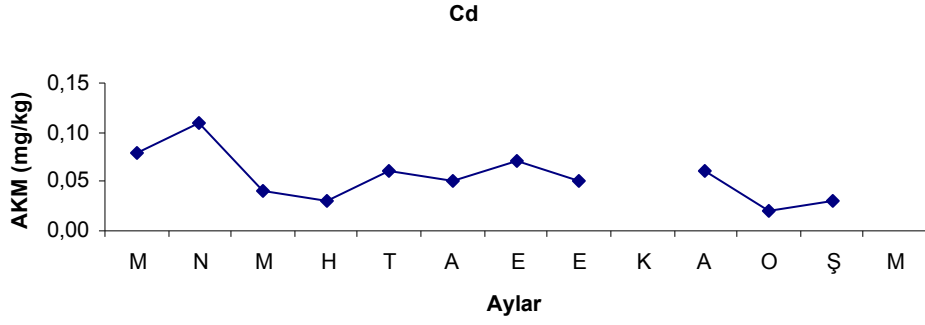


Ek 16. AKM’de Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn İz Element Miktarları

AYLAR	Askıda Katı Madde			
	Cd	Cu	Pb	Zn
Mart 2009	0.080±0.033	0.217±0.027	0.665±0.092	159.280±1.390
Nisan 2009	0.105±0.024	0.464±0.025	2.055±0.243	41.208±0.239
Mayıs 2009	0.039±0.010	1.573±0.248	0.034±0.017	46.637±0.115
Haziran 2009	0.034±0.012	0.548±0.119	N.D.	114.010±0.629
Temmuz 2009	0.057±0.012	0.947±0.110	0.547±0.187	65.983±0.303
Ağustos 2009	0.047±0.009	0.403±0.104	0.605±0.117	121.270±0.239
Eylül 2009	0.069±0.028	0.734±0.232	0.585±0.089	114.888±3.004
Ekim 2009	0.048±0.012	0.786±0.057	0.212±0.187	128.040±0.241
Kasım 2009	N.D.	0.724±0.077	0.338±0.096	219.870±40.632
Aralık 2009	0.055±0.050	0.431±0.086	0.716±0.554	181.570±5.009
Ocak 2010	0.022±0.013	0.566±0.053	0.847±0.182	132.880±0.373
Şubat 2010	0.030±0.010	0.928±0.073	0.645±0.081	178.153±0.498
Mart 2010	N.D.	N.D.	0.378±0.020	51.568±0.180

N.D.: Ölçümler ICP-AES duyarlılık sınırlarının altındadır

Ek 17. AKM’de Aylık Ölçülen Ortalama Cd, Cu, Pb ve Zn Konsantrasyonlarının Grafikleri



ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Almanya'nın Dortmund şehrinde doğdu. İlköğrenimini Almanya'da, orta ve lise öğrenimini Ordu'nun Ünye ilçesinde tamamladı. 1994 yılında girdiği Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sinop Su Ürünleri Fakültesi'nden 1998 yılında dönem ikincisi olarak mezun oldu. Şubat 2004 tarihinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimler Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve 2007 yılında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. Eylül 2007 tarihinde Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ana Bilim Dalı'nda Doktora öğrenimine başladı. Halen Doktora öğrenimine devam etmektedir.